

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАЎБАР КАДРЛАРИНИ
ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРИНИГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ
ТАШКИЛ ЭТИШ БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ПЕДАГОГ КАДРЛАРИНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРИНИГ
МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ

КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ

йўналиши

“Нано ва композицион материаллар ишлаб чиқариш усуллари ва технологиялари”

модули бўйича

Ў Қ У В – У С Л У Б И Й М А Ж М У А

Тошкент - 2018

Мазкур ўқув-услубий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг
2018 йил _____ -сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув режа ва дастур
асосида тайёрланди.

Тузувчилар: **З.А.Бабаханова** - Тошкент кимё-технология институти,
“Силикат материаллар, нодир ва камёб
металлар технологияси” кафедраси доценти, т.ф.н.;

З.Ч. Қодирова – Тошкент кимё-технология институти,
“Силикат материаллар ва нодир, камёб металлар
технологияси” кафедраси доценти, т.ф.д.;

Ўқув -услубий мажмуа Тошкент кимё-технология институти Кенгашининг
201_ йил _____ -сонли қарори билан нашрга тавсия қилинган.

МУНДАРИЖА

| | |
|---|------------|
| I. ИШЧИ ДАСТУР | 4 |
| II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ | 12 |
| III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР | 25 |
| IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ | 116 |
| V. КЕЙСЛАР БАНКИ | 167 |
| VI. МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ МАВЗУЛАРИ | 183 |
| VII. ГЛОССАРИЙ | 185 |
| VIII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ | 212 |
| IX. ИЛОВАЛАР | 214 |

I. ИШЧИ ДАСТУР

Кириш

Дастур Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-4732-сонли, 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сонли Фармонлари, шунингдек 2017 йил 20 апрелдаги “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2909-сонли қарорида белгиланган устувор йўналишлар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у замонавий талаблар асосида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг мазмунини такомиллаштириш ҳамда олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади. Дастур ривожланган мамлакатлардаги хорижий тажрибалар асосида “Кимёвий технология” қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналиши бўйича ишлаб чиқилган ўқув режа ва дастур мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у замонавий талаблар асосида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг мазмунини такомиллаштириш ҳамда олий таълим муассасалари педагог кадрларининг билиминини ва касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади. Дастур мазмуни композицион материаллар инновацион технологиялари соҳасида илмий ва амалий тадқиқотлар, технологик тараққиёт ва технологик жараёнларни ташкил этишнинг замонавий услублари бўйича сўнгги ютуқлар бўйича янги билим, кўникма ва малакаларини шакллантиришни назарда тутади.

Ушбу дастурда композицион материалларнинг инновацион технологиялари, композицион материаллар турлари ва уларнинг ишлаб чиқариш технологиялари, композитларнинг таркиби, структураси, макро ва микромеханикаси, композитлар билан дизайн қилиш усуллари, анъанавий ва ноанъанавий композитлар турлари, нанокомпозитлар, биокомпозитлар ва уларни ишлаб чиқаришдаги муаммолар баён этилган.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

Кимёвий технология қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишинини “Кимёвий технология” мутахассислиги ўқув режасида махсус модуллар блокига киритилган “Композицион материалларнинг инновацион технологиялари” модули ўқув дастурининг **мақсади** – полимер, металл, керамик-матрицали композитлар ишлаб чиқаришда инновацион технологиялар; нанокомпозитлар, биокомпозитлар, ламинатлар турлари, материалларда керакли структура ва хоссаларни таъминлашда композицион материалларнинг ўрни ва моҳияти, асосий асбоб ускуналари тўғрисида

назарий ва касбий тайёргарликни таъминлаш ва янгилаш бўйича билим, кўникма ва малакаларни такомиллаштиришга қаратилган.

“Композицион материалларнинг инновацион технологиялари” модулининг **вазифаси** - композицион материаллар ишлаб чиқаришда инновацион технологияларининг амалий принциплари, композицион материалларни заррача, тола ва структура даражасида мустаҳкамлаштириш; шиша, органик, карбон, керамик тола ва симлар; матрица материаллар; композицион материалларнинг структура тузилишлари ва хоссаларини, замонавий композицион материалларни ишлаб чиқаришдаги ускуна ва жиҳозларнинг таснифи, тузилиши, худудий муаммоларнинг композицион материаллар ишлаб чиқаришга таъсири, уларни амалиётга қўллаш бўйича малакавий кўникмаларини шакллантириш.

Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар

“Композицион материалларнинг инновацион технологиялари” модули бўйича тингловчилар қуйидаги янги билим, кўникма, малака ҳамда компетенцияларга эга бўлишлари талаб этилади:

Тингловчи:

- композицион материаллар таснифи ва турлари;
- заррачалар, толалар ва структура даражасида мустаҳкамлаштириш;
- матрица полимер, металл, керамика материаллари;
- полимер, металл, керамик-матрицали композитларни олиш жараёнлари;
- нанокompозитлар, биокompозитлар, ламинатлар инновацион технологиялари ҳақида **билимларга эга бўлиши лозим.**

Тингловчи:

- йўналтирилган хусусиятли композицион материал ишлаб чиқаришда матрица материални танлаш;
- полимер, металл, керамик-матрицали композитларнинг таркибларини тузиш;
- зарур сифатдаги композицион материаллар ишлаб чиқариш учун тадбиқ қилинаётган инновацион технологияларнинг режимларини ростлаш **кўникма ва малакаларини эгаллаши зарур.**

Тингловчи:

- замонавий инновацион технологияларнинг имкониятларини намоиш қилиш тамойилларини ажратиб кўрсата олиш;

- технологик операцияларнинг инновацион технология жараёнларидаги ўрнини ва уларнинг характеристикаларини фарқлаш;
- керакли хусусиятларга эга бўлган композицион материал таркибини тузиш ва унинг физик-механик хоссаларини лойиҳалаштириш **компетенцияларни эгаллаши лозим.**

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

“Композицион материалларнинг инновацион технологиялари” курси маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Курсни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, педагогик технологиялар ва ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

- маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида презентацион ва электрон-дидактик технологиялардан;
- ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, тарқатма материаллар, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, гуруҳли фикрлаш, кичик гуруҳлар билан ишлаш, ақлий хужум, кейслар ечиш, ва бошқа интерактив таълим усулларини қўллаш назарда тутилади.

Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги

“Композицион материалларнинг инновацион технологиялари” модули қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишини “Кимёвий технология” мутахассислигидаги “Кимё саноатидаги инновацион технологиялар” ва “Кимё саноатидаги наноматериаллар” модуллари билан узлуксиз боғлиқ бўлиб, ушбу модулларни ўзлаштиришда амалий ёрдам беради. «Композицион материалларнинг инновацион технологиялари» модулини тўлиқ ўзлаштиришда ва амалий вазифаларни бажаришда “Муҳандислик технологиясида тизимли таҳлил асослари (кимёвий технология)”, “Электрон педагогика асослари ва педагогнинг шахсий, касбий ахборот майдонини лойиҳалаш”, ҳамда “Амалий хорижий тилни ўрганишнинг интенсив усуллари” модуллари ёрдам беради.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

“Композицион материалларнинг инновацион технологиялари” модули қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишини “Кимёвий технология” мутахассислиги бўйича умумкасбий ва ихтисослик фанлари модулларидан

дарс берувчи профессор ўқитувчилар учун муҳим ўринни эгаллайди. Ушбу модул Олий таълим муассасаларида таълим берувчи педагоглар томонидан ўқув-илмий ишларни олиб бориш учун асосий назарий ва амалий билимларни беради.

Модул бўйича соатлар тақсимоти

| № | Модул мавзулари | Тингловчининг ўқув юкلامаси, соат | | | | |
|----|---|-----------------------------------|-------------------------|-------|-----------------|-----------------|
| | | Ҳаммаси | Аудитория ўқув юкلامаси | | | Мустақил таълим |
| | | | жумладан, | | | |
| | | | Жами | назай | амалий машғулот | |
| 1. | Кириш. Нанотехнологиянинг асосий тушунчалари. Фаннинг предмет ва вазифалари. Нанотехнологияларнинг ривожланиш тенденцияси. Нанотехнологиялар тўғрисида умумий маълумот. Нанообъект, наноматериал, нанотехнология тушунчаси. | 4 | 4 | 2 | 2 | |
| 2. | Нанообъектларнинг асосий турлари ва улар асосидаги наносистемалар. Нанозаррачалар ва наноматериаллар хусусиятларининг физикавий сабаблари. Нанообъектлар таснифи. | 6 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 3. | Наноструктураланган материалларни синтез усуллари. Нанозарралар, нанокукунларни синтез қилиш усуллари. 0-D нанообъектлар. 1-D нанообъектлар. Углеродсиз нанотрубкалар. | 6 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 4. | 2D-Наноструктураланган материаллар ва углеродли наноматериал синтез усуллари. 2-D Нанообъектлар (юпқа пленкалар). Фазали эпитаксия. Углеродли наноматериаллар. Углевродли наноматериаллар синтези. Углевродли наноматериалларнинг ишлатилиши. | 6 | 6 | 2 | 4 | |

| | | | | | | |
|----|---|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 5. | Композицион материаллар тузилиши. Матрицали ва дисперс фаза. Заррачалар, толалар ва структура даражасида мустаҳкамлаштириш. | 4 | 4 | 2 | 2 | |
| 6. | Шиша, органик, карбон, керамик тола, симлар. Матрица материаллари: полимерлар, металлар, керамика материаллари. | 4 | 4 | 2 | 2 | |
| 7. | Углерод-углеродли композитлар. Композитлар билан дизайн. Ноанъанавий композитлар. Нанокompозитлар. Биокompозитлар. | 4 | 4 | 2 | 2 | |
| | Жами: | 34 | 30 | 14 | 16 | 4 |

НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-мавзу: Кириш. Нанотехнологиянинг асосий тушунчалари.

Фаннинг предмет ва вазифалари. Нанотехнологияларнинг ривожланиш тенденцияси. Нанотехнологиялар тўғрисида умумий маълумот. Нанообъект, наноматериал, нанотехнология тушунчаси. Кимё ва материаллар. Белгиланган хоссали наноматериаллар олишда илм-фан ва техника ютуқларини тадбиқ қилиш.

2-мавзу: Нанообъектларнинг асосий турлари ва улар асосидаги наносистемалар.

Нанозаррачалар ва наноматериаллар хусусиятларининг физикавий сабаблари. Нанообъектлар таснифи. Фуллеренлар. Углеродли трубкалар. Супрамолекуляр кимё. Ноорганик наноматериаллар. Вискерлар. Манганитлар. Юқори хароратли ўта ўтказгичлар. Фотон кристаллари. Биокерамика. Наноолмослар. Газли гидридлар. Газлардаги кластерлар.

3-мавзу: Наноструктураланган материалларни синтез усуллари.

Нанозарралар, нанокукунларни синтез қилиш усуллари. Газфазали синтез (буғларнинг конденсацияси). Плазмакимёвий синтез – лазерли абляция. Коллоид эритмалардан чўктириб олиш – зол-гел жараён. Молекуляр-боғламли эпитақсия, газфазали эпитақсия, суоқ фазадан эпитақсия. 0-D нанообъектлар. 1-D нанообъектлар. Углеродсиз нанотрубкалар.

4-мавзу: 2D-Наноструктураланган материаллар ва углеродли наноматериал синтез усуллари.

2-D Нанообъектлар (юпка пленкалар). Фазали эпитақсия. Углеродли

наноматериаллар. Углеводородли наноматериаллар синтези. Углеводородли наноматериалларнинг ишлатилиши.

5-мавзу: Композицион материаллар тузилиши. Матрицали ва дисперс фаза.

Композицион материаллар тушунчаси. Композицион материаллар тузилиши. Матрицали ва дисперс фаза. Заррачалар, толалар ва структура даражасида мустаҳкамлаштириш.

6-мавзу Шиша, органик, карбон, керамик тола, симлар. Матрица материаллари: полимерлар, металллар, керамика материаллари.

Шиша, органик, карбон, керамик тола, симлар. Матрица материаллари. Полимерлар, металллар, керамика материаллари.

7-мавзу: Углерод-углеродли композитлар. Композитлар билан дизайн. Ноанъанавий композитлар. Нанокompозитлар. Биокompозитлар.

Углерод-углеродли композитлар. Композитлар билан дизайн. Ноанъанавий композитлар. Нанокompозитлар. Биокompозитлар. Гибрид композитлар.

АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАЗМУНИ

1-амалий машғулот: Кристалл наносистемалар ва уларни ахамияти. Нанотехнология ва электроника.

Заррачаларнинг чегараси. Заррачалар чегарасининг миграцияси. Мультиплет иккиламчи заррачалар. Дислокация. Жойлашиш дефектлари. Учкаррали тугун. Холл-Петч қонуни. Таъқиқланган чегаранинг кенглиги.

Молекуляр электроника. Ёруғлик диоди (LED). Майдон эффектли транзистор (FET). Юпка пленкали транзисторлар (TFT). Бир электронли транзистор (SET). Заряд боғланишли қурилма (CCD). Комплементар металоксидли ярим ўтказгич (CMOS). Гигантмагнит қаршилиги (GMR). Оптоэлектроника. Фотолюминесценция. Фотон кристаллар. Фотоника. Юзаплазмон. Пьезорезистив эффект. Спинтроника (спин асосидаги электроника). Кубит. Квант компютерлар.

2-амалий машғулот: Полимер наноматериал олиш ва уларни хоссаларни. Наноцеллюлоза. Биомиметика системаларни олиш ва уларни хоссалари.

Суюқ кристал. Шакл хотирали полимерлар. Наноцеллюлоза. Тўқимали инженерия. Биомослашувчанлик. Биомиметика. Электрон бурун. Электрон тил. Бот. Нанобот. Дориларни мақсадли етказиш. ДНК-чип.

3-амалий машғулот: Наноматериал олиш ва уларни хоссаларни.

Тагдан-тепага ва Тепадан пастга. Буғ фазасидан физикавий чўктириш (PVD). Плазма. Буғ фазасидан кимёвий чўктириш (CVD). Иссик изостатик преслаш (HIPing). Пиролиз. Учқунли плазмали пишириш (SPS). Тенг каналли бурчакли преслаш (ECAP). Механик қотишмалаш. Буғ-суюқлик-қаттик модда усули (VLS). Эпитаксия. Нанолитография. Fab. Аэрогел. Квант нуқталари. Бакминстер – фуллерен. Углеродли нанотрубка. Нанотолалар. Наноқобиклар. Наносимлар. Наноматериал. Наностержнлар. Вискерлар. Юпқа пленкалар. Мезоғовакли материал. Мультикаватлар.

4-амалий машғулот: Нанометрология.

Атом-кучланишли микроскопия (AFM). Атом манипуляцияси. Нанолитография. Наноиндентификациялаш. Электрон микроскоп. Микрокантилевер. Сканирловчи яқин худудли оптик микроскопия (SNOM). Рентгенфотоэлектронспектроскопия (XPS). Ўта ўқазувчан квантинтерферометр (SQUID).

5-амалий машғулот:

Композицион материаллар ишлаб чиқаришдаги мустақкамлаштирувчи компонентлар хоссаларини ўрганиш.

Композицион материаллар ишлаб чиқаришдаги толалар хоссаларини ўрганиш. Композицион материаллар ишлаб чиқаришдаги дисперс мустақкамлаштирувчи компонентларнинг гранулометриқ таркиби ва хоссаларини ўрганиш.

6-амалий машғулот:

Матрица материаллари таркиби ва хоссаларини ўрганиш.

Терморреактив полимер материаллар таркиби ва асосий хоссаларини ўрганиш. Термопластик полимер материаллар таркиби ва асосий хоссаларини ўрганиш.

7-амалий машғулот:

Композицион материал таркибини тузиш ва хоссаларини лойиҳалаш.

Полимер матрица асосида композицион материал таркибини тузиш, композицияни тайёрлаш усуллари ва қотириш жараёнини ўрганиш.

8-амалий машғулот:

Шишакомпозитлар ишлаб чиқариш технологиясини ўрганиш.

Шишакомпозит “Триплекс” таркиби, асосий хоссалари ва қўлланилиш имкониятларини ўрганиш.

ЎҚИТИШ ШАКЛЛАРИ

- Мазкур модул бўйича қуйидаги ўқитиш шаклларидан фойдаланилади:
- маърузалар, амалий машғулотлар (маълумотлар ва технологияларни англаб олиш, ақлий қизиқишни ривожлантириш, назарий билимларни мустаҳкамлаш);
- давра суҳбатлари (ўрганилаётган муаммо ечимлари бўйича таклиф бериш қобилиятини ошириш, эшитиш, идрок қилиш ва мантиқий хулосалар чиқариш);
- баҳс ва мунозаралар (муаммолар ечими бўйича далиллар ва асосли аргументларни тақдим қилиш, эшитиш ва муаммолар ечимини топиш қобилиятини ривожлантириш).

БАҲОЛАШ МЕЗОНИ

| № | Баҳолаш турлари | Максимал балл | Баллар |
|---|--------------------------|---------------|----------|
| 1 | Кейс топшириқлари | 2.5 | 1.5 балл |
| 2 | Мустақил иш топшириқлари | | 1.0 балл |

II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

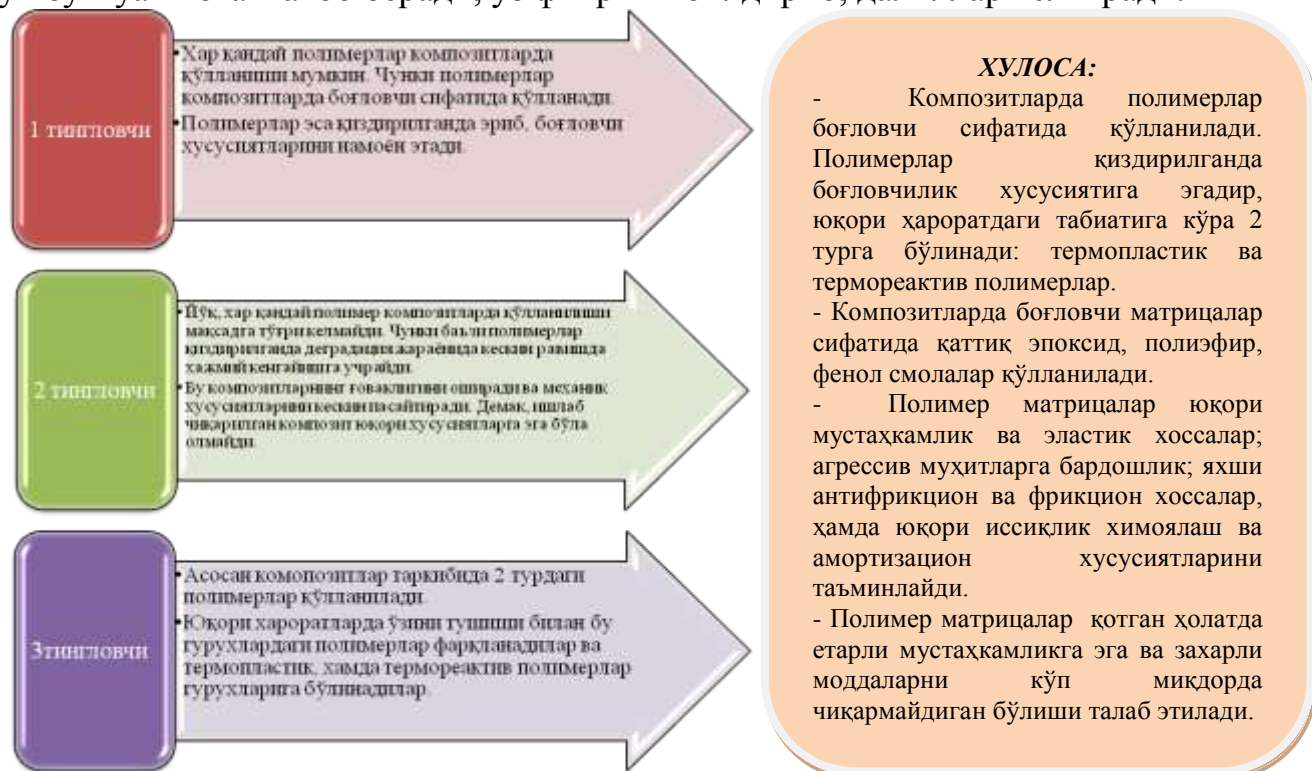
«Ақлий ҳужум» (брейнсторминг) методи

Методнинг мақсади: амалий ёки илмий муаммоларни ҳал этиш фикрларни жамоали генерация қилиш, ўқиб-ўрганиш фаолиятини фаоллаштириш, муаммони мустақил тушуниш ва ҳал этишга мотивлаштиришни ривожлантириш.

- Ақлий ҳужум вақтида иштирокчилар мураккаб муаммони биргаликда ҳал этишга интилишади: уларни ҳал этиш бўйича ўз фикрларини билдиради (генерация қилади) ва бу фикрлар танқид қилинмасдан улар орасидан энг мувофиқи, самаралиси, мақбули ва шу каби фикрлар танлаб олиниб, муҳокама қилинади, ривожлантирилади ва ушбу фикрларни асослаш ва рад этиш имкониятлари баҳоланади. Ҳар бир гуруҳ ичида умумий муаммонинг бир жиҳати ҳал этилади.

Намуна: Ҳар қандай полимер бирикмаларидан композитлар таркибини тузишда фойдаланилиш мумкин-ми?

Тўғридан-тўғри жамоали ақлий ҳужум – иложи борича кўпроқ фикрлар йиғилишини таъминлайди. Бутун ўқув гуруҳи (20 кишидан ортиқ бўлмаган) битта муаммони ҳал этади. Ўқув гуруҳидаги ҳар бир тингловчи ушбу муаммога жавоб беради, ўз фикрини билдириб, далиллар келтиради.



“Венн диаграммаси” методи

Методнинг мақсади: Бу метод график тасвир орқали ўқитишни ташкил этиш шакли бўлиб, у иккита ўзаро кесишган айлана тасвири орқали ифодаланади. Мазкур метод турли тушунчалар, асослар, тасавурларнинг анализ ва синтезини икки аспект орқали кўриб чиқиш, уларнинг умумий ва фарқловчи жиҳатларини аниқлаш, таққослаш имконини беради.

Методни амалга ошириш тартиби:

- иштирокчилар икки кишидан иборат жуфтликларга бирлаштириладилар ва уларга кўриб чиқиладиган тушунча ёки асоснинг ўзига хос, фарқли жиҳатларини (ёки акси) доиралар ичига ёзиб чиқиш таклиф этилади;
- навбатдаги босқичда иштирокчилар тўрт кишидан иборат кичик гуруҳларга бирлаштирилади ва ҳар бир жуфтлик ўз таҳлили билан гуруҳ аъзоларини таништириладилар;
- жуфтликларнинг таҳлили эшитилгач, улар биргалашиб, кўриб чиқиладиган муаммо ёхуд тушунчаларнинг умумий жиҳатларини (ёки фарқли) излаб топадилар, умумлаштириладилар ва доирачаларнинг

кесишган қисмига ёзадилар.

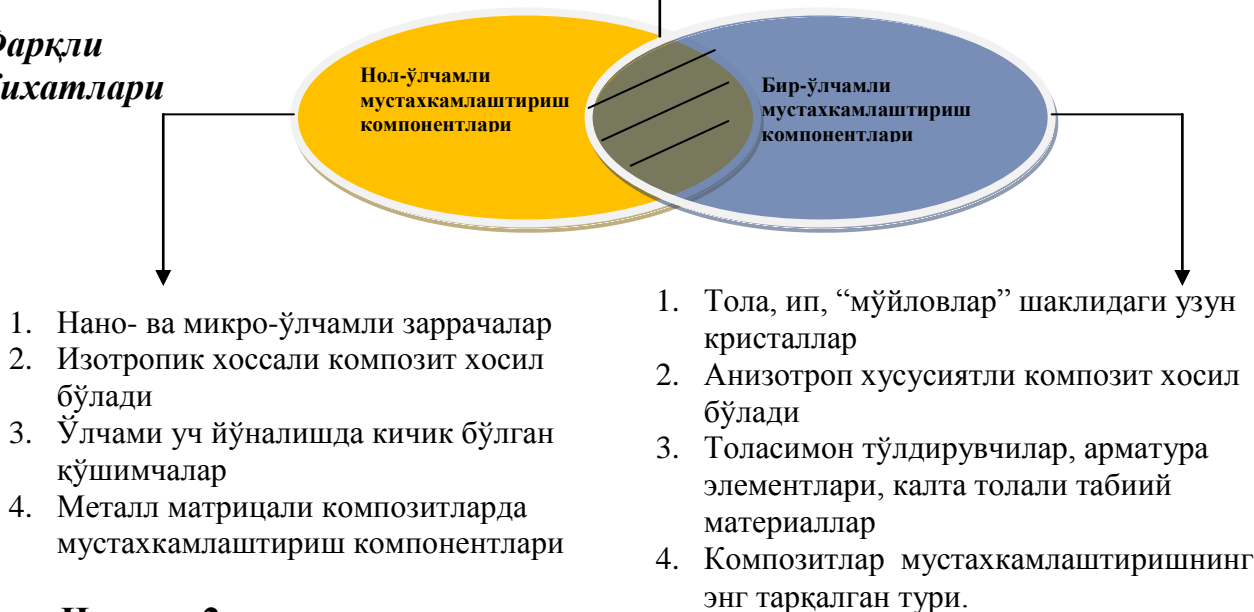
Намуна 1:

“Нол-ўлчамли мустаҳкамлаштириш компонентлари” ва “Бир-ўлчамли мустаҳкамлаштириш компонентлари” мавзуси бўйича “Венн диаграммаси”.

Умумий жиҳатлари:

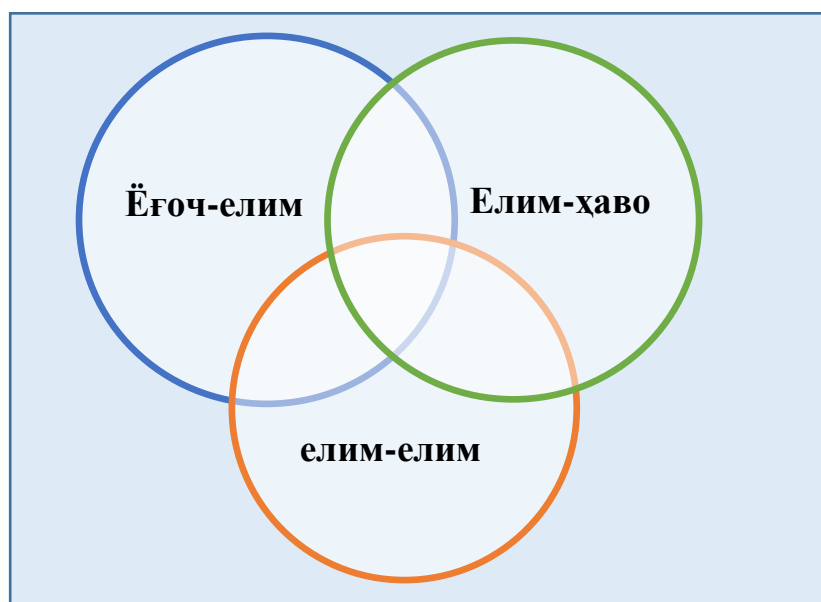
1. Композитларда мустаҳкамлаштирувчи вазифасини бажаради.
2. Композитларнинг термик бардошлигини оширади.
3. Композитларнинг мустаҳкамлигини оширади.
4. Композитларнинг қаттиқлигини оширади.

Фарқли Жиҳатлари



Намуна 2:

Елимланган материаллардаги адгезия ва когезия кучлари бўйича “Венн диаграммаси”.



“КЕЙС – СТАДИ” методи

«Кейс-стади» инглизча сўз - (case – аниқ вазият, ҳодиса, study -

ўқитиш). Бу метод аниқ вазият, ҳодисага асосланган ўқитиш методи ҳисобланади. Кейс- услуб (Case study) – бу реал иқтисодий ёки ижтимоий вазиятлар таърифини қўллайдиган таълим бериш техникасидир. Бунда *вазият* деганда бирон аниқ ҳодисанинг таърифи назарда тутилади. Гуруҳга ҳақиқий ахборот тақдим этилиб (у ҳақиқий ҳодисага асосланган ёки ўйлаб чиқилган бўлиши мумкин), муаммоларни муҳокама қилиш, вазиятни таҳлил этиш, муаммонинг моҳиятини ўрганиб чиқиш, уларнинг тахминий ечимларини таклиф қилиш ва бу ечимлар орасидан энг яхшисини танлаб олиш таклиф этилади.

«Кейс - стади» методи бўйича ишлаш:

1. Якка тартибда ишлаш (умумий вақтнинг 30% си):

Вазият билан танишиш (матн бўйича ёки сўзлаб бериш орқали). Муаммоларни аниқлаш. Ахборотни умумлаштириш. Ахборот таҳлили.

2. Гуруҳда ишлаш (умумий вақтнинг 50% си):

Муаммоларни ҳамда уларнинг долзарблиги бўйича кетма-кетлигини (иерархиясини) аниқлаш. Муқобил ечим йўллари ишлаб чиқиш. Ҳар бир ечимнинг афзал ва заиф жihatларини белгилаш. Муқобил ечимларни баҳолаш.

3. Якка тартибда ва гуруҳда ишлаш (умумий вақтнинг 20% си):

Муқобил вариантларни қўллаш имкониятларини асослаш. Ҳисобот ҳамда натижалар тақдимотини тайёрлаш.

Кейс ҳаракатлари ўз ичига қуйидагиларни қамраб олади: Ким (Who), Қачон (When), Қерда (Where), Нима учун (Why), Қандай/ Қанақа (How), Нима-натижа (What).

“Кейс методи” ни амалга ошириш босқичлари

| Иш босқичлари | Фаолият шакли ва мазмуни |
|---|--|
| 1-босқич: Кейс ва унинг ахборот таъминоти билан таништириш | <ul style="list-style-type: none"> ✓ якка тартибдаги аудио-визуал иш; ✓ кейс билан танишиш (матнли, аудио ёки медиа шаклда); ✓ ахборотни умумлаштириш; ✓ ахборот таҳлили; ✓ муаммоларни аниқлаш |
| 2-босқич: Кейсни аниқлаштириш ва ўқув топшириғни белгилаш | <ul style="list-style-type: none"> ✓ индивидуал ва гуруҳда ишлаш; ✓ муаммоларни долзарблик иерархиясини аниқлаш; ✓ асосий муаммоли вазиятни белгилаш |
| 3-босқич: Кейсдаги асосий муаммони таҳлил этиш орқали ўқув топшириғининг ечимини излаш, ҳал этиш | <ul style="list-style-type: none"> ✓ индивидуал ва гуруҳда ишлаш; ✓ муқобил ечим йўллари ишлаб чиқиш; ✓ ҳар бир ечимнинг имкониятлари ва тўсиқларни таҳлил қилиш; |

| | |
|--|--|
| йўллари ишлаб чиқиш | ✓ муқобил ечимларни танлаш |
| 4-босқич: Кейс ечимини ечимини шакллантириш ва асослаш, тақдимот. | ✓ якка ва гуруҳда ишлаш; ✓ муқобил вариантларни амалда қўллаш имкониятларини асослаш; ✓ ижодий-лойиҳа тақдимотини тайёрлаш; ✓ якуний хулоса ва вазият ечимининг амалий аспектиларини ёритиш |

Кейс 1. «Кевлар» толалари билан мустаҳкамлаштирилган полимер – матрицали композитлар юқори эластиклик модулига эга, шунинг учун улар дунё бўйича қуролли кучларни ҳимоялаш воситаларида кенг қўлланилади (бронежилетлар тайёрлашда). Аммо бундай композитларнинг термик бардошлиги паст кўрсаткичларга эга.

Композитларнинг термик бардошлигини қандай ошириш мумкин?

Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:

- Кейсдаги муаммони келтириб чиқарган асосий сабабларни белгиланг (индивидуал ва кичик гуруҳда).
- Янги термик бардош ва юқори эластик модулига эга бўлган композитнинг таркибини таклиф этинг (жуфтликлардаги иш).

Кейс 2. ДСП, фанера, МДФ, ДСтП материаллари ёғочсозликда мебель ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади. Бироқ, улар Ўзбекистонга асосан четдан келтирилади. Ўзбекистонда елимланган ёғоч материаллар ишлаб чиқаришни ташкил қилиш учун имкониятларни изланг.

Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:

- Кейсдаги муаммони келтириб чиқарган асосий сабабларни белгиланг, зарур билимлар рўйхатини тузинг (индивидуал ва кичик гуруҳда).
- Ёғоч хом ашёсини тўплаш бўйича бажариладиган ишлар кетма-кетлигини белгиланг (жуфтликда ишлаш).
- Елимланган ёғоч материаллар бозори истеъмолчиларини изланг.
- Бажарилган ишларни тақдимот қилинг.

Кейс 3

Турли ёғочлардан олинган елимланган материаллар турлича физик-механик хоссаларни намоён қилади. Ўзбекистон шароитида қайси елимланган ёғоч материаллини

ишлаб чиқариш ҳар тарафлама фойдали?

Кейси бажариш босқичлари ва топшириқлар:



“Тушунчалар таҳлили” методи

Методнинг мақсади: мазкур метод тингловчилар ёки қатнашчиларни мавзу бўйича таянч тушунчаларни ўзлаштириш даражасини аниқлаш, ўз билимларини мустақил равишда текшириш, баҳолаш, шунингдек, янги мавзу бўйича дастлабки билимлар даражасини ташхис қилиш мақсадида қўлланилади.

Методни амалга ошириш тартиби:

- иштирокчилар машғулот қоидалари билан таништирилади;
- тингловчиларга мавзуга ёки бобга тегишли бўлган сўзлар, тушунчалар номи туширилган тарқатмалар берилади (индивидуал ёки гуруҳли тартибда);
- тингловчилар мазкур тушунчалар қандай маъно англатиши, қачон, қандай ҳолатларда қўлланилиши ҳақида ёзма маълумот берадилар;
- белгиланган вақт якунига етгач ўқитувчи берилган тушунчаларнинг тўғри ва тўлиқ изоҳини уқиб эшиттиради ёки слайд орқали намойиш этади;
- ҳар бир иштирокчи берилган тўғри жавоблар билан ўзининг шахсий муносабатини таққослайди, фарқларини аниқлайди ва ўз билим даражасини текшириб, баҳолайди.

Намуна: “Модулдаги таянч тушунчалар таҳлили”

| Тушунчалар | Сизнингча бу тушунча қандай маънони англатади? | Қўшимча маълумот |
|----------------------|--|------------------|
| Композицион материал | Ишлаб чиқарилган, икки ёки кўпроқ физикавий ва кимёвий ҳар хил бўлган, матрица (интерфейс) ичида тартибли жойлашган фазалардан ташкил топган материал. | |
| Матрица, интерфейс | Композицион материалнинг бир бутунлигини таъминловчи боғловчи компонент | |
| Матрица материаллари | Металл, керамика, полимер материаллар | |

Изоҳ: Иккинчи устунчага қатнашчилар томонидан фикр билдирилади. Мазкур тушунчалар ҳақида қўшимча маълумот глоссарийда келтирилган.

“SWOT-таҳлил” методи

Методнинг мақсади: мавжуд назарий билимлар ва амалий тажрибаларни таҳлил қилиш, таққослаш орқали муаммони ҳал этиш йўллари топиш, билимларни мустаҳкамлаш, такрорлаш, баҳолаш, мустақил, танқидий фикрлаш, ностандарт тафаккурни шакллантириш.



Намуна 1: Толали мустаҳкамлаштириш компонентлари учун SWOT таҳлилини ушбу жадвалга туширинг.

| | | |
|----------|---|--|
| S | Толали мустаҳкамлаштириш компонентларининг кучли томонлари | Мустаҳкамлиги энг юқори кўрсаткичларга эга композитларни имкониятлари... |
| W | Толали мустаҳкамлаштириш компонентларининг кучсиз томонлари | Толали мустаҳкамлаштирилган композитларнинг анизотроплиги |
| O | Толали мустаҳкамлаштириш | Янги турдаги юқори хусусиятли |

| | | |
|--|--|--|
| | компонентларининг имкониятлари (ички) | толалар яратилмоқда – бор толалари, углерод толалари... |
|--|--|--|

| | | |
|----------|------------------|--|
| T | Тўсиқлар (ташқи) | Толали компонентлар матрица материаллари билан ҳўлланилиши ва аралишиши қийинлиги... |
|----------|------------------|--|

Намуна 2: Ёғоч-елим адгезиясиучун SWOT таҳлилини амалга оширинг.

| | | |
|----------|----------------------|--|
| S | Кучли томон- лари | <ul style="list-style-type: none"> • ёғоч юзасига елим текис тақсимланади; • елим ёғоч юзасига пуркаш, ролик билан суркаш, шпател билан суркаш, қуйиш каби турли усуллар билан берилиши мумкин; • очик ва ёпиқ ҳолатларда қотиши мумкин; • ион боғланишлар энг кучли боғланиш ҳисобланади. |
|----------|----------------------|--|

| | | |
|----------|---------------------|--|
| W | Кучсиз томонлари | <ul style="list-style-type: none"> • очик ҳолатда қотганда эритувчини чиқариб юбориш керак; • елим ва ёғоч ўртасида мослашувчанлик бўлиши лозим; • дисперс боғланишлар энг кучсиз боғланиш ҳисобланади. |
|----------|---------------------|--|

| | | |
|----------|--------------------------|--|
| O | Имконият- лари (ички) | <ul style="list-style-type: none"> • ёғоч структурасига боғлиқ; • кимёвий боғлар ҳам, механик боғлар ҳам яхши адгезия бериши мумкин; • дисперсион, икки қутбли ва водород боғлари узилса намлик таъсирида қайта тикланиши мумкин. |
|----------|--------------------------|--|

| | | |
|----------|---------------------|---|
| T | Тўсиқлар (ташқи) | <ul style="list-style-type: none"> • ковалент боғлар узилса қайта тикланмайди; • дисперсия кучлар молекулалар орасида бўлганда жуда суст бўлади, атомлар орасида бўлганда эса жуда кучли ҳисобланади. |
|----------|---------------------|---|

“Хулосалаш” (Резюме, Веер) методи

Методнинг мақсади: Бу метод мураккаб, кўптармоқли, мумкин қадар, муаммоли характеридаги мавзуларни ўрганишга қаратилган. Методнинг моҳияти шундан иборатки, бунда мавзунинг турли тармоқлари бўйича бир хил ахборот берилади ва айна пайтда, уларнинг ҳар бири алоҳида аспектларда муҳокама этилади. Масалан, муаммо ижобий ва салбий томонлари, афзаллик, фазилат ва камчиликлари, фойда ва зарарлари бўйича ўрганилади. Бу интерфаол метод танқидий, таҳлилий, аниқ мантиқий фикрлашни муваффақиятли ривожлантиришга ҳамда ўқувчиларнинг мустақил ғоялари, фикрларини ёзма ва оғзаки шаклда тизимли баён этиш, ҳимоя қилишга имконият яратади. “Хулосалаш” методидан маъруза машғулотларида индивидуал ва жуфтликлардаги иш шаклида, амалий ва семинар машғулотларида кичик гуруҳлардаги иш шаклида мавзу юзасидан билимларни мустаҳкамлаш, таҳлили қилиш ва таққослаш мақсадида фойдаланиш мумкин.

Методни амалга ошириш тартиби:



тренер-ўқитувчи иштирокчиларни 5-6 кишидан иборат кичик гуруҳларга ажратади;



тренинг мақсади, шартлари ва тартиби билан иштирокчиларни таништиргач, ҳар бир гуруҳга умумий муаммони таҳлил қилиниши зарур бўлган қисмлари тўширилган таркатма материалларни



ҳар бир гуруҳ ўзига берилган муаммони апрофлича таҳлил қилиб, ўз мулоҳазаларини тавсия этилаётган схема бўйича таркатмага ёзма баён қилади:



навбатдаги босқичда барча гуруҳлар ўз тақдимотларини ўтказадилар. Шундан сўнг, тренер томонидан таҳлиллар умумлаштирилади, зарурий ахборотлар билан тўлдирилади ва мавзу

Намуна 1:

| Композицион материаллар | | | | | |
|-------------------------|-----------|------------------|-----------|-------------------|-----------|
| Полимер матрицали | | Металл матрицали | | Керамик матрицали | |
| афзаллиги | камчилиги | афзаллиги | камчилиги | афзаллиги | камчилиги |
| | | | | | |

Хулоса:

Намуна 2:

| Алтернатив ёқилғи турлари | | | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Фанера | | MDF | | OSB | |
| афзаллиги | камчилиги | афзаллиги | камчилиги | афзаллиги | камчилиги |
| | | | | | |

Хулоса:

«ФСМУ» методи

Технологиянинг мақсади: Мазкур технология иштирокчилардаги умумий фикрлардан хусусий хулосалар чиқариш, таққослаш, қиёслаш орқали ахборотни ўзлаштириш, хулосалаш, шунингдек, мустақил ижодий фикрлаш кўникмаларини шакллантиришга хизмат қилади. Мазкур технологиядан маъруза машғулотларида, мустаҳкамлашда, ўтилган мавзунини сўрашда, уйга вазифа беришда ҳамда амалий машғулот натижаларини таҳлил этишда

фойдаланиш тавсия этилади.

Технологияни амалга ошириш тартиби:

- қатнашчиларга мавзуга оид бўлган якуний хулоса ёки ғоя таклиф этилади;
- ҳар бир иштирокчига ФСМУ технологиясининг босқичлари ёзилган қоғозларни тарқатилади:



- иштирокчиларнинг муносабатлари индивидуал ёки гуруҳий тартибда тақдимот қилинади.

ФСМУ таҳлили қатнашчиларда касбий-назарий билимларни амалий машқлар ва мавжуд тажрибалар асосида тезроқ ва муваффақиятли ўзлаштирилишига асос бўлади.

Намуна 1.

Фикр: “Полимер матрицали композитлар энг юқори физик-механик ва кимёвий хоссаларга эгадир”.

Топширик: Мазкур фикрга нисбатан муносабатингизни ФСМУ орқали таҳлил қилинг.

Намуна 2: “Елимланган материалда елим ва ёғочнинг бир-бирига мослашувчанлиги катта аҳамиятга эга” фикрини ФСМУ орқали таҳлил қилинг.

| | |
|---|--|
| Ф | •“Елимланган материалда елим ва ёғочнинг бир-бирига мослашувчанлиги катта аҳамиятга эга”. |
| С | •“Елим ва ёғоч бир бирига адгезияси юқори бўлса, елим ёғочга мос бўлади”. |
| М | •“Карбамид-формальдегид елимларининг ёғочга адгезияси юқори бўлади, чунки уларда метилол гуруҳлари ва ёғочдаги гидроксил гуруҳлари билан кучли боғлар ҳосил бўлади”. |
| У | •“Карбамид-формальдегид елимлари асосидаги елимланган ёғоч материалларида метилол гуруҳлари ва ёғочдаги гидроксил гуруҳлари билан кучли боғлар ҳосил қилиши сабабли адгезия юқори бўлади”. |

“Синквейн” методи

“Синквейн” – тингловчини ижодий фаоллаштиришга, фаолиятни баҳолашига йўналтирилган таълим машқи ҳисобланади. Синквейн-французча сўздан олинган бўлиб, бешлик деган маънони билдиради. “Синквейн” методини амалга ошириш босқичлари:

1. Ўқитувчи тингловчиларга мавзуга оид тушунча, жараён ёки ҳодиса номини беради.
2. Тингловчилардан улар ҳақидаги фикрларини қисқа кўринишда ифодалашлари сўралади. Яъни, шеърга ўхшатиб 5 қатор маълумотлар ёзишлари керак бўлади.

У қуйидаги қоидага асосан тузилиши керак:

- 1-қаторда мавзу бир сўз билан (одатда от билан) ифодаланади.
- 2-қаторда мавзуга жуда мос келадиган иккита сифат берилади.
- 3-қаторда мавзу 3та ҳаракатни билдирувчи феъл билан фойдаланилади.
- 4-қаторда темага доир муҳокама этувчиларнинг ҳиссиётини ифодаловчи жумла тузилади. У тўрт сўздан иборат бўлади.
- 5-қаторда мавзуни моҳиятини ифодаловчи битта сўз берилади. У мавзунинг синоними бўлади.

Намуна. “Матрица” сўзига синквейн тузинг.

1. Матрица.
2. Боғловчилик хусусияти.
3. Хажм бўйича тенг тақсимланган.
4. Композитнинг бир жинслилигини таъминлайдиган керамик, полимер ёки металл материал.
5. Компонент.

“Кластер” методи

Фикрларнинг тармокланиши “Кластер” – бу педагогик стратегия бўлиб, у тингловчиларни бирон бир мавзунини чуқур ўрганишларига ёрдам бериб, тингловчиларни мавзуга тааллуқли тушунча ёки аниқ фикрни эркин ва очик равишда кетма-кетлик билан узвий боғлаган ҳолда тармоқлашларига ўргатади.

Фикрларни тармоқлаш қуйидагича ташкил этилади:

1. Ҳаёлга келган ҳар қандай фикр бир сўз билан ифода этиб кетма-кет ёзилади.
2. Фикрлар тугамагунча ёзишда давом этавериш керак.
3. Иложи борича фикрларнинг кетма-кетлиги ва ўзаро боғлиқлигини кўпайтириш.

Намуна. “Композицион материаллар турлари” мавзусига “Кластер” график органайзерини тузинг.

“Ассесмент” методи

Методнинг мақсади: Мазкур метод таълим олувчиларнинг билим даражасини баҳолаш, назорат қилиш, ўзлаштириш кўрсаткичи ва амалий кўникмаларини текширишга йўналтирилган. Мазкур техника орқали таълим олувчиларнинг билиш фаолияти турли йўналишлар (тест, амалий кўникмалар, муаммоли вазиятлар машқи, қиёсий таҳлил, симптомларни аниқлаш) бўйича ташҳис қилинади ва баҳоланади.

Методни амалга ошириш тартиби:

“Ассесмент” лардан маъруза машғулотларида тингловчиларнинг ёки катнашчиларнинг мавжуд билим даражасини ўрганишда, янги маълумотларни баён қилишда, семинар, амалий машғулотларда эса мавзу ёки маълумотларни ўзлаштириш даражасини баҳолаш, шунингдек, ўз-ўзини баҳолаш мақсадида индивидуал шаклда фойдаланиш тавсия этилади. Шунингдек, ўқитувчининг ижодий ёндашуви ҳамда ўқув мақсадларидан келиб чиқиб, ассесментга қўшимча топшириқларни киритиш мумкин.

Намуна 1. Ҳар бир катакдаги тўғри жавоб 0,5 балл (тест, қиёсий таҳлил, тушунча таҳлили учун) ёки 1 баллгача (амалий кўникма, кейс учун) баҳоланиши мумкин.



Тест

Икки ўлчамли тўлдирувчилар

- а) Майда заррачали қўшимчалар
- б) Ленталар, матолар, матлар, тўрсимон элементлар
- в) Бир ўлчамли қўшимчалар
- г) Майда заррачали кум, металлар, фосфатлар



Қиёсий таҳлил

Дисперс мустаҳкамлаштирилган ва толали мустаҳкамлаштирилоган композитларни таққосланг.



Тушунча таҳлили

Никель ва алюминий асосида тайёрланган композитлар -



Амалий кўникма, кейс

Дисперс фаза кўрсаткичларини келтиринг ва уларнинг аниқлаш усулларини ифодалаб беринг.

Намуна 2. Ҳар бир катакдаги тўғри жавоб 0,5 балл (тест, қиёсий таҳлил, тушунча таҳлили учун) ёки 1 баллгача (амалий кўникма, кейс учун) баҳоланиши мумкин.



Тест

Карбамид-формальдегид елимларининг ёғочга адгезияси юқорими?
 А) ҳа
 Б) йўқ
 С) ҳар доим эмас



Қиёсий таҳлил

Қутбли ва ион боғланишларни ўзаро таққосланг.



2. Тушунча таҳлили

Ион боғланиш бу – ...



Амалий кўникма

Ван Дер Вальс кучларини ёғоч-елим композициясида қандай ҳолатларда ҳосил бўлишини асослаб беринг.

III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР

1-мавзу: Кириш. Нанотехнологиянинг асосий тушунчалари

Режа:

- 1.1. Нанотехнологияларнинг ривожланиш тенденцияси.
- 1.2. Нанотехнологиялар тўғрисида умумий маълумот.
- 1.3. Нанообъект, наноматериал, нанотехнология тушунчаси.

Таянч иборалар: нанотехнология жараёнлари, наноматериаллар, углерод нанотрубкалари.

Кириш. Фаннинг предмет ва вазифалари.

Ушбу фан математик ва табиий-илмий ҳамда умумқасбий фанларга таянган холда наноматериалларнинг физик-кимёвий муаммоларини ҳал қилиш ва фан сифатида шаклланишини мустахкамлаш мақсадида: нанотехнологиянинг асосий тушунчалари, нанотехнологиянинг тадқиқот объектлари ва уларнинг синфланиши, нанотехнологиянинг ривожланиш босқичлари, нанообъектларнинг асосий турлари ва улар асосидаги нанотизимлар, углеродли нанотрубкалар, фуллеренлар, супрамолекуляр кимё, ноорганик наноматериаллар; наноструктураланган материалларнинг синтез усуллари, фундаментал асослари тўғрисидаги маълумотларни қамраб олади ва бу билимларни талабаларга етказиш фаннинг асосий мақсад ва вазифалари ҳисобланади.

“Наноматериаллар” фанини ўзлаштириш жараёнида:

- анизотизимнинг кристаллофизикаси, наноструктуралар ва уларнинг симметрик ифодаси;
- электронларнинг энергетик спектри квант ушлов структураларида квант нуқталар, толалар, юқори даражали панжаранинг аҳамияти;
- холнинг квант эффекти ва квант ўлчов структуралари оптик хусусиятларининг моҳияти;
- наноқатламли композицияларни магнит хоссалари, кондесацияланган мухитларда энергия ва зарядлар ўтқизиш жараёнлари;
- наноструктуралашган материалларни физик кимеси, кичик ансамблли молекулалар, молекуларо ўзаро таъсири ҳақида тасаввурга эга бўлиши;
- нанозаррачаларни ўлчов ва функционал хоссалари;
- молекуляр динамика, конформация ва нанотизм симметрик тасвири;
- фазаларо чегараларни термодинамикаси ва кинетикаси, Кластер;

- мицеллалар хосил бўлиши, полимеризациялаш, матрица синтези, ўзарошаклланиш;

- наноматериаллар: золлар, геллар, суспензиялар, коллоид эритмалар, матрица-ажратилган кластерли юқори даражадаги структуралар, фуллеренлар, углеродли нанотрубкалар, полимерлар, юқори даражали панжаралар, биомембраналар;

- нанотизимларни электр ўтказувчи, иссиқлик ўтказувчи ва механик хоссалари.

- наноматериалларни махсус хоссалари, уларни физик-кимевий табиатлари боғлиқликлари, танловчанлиги, энергия хажмлиги ва электрон хотирасининг моҳиятини билиши ва улардан фойдалана олиши;

- нанокимевий компоненталар: катализаторлар, сорбентлар, реакторлар;

- наноқатламлар синтези услублари: атом-молекуляр эпитаксия, молекуляр ва кимёвий конструкторлаш;

- Ленгмюр-Блоджетт молекуляр қатламлаш услуби, полианион молекуляр конструкторлаш;

- юқори даражада локалланган қопланиш, ажратиш ва моддаларни модификациялаш услублари;

- корпускуло-фотонли ва электрокимёвий нанотехнологиялар, нанозондли локал синтез ва моддани ажратиш, материал юзасини модификациялаш кўникмаларига эга бўлиши керак.

1.1. Нанотехнологияларнинг ривожланиш тенденцияси

Нанотехнологияни ривожланиши қуйидагиларга боғлиқ ¹:

- Физика
- Кимё
- Биология
- АКТ
- Электротехника
- Машинасозлик

Нанотехнология генетика фанини ривожланишига катта тасир кўрсатди:

- нанотиббиёт
- нано капсула
- нано гель
- саратон касаллигини даволаш
- соғ бўлган катакларга зарар етказмасдан даволаш



Расм 1. Нанотехнологияларнинг ривожланиш тенденцияси².

Нано роботлар.

- Микроскопик масштабдаги машина ва роботларни яратиш ва улардан унумли фойдаланиш.

Нанотехнология ва коинот:

- коинот аппаратларни яхшилаш
- астронавтларга муҳитни такомиллаштириш
- коинот саёхатларни арзонлаштириш

¹ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011. 35.

²G.L.Hornyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 24

- нано ер йўлдошларини яратиш.

Нано озикланиш:

- озикаларни музсиз сақлаш
- озик- овқатларни бактерия ва паразитлардан химоя қилиш
- енгил хазм бўладиган моддаларни яратиш

Нано ва мудофаа:

- кичик ўлчамли ва тезюрар электрон қурилмалар
- енгил, қувватли ускуналар
- сенсорларнинг янги авлодларини яратиш
- такомиллаштирилган қуруллар

Нано ва электроника (Расм 1-2):

- электрон қурилмалар экранларини замонавийлаштириш
- хотира микросхемаларини бир квадрат дюймдаги хажминги терабайтларга етказиш
- интеграл схемаларда ишлатиладиган ярим ўтказгичли асбобларнинг хажмини камайтириш

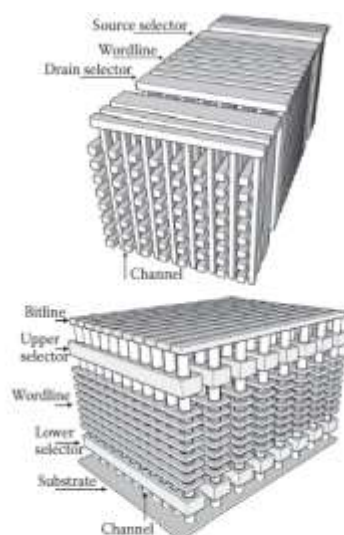


FIGURE 2.3 Proposed structures for three-dimensional NAND Flash Memory. (Data from International Technology Roadmap for Semiconductor [ITRS] <http://www.itrs.net>.)

Расм 2. Учўлчамли NAND Flash хотираси учун тахминий тузилиши³.

Нано ва АКТ:

- катодли нур трубкасини углерод нанотрубкаларига алмаштириш
- нанотехнологиялардан таъминотда унумли фойдаланиш

Нано ва энергетика:

- қуёш ва иссиқлик батареяларидан фойдаланиш;
- юқори ҳароратли ўтказгичларни ишлатиш
- гальваник элементлар ва аккумуляторларни, янги наноавлодини яратиш

³ David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 21.

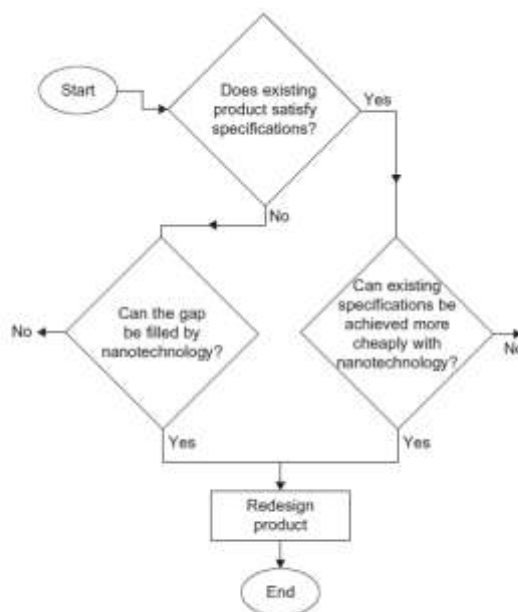


FIGURE 1.3
Flow chart to determine whether nanotechnology should be introduced into a product.

Расм 3. Нанотехнология махсулотга қўлланилиши мумкинлигини аниқлаш диаграммаси⁴.

1) Р.Фейнман Нобель мукофоти лауреати. “Менинг фикримча, физика принциплари алоҳида атомлардан ўзининг шахсий манфаатлари йўлида фойдаланишни ман қилмайди”.1995 й.



Richard Phillips Feynman

2) 1996 й. Р.Янг пьезодвигателлар ғоясини таклиф қилди, ҳозирги кунда улар нанотехнология асбобларининг прецизион харакатланишини $0.01 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$ аниқлик билан таъминлайди.

3) Норио Томигути биринчи марта “нанотехнология” атамасини 1974 йилда қўллади.

4) 1982-1985-йилларда немис профессори Г.Гляйтер қаттиқ жисмлар нанотузилмаси концепциясини таклиф этди.

5) 1985 йилда Роберт Керл, Харелд Крето, Ричард Смоллилардан иборат олимлар жамоаси фуллеренларни кашф қилди ва CNT (carbon nanotubes) назариясини яратди, улар 1991 йилда тажриба йўли билан олинди.

6) 1982-йилда Г.Бининг ва Т Рорер биринчи сканер қилувчи тунелли микроскоп (СТМ) яратдилар.

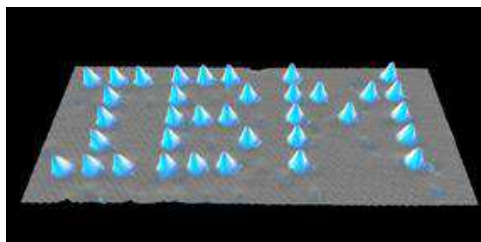
⁴ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 12

7) 1986-йилда сканер қилувчи атом –кучли микроскоп пайдо бўлди.

8) 1987-1988-йилларда алоҳида атомлардан ўзининг шахсий манфаатлари йўлида фойдаланиш имконини берувчи биринчи нанотехнология қурилмаларининг ишлаш принциплари намойиш қилинди.

Э.Дрекслер-нанотехнологиялар ҳақидаги барча билимларни умумлаштирди, ўз-ўзини намоён қилувчи молекуляр роботлар концепциясини аниқлади, улар йиғиш ва ёйиш (декомпозиция)нинг амалга ошириши, маълумотни атомар даражада хотирага ёзиш ўз-ўзини намоён қилиш ва улардан фойдаланиш дастурларини сақлаши керак эди.

9) 1990-йилда СТМ ёрдамида IBM фирмаси билан биргаликда 3та харф чизилди. Улар Хе(35 атом) билан никел кристаллининг ясси грамида чизилди. (Расм 4)



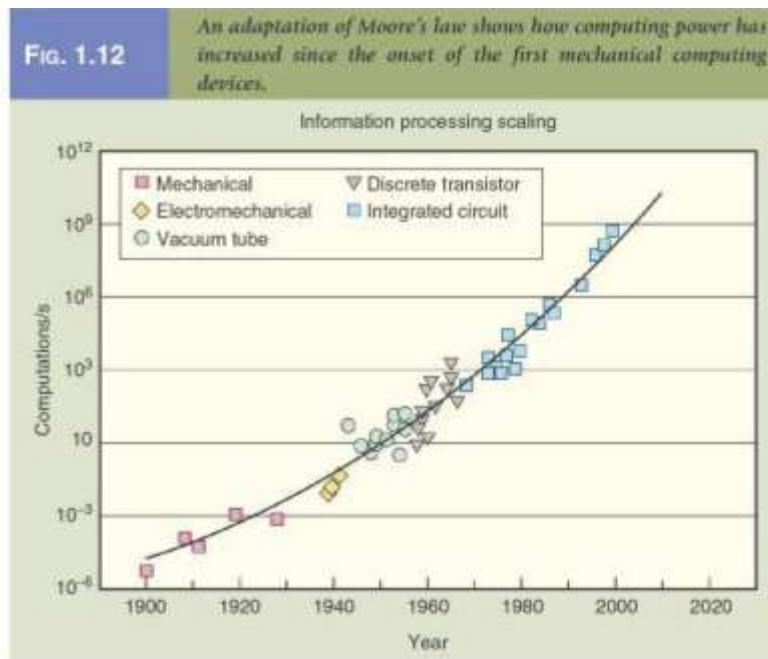
Расм 4. IBM фирмасининг литографияси ⁵

Мур қонуни: қурилманинг юза бирлигига ўрнаштирилган транзисторларнинг сони тахминан хар 18 ойда икки баробар кўпайишини назарда тутувчи ҳисоблаш қурилмаларидаги ўзоқмуддатли тренд.

Кридер қонуни: қаттиқ дискларнинг хотира ҳажми деярли хар йили икки баробар кўпаяди.



⁵ Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 302



Source: Image courtesy of the IBM Corporation. With permission.

Расм 5. Мур ва Кридер қонуни ⁶ 23

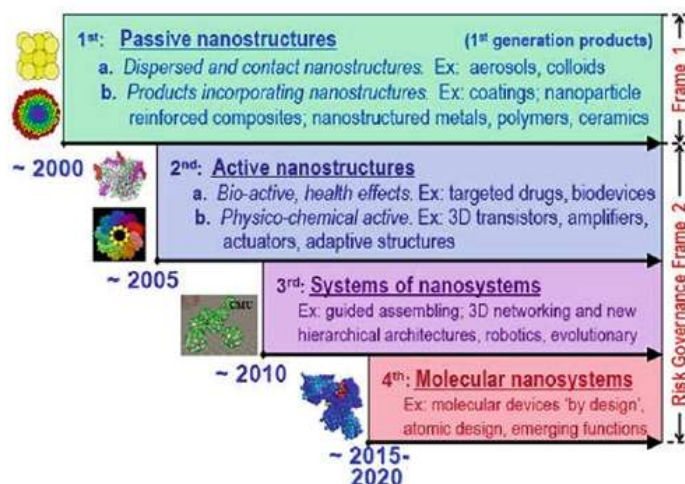


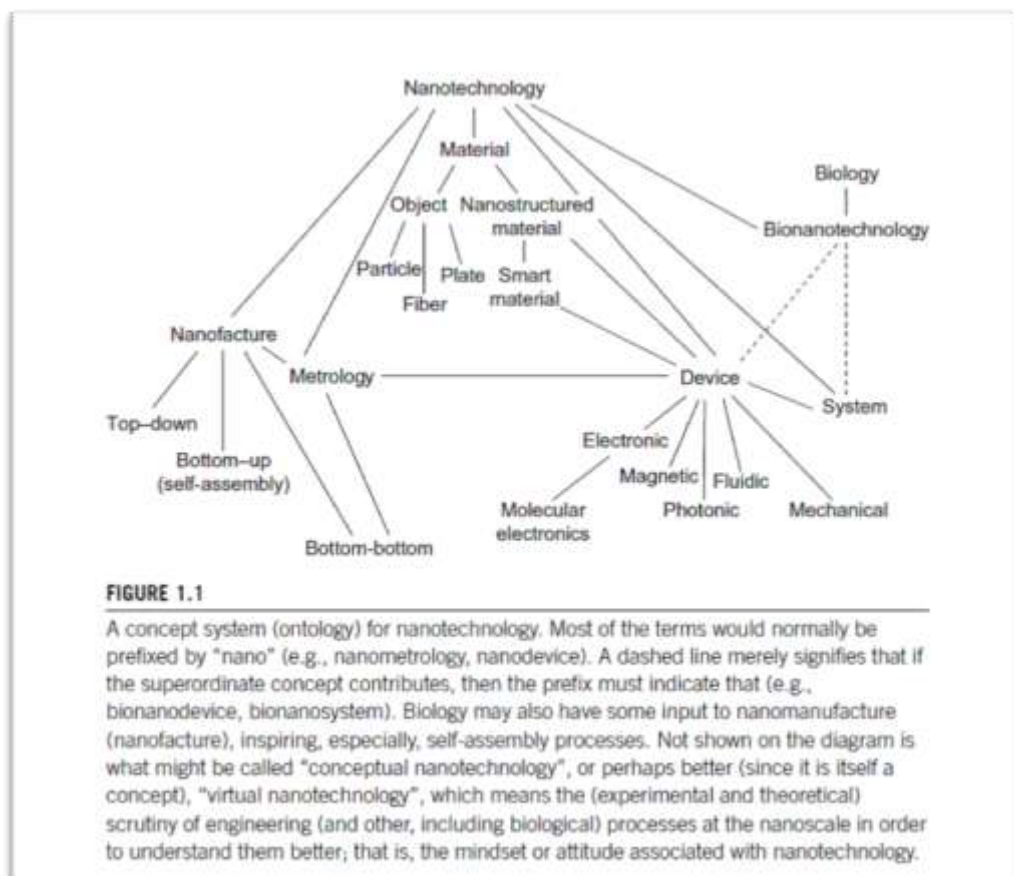
Fig. 2.1 Generations of nanotechnology development (Roco 2011)

Расм 6. Нанотехнологиянинг ривожланиш тенденцияси ⁷ 1.2. Нанотехнологиялар тўғрисида умумий маълумот

Белгиланган хоссали наноматериаллар олишда илм-фан ва техника ютуқларини тадбиқ қилиш. Бир қатор нанообъектлар маълум ва улар анчадан бери қўлланади. Коллоидлар, майда дисперс кукунлар ингичка плёнкалар шулар жумласидан (Расм 7).

⁶ G.L.Hornyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 12

⁷ Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 95.



Расм 7. Нанотехнологияларда онтология. Нано префикси (нанометрология, наноасбоб)⁸

Ҳозирги кунга келиб хона ҳарорати шароитида юзада атомларнинг бирикиши ва ҳажмда атомларнинг турли комбинациялари ҳосил бўлишининг технологик усуллари ишлаб чиқилмоқда.

Углерод “nanotube”лар (наноайча, нанотрубкалари) CNT (carbon nanotubes):

- бу трубкалар молекуляр масштабдаги материалларга киради;
- таркибида графит углероди бўлиб ажойиб хоссаларга эга.

Нанотехнологияларининг энг реал чиқиши атомар тузилмаларининг ўз-ўзини йиғиши дейилади. Замонавий нанотехнологиянинг вазифаси, атомар тузилмаларини йиғишни таъминловчи табиий қонуниятларини топиш.

1.3. Нанообъект, наноматериал, нанотехнология тушунчаси

Нано - “ 10^{-9} ”. Шундай қилиб нанотехнологияларнинг фаолият соҳасига, ҳоҳ битта ўлчамда бўлсин *нм* билан ўлчанадиган объектлар киради. Кўриб чиқилаётган объектлар кўлами алоҳида атом ўлчамидан анча кенг, конгломератларгача (таркибида 1,2 ёки 3 ўлчамда 1 мкм ўлчамга эга 10^9 дан ортиқ атом органик молекулалар). Ушбу объектлар б.б сон атомлардан иборат эмаслиги жуда муҳим, бу эса модданинг дискрет атом-молекуляр тузилмасининг пайдо бўлиши ёки унинг квант қонуниятларини белгилаб

⁸ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 4

беради (расм 8).

| Intension | Concept | Extension |
|---|--------------|----------------------------|
| One or more external dimensions in the nanoscale | Nano-object | Graphene, fullerene |
| One or more geometrical features in the nanoscale | Nanomaterial | A nanocomposite |
| Automaton with information storage and/or processing embodiments in the nanoscale | Nanodevice | Single electron transistor |

Жадвал 1. Наноконцепция ва уларнинг таркибий қисми ва қўлланилиши⁹

1) Нанообъектни аниқлаш. Нанометр ўлчамли ҳар қандай физикавий объект 1x2x3x координатали майдонда (тез кунда вақт ўлчамида бўлиши мумкин).

2) Ҳар қандай амтериал объект нанообъект дейилади, уларда юза атомларнинг сони ҳажмдаги атомларнинг сони билан солиштирма ёки юқори.

3) Нанообъектни аниқлаш. Нанообъект - 1 ёки кўпроқ координата ўлчамли, де Бройлнинг электрон учун тўлқини узунлиги билан таққосланадиган объект. (1924 йилда физик олим де Бройль “Фотонлар учун корпускуляр тўлқинли дуализм табиатнинг исталган зарраси учун мос” деган.

$$\lambda_{\sigma} = \frac{h}{p},$$

бу ерда: h – Планк доимиси; p – электрон импульси; λ_{σ} – де Бройлнинг тўлқини.

4) Нанообъектни аниқлаш. Ўзининг ўлчовларида ҳодисанинг энг сўнгги ўлчовидан ҳам кичик объектларни айтишади (у ёки бу ҳодисанинг поляризацион радиуси билан бир хил ўлчам, электронларнинг эркин ҳаракатланиш узунлиги, магнит домен ўлчами, қаттиқ жисмнинг пайдо бўлиш ўлчами).

5) Нанообъектни аниқлаш. Нанообъект – бу уч майдон ўлчамининг ҳеч бўлмаса биттасида 100 нм дан кам бўлмаган ўлчамли объект. 100 нм – де Бройлнинг электрони учун тўлқин узунлиги.

⁹ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 5

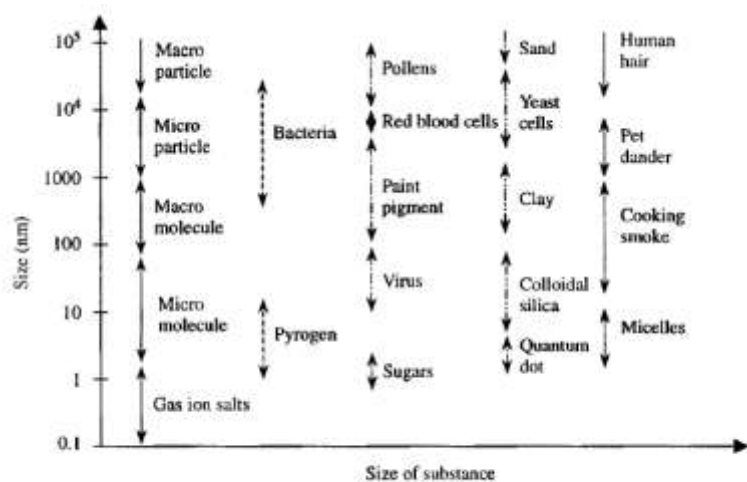


Fig. 1.1. Examples of zero-dimensional nanostructures or nanomaterials with their typical ranges of dimension.

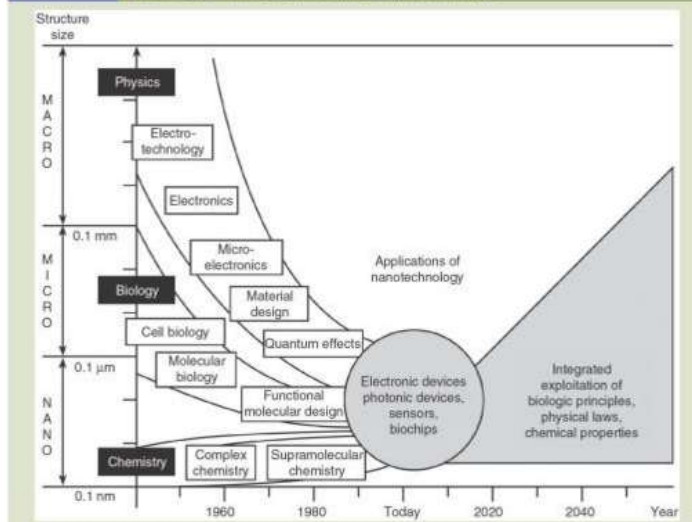
Fig. 1.3

Three and a half gold atoms are laid end to end on top of a 1-nm scale ruler. The metallic "hard sphere" radius of gold is 0.144 nm. One nanometer is quite a small dimension and it is amazing that we are able to construct devices on that scale.



Fig. 1.5

Size scale of nanoscience divisions of physics, chemistry, and biology are expanded to include associated technologies. The graph clearly places the juxtaposition in today's time. From now on, manufacture of very small to very large integrated devices will be made possible by advances in nanoscience and nanotechnology.



Source: Graph redrawn with permission from VDI-Technology Center, Future Technologies Division—APEC Center for Technology Foresight, Thailand.

Расм. 8. Типик ўлчамли 0-ўлчамли нанотизимлар ва наноматериалларнинг намуналари¹⁰⁻¹¹

Наноматериаллар бу нанообъектларнинг ўзи (агар улар турли техникавий мослама ва ускуналар тайёрлашга хизмат қилса, худди нанообъектлар ушбу материалларда маълум бир хусусият шакллантириши учун фойдаланилади ёки наноконструкторланган материаллар каби).

¹⁰ G.L.Hornyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 8-11.

¹¹ Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 2.

“Нанотехнология” тушунчаси “наноматериал” тушунчаси билан чамбарчас боғлиқ.

“Технология” атамаси уч тушунчани англатади:

- 1) технологик жараён;
- 2) технологик ҳужжатлар тўплами;
- 3) қайта ишлаш жараёнларининг қонуниятлари ва маҳсулотни ўрганувчи илмий фан.

Нанотехнология – наноматериалларни олиш, қайта ишлаш ва қўллаш қонуниятларини ўрганувчи фан.

Назорат саволлари

1. “Наноматериаллар” тушунчасига таъриф беринг.
2. Наноматериалларнинг кандай турларини биласиз?
3. Нанометрология ва наноасбоб деб нимага айтилади?
4. Наноматериалларнинг алоҳида хусусиятларнинг сабаби нимада?
5. Мур қонуни нима?
6. Кридер қонуни тушунтиринг?

Фойдаланилган адабиётлар

1. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011. 35.
2. G.L.Hornyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 24.
3. David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 21.
4. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 12.
5. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 302.
6. G.L.Hornyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 12.
7. Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 95.
8. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 4.
9. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 5.
10. G.L.Hornyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 8-11.
11. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 2.

2-мавзу: Нанообъектларнинг асосий турлари ва улар асосидаги наносистемалар.

Режа:

2.1. Нанозаррачалар ва наноматериаллар хусусиятларининг физикавий сабаблари.

2.2. Нанообъектлар таснифи.

Таянч иборалар: фуллеренлар, углеродли трубклар, супрамолекуляр моддалар, вискерлар, манганитлар, фотон кристаллари, биокерамика, наноолмослар, газли гидратлар ва кластерлар.

2.1. Нанозаррачалар ва наноматериаллар хусусиятларининг физикавий сабаблари

1) Нанообъектларда юза ёки дон чегара атомларининг сони ҳажмдаги атомлар сони билан таққосланади [1] (расм 1-2).

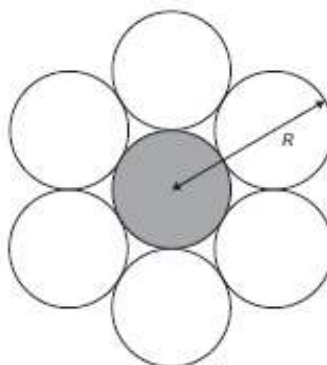


FIGURE 2.1

Cross-section of a spherical nanoparticle consisting of 19 atoms.

Расм 1. Кесимдаги 19 атомдан ташкил топган нанозаррача¹².

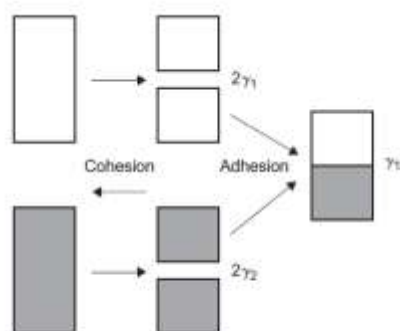


FIGURE 3.2

Cohesion and adhesion of substances 1 (white) and 2 (gray) (see text).

Расм 2. Когезия ва адгезия¹³.

¹² Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 19

¹³ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 38

2) Юзада жойлашган атомлар ҳам қаттиқ жисм ҳажмидаги атомлардан фарқли ўлароқ, ўйиқ жойлар ва босқичларнинг узелларида камсонли тугалланган алоқаларга эга бўлади. Бу ҳол нанообъектлар ва монотаркибланишган материалларнинг кимёвий, каталитик фаолияти турлича ортишига олиб келади. Бундан ташқари углерод атомлардан миграция, яъни диффузион миграция, рекристаллизация, шунингдек сорбцион ҳажм ва бошқалар тезлигининг ортиши юзалик бўйлаб анча тез юз беради (расм 3).

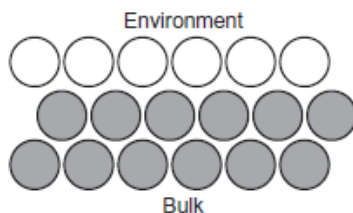


FIGURE 2.3

The boundary of an object shown as a cross-section in two dimensions. The surface atoms (white) are qualitatively different from the bulk atoms (gray), since the latter have six nearest neighbors (in two-dimensional cross-section) of their own kind, whereas the former only have four.

Расм 3. Иккита ўлчамда объектни боғланиши. Юза атомлари (оқ) ички атомларидан сифат жиҳатдан фарқ қилади (кулранг)¹⁴.

3) Нанообъектлар учун чизиқли ва юзаки таранглашувнинг тасвирлаш кучи нанообъектлар учун бўлганига қараганда анча кучли намоён бўлади, чунки қаттиқ жисм ҳажмида юзадан узоклашганда бу кучлар анча заифлашади. Бу кучларнинг катталиги нанообъект ҳажмининг кристаллик таркиби камчиликларининг кучларидан тозаланишига олиб келади. Нанообъект нанообъектга қараганда анча мукамал кристаллик таркибига эга. Тасвир кучлари ўз номини электр майдонларни ҳисоблаш усули бўйича олган (расм 4-6).

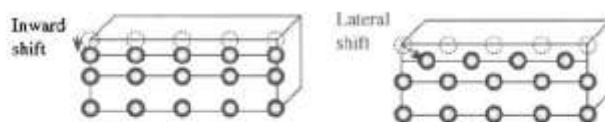


Fig. 2.4. Schematic showing surface atoms shifting either inwardly or laterally so as to reduce the surface energy.

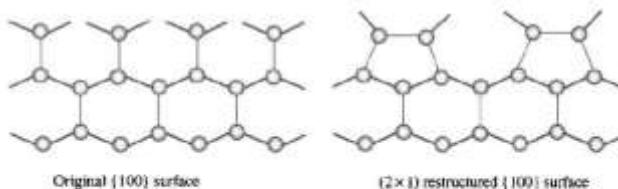


Fig. 2.5. Schematic illustrating the (2×1) restructure of silicon $\{100\}$ surface.

Расм 4. Юза атомлари силжиши схемаси ва юза энергиясининг камайиши. Кремний юзасининг реструктуризацияси¹⁵.

¹⁴ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 22

¹⁵ Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 20

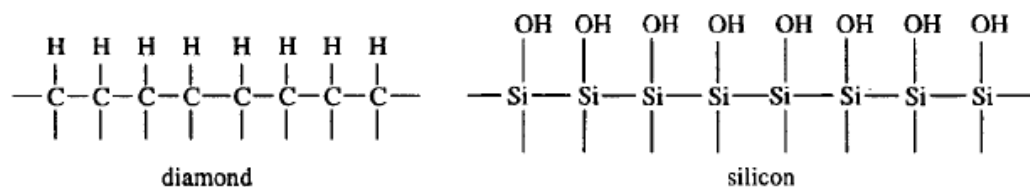


Fig. 2.6. Schematic showing the surface of diamond is covered with hydrogen and that of silicon is covered with hydroxyl groups through chemisorption before restructuring.

Расм 5. Хемосорбция натижасида юзаларида водород ва гидроксид группали олмос ва кремнийнинг юзаси¹⁶

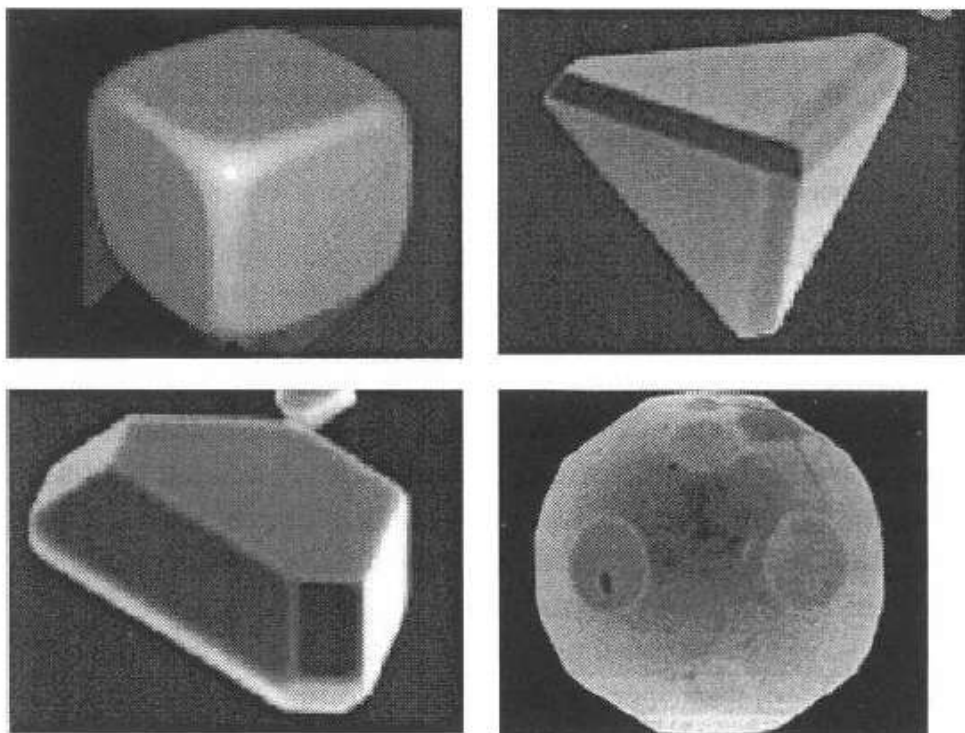


Fig. 2.7. Examples of single crystals with thermodynamic equilibrium shape. (Top-left) Sodium chloride, (top-right) silver, (bottom-left) silver, and (bottom-right) gold. Gold particles are formed at 1000°C and some facets have gone through roughening transition.

Расм 6. Монкрystalларнинг намуналари – натрий хлориди, кумуш, олтин (харорат 1000°C)¹⁷.

4) Нанообъектларда тарқалиш, рекомбинация ҳамда объектларнинг чегараларида акс этиш билан боғлиқ бўлган катталик эффектлари катта аҳамиятга эга бўлади (гап микрозаррачаларнинг ҳаракати устида бормоқда).

Ҳар қандай кўчириш ҳодисасида (эл. токи, иссиқликни ўтказувчанлик, пластик, деформация ва ҳоказолар) воситаларга қандайдир эркин югуришнинг самарали узунлигига нисбат бериш мумкин, бунда объектнинг

¹⁶ Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 20

¹⁷ Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 22

катталиги воситанинг эркин югуриш узунлиги, воситаларнинг тарқалиш ва ҳалок бўлиши жараёни объектнинг геометриясига унчалик боғлиқ бўлмайди. Агарда объект катталигини воситанинг эркин югуриш узунлиги билан таққослаш мумкин бўлса, у ҳолда бу жараёнлар анча интенсив кечади ва улар намунанинг геометриясига кучли даражада боғлиқ бўлади (расм 7).

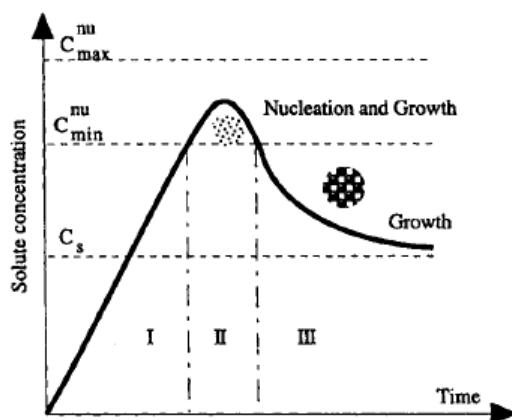


Fig. 3.4. Schematic illustrating the processes of nucleation and subsequent growth. [M. Haruta and B. Delmon, *J. Chim. Phys.* **83**, 859 (1986).]

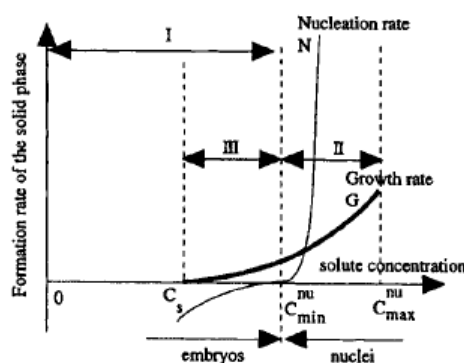


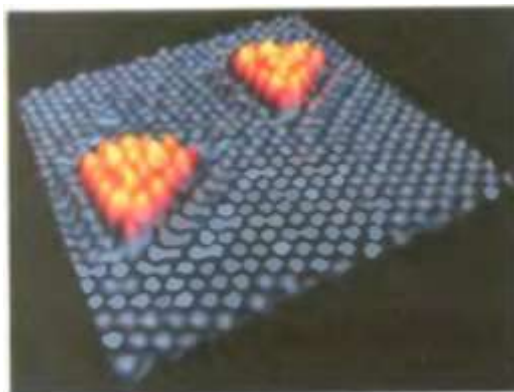
Fig. 3.5. Schematic showing, from a slightly different point of view, the relations between the nucleation and growth rates and the concentration of growth species. [M. Haruta and B. Delmon, *J. Chim. Phys.* **83**, 859 (1986).]

Расм 7. Нуклеация ва ўсиш жараёнлари схемалари¹⁸.

5) Нанозарраларнинг катталиги янги фаза, домен, дислокацион ҳалқа ва шу кабилар муртагининг катталиги билан тенг ёки ундан кичик бўлади. Бу нанообъектлар ва наноматериалларнинг магнит хоссалари (Fe нанозарра магнит хоссасига эга эмас), диэлектрик хоссалари, пишиқ-пухталиқ хоссалари макрообъектларникига нисбатан тубдан камайишига олиб келади.

6) Модданинг камсонли атомлари учун юзани реконструкция қилиш, ўзини ўзи ташкил этиш ва ўзини ўзи йиғиш хосдир, яъни атом кластерга бирлашганида геометрик тузилмаларнинг ҳосил бўлиши юз беради, улардан кейинчалик техник вазифаларни ҳал қилиш учун фойдаланиш мумкин (расм 8).

¹⁸ Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications* 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 57



Расм 8. Атомлар ўртасидаги ўзаро таъсир кучи.

7) Нанообъектларда турли элементар зарралар (электронлар) ҳаракатининг квант қонуниятлари намоён бўлади. Квант механикаси нуқтаи назаридан олганда, электронни тегишли тўлқин функцияларини вужудга келтирадиган тўлқин деб тасаввур қилиш мумкин. Бу тўлқиннинг қаттиқ жисмдаги тарқалиши квант чегараловчи билан боғлиқ бўлган (тўлқин интерференцияси, потенциал тўсиқлар орқали туннерланиш мумкинлиги) ҳодисалар билан назорат қилинади. Металл материаллар учун элементар зарраларнинг тўлқинли табиати томонидан қўйиладиган чекловлар ҳозирча долзарб эмас, чунки, улар учун (электронлар учун) де Бройл тўлқини $\lambda_e < 1$ нм, сони бир неча атомли миқдорларни ташкил этади. П/п да эса электроннинг самарали массаси ва унинг ҳаракат тезлиги шундайки, де Бройл тўлқинининг узунлиги электрони учун 10 нмдан 100 нмгачани ташкил этиши мумкин. Шу билан бирга, шаклланаётган а п/п тузилмаларининг катталиги ушбу ўлчамлар билан баравардир. Замонавий микропроцессорлар (флэш хотира) контактлар ўртасидаги масофа 0.03 мкмдан 30 мкмгача.

8) Нанообъектнинг ўлчами кичрайиб борган сари электронлар энергетик спектрининг дискретизациялашув даражаси ортиб боради. Квант нуқта учун (айнан бир неча атомдан иборат бўлган объект учун) электронлар амалда айрим атом билан бир хил бўлган рухсат этилган энергиялар спектрига эга бўла боради.

2.2. Нанообъектлар таснифи.

Нанообъектнинг катта-кичиклиги – нанообъектларни таснифлашнинг асосидир.

Катта-кичикликка мувофиқ қуйидагилар фарқланади:

1) 0-D нанообъектлар – уларнинг 3 та макон ўлчамининг ҳаммаси нанометр диапазонида ётади (қўпол қилиб айтганда: 3 ўлчамнинг ҳаммаси < 100 нм).

Бундай объект макроскопик маънода нульмерли бўлади ва шу сабабли, электрон хоссалари нуқтаи назаридан, бундай объектлар квант нуқталар деб аталади. Улардаги де Бройль тўлқини ҳар қандай макон миқдордан катта

бўлади. Квант нукталардан лазер қурилишида, оптоэлектроникада, фотоникада, сенсорикада ва бошқаларда фойдаланилади (расм 9-11).

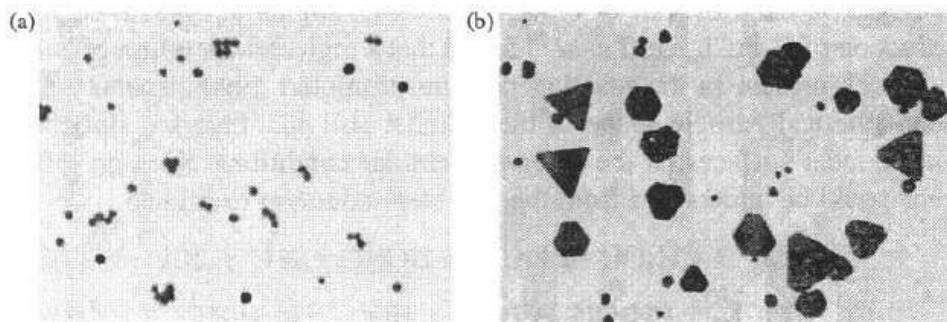


Fig. 3.10. SEM micrographs of gold nanoparticles prepared with sodium citrate (a) and citric acid (b) as reduction reagents, respectively, under otherwise similar synthesis conditions. [W.O. Miligan and R.H. Morriss, *J. Am. Chem. Soc.* **86**, 3461 (1964).]

Расм 9. Қайтарувчи сифатида қўлланиладиган натрий цитрати ва лимон кислотасидаги олтин нанозаррачалари¹⁹.

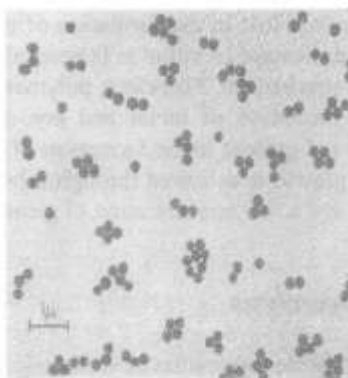


Fig. 3.19. SEM micrograph of silica spheres prepared in the ethanol-ethyl ester system. [W. Stober, A. Fink, and E. Bohn, *J. Colloid Interf. Sci.* **26**, 62 (1968).]

Расм 10. Этанол-эфир мухитидаги кремнезем нанозаррачалари²⁰.

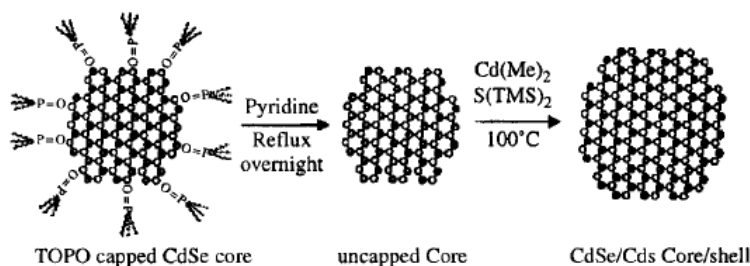


Fig. 3.27. Schematic synthesis of CdSe/CdS core/shell nanocrystals [X. Peng, M.C. Schlamp, A.V. Kadavanich, and A.P. Alivisatos, *J. Am. Chem. Soc.* **119**, 7019 (1997).]

Расм 11. Ядро-қобик нанокристалларнинг синтези CdSe/CdS²¹

2) 1-D нанообъектлар – икки ўлчамда нанометрик катталikka, учинчи ўлчамда эса – макроскопик катталikka эга бўлади. Булар жумласига

¹⁹ Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 69*

²⁰ Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 86*

²¹ Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 104*

наносимлар, нанотолалар, бир деворли ва кўп деворли нанокувурлар, органик макромолекулар, шу жумладан ДНКнинг икки каватли спираллари киритилади (расм 12-15).

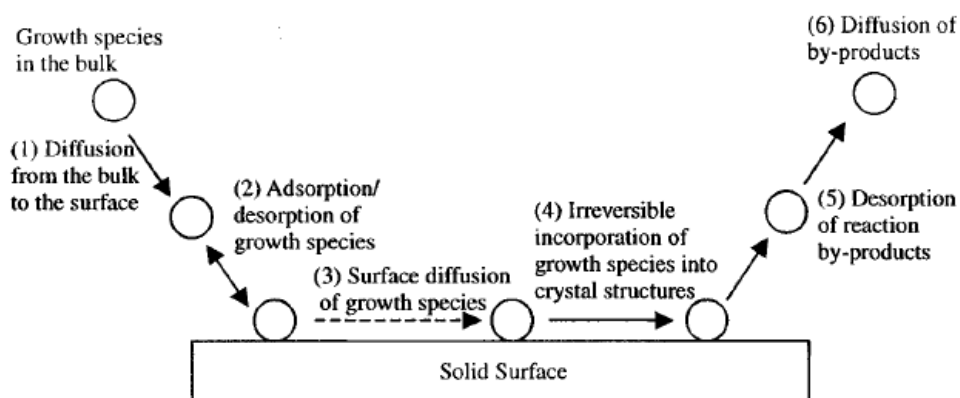


Fig. 4.1. Schematic illustrating six steps in crystal growth, which can be generally considered as a heterogeneous reaction, and a typical crystal growth proceeds following the sequences.

Расм 12. Гетероген реакция бўйича б-каррали кристалларнинг ўсиш тизими²².

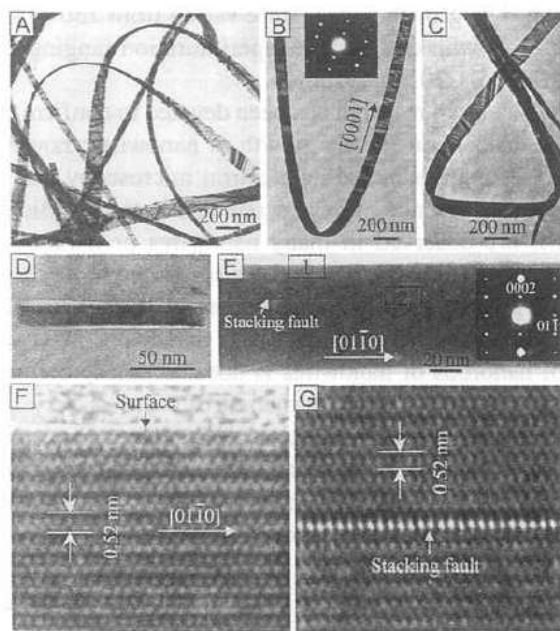


Fig. 4.6. SEM and TEM pictures of ZnO nanobelts [Z.W. Pan, Z.R. Dai, and Z.L. Wang, *Science* 291, 1947 (2001).]

Расм 13. Рух оксиди наноайчалари учун SEM ва TEM электрон микротасвирлари²³.

²² Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 113*

²³ Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 120*

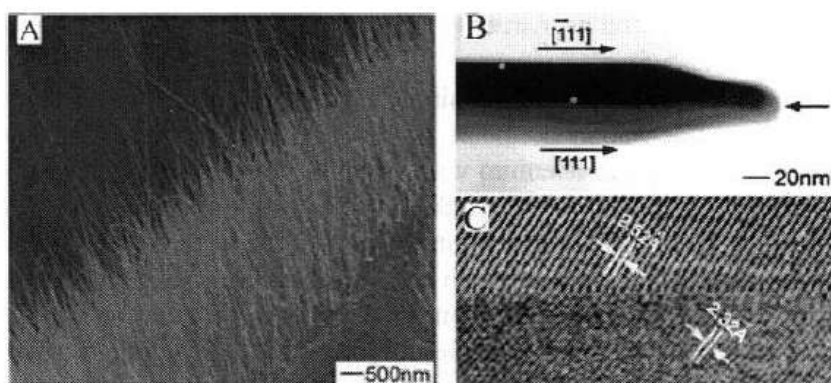


Fig. 4.8. (A) SEM and (B) TEM micrographs of CuO nanowires synthesized by heating a copper wire (0.1 mm in diameter) in air to a temperature of 500°C for 4 hr. Each CuO nanowire was a bicrystal as shown by its electron diffraction pattern and high-resolution TEM characterization (C). [X. Jiang, T. Herricks, and Y. Xia, *Nano Lett.* 2, 1333 (2002).]

Расм 14. Мис оксиди наносимлари учун SEM ва TEM электрон микротасвирлари²⁴.

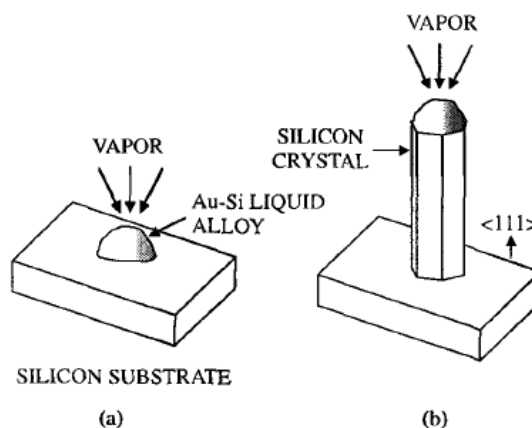


Fig. 4.11. Schematic showing the principal steps of the vapor–liquid–solid growth technique: (a) initial nucleation and (b) continued growth.

Расм 15. Газ-сууюклик-қаттиқ жисм усулининг схемаси: а- бошланғич заррача ҳосил бўлиши, б- ўсиш²⁵.

3) 2-D нанообъектлар – фақат битта ўлчамда нанометрик катталиққа эга бўлади, қолган иккита ўлчамда эса бу катталиқ макроскопик бўлади. Бундай объектлар жумласига бир таркибли материалнинг юзага яқин ингичка қатламлари: пленкалар, қопламалар, мембраналар, кўп қатламли гетеротузилмалар киритилади. Уларнинг квази икки ўлчамлилиги электрон газнинг хоссаларини, электрон ўтишларнинг (р-п ўтишларнинг) хусусиятларини ва шу кабиларни ўзгартириш имконини беради. Айнан 2-D нанообъектлар радиолэктрониканинг тамомила янги элемент базасини ишлаб

²⁴Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications* 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 123

²⁵Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications* 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 129

чиқиш учун асос ўйлаб топиш имконини беради. Бу энди наноэлектроника, нанооптика ва шу кабилар бўлади (расм 16-19).

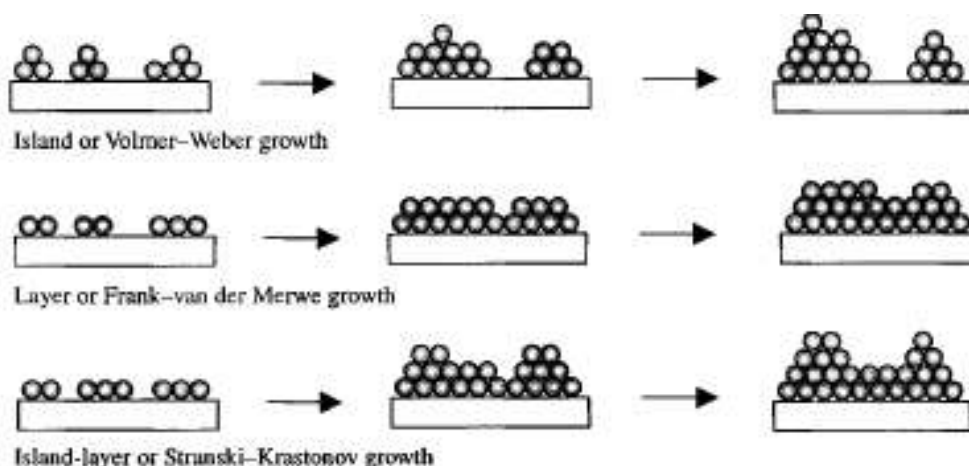


Fig. 5.1. Schematic illustrating three basic modes of initial nucleation in the film growth. Island growth occurs when the growth species are more strongly bonded to each other than to the substrate.

Расм 16. Юпқа пленкаларнинг ўсиш схемаси. Оролчали ўсиш субстрат билан мустаҳкам боғланган заррачалар учун боради²⁶

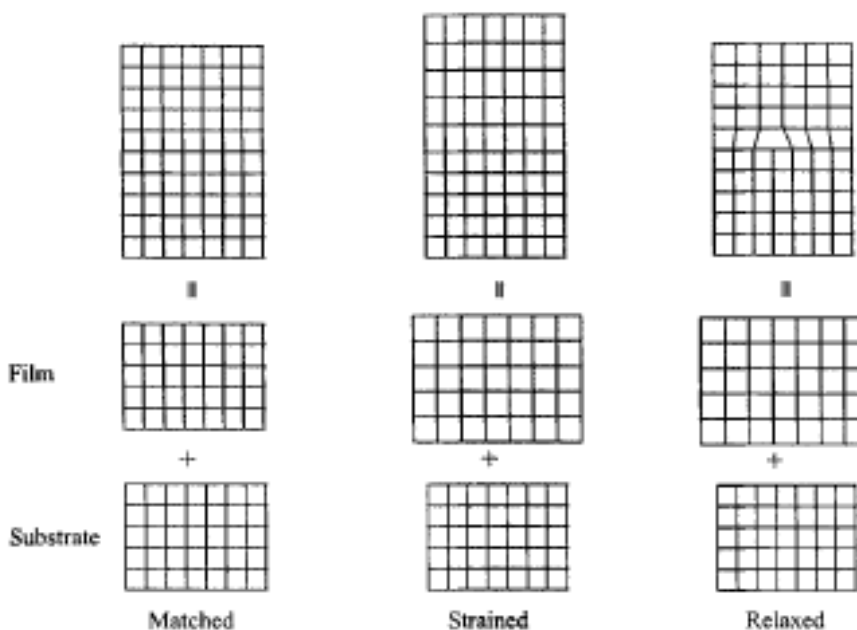


Fig. 5.3. Schematic illustrating the lattice matched homoepitaxial film and substrate, strained and relaxed heteroepitaxial structures.

Расм 17. Гетероэпитаксиал пленкаларнинг стресдаги ва релаксациядаги гомоэпитаксиал пленка ва субстратнинг кристалл панжараси схемаси, Рух оксиди наноайчалари учун SEM ва ТЕМ электрон микротасвирлари²⁷.

²⁶ Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 175

²⁷ Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 179

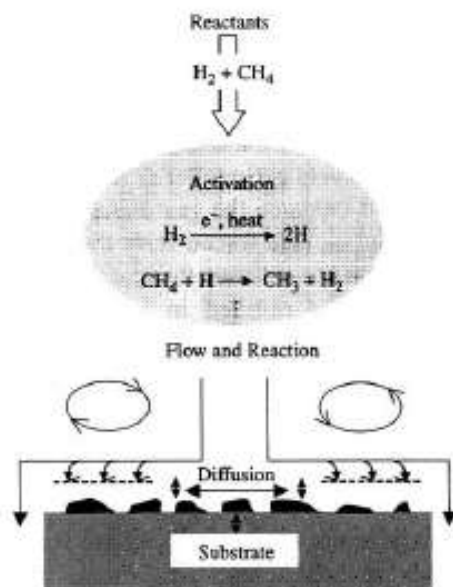


Fig. 5.14. Schematic showing the principal elements in the complex diamond CVD process: flow of reactants into the reactor, activation of the reactants by the thermal and plasma processes, reaction and transport of the species to the growing surface, and surface chemical processes depositing diamond and other forms of carbon. [J.E. Butler and D.G. Goodwin, in *Properties, Growth and Applications of Diamond*, eds. M.H. Nazare and A.J. Neves, INSPEC, London, p. 262, 2001.]

Расм 18. CVD жараёни бўйича наноолмосларни олишнинг принципиал тизими: реагентларнинг реакторга оқими, реагентларни термик жараён еки плазма билан фаолланиши, ўсувчи юзаларга заррачаларнинг ташиб ўтилиши ва реакцияси, олмосларнинг ва углероднинг бошқа шакллари чўктиришнинг юзадаги кимёвий жараёнлари²⁸.

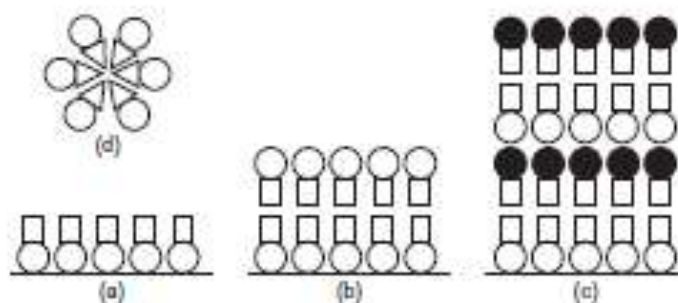


FIGURE 6.6

Langmuir-Blodgett films. (a) A monolayer; (b) a bilayer; (c) a Y-type multilayer. The circles represent the polar heads and the squares the apolar tails of the amphiphilic molecule. (d) A micelle, which can form spontaneously upon dispersal in water if the amphiphilic molecules have a smaller tail than the head (see Section 8.2.9).

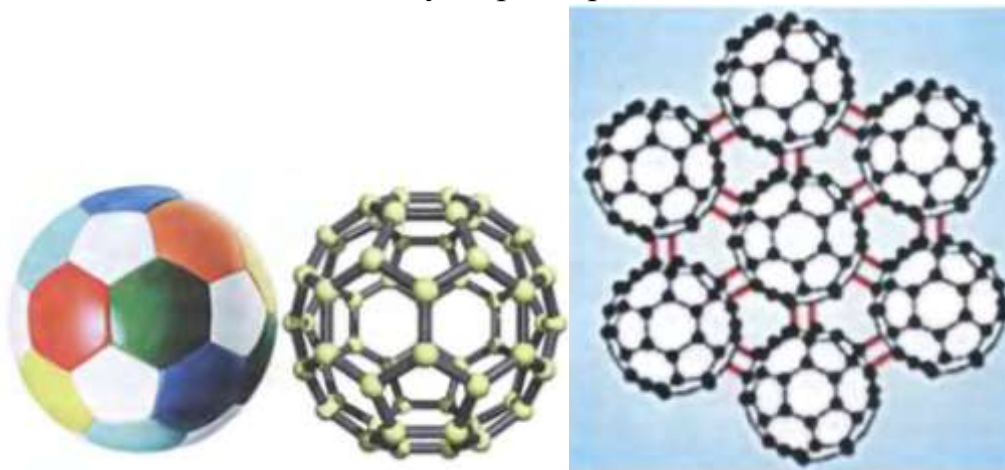
Расм 19. Ленгмюр-Блоджет пленкаларини олиш. Моноқават, бикават, у-мултикават. Агарда «tail» «head»дан кичик бўлса поляр амфирил молекулалар ўз-ўзидан мицеллар ҳосил қилади²⁹

²⁸ Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications* 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 198

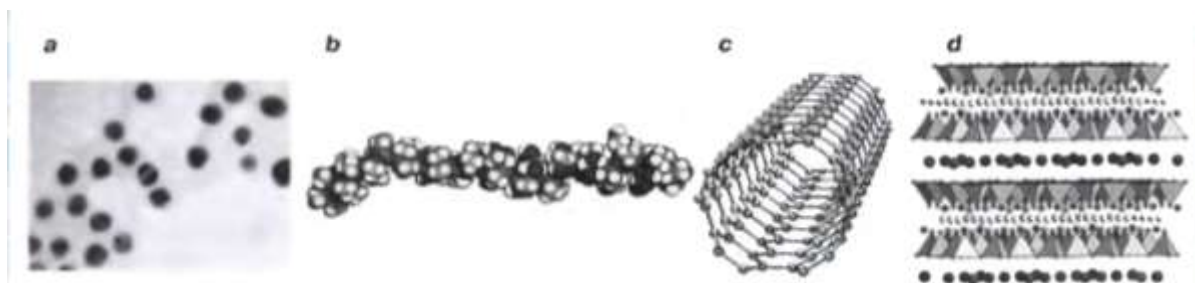
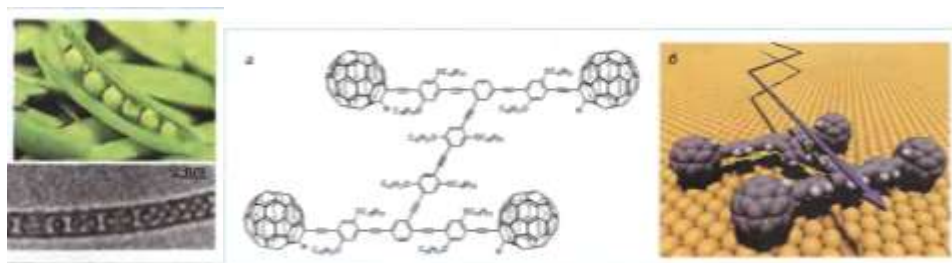
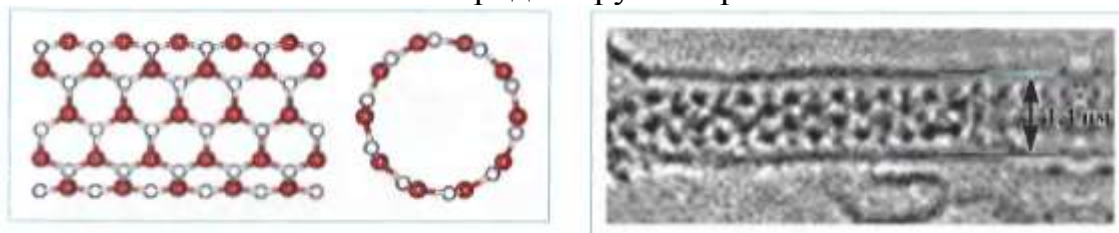
²⁹ Jeremy Ramsden *Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies)* 2nd Edition, Elsevier, 2011, 110

Ҳозирги вақтда 2-D нанообъектлар ҳаммадан кўпроқ хилма-хил антифразион, антикоррозион ва ҳоказо қопламалар сифатида хизмат қилмоқда. Улар молекуляр филтрлар, сорбентлар ва шу қабиларда турли хил мембраналар яратиш учун ҳам катта аҳамиятга эга.

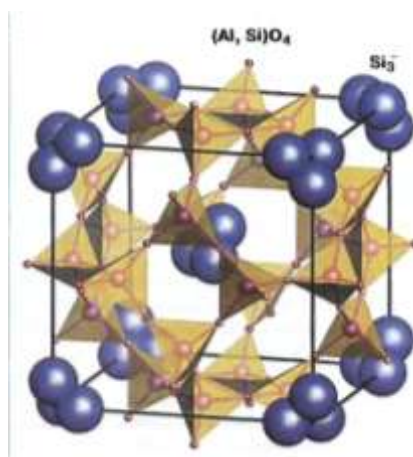
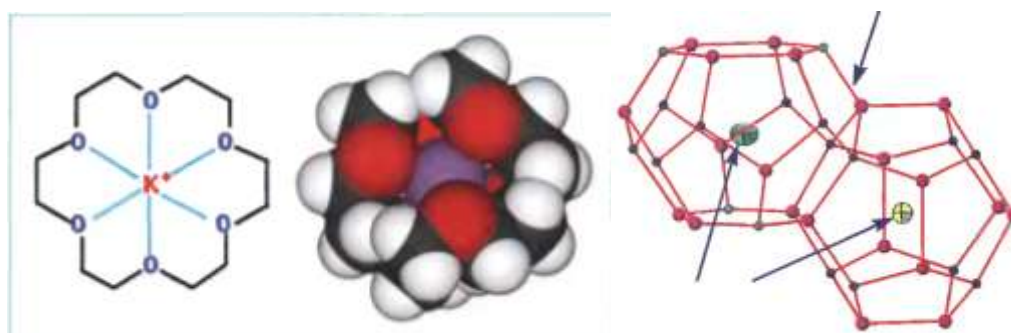
Фуллеренлар.



Углеродли трубкалар.

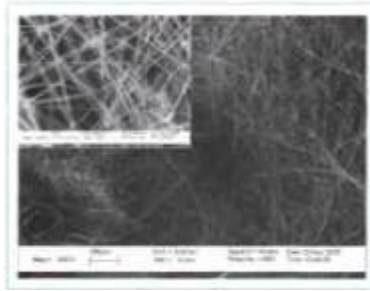


Супрамолекуляр кимё.

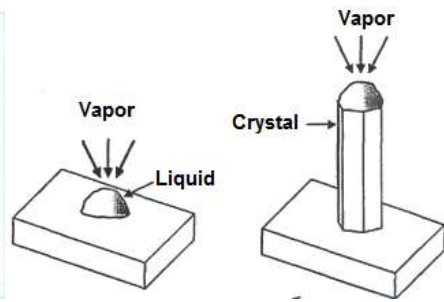


Ноорганик наноматериаллар.

Вискерлар.

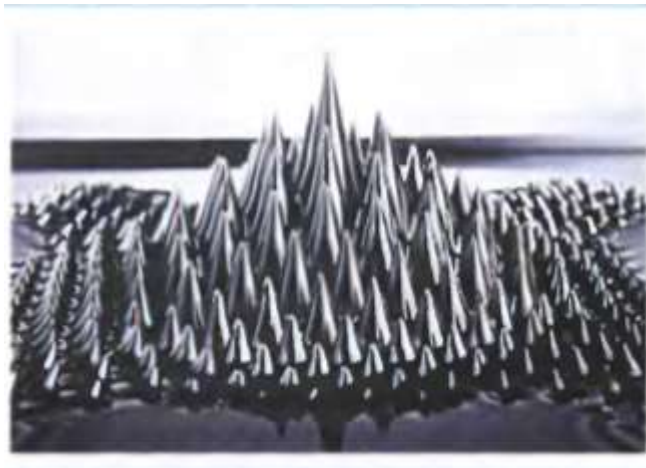
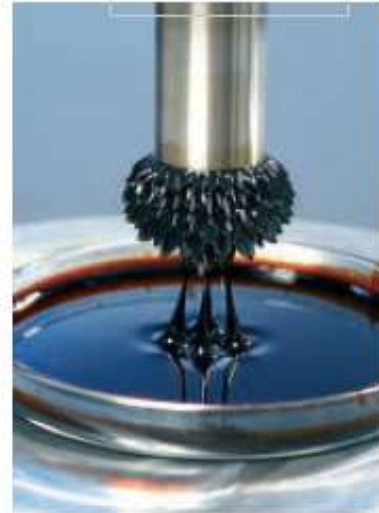


Манганитлар³⁰.



ore ready
ecomes a

*Magnetic nanoparticles
in oil. The fluid can be
controlled and shaped
magnetically.*



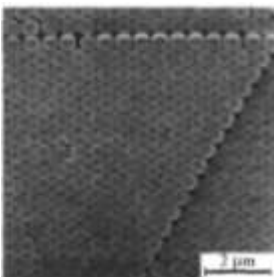
in
d



he
in apple is
which has
his fruit.

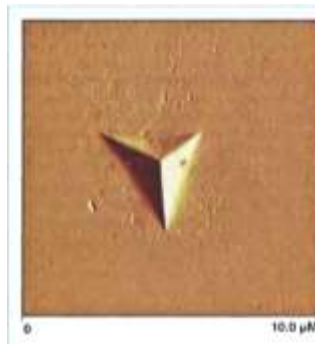
*Magnetotacticum
bavaricum. Magnetic
bacteria can synthesise
chains of nano-magne-
tites and be used as a
compass needle.*

Юқорихароратли ўтаўтказгичлар.
Фотон кристаллари (3D структура)

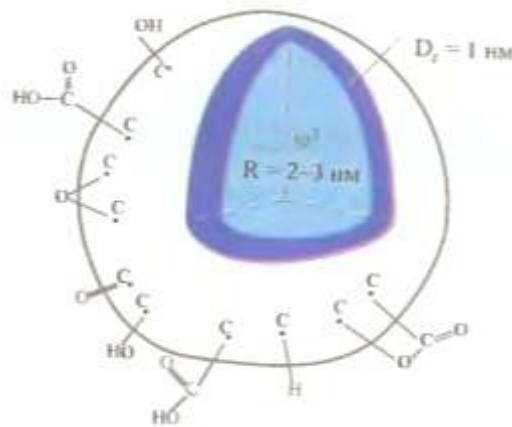


Биокерамика.

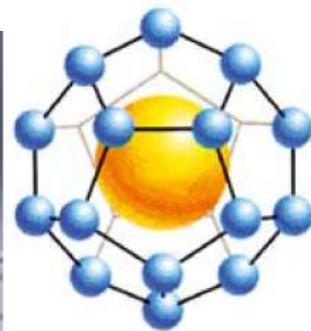
³⁰ European Commission **EUR 21151, Nanotechnology : Innovation for tomorrow world**, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004, 56.



Наноолмослар.



Газли гидратлар. Газлардаги кластерлар.



Назорат саволлари

1. Нанозаррачалар ва нанокластерлар деб нимага айтилади?
2. 0-D нанообъектларга мисол келтиринг.
3. 1-D нанообъектларга мисол келтиринг.
4. 2-D нанообъектларга мисол келтиринг.
5. Фуллеренлар ва углеродли трубкаларнинг кандай турларини биласиз.
6. Супрамолекуляр моддаларга мисол келтиринг.
7. Ноорганик наноматериалларнинг кандай турларини биласиз?

Фойдаланилган адабиётлар

1. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 19.

2. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 38.
3. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 22.
4. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 20.
5. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 20.
6. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 22.
7. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 57.
8. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 69.
9. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 86.
10. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 104.
11. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 113.
12. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 120.
13. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 123.
14. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 129.
15. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 175.
16. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 179.
17. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 198.
18. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 110.
19. European Commission EUR 21151, Nanotechnology: Innovation for tomorrow world, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004, 56.

3-мавзу: Наноструктураланган материалларни синтез усуллари

Режа:

- 3.1. Нанозаррлар, нанокукунлар ни синтез қилиш усуллари
- 3.2. 0-D нанообъектлар
- 3.3. 1-D нанообъектлар
- 3.4. Углеродсиз нанотрубкалар

Таянч иборалар: CVD, PVD, нанокукунлари, газфазали синтез, буғларнинг

конденсацияси, . плазмакимёвий синтез, лазерли абляция.

3.1. Нанозарралар, нанокукунларни синтез қилиш усуллари

Ҳозирги пайтда маълум бўлган наноматериаллар замонавий технологияларга фан ва техниканинг турли соҳаларидан кириб келганлигини ҳисобга олганда, бирон-бир асосда мақбул бўлган ягона таснифнинг ўзи йўқ (расм 1-2).



FIGURE 6.1
Fragment of a concept system for nanotechnology (cf. Figure 1.1).

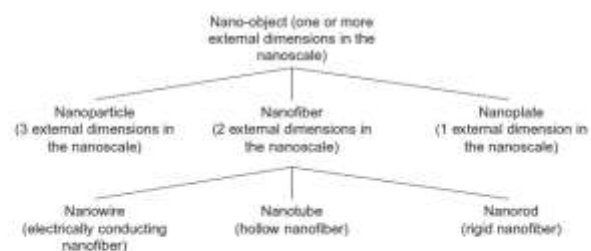


FIGURE 6.2
Concept system for nano-objects (cf. Figures 1.1 and 6.1). See text for further explanation.

Расм 1. Нанообъектларнинг концептуал тизими ³¹

| Matrix | State of the nano-objects | | |
|---------|-----------------------------|--------------|-------------------------|
| | Solid | Liquid | Gaseous |
| Solid | Nanocomposite ^a | – | Nanof foam ^b |
| Liquid | Nanosuspension ^c | Nanoemulsion | Nanof foam ^b |
| Gaseous | Aerosol | Aerosol | – |

^aOther materials falling into this category are nano-alloys, metal-matrix composites, etc.
^bThese materials may be described with the adjective "nanoporous" (or, in French, using the noun "nanoporeux").
^cNanofluids are included here (Section 6.5.4).

Расм 2. Нанодисперсияларнинг онтологияси ³²

Наноматериаллар:

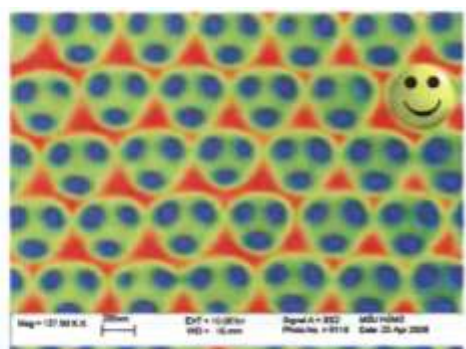
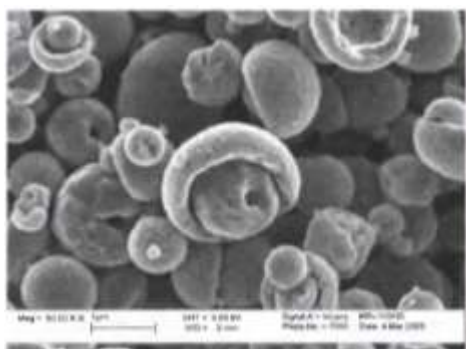
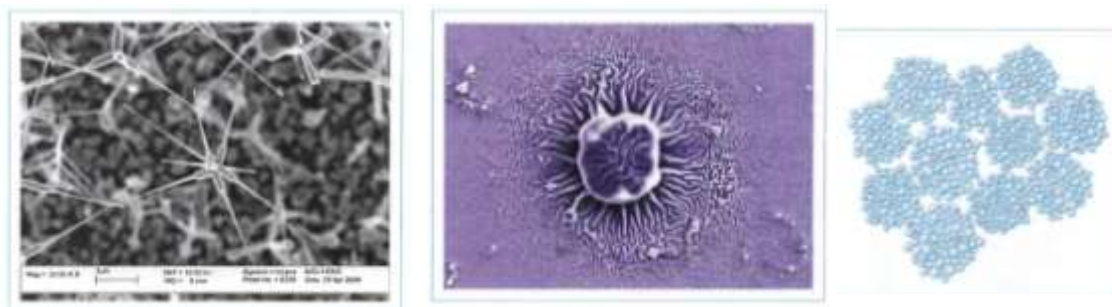
- Катта ҳажмли нанотаркиблаган материаллар;
- Нанокластерлар, нанозарралар, нанокукунлар;
- Кўп қатламли нанопленкалар, кўп қатламли нанотузилмалар, кўп қатламли наноқопламалар;
- Функционал (аклли) наноматериаллар;
- Наноғовакли материаллар;
- Фуллеренлар ва уларнинг ҳосилалари бўлган нанокувурлар;
- Биологик ва биобирлашган материаллар;

³¹ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 102

³² Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 103

-Нанотаркибли суюқликлар: коллоидлар, геллар, суспензиялар, полимер композитлар;

-Нанокомпозитлар.



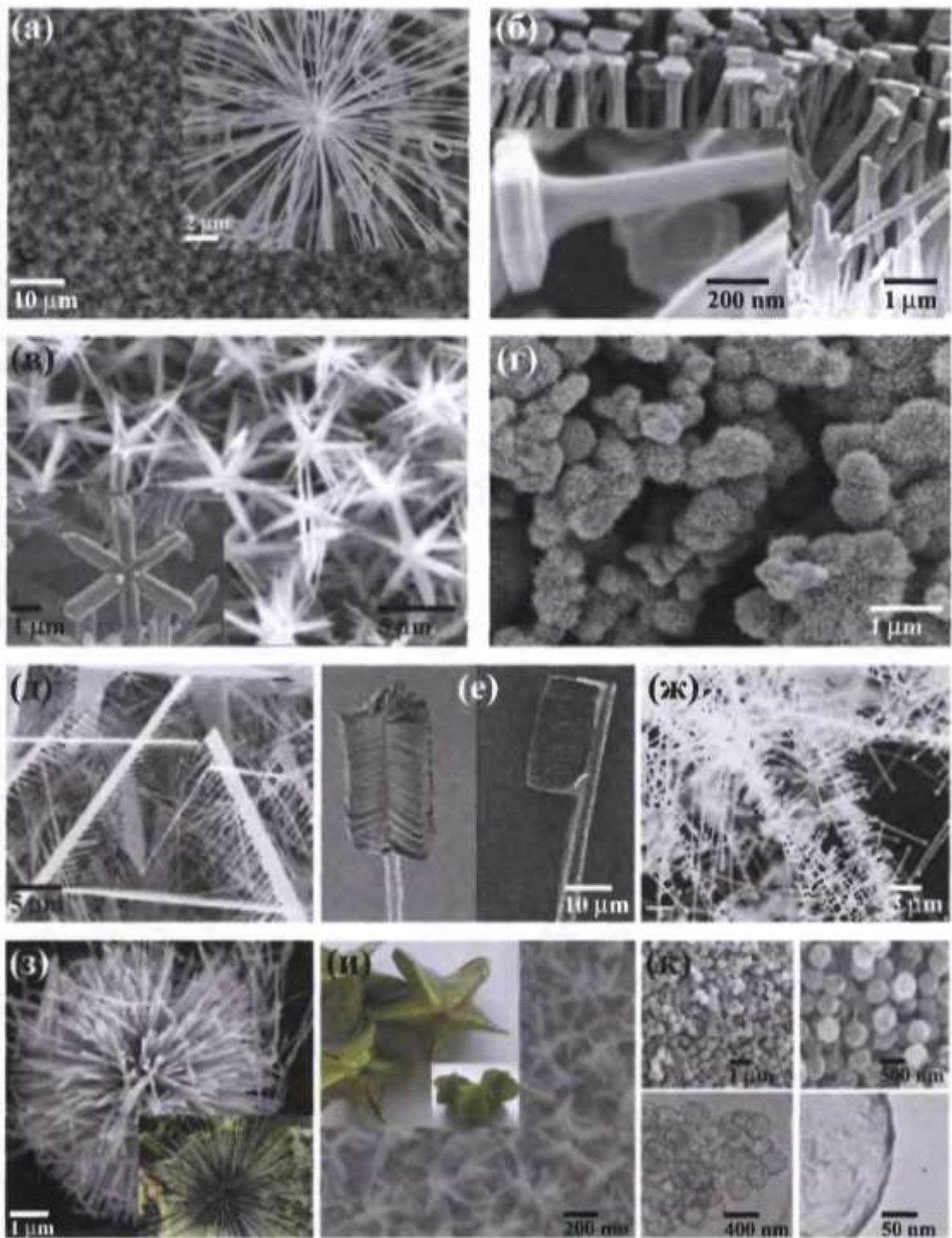


Рис. 3. Наноструктурасининг хар хил шакллари

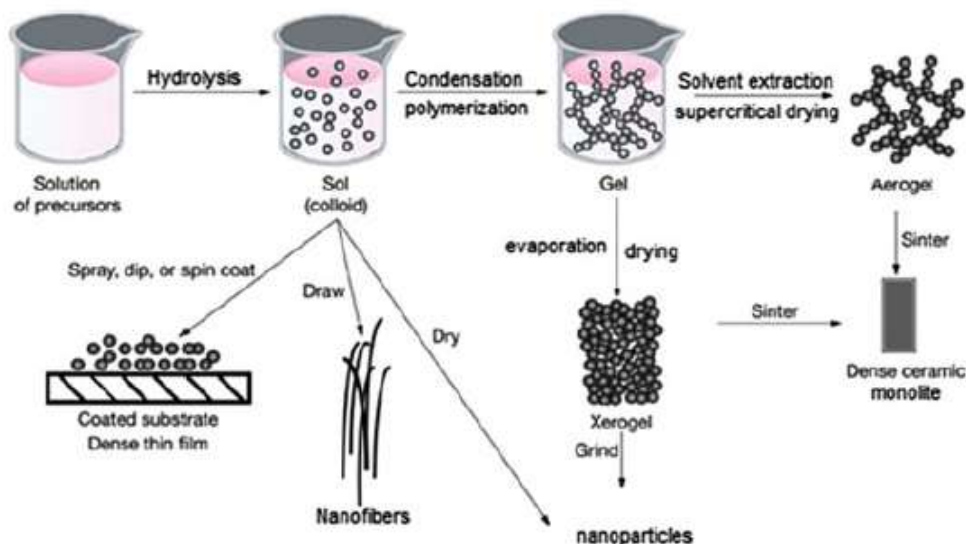


Fig. 2.10 Schematic diagram of sol-gel method and its nanomaterials products

Расм 4. “Зол-гел” жараён³³

Дастлабки нанозарралар одам томонидан атайлаб эмаси, тасодифан, турли технологик жараёнларда яратилган. Ҳозирги вақтда улар яратиладиган ва махсус ишлаб чиқариладиган бўлди, бу эса нанотехнологияларга асос солди. Нанотехнологияларнинг ривожланиши айрим фундаментал принципларнинг тубдан қайта кўриб чиқилишига олиб келди. (Расм 3-4).

“Юқоридан-пастга” йўли – нанотехнологияларнинг умумий парадигмаси (ярим маҳсулотдан (танавордан) ортиқча қисмлар кесиб ташланади)

Нанотехнологиялар “пастдан- юқорига” – кичикдан каттага (атомдан объектга) йўлини таклиф қилади. Бу нанотехнологиялар парадигмасидир.

Fig. 2.8 Schematic illustrations of the synthesis methods of nanomaterials (Qiao et al. 2011)



Расм 5. “Юқоридан-пастга” ва “Пастдан-юқорига” методлар³⁴

³³ Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 99

³⁴ Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 95

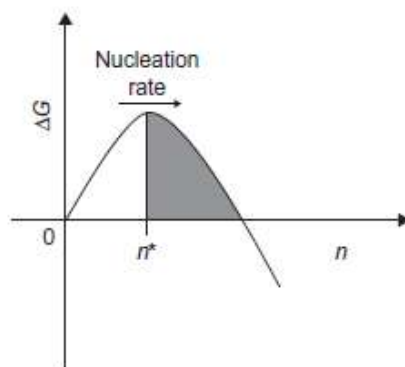


FIGURE 6.3

Sketch of the variation of free energy of a cluster containing n atoms (cf. Figure 2.2). The maximum corresponds to the critical nucleus size. Clusters that have managed through fluctuations to climb up the free energy slope to reach the critical nucleus size have an equal probability to shrink back and vanish, or to grow up to microscopic size.

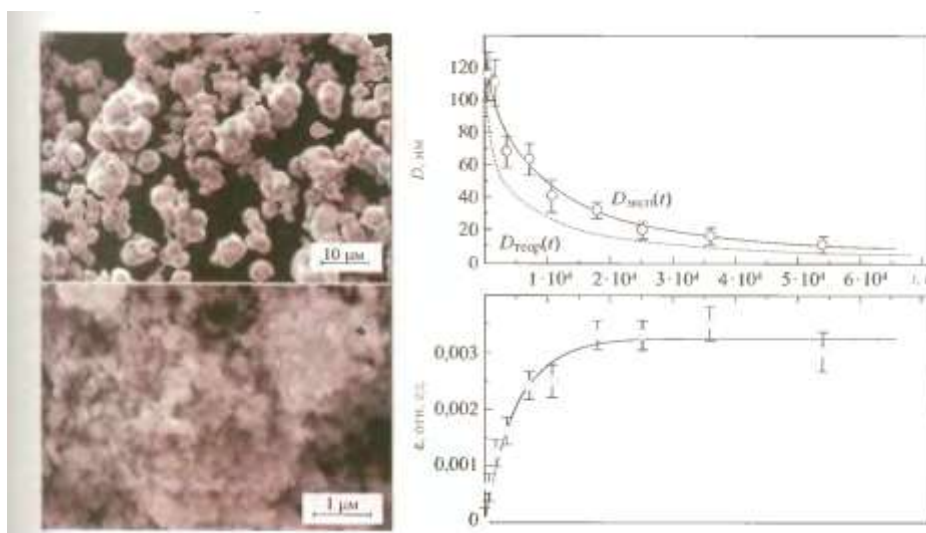
Расм 6. Расм. n -атомлардан ташкил этувчи кластернинг эркин энергиясини ўзгариши. Ядронинг критик ўлчамига максимал равишда мос келади³⁵.

3.2. 0-D нанообъектлар

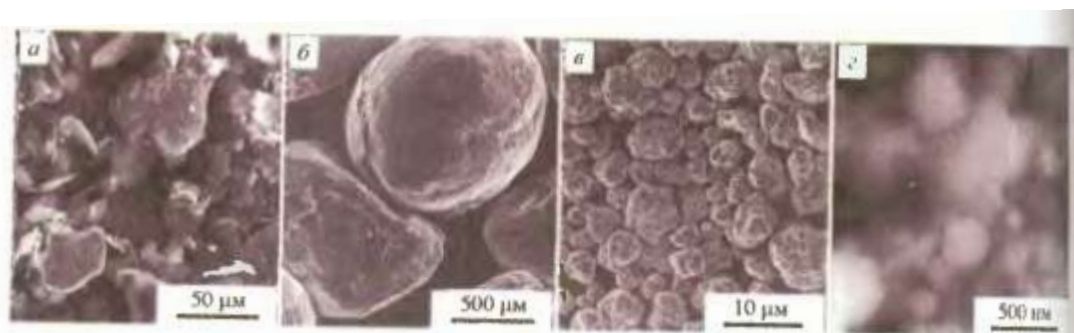
Ҳозирги вақтда асосан нанотехнологияларда бизга макротехнологиялардан ўтган технологик усуллар устунлик қилмоқда. 0-D тоифасига мансуб нанозарраларни яратиш учун ҳозирги нанотехнологиялар дисперсиялаш, яъни майдалаш усулини қўлламоқда. Ҳар қандай микроскопик объектни наноўлчамларгача майдалаш (дисперсиялаш) учун оддий дисперсиялаш тўғри келмайди. Зарралар қанча майда бўлса, улар юзасининг фаоллиги шунча юқори бўлади, натижада алоҳида зарралар катта ҳажмли конгломератларга бирлашади. Шу сабабли ўта ингичка дисперсиялаш учун юзадаги таранглик кучларини камайтирадиган юзаки фаол моддалар, шунингдек стабилизаторлар тарзидаги муайян турдаги муҳитни, тақроран қўшилишга тўсқинлик қиладиган совен тарзидаги композицияларни қўлланиш талаб қилинади. Қаттиқ жисм чегарасида юзаки энергия жуда ҳам пасайган муайян шароитларда дисперсланиш жараёни ўз-ўзидан, масалан, зарраларнинг иссиқлик ҳаракати ҳисобидан юз бериши мумкин. Ана шу усуллар билан зарралар катталиги ўнлаб нм бўлган Ме кукунларини, ушбу металлларнинг зарралар катталиги 1 нм бўлган Оксидларини олиш, шунингдек полимерлар, керамика компонентлари в шу кабиларнинг дисперсияланишини амалга ошириш мумкин.

1) Майдалаш усуллари: шарли тегирмон, тебранма тегирмон, аттрикторлар, пуркама тегирмонлар (расм 5-6)

³⁵ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 105

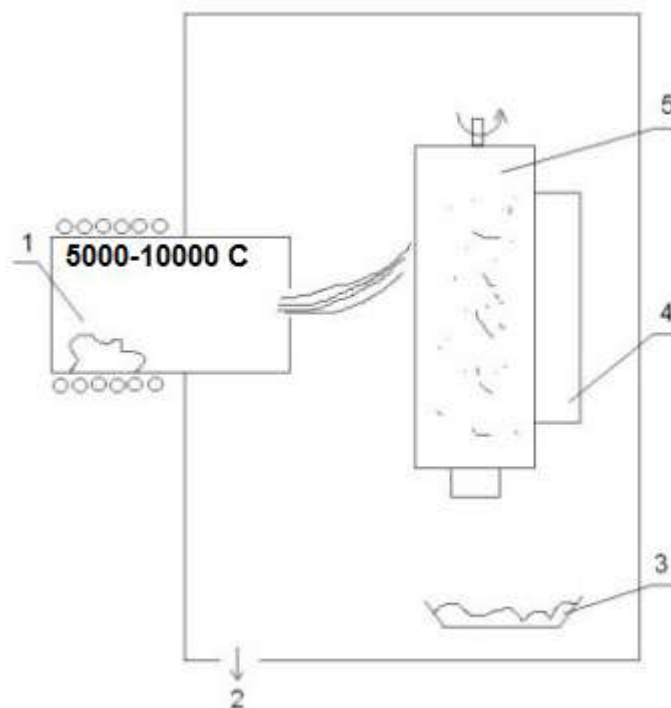


Расм 7. Вольфрам кадбиднинг нанокукунлари (50 нм). Механокимёвий синтеза - 10 соат, D - размер частиц, ϵ – микронапряжения, t - соат



Расм 8. Титан кадбиднинг нанокукунлари (2-100 нм). Механокимёвий синтез.

2) Дисперсиялашдан ташқари иккита чекланган парадигманинг кўшилишидан иборат бўлган жараёндан кенг фойдаланилади. Бу жараён қаттиқ модданинг буғланиб, шундай кейин турли шароитларда конденсациялашувчидан иборат. Масалан, совутилган инерт газ муҳитида 5000 – 10000 С даражасигача қиздирилган модда буғини конденсациялаб, ҳосил бўлган кукунни конденсация зонасидан тезда чиқариб ташлаш. Шу йўл билан зарралар катталиги 3 – 5 нм бўлган кукунларни олиш мумкин.

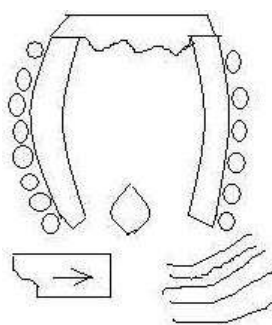


Расм 9. Наноматериалларни олиш қурилмаси

- 1 – Буғланаётган модда манбаи; 2 – чиқариб ташлаш; 3– Кукун;
4 – Куракча; 5 – Конденсация барабани

3) Учинчи усул ҳам анъанавий дисперсиялашга алоқадор бўлиб, эритилган моддани совутилган газ ёки суюқлик оқимида пуркаш деб аталади.

Томчини майдалайдиган оқимнинг газ муҳити сифатида, суюқлик сифатида эса спиртлар, сув, ацетон хизмат қилиши мумкин. Шундай усул билан катталиги 100 нмга яқин бўлган зарраларни олиш мумкин.



Таърифланган усулларнинг ҳаммаси жуда унумли, бироқ қоида тариқасида улар кукуннинг ультрадисперлигини, зарраларнинг каттилиги бир бўлишини таъминламайди, ҳамда жараённинг тозалигини таъминламайди. Булар нанозарраларни шакллантиришнинг маълум бўлган бирдан-бир усуллари эмас. 0-D нанообъектлар жумласига ультрадисперс кукунлардан ташқари фуллеренларни, углеродли 0-D нанообъектларни ҳам киритадилар.

3.3. 1-D нанообъектлар

Айтиб ўтилган нанообъектларнинг ҳар бири техниканинг турли соҳаларида қўлланилади. Масалан, наносимлардан субмикрон ва наноэлектрон узелларда ўтказувчилар сифатида фойдаланишни таклиф қиладилар. Нанотолалар нанотаркиблаштирилган нанокомпозицион п/пда элемент сифатида қўлланилади. Органик наномолекулалар ҳам тиббиётда, кимё саноатида нанотаркиблаштирилган материаллар яратишда қўлланилади.

Электроника учун нанотрубкалар каби 1-D нанообъектлар жуда муҳим аҳамият касб этди. Умуман олганда ҳамма нанотрубкалар 2 та катта тоифага бўлинади:

- 1) Углеродли нанотрубкалар (УНТ)
- 2) Углеродсиз нанотрубкалар.

Бундан ташқари ҳамма нанотрубкалар қатламларнинг сони бўйича ажралиб туради: бир қатламли, икки қатламли, кўп қатламли.

3.4. Углеродсиз нанотрубкалар

Ҳамма углеродсиз нанотрубкалар икки туркумга бўлинади:

- 1) Таркибига углерод кирадиган ўткинчи нанотузилмалар
- 2) Дихалькогенид нанотрубкалар. Ҳозирги вақтда дихалькогенид трубклардн MoS_2 , WS_2 , WSe_2 , MoTe_2 ва бошқалар маълум. Бундай нанотрубкалар ўта юпқа, идеал ҳолатда – мноатомли қатламлар, ўрам қилиб ўралган материаллардир.



Баъзи қатламли материаллар кимёвий алоқалар ассимметрик бўлганлиги туфайли бундай ўрамларга мустақил равишда анча осон ўралади, шу билан бирга бундай тузилмаларни шакллантиришдаги бирдан-бир муаммо - эркин, ҳеч нарса билан боғланмаган атом катталигидаги модда қатламини олишдан иборат. Бошқа материаллар ўз-ўзидан ўралиб қолишга мойил бўлмайди ва шу сабабли ҳозирги вақтда нанотрубкаларни мажбуран шакллантириш имконини берадиган технология усуллари ишлаб чиқилмоқда. Бундай жараёнларнинг 3 та варианты бор:

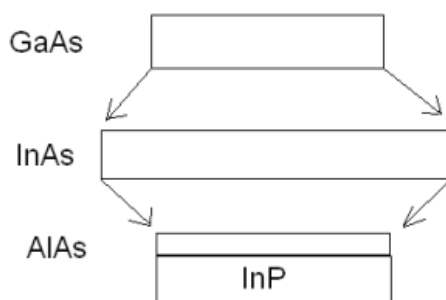
- 1) Мавжуд бўлган нанотрубка асосида нанотрубка яратмоқчи бўлаётганимиз материалнинг юпқа қатламларини гетероэпитаксиал ошириб бориш. Мисол $\text{GaN} - \text{ZnO}$.

Бу усулнинг асосий камчилиги шундаки, гетероэпитаксиал ошириб бориш учун иккита материални танлаш қийин.

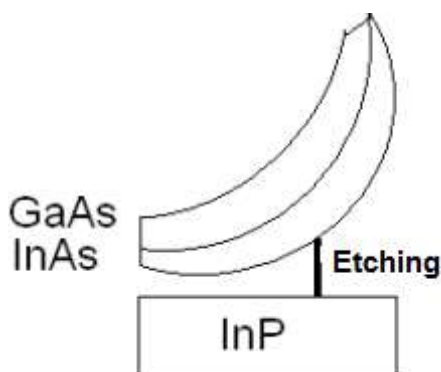
2) Бошланғич наносимни электрон нур билан изчил равишда камайтириб бориш йўли билан олинган бир деворли нанотрубкалар. Мисол: Олтин ва платина нанотрубкалар. D Pt нанотрубкалар - 0,48 нм.

3) Қалинлиги бир неча моноқатлам бўлган юпка, тифиз гетероэпитаксиал тузилмани ясси тагликда етиштириб, шундан кейин бу гетеротузилмани таглик билан алоқадан бўшатишга ва ўрам, тугун қилиб ўрашга асосланган. 1ML – битта моноқатлам.

Ўраш жараёни атомлар ўртасидаги кучларнинг тифиз гетеропленкада ҳаракатланиши ҳисобига юз беради.



Инда гетероэпитаксия усулида у билан яхши мослашадиган AlAs етиштирилади, сўнгра бу тузилмага ГЭ усулида AsIn ўстирилади. У AlAsга қараганда кўпроқ кристалл панжара параметрларига эга ва шу сабабли бу қатлам ўстирилганда у гўё сиқилади. Шундан кейин ушбу қатламга яна ГЭ усули билан GaAs қатлами ўстирилади. Лекин, AsInдан фарқли ўлароқ бу қатлам кристалл панжара параметрига камроқ эга (элементар катак катталиги камроқ) ва уни, аксинча, чўзади. Натижада, AsAl қатламини бўшата бошлаганимизда бўшаган InAs тузилмаси AsGa билан бирга InAs кенгайтирадиган, GaAs қатлами эса тортадиган кучлар ҳисобига ўрам қилиб ўрай бошлайди.



Усулнинг яхши жиҳатлари:

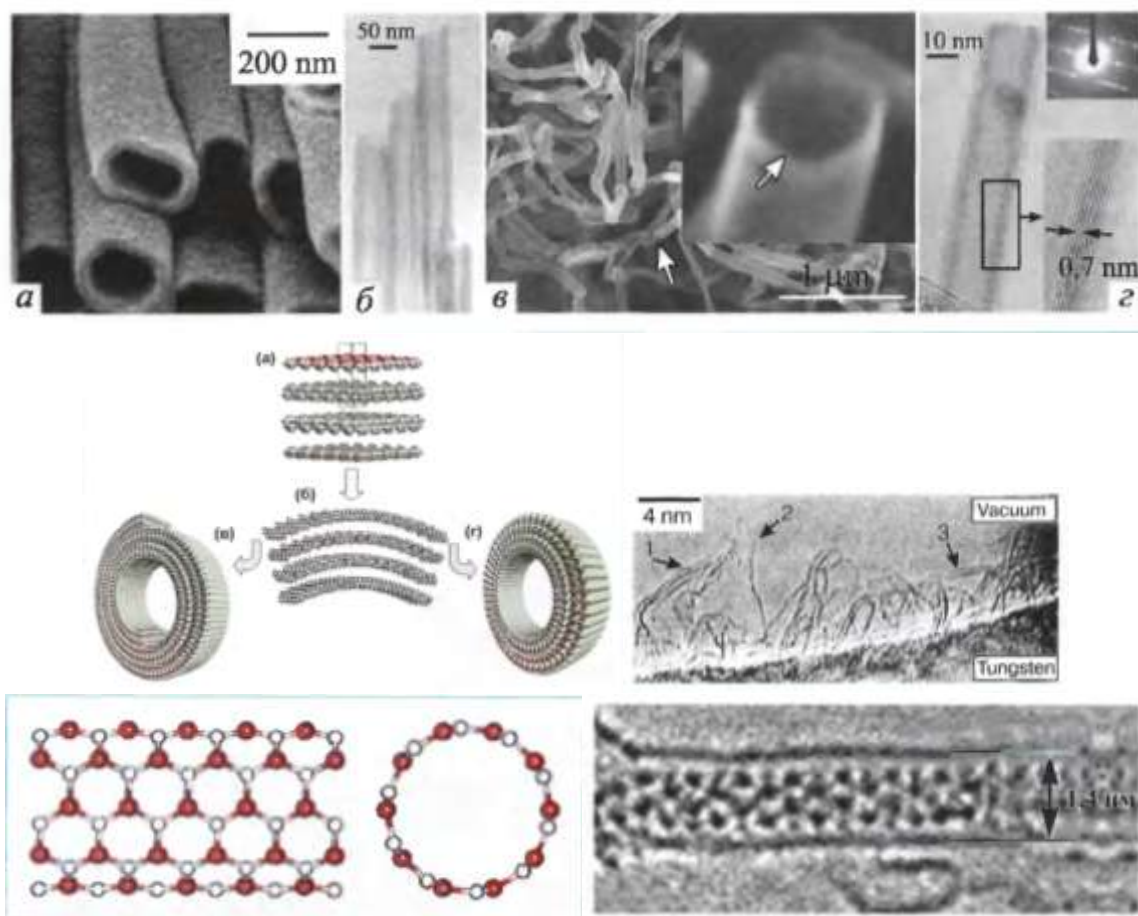
1) Трубкалар диаметри ҳар хил бўлиб, гетеротузилма учун тегишли материалларни тўплаш йўли билан осонгина белгиланиши мумкин.

2) Бу усул деярли ҳар қандай материаллардан (п/п, Ме, диэлектриклар) фойдаланиш ҳамда уларнинг ҳаммасини нанотрубкалар қилиб ўраш имконини беради.

3) Деворларининг қалинлиги бир хил бўлган трубкалар сифати яхшилиги ва нисбатан катта узунликка эгаллиги.

4) Бу усул ИМС интеграл микросхемалар технологиялари билан яхши мослашади.

5) Бундай нанотрубкаларнинг физикавий хоссалари бошланғич гетеротузилма материаллари билан белгиланади (расм 7).



Расм 10. Нанонайчалари

Назорат саволлари

1. “Юқори-пастга” технологиясига мисол келтиринг.
2. “Пастдан-юқорига” технологиясига мисол келтиринг.
3. “Зол-гел” жараёнини тушунтиринг
4. Нанозарралар, нанокукунлар, нанодисперсия ни синтез қилиш усуллари
5. 0-D нанообъектлар ва 1-D нанообъектлар деб нимага айтилади
6. Углеродсиз нанотрубкаларнинг қандай турларни биласиз?

Фойдаланилган адабитлар

1. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 102.
2. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 103.
3. Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 99.
4. Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 95.
5. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 105.

4-мавзу. 2D-Наноструктураланган материаллар ва углеродли наноматериал синтез усуллари

Режа:

- 4.1. 2-D Нанообъектлар (юпқа пленкалар)
- 4.2. Фазали эпитаксия.
- 4.3. Углеродли наноматериаллар
- 4.4. Углеродли наноматериаллар синтези.
- 4.5. Углеродли наноматериалларнинг ишлатилиши.

Таянч иборалари: юпқа пленкалар, фазали эпитаксия, фуллерен, графен.

4.1. 2-D Нанообъектлар (юпқа пленкалар).

Техникада қоплама сифатида фойдаланилади. Юпқа пленкали қопламаларнинг яратилиши дастлабки материалнинг хоссаларини ўзгартириш, бунда ҳажмига тегмаслик ва геометрик ўлчамларни оширмаслик имконини беради. Қалинлиги 1 мкмдан ортиқ эмас. Қопламани ишлатишнинг энг кўп тарқалган мақсадлари:

- 1) Турли деталлар материалларининг емирилишга чидфенамлилигини, иссиқликка ва коррозияга барқарорлигини ошириш;
- 2) Микро, наноэлектроника, оптоэлектроника, сенсорика ва бошқаларнинг элементлари учун планар, бир қаватли, кўп қаватли гетеротузилмалар яратиш;
- 3) Юзанинг оптик кўрсаткичларини ўзгартириш (хамелеон кўзойнақлар);
- 4) Ахборотни ёзиб олиш ва сақлаш элементларида магнит муҳитлар яратиш учун;
- 5) Ахборотни ёзиб олиш ва сақлаш оптик воситаларини яратиш CD, DVD дисклар;
- 6) Юткичлар, газ аралашмаларининг сепараторларини, катализаторлар, кимёвий модификацияланган мембраналар ва шу кабиларни яратиш;

Юзанинг хизмат кўрсаткичларини яхшилашга (яъни уларга пленкалар яратишга) бир-биридан мутлақо фарқланувчи иккита ёндошув мавжуд:

1) Юзага яқин қатламларни ҳар хил (кимёвий, иссиқлик, механик, радиацион ёки уларнинг комбинациялари) ишлов бериш ёрдамида модификациялаш;

2) Бошқа атомларнинг қўшимча қатламларини бериш.

Қопламалар суртишнинг ҳамма усулларини иккита гуруҳга бирлаштириш мумкин:

1) Буғ фазасидан физик чўктириш PVD;

2) Буғ фазасидан кимёвий чўктириш CVD.

Иккала ҳолатда ҳам жараён вакуум камерада амалга оширилади, унда баъзан технологик газнинг унча катта бўлмаган босими ҳосил қилинади (нисбатан кимёвий нейтрал газлар – Ar, N₂, этилен).

Буғ фазасидан физик чўктириш усулларида (PVD) янги материални тагликка етказиб беришнинг асосан иккита усулидан фойдаланилади (расм 1-2):

1) Термик қиздириш ҳисобига пуркаш (қиздириш жуда хилма-хил усуллар билан: резистив, электрон-нурли, индукцион, лазерли ва бошқа усуллар билан);

2) Нейтрал газлар тезлашган ионларининг, масалан:

Ar ионларнинг Ек кинетик энергияси ҳисобига пуркаш. Мусбат ион Ar катодни бомбардимон қилади, катодда пуркаладиган материалнинг нишони ва т.о. ушбу материалнинг физик пуркалиши юз беради.

Фарқи – фақат материални пуркаш усулларида холос.

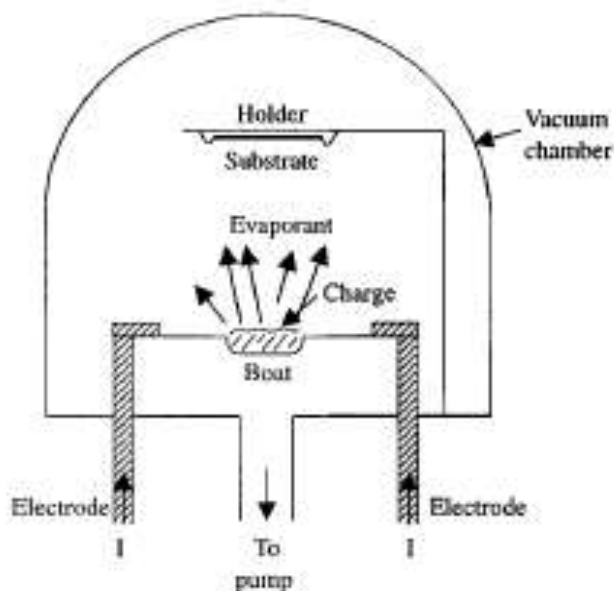


Fig. 5.6. A typical evaporation system consisting of an evaporation source to vaporize the desired material and a substrate located at an appropriate distance facing the evaporation source. Both the source and the substrate are located in a vacuum chamber.

Расм 1. Типик буғлатувчи тизими вакуум камерасидаги манба ва субстратдан ташкил топган³⁶.

³⁶ Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 183

Буғ фазасидан чўктиришнинг физик усуллари билан ғоят хилма-хил қопламалар қопланади, чунки бу усуллар кенг кўламдаги фазилатларга эга:

1) Бундай йўл билан қопланиши мумкин бўлган материалларнинг ғоят хилма-хиллиги (Ме. Қотишмалар, полимерлар, баъзи кимёвий бирикмалар);

2) Тағликнинг ғоят кенг иссиқлик диапазонида сифатли қопламалар олиш мумкинлиги;

3) Бу жараённинг жуда ҳам юқори даражада тозалиги, бу эса яхши сифатли ёпишишни таъминлайди;

4) Деталлар катталиги жиддий ўзгармаслиги.

Буғ фазасидан кимёвий чўктириш усулларида қаттиқ маҳсулотлар (пленка) тағликда камеранинг ишчи атмосфераси атомлари иштирокидаги кимёвий реакция натижасида ўсади. Бундай реакция кечиши учун энергия манбалари сифатида у ёки бу электр зарядидан, баъзида эса лазер нуридан фойдаланадилар. Технологик жараёнларнинг бу тури аввалгисига қараганда хилма-хиллиг билан ажралиб туради. У нафақат қоплама яратишда, балки нанокукунлар яраишда ҳам ишлатилади (расм 3).

Бу усул билан углеродли кимёвий бирикмалар-карбидлар, CN-нитридлар, оксидлар ва бошаларни олиш мумкин.

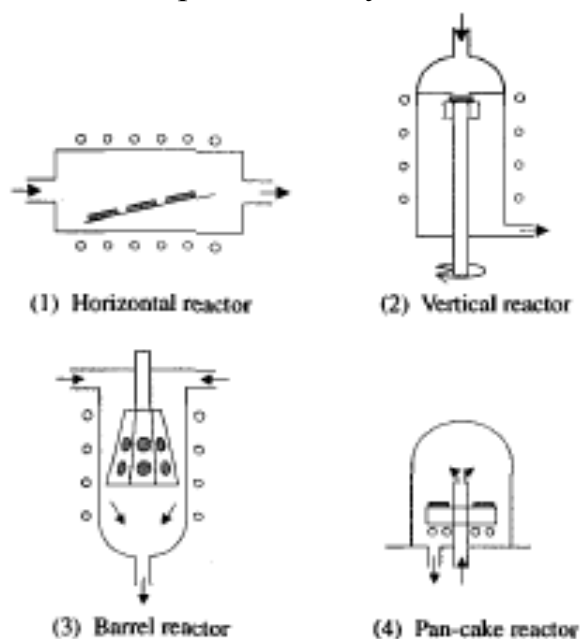


Fig. 5.12. A few common setups of CVD reactors.

Расм 2. CVD реакторларнинг қурилмалари ³⁷.

³⁷ Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 194

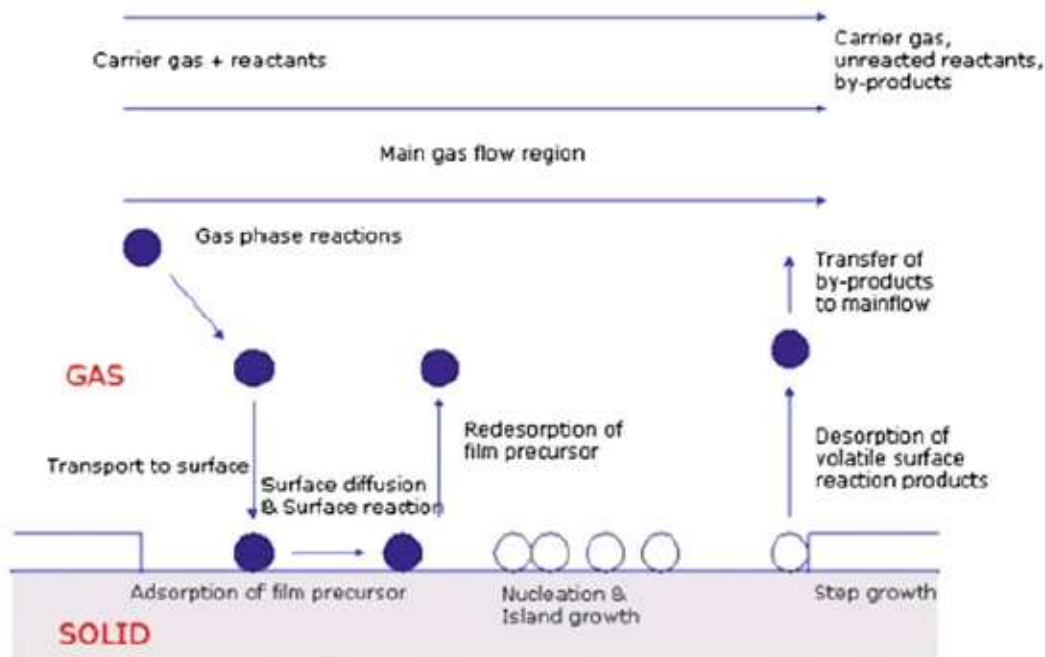


Fig. 2.11 Events take place in the CVD process (<http://postechlocal.k2web.co.kr/user>)

Расм 3. CVD гетероген реакция бўйича кристалларнинг ўсиш тизими³⁸.

1. Эгилувчанлик ва ҳилма-ҳиллик, булар қопламани табиати ва шакли турлича бўлган (толали, кукунли ва бошқа) подложкалар сиртида яхши туриб қолиш имконини беради;

2. Зарурий технологик ускуналарнинг нисбатан соддалиги. Автоматлаштирилиши осонлиги;

3. Фойдаланишга яроқли кимёвий реакциялар ва моддаларнинг танлови катталиги;

4. Қопламанинг тузилиши, унинг қалинлиги ва дон ҳажмининг мониторинг қилишини ва бошқарилиши;

5. Донлари-яъни яримкристалл тузилмалари элемеантлари.

Юпқа плёнкали тузилмалар ишлаб чиқаришда эпитаксил жараёнлар катта рол ўйнайди. Эпитаксия – бу худду шу ёкибошқа материал, яъни подложка сиртига материал қатламини ўстиришга қаратилган технологик жараён дир. Агар подложка нинг ва плёнканинг материали бир-бирига мос тушса, нда бу жараён автоэпитаксия дейилади, агар подложка ва плёнканинг материаллари бир-бирига мос келмаса, унда бу жараённи гетероэпитаксия дейилади. Барча эпитаксиал жараёнлар икки синфга бўлинади:

1. Элтувчи муҳитли жараёнлар: (суюқ фазали ва буғ фазали эпитаксиялар);

2. Элтувчи муҳитсиз: (вакуумли эпитаксиялар). Молекуляр боғли ёки молекуляр нурли эпитаксиялар.

³⁸ Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 100

4.2. Фазали эпитаксия

Суюқ фазали эпитаксия.

Афзалликлари ва камчиликлари.

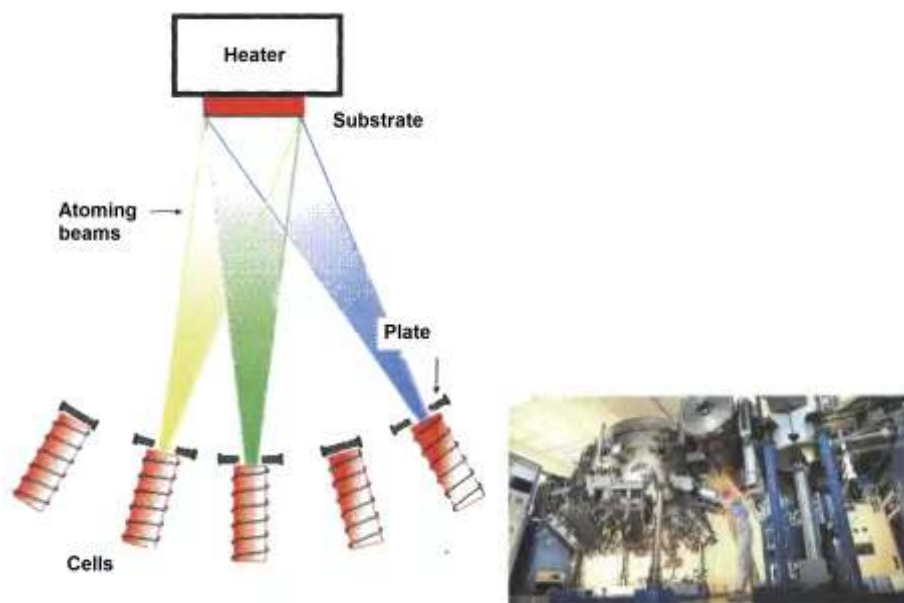
Суюқ фазали эпитаксия асосан GaAs, GdP2 каби қатламли ярмўтказгичли бирикмалар олиш учун қўлланилади; шунингдек, монокристалл кремний олишнинг асосий усули ҳисобланади. Жараён азот ва водород атмосферасида (қоришма ёки подложка сиртидаги оксид плёнчаларини тиклаш учун) ёки вакуумда (дастлаб оксид плёнчаларини тиклаб олгач) ўтказилади. Қоришма подложка сиртига суртилади, бунда уни қисман эритилади ва унинг камчиликлари, ифлосликлари йўқотилади.

Газ фазали эпитаксия – бу яримўтказгичларининг эпитаксиял қатламларини буғ ва газ фазаларидан чўкма ҳосил қилиш йўли билан олинишидир. Энг кўп кремнийли, германлий, арсенид-галлийей яримўтказгичли ускуналарда атмосфера босимива ис да қўлланилади. Жараён вертикал ёки горизонтал типдаги махсус реакторларда атмосфера босими остида ёки паст босимда ўтказилади. Реакция 750-1200 градусгача қиздирилган яримўтказгичли пластинкалар сиртига боради.

Молекуляр нурли эпитаксия.

Афзалликлари ва камчиликлари.

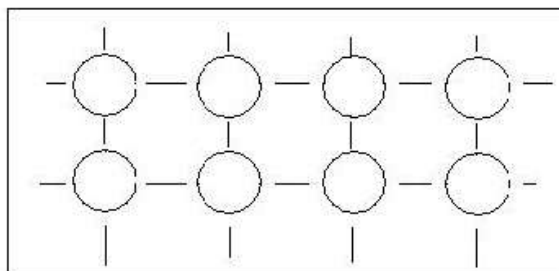
Молекуляр нурли эпитаксия (МНЭ) ёки молекуляр боғли эпитаксия ўта юқори вакуум шароитидаги эпитаксиял ўсишидир. Бу гетерочегаралари моноатомли силлиқ бўлган олдиндан берилган қалинликдаги гетеро ткизманиёки лигерланиш профили олдиндан белгилангангетеро тузилмани ўстириш имконини беради. Эпитаксия жараёни учун сирти атомлар силлиқ бўлган яхши тозаланган махсус подложкалар зурур (расм 4).



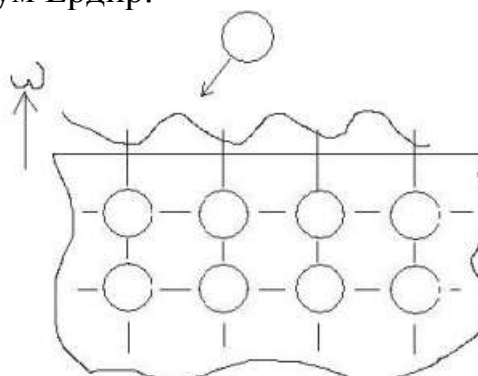
Расм 4. Молекуляр нурли эпитаксиянинг схемаси

Йўналтирилгн ўстириш. оддий кўз билан қараганда ҳам япалоқ, каттиқ сирт-кристалл жисмни кўриш мумкин.

Микроскопда: атом ва кимёвий боғланишни кўриш мумкин.



Бу боғланиш минимум Ер дир.



Подложка атомларинг сиртга жойлашишида эркин атомларини жойлашишига йўналтирилган таъсири (расм 5-8).

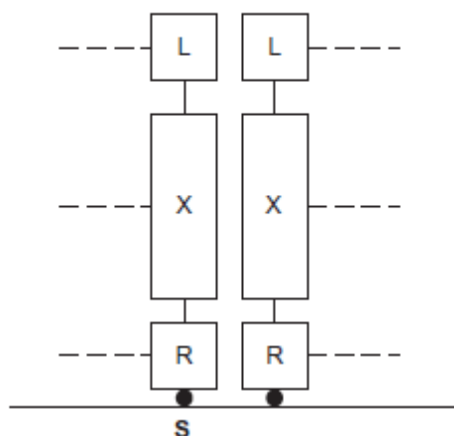


FIGURE 6.9

A (fragment of a) self-assembled monolayer. The component molecules have the general formula LXR, where X is an apolar chain (e.g., alkyl), and R is a reactive group capable of binding to the substratum S. X can be functionalized at the end opposite from R with a group L to form molecules L–XR; the nature of L can profoundly change the wetting properties of the SAM.

Расм 5. Ўз-ўзидан хосил бўлувчи моноқаватнинг фрагменти. LXR. S- субстрат билан боғлайдиган LX- нополяр занжирнинг R-реакцион гурухи. L га боғлиқ равишда материалнинг шимдирилиш хоссалари ўзгариши мумкин³⁹.

³⁹ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 110

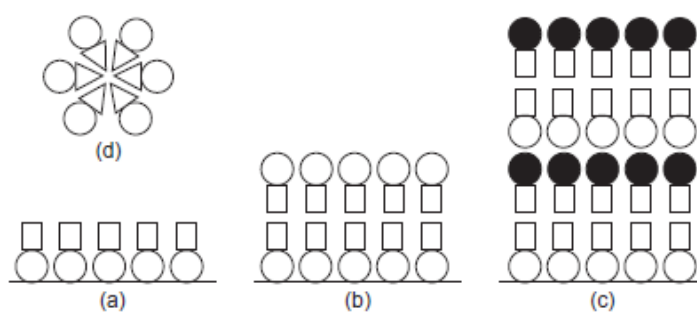


FIGURE 6.6

Langmuir-Blodgett films. (a) A monolayer; (b) a bilayer; (c) a Y-type multilayer. The circles represent the polar heads and the squares the apolar tails of the amphiphilic molecule. (d) A micelle, which can form spontaneously upon dispersal in water if the amphiphilic molecules have a smaller tail than the head (see Section 8.2.9).

Расм 6. Лэнгмюр-Блоджетт пленкалари. А) моноқават, б) биқават, в) У-мультиқават⁴⁰

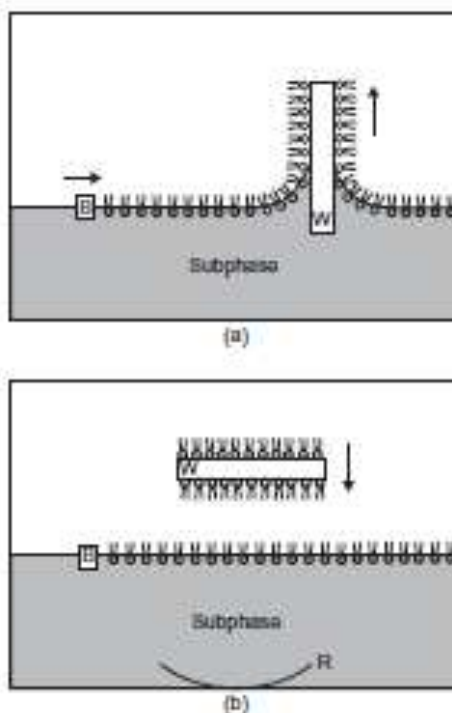


FIGURE 6.7

The Langmuir-Schaefer (LS) technique. (a) The polar substrate is slowly drawn upwards through the Langmuir film to deposit a monolayer. (b) The coated substrate, now apolar, is pushed horizontally through the Langmuir film to deposit a second monolayer (and is caught by the receptacle R). This operation is equivalent to a very rapid vertical descent. The rapidity is needed to ensure that the meniscus curves downwards during deposition.

Расм 7. Лэнгмюр-Шёфер усули. а) Лэнгмюр моноқаватини ҳосил қилиб поляр субстрат аста секин кўтарилади. б) иккинчи моноқават чўктирилади, қопланган нополяр субстрат Лэнгмюр пленкасига горизонтал

⁴⁰ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 110

йўналтирилади⁴¹.

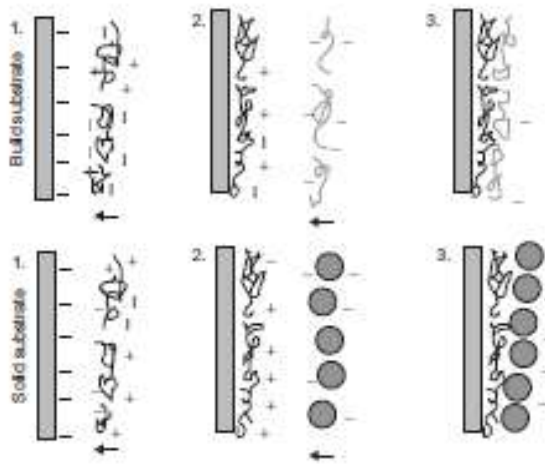


FIGURE 6.10

Upper panel: deposition of a polycation onto a negatively charged substrate followed by a polyanion. Lower panel: deposition of a polycation followed by a negatively charged nanoparticle onto a negatively charged substrate [112].

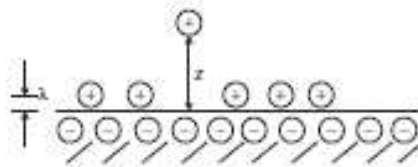


FIGURE 6.11

A polyanion approaching a surface already covered with its congeners (see text).

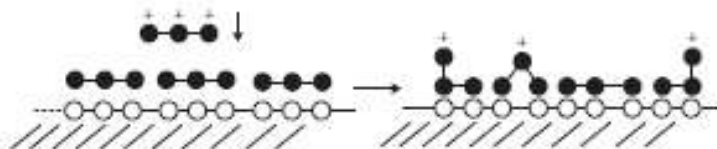


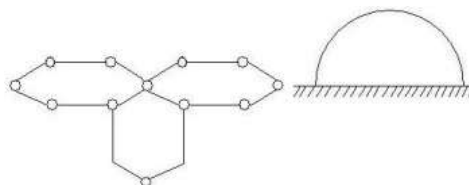
FIGURE 6.12

Overcharging resulting from adsorbed polycation tails (see text).

Расм 8. Поликатионлар ва заррачаларни субстратга чўктириш. Полионларни адсорбция вақтидаги ортиқча заряди⁴².

4.3. Углеродли наноматериаллар

Америкалик архитектор Фуллер архитектура конструкциясига янги элементни киритди.



⁴¹ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 111

⁴² Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 103-123

1985 йилда худди шундай конструкцияга биррикан углерод заррачалари топилди. Бу моддалар фуллеренлар деб аталди. Фуллерен C-60 (60 та C атоми), фуллерен C-70 (70 та C атоми), фуллерен C-1000000 кам бўлиши мумкин.

Углерод атомлари 60 та атомлардан ташкил топган ва сферада 1 нм диаметрда жойлашаган юқори симметрик молекула C-60 ни ҳосил қилиши мумкин. Бунда Леонард Эйлер назариясига мувофиқ углерод атомлари 12 та тўғри бешбурчак ва 20 та тўғри олтибурчакни ҳосил қилади.

Ўз навбатида C-60 молекулалари фуллерит деб номланадиган кристалл ҳосил қилиши мумкин. Бу кристалл границентрирован кубли панжара бўлиб, уларнинг молекуляр боғлари заиф. Фуллеренлар атомларга нисбатан анча йирик бўлишини ҳисобга олсак, панжара унча зич жойлашган бўлади. Яъни ҳажмда октаэдрик, бўшлиққа эга. Тетроэдрик бўшлиққа эса ёд жисмлар бўлиши мумкин. Октоэдрик бўшлиқларини Me (K, Rb, Cs) ишқор ионлар билан тўлдирилса, у ҳолда хона ҳароратидан паст бўлган ҳароратда фуллерен янги материалга айланади. Бу эса полимер заготовкасидан шакл ясашга жуда қулай. Тетроэдрик бўшлиқлар бошқа ионлар билан тўлдирилса, унда $t = 40 - 20$ K га бўлган янги янги материла ҳосил бўлади. Турли моддаларнинг адсорбциялаш хусусиятлари туфайли фуллеритлар янги ноёб материалларни яратиш учун асос бўлиб ҳисмат қилади. Масалан C₆₀C₂H₄ кучли ферромагнитик хоссаларига эга. Ҳозирда уларнинг 10000 дан ортиқ тури маълум. Углеродлардан атомлар сони жудда катта бўлган молекулалар олиш мумкин. Масалан C 1000000 кўпинча бу бир деворли ёки кўп деворли (чўзилган нанопайчалар) УНТ. Бундай нанопайчанинг диаметри ~1 нм, узунлиги эса бир неча ўн мм га тенг. Бундай найчаларнинг учлари 6 тўғри бешбурчак ёрдамида ёпилган. Ҳозирда бу энг мустаҳкам материалдир. Графен – тўғри олтибурчак бўлиб, ясси текис тузилмага эга, бироқ графен тўғри олтибурчакларни бирин-кетин алмашуvidан эмас 5-7 бурчакли комбинациядан ҳосил этилган бўлса, унда тўлқинсимон тузилмага эга бўлиши ҳам мумкин.

4.4. Углеводородли наноматериаллар синтези

Биринчи фуллеренлар қаттиқ графит наъмуналарни лазер нури остида буғлантиришдан олинган конденсатланган графит буғларидан ажратиб олинган. 1990 йилда бир қатор олимлар (Крепчир, Хофман) бир неча грамм ўлчамда фуллеренлар олиш усулини ишлаб чиқишди. Усул графит стерженлари – электродларни атмосфераларда электр ёйида куйдиришдан иборат. Ндан паст атмосферада эмас. Жараёнининг оптимал параметрларини танлаш яроқли фуллеренлар чиқишини оптималлаштирди. Фуллеренларнинг оптимал чиқиши стерженнинг дастлабки массасидан 3-5% анод массасидан. Бу фуллерен қийматининг баланд бўлишини белгилайди. Бу билан Японлар кизиқиб қолдилар. Mitsubishi фирмаси углеводларни куйдириш йўли билан яроқли фуллеренларни олишни саноат миқёсига олиб чиқдилар. Бироқ бундай фуллеренлар улар соф эмас. Уларнинг таркибида O₂ мавжуд. Шу сабабли соф

фуллерен олинишининг ягона усули бу атмосферада He ёқишдир (куйдириш) (расм 9).

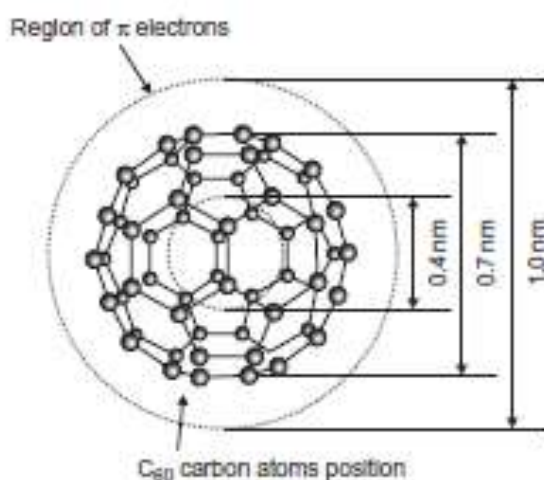


FIGURE 9.6

The structure of buckminsterfullerene, C_{60} . Note the presence of both hexagons and pentagons. Reproduced with permission from [9].

Расм 9. C_{60} фуллерен структураси (гексагонлар ва пентагонлар)⁴³

Фуллерен олувчи ва тозаловчи қурилмаларнинг умумий сони ортгани туфайли унинг тан нархи пасайди. (Аввалига- 10000\$ бўлса, ҳозирда 10/158). Фуллерен нархининг қимматлигига сабаб унинг чиқиш фоизи камлиги эмас, балки тозалаш тизимининг мураккаблигидир.

Тозалашнинг стандарт схемаси: куйдирганда курумга ўхшаган нарса ҳосил бўлади, уни эритувчи билан аралаштирадилар (томзол), сўнг бу қоришма филтрланади. Қолган тўқ рангдаги чўкма турли фуллеренларнинг майда дисперсияли қоришмасидир. Бу аралашмани таркибига кўра турларга бўлиш зарур. Бу жараён ўта юқори микроскопиядаги суяқ хроматография ёрдамида ҳамда сканерловчи зондли микроскопия ёрдамида ўтказилади.

Авваллари худди шундай графитни электр ёйли ёки лазерли буғлантириш, сўнгра инерт газ муҳитида конденсатлаш усули билан УНТ олишарди. Бироқ бу усул унча самарали бўлиб чиқмади. Шу сабабли ҳозирда энг мақбул усул бу - буғдан кимёвий чўкма ҳосил қилишдир. Бунинг учун углерод таркибли бирикма олинади. Масалан ацетилен, уни қаттиқ қиздирилган, Me катализатор юзасида паржалайдилар. Шундан сўнг каттализатор юзасида зич бўлиб УНТ ўса бошлайди. Ушбу реакция газсимон углеродларнинг каталитик пиролиз деб аталади. Кўп ҳолларда трубасимон печларда амалга оширилади. Бунда катализатор сифатида Fe, Co, Ni, дан фойдаланадилар. Уларнинг заррачалари билан теолит бўлакчаларини туйинтирадилар. Цеолит – табиий материал. Электр ёйли, лазерли, ёки юқори ҳароратдаги синтезнинг бошқа турларидан фарқли ўлароқ катталик пиролиз углеводородли нанотузилмаларни лаборатория масштабида эмас, балки саъноат масштабида ишлаб чиқариш имконини беради. Улар унча тоза эмас

⁴³ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 195

ва таркиби ҳам бир-хил бўлмаслиги мумкин. Шунга карамай улардан фойдаланиш мумкин.

Графен – графит заррачалари. Графен тангачаларини оксидланган Si юзасига қўядилар. Бу графенни электро физикавий ўлчовлар учун тадқиқот қилиш имконини беради. Масалан графен олишининг кимёвий усули: кристаллсимон графитга HCl ва H₂SO₄ ни таъсир этиррадилар. Бунинг натижасида графен тангачаларида оксидланиш рўй беради. Графеннинг карбоксил гурухи тионихлоридга ишлов бериш йўли билан хлоридларга айлантирилади. Шундан сўнг эса тетрогидрофурунлар, тетрахлорметан ва зихлорэтан эритмаларида октадециламик таъсирида қалинлиги 0.5 нм бўлган графинли қатлам ҳосил бўлади (расм 10-12).

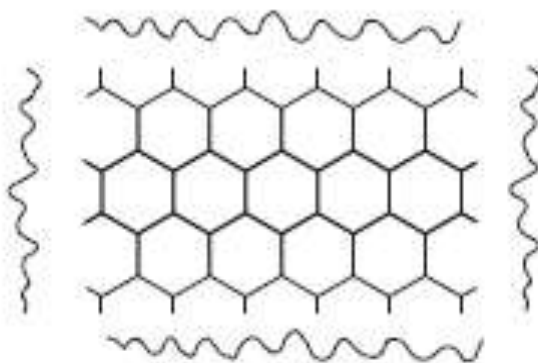
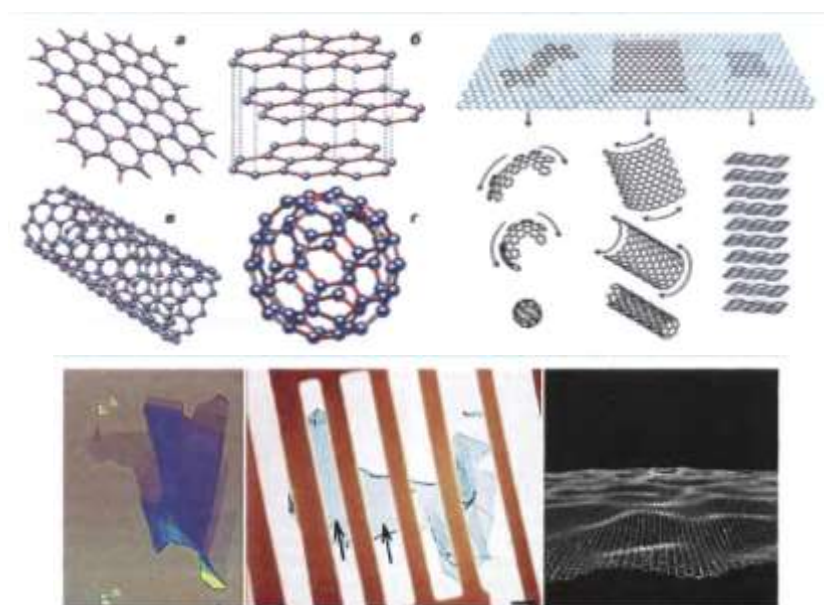


FIGURE 9.1

Part of a graphene sheet, showing the sp² chemical bonds. There is a carbon atom at each intersection. The length of each bond is about 0.3 nm.

Расм 10. Графен. Углероднинг sp² кимёвий боғлари (d(C-C) = 0.3 nm)⁴⁴



Расм 11. Графен ва углероднинг наноматериаллари

⁴⁴ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 190



FIGURE 9.2

A single walled carbon nanotube (SWCNT): a single graphene layer rolled into a seamless tube. Reproduced with permission from [24].



FIGURE 9.3

A multiwalled carbon nanotube (MWCNT): concentric single wall nanotubes of different diameters nested within each other. Reproduced with permission from [24].

Расм 12. Бирқаватли ва кўпқаватли углеродли наноайчалар, графен
МОНО қавати⁴⁵

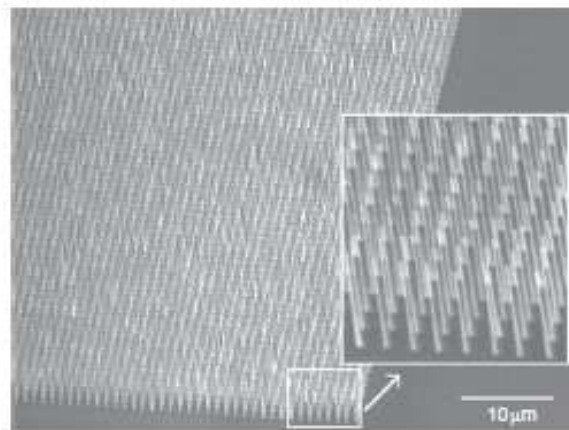


FIGURE 9.5

A forest of carbon nanotubes produced by plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD). The substratum must first be covered with metal (e.g., Fe or Ni) catalyst islands. Hydrocarbon feedstock (acetylene) is then passed over the substratum heated to several hundred °C. The acetylene decomposes at the surface of the catalyst and the carbon nanotubes grow up from the catalyst particle, or grow up beneath it (pushing it up). Illustration courtesy of Dr Ken Teo, AIXTRON.

Расм 13. PECVD ёрдамида олинган наноайчаларнинг ўрмони⁴⁶

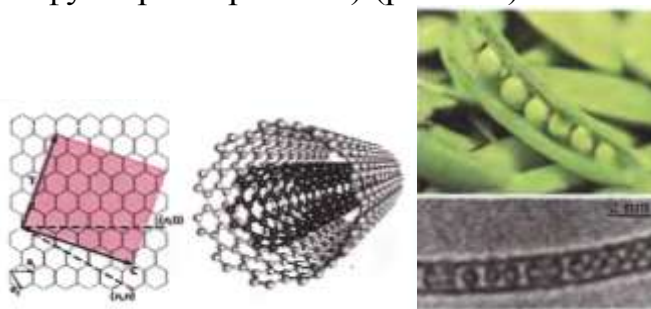
⁴⁵ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 192

⁴⁶ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 194

Кремний карбиди юзасида графен олиш усули. Бунда графен кремний карбиди юзасида пирлик парчаланиш йўли билан ҳосил бўлади. Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, бу ҳолда ажралиб чиққан графит қатлами бир атомли қатламга нисбатан калинроқ бўлади. Бўлиниши чегарасида компенсацияланган заряд ҳосил бўлади. Электронлар чиқиши орасида фарқ сабали ўтказувчанликда графитнинг бир атомарли қатламигина иштирок этади. Яъни бу қатлам графендир.

4.5. Углевородли наноматериалларнинг ишлатилиши

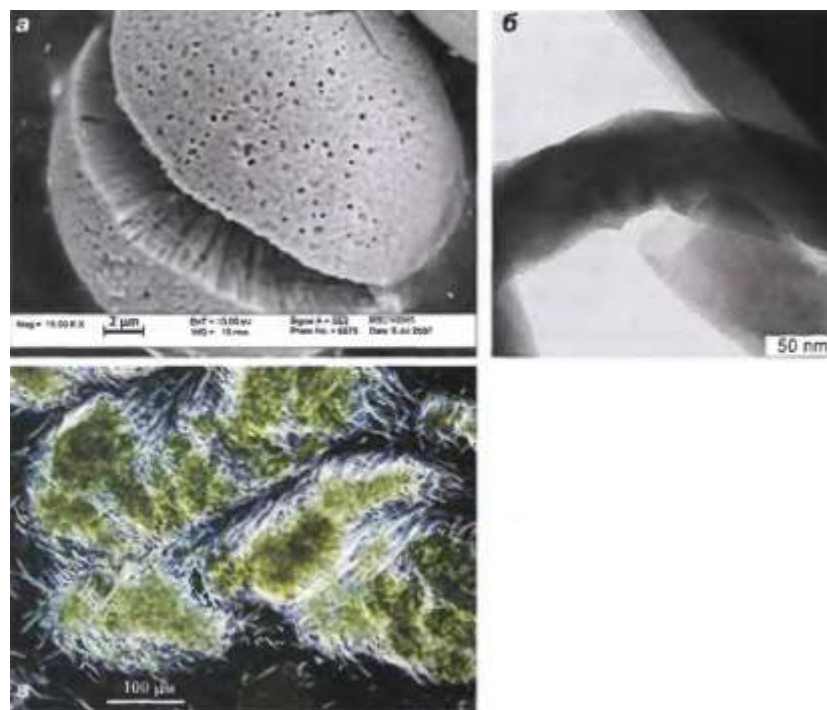
1. Оптик муҳитни модификациялаш учун фуллеренлар ишлатилади;
2. Мутлақо янги композицион материаллар тайерлаш учун (наноайчалар аралашмалари ва фуллеренлар билан) (расм 13).



Расм 14. Наноайчаларни микротасвирлари⁴⁷

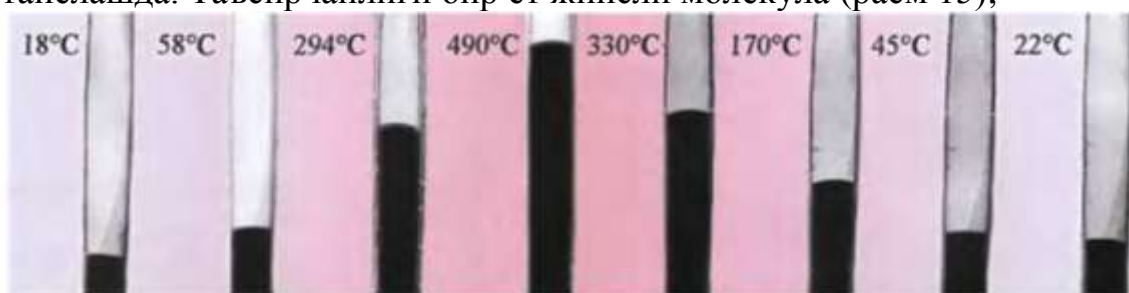
3. Ўта қаттиқ қопламалар учун. Асбоб-ускуналар сиртлари, ишқаланувчи деталлар ва бошқалар. Қаттиқлигига кўра олмосга тенг келади;
4. Мойловчи таркиблар ва присадкалар учун;
5. Келгусида кимёвий энергия манбаи сифатида фойдаланадиган водород ёқилғиси контейнерлари учун (расм 14);

⁴⁷Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 194



Расм 15.Ноорганик наноайчалар⁴⁸

6) Физикавий ва кимёвий таъсир турларини қайд этувчи наносенсорлар тайёлашда. Таъсирчанлиги бир ёт жинсли молекула (расм 15);

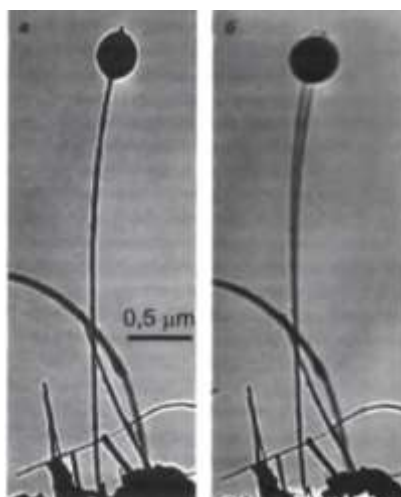


Расм 16. Нанотермометр (галлий углеродли наноайчаларда)⁴⁹

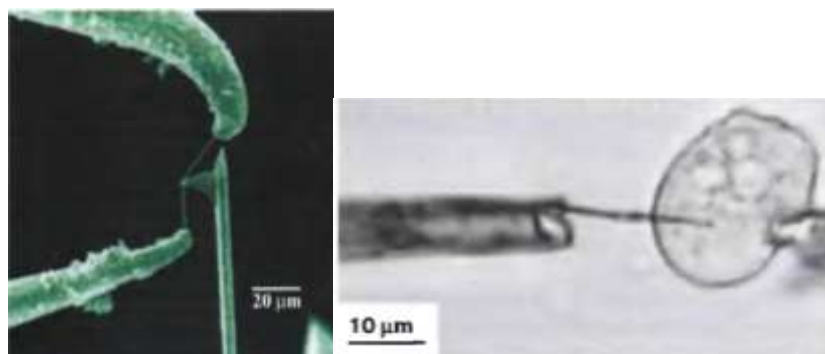
7) Сканерлаш микроскоплар учун зондлар;

⁴⁸ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 192

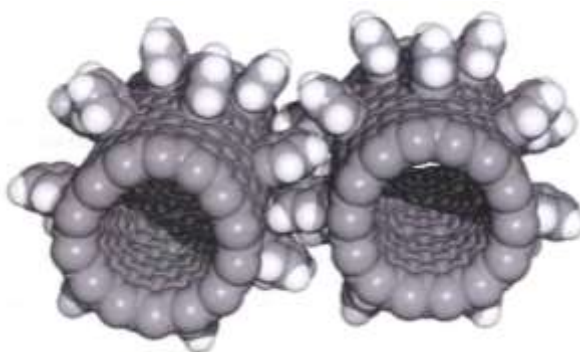
⁴⁹ Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 194



8) Сканерлаш микроскопияси учун зондлар тайёрлашда;



9) Атом манипулятор тайёрлашда (расм 16);

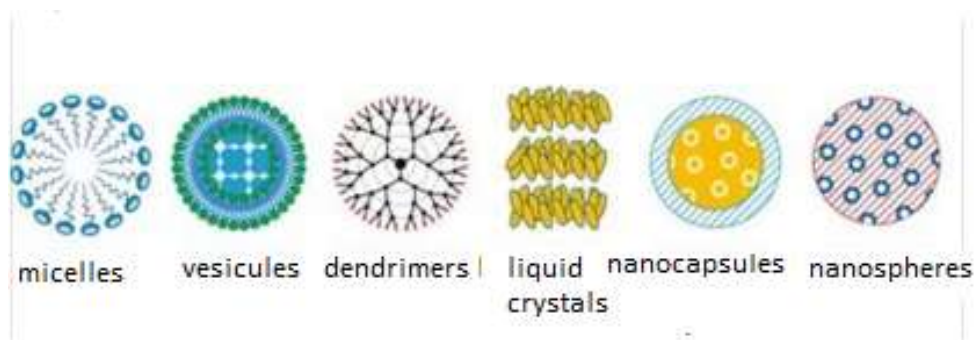


Расм 17. Углеродли наноайчаларнинг наношестеренкалар

10) Наномеханик ахборот тўплагичлар тайёрлашда. Наноўтказгичлар, нанорезисторлар, нанотранзисторлар, нанооптик элементлар тайёрлашда;

11) Электр магнит нурлардан ва юқори температурадан химоя экранларини тайёрлашда “Стелле” технологияси;

12) Дори воситалари учун наноконтейнерлар тайёрлаш мумкин (расм 17).



Расм 18. Дори-дармонларни қадоклаш учун наноконтейнерлар

13) Тасвирнинг аниқлиги ва ёрқинлиги юқори бўлган, йирик ясси дисплейлар тайёрлашдир (расм 18).



Расм 19. Дисплейлар учун нанонайчалар

Назорат саволлари

1. Эпитаксия жараёни қандай содир бўлади?
2. CVD ва PVD асосий принципини тушунтиринг.
3. Лазер абляциясининг асосий принципини тушунтиринг
4. Юпка пленкалари нима учун керак?
5. Углерод наноматериал ва графен тузилишининг тушунтиринг?
6. Наноконтейнерлар ва нанодисплей нима учун керак?

Фодаланилган адабитлар

1. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 183.
2. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 194.
3. Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 100.
4. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 110.
5. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 110.
6. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 111.

5-мавзу: Композицион материаллар тузилиши. Матрицали ва дисперс фаза. Заррачалар, толалар ва структура даражасида мустаҳкамлаштириш.

Режа:

- 5.1. Композицион материаллар тушунчаси.
- 5.2. Композицион материаллар тузилиши.
- 5.3. Матрицали ва дисперс фаза. Заррачалар, толалар ва структура даражасида мустаҳкамлаштириш.

5.1. Композицион материаллар тушунчаси.

Конструкцион материалларнинг механик мустаҳкамлигини ошириш – машинасозликда энг долзарб муаммо бўлиб қомоқда. Аммо материалларнинг мустаҳкамлиги ошиши уларнинг пластиклигини кескин пасайишига ва синишга мойиллигини оширишга олиб келмоқда. Бу эса юқори мустаҳкамликга эга бўлган материалларнинг конструкцион материал сифатида қўлланилишига тўсқинлик қилиб келмоқда.

Пластикликга эга матрица ва юқори мустаҳкамликга эга бўлган толалар (матрицадан мустаҳкамлиги анча юқорироқ бўлган материаллар) асосида олинган композицитлар конструкцион материалларнинг эксплуатацион хоссаларини кескин кенгайтириб бормоқда. Албатта, энг замонавий турбиналар ёки космик техникаси конструкциясини ушбу агрессив муҳитда ишлай оладиган ва юқори даражали нагрукаларни кўтара оладиган материалларсиз хозирда тасаввур этиб бўлмайди.

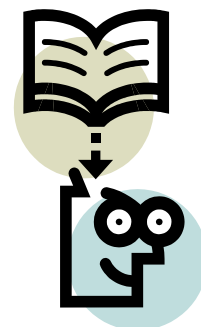
Композицион материаллар чуқур тарихга эга ва табиатда кенг учрайди. Мисол тариқасида кокос пальмасининг баргларини келтиришимиз мумкин: барг тузилиши армировка – мустаҳкамлаштирувчи толалар жойлашган консоль деб тушунтирилса ҳам бўлади. Ёғоч ҳам ўз навбатида толали композитдир: целлюлоза толалари лигнин матрицасида жойлашган. Целлюлоза толалари чўзилиш бўйича юқори мустаҳкамликга эга ва юқори даражада эгилувчанликга ҳам эга (қаттиқлиги паст), лигнин матрицаси эса ўз навбатида ушбу толаларни бирлаштириб, материалга қаттиқлик беради. Суяк – табиий композицион материалга яна бир намуна бўла олади. Суяк бутун танадаги жисмларнинг оғирлигини кўтаради. Суяк қисқа ва юмшоқ коллаген толаларида иборат бўлиб, улар апатит номли минерал матрицада жойлашган бўлади. Вайнер ва Вагнерлар (1998) суякнинг структурасини ва хоссаларини яхши ўрганган. Элисс (2000) ва Уэйнрайтлар эса (1982) структура-функция ва унинг ўсимлик ва ҳайвонот оламида тарқалиши хақида ўз ишларини тақдим этганлар. Табиий композитлардан ташқари композициялар концепцияси жуда кўп техник материаллар яратишда ҳам кенг қўлланилиб келган.

Масалан, каучукдаги сажа, портланцементнинг ёки асфальтнинг кум билан қоришмалари (бетон ёки асфальт бетон) ушбу материалларга мисол

бўла олади. Шундай қилиб таъкидлаш керак-ки, композицион материаллар концепцияси янги деб қабул қилина олмайди. Аммо композицион материалларнинг технологияси охириги замонда кенг ривожланиб, фаннинг инновацион йўналишларидан бири деб ҳисобланиши керак.

XX асрнинг охирига ва XXI асрнинг бошларига тўғри келган композицион материалларнинг инновацион технологиялари фанининг ривожланиши ва инновацион ғоялари машинасозлик, авиа-, космик-техникаси, атом энергетикаси, электроника материаллари, компьютерлар ва бошқа соҳаларни ривожланишига олиб келди.

Композицион материаллар – турли хоссаларга эга бўлган компонентлардан ташкил этган мураккаб системалардир. Бир бутунлик ҳамда мутаҳкамликни таъминловчи эластик ва қаттиқ фазалар аралашмасидан топган материал композицион материал деб аталади. Бунда ҳар бир компонент алоҳида композицион материалнинг ҳамма хосса-хусусиятларига тўлиқ жавоб бера олмайди. Оптимал шароитларга жавоб берадиган компонентларни тўплаб талабга тўғри келадиган композицион материални яратиш мумкин



Бу композицион материалларнинг энг кучли томонларидан биридир: керакли хосса хусусиятлари таъминлаш мақсадида турли компонентларни танлаш имконияти мавжуд бўлиб, ҳар бир эксплуатация шароитлари (аэрокосмик структуралар, лодкалар, автомобил ёки электр двигатели учун) учун максимал эффективликга эга бўлган махсус материал яратиш имкониятини мавжуд.

Счиер ва Юргенс (1983) композитларни реактив самолетларида қўлланилиши ўрганиб, шундай хулоса қиладилар:

"Композитлар (композицион материаллар) лойиҳалаш учун кенг имкониятлар туғдирди, материаллар дизайнерлари ҳар бир йўналиш учун уларнинг оғирлигини ва нарҳини эътиборга олган ҳолда турли хоссаларга эга бўлган янги материалларни яратга катта ва чексиз имкониятлар берди".

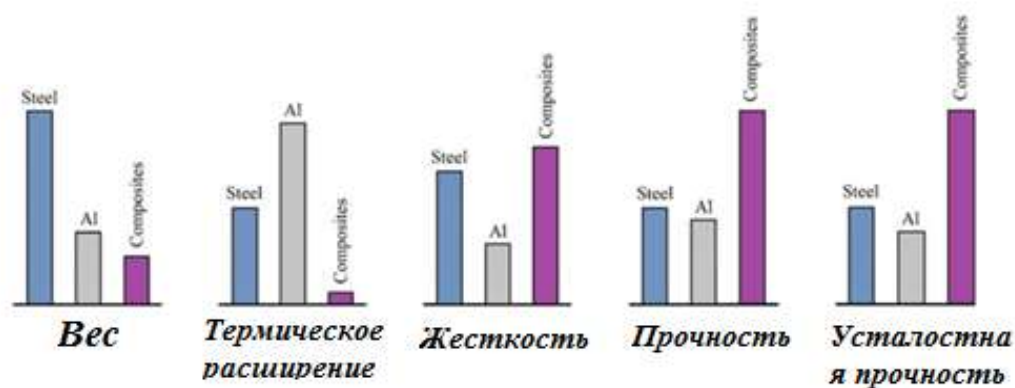
Охириги йилларда металл ва нометаллар асосида юқори мустаҳкамлик ва қаттиқликга эга бўлган ноорганик толалар, ипсимон крситаллар, ноорганик заррачалар билан армировка (мустаҳкамлаштирилган) қилинган сунъий композитлар қаторлари яратилди.

Толалар сифатида турли кристалларнинг ипсимон шакллари, SiO_2 , SiC , Al_2O_3 таркибли йўналтирилган кристаллизация ёки пардан юпқа симга чўктириш усуллари ёрдамида ҳосил қилинган юпқа кварц толалали, қўлланилмоқда.

Ҳамма сунъий композицион материалларнинг умумий структураси турли компонентларнинг бир ҳажмда жойлашиши билан боғлиқ, бу ерда бир компонент пластикликга эга (боғловчи), бошқа компонент эса юқори мустаҳкамлик ва қаттиқликга эга (тўлдиргич) бўлиши шартлидир.

Композицион материаллар ривожланиши 1965 йилдан бошлаб кескин кадамлар билан бошланди. 1960-чи йиллардан бошлаб юқори

мустаҳкамликга, қаттиқликга эга бўлган ва енгил материалларга турли соҳаларда эҳтиёж ўсиб борди – аэрокосмик техникада, энергетикада ва курилишда. Шу вақтда бу материалларга қўйилган янги талаблар шунчалик юқори ва турли бўлганлиги муносабати билан ҳеч қандай анъанавий материал бу талабларга тўлиқ жавоб бера олмади. Ва ўз навбатида бу шароитлар композицион материалларнинг концепциясига катта эътиборни қаратди.



Расм 1.1. Анъанавий монолит материалларнинг ва композицион материалларнинг хоссаларини солиштириш (оғирлиги, термик кенгайиши, қаттиқлиги, механик мустаҳкамлиги, вақтга бардошлиги)⁵⁰

Расм 1.1 да монолит материаллар (алюминий ва пўлат) ва композицион материалларнинг хоссалари солиштирилган (Deutsch 1978). Бу расмдан кўриниб турибдики, композицион материалларни қўллаш натижасида конструкцияларнинг оғирлигини, термик кенгайишини кескин камайтириш (4-10 маротабага), шу вақтнинг ўзида қаттиқлик ва механик мустаҳкамлик, вақтга бардошлик кўрсаткичларини кескин (2-3 маротабага) ошириш мумкин.

Композицион материаллар технологиясини ривожланиши яна бир тамойил билан боғлиқдир - илм ва фан ривожланиб, ишлаб чиқариш ва лойиҳалаш ишлари билан бир вақтда олиб борилди. Янги материал яратилишидан бошлаб уни эксплуатацияга киритишгача олиб бориш, ишлаш вақтида унинг хосса хусусиятлари назорат қилиш, ишлаб чиқариш нуқсонларини текшириш натижасида композицион материалларнинг хоссалари кескин ривожланиб борди. Бу борада ёқилғини тежашга ҳам катта эътибор қаратилди. Шунинг учун ҳаёт ва ишлаб чиқаришни ҳамма соҳаларида енгил, аммо мустаҳкам ва қаттиқ структураларга талаб ва эҳтиёж тобора ўсиб борди. Замон талабларига ва прогрессив технологияларнинг ривожланишига энг асосий туртки бўлиб композицион материалларнинг ривожланишини келтиришимиз мумкин.

Шиша толалар билан мустаҳкамлаштирилган смолалар йигирманчи асрнинг бошларидан қўлланилиб келмоқда. Шиша толалар асосида олинган композитлар енгил ва мустаҳкамликга эга бўлиб, қаттиқлиги (Юнг модули) унчалик юқори эмаслиги билан ажралиб туради. XX асрнинг охирида

⁵⁰ Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012.- 4 p.

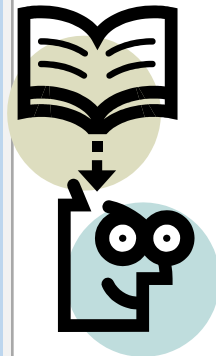
янги “замонавий (такомиллаштирилган) толалар кашф этилди: бор, углерод, кремний карбиди ва алюминий оксиди (Чаула 1998, 2005) асосида олинган бундай толаларнинг Юнг модули (модуль упругости) юқори кўрсаткичларга эгаллиги аниқланди. Бу толалар смола, металл ва керамик матрицаларда армировка компонентлари сифатида хозирги вақтда кенг қўлланиб келмоқда.

Композицион материаллар қўйидаги шартларга жавоб бериши керак:

1. Материал ишлаб чиқарилиши керак (табiiй композицион материаллар – масалан, ёғоч бу гуруҳга кирмайди).

2. Материал икки ёки кўпроқ физикавий ва кимёвий ҳар хил бўлган, матрица (интерфейс) ичида тартибли жойлашган фазалардан ташкил топган бўлиши керак.

3. Композитнинг хосса-хусусиятлари ҳеч қайси унинг алоҳида компонентларида тўлиқ ҳажмда намоён бўла олмайди.



Толали мустаҳкамлаштирилган композитлар бошқа турдаги композитлардан кўра кенг қўлланилиши, кўпгина материалларнинг толали кўринишида энг юқори мустаҳкамликга эгаллиги билан боғлиқдир. Аммо толали композитларда мустаҳкамлаштириш асосан тола йўналишига параллел бўлади, демак ҳосил бўлган композит анизотроп хоссаларга эга бўлади. Агар композит ҳамма йўналишда бир хил хоссаларга эга бўлиши керак бўлса (изотроп модда), ламинат ёки икки турдаги материалдан ташкил топган сэндвич панелларни танлаш мумкин. Баъзи вақтларда эса композитларда қўлланилган толалар мустаҳкамлигига катта эътибор берилмайди: масалан, юқори ўтказгичларда ўтказувчи матрица билан биргаликда ультра ингичка толалар қўлланилади.⁵¹

5.2. Композицион материаллар тузилиши.

Композицион материалнинг бир бутунлигини таъминловчи компонент ташкил этувчига боғловчи компонент (**матрица, интерфейс**) деб аталади. Бошқа компонентлар (**армировка, мустаҳкамлаштириш, тўлдирувчи** ва ҳоказо) нинг шу матрицада жойлашиши маълум геометрик қонуниятга бўйсиниши ёки бўйсинмаслиги ҳам мумкин. Матрица қўшимчалар орасида махсус юпқа қатлам бўлиб, у ажралиш юзасини белгилайди (1.5-расм). Композицион материалларни синфларга ажратишда матрица ёки арматура ва қўшимчаларнинг турига, микротузилиши хусусиятлари ва материални олиш усулига ҳам эътибор берилади.

Матрица материалнинг турига қараб, композицион материаллар қўйидаги турларга бўлиниши мумкин: “металл матрицали”, органик булмаган (органик булмаган полимерлар, минераллар, углеродли, керамик), органик матрицали ва кўп матрицали аралаш композицион материаллар.

Боғловчи материалнинг вазифаси махсулотга маълум геометрик шакл

⁵¹ Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012.- 5 p.

бериб қолмасдан, балки у кучланишларни ҳажм бўйича бир хил тақсимланишини ҳам таъминлайди ва маълум механик хоссани шакллантиради, ҳамда арматура ёки қўшимчаларни ташқи муҳитдан сақлайди. Композицион материалнинг иссиқ ва коррозияга бардошлилик, электр ва иссиқликни сақлаш қобилияти, қайта ишлаш технологияси каби муҳим хоссалари боғловчининг хусусиятларига боғлиқ. Лекин армировка (мустаҳкамлаштириш) ва қўшимча элементларнинг турига қараб ҳамда уларнинг матрицада жойлашиши ва геометрик ўлчамларига қараб, композицион материалларнинг хоссалари ўзгаради. Масалан, композицион материалга қўшимчалар, яъни арматура элементлари (одатда, 10%дан кўпроқ миқдорда қўшилади) асосан, механик хоссаларни кучайтириш учун қўшилади. Бунда мустаҳкамлик, зичлик, пластиклик ортиб, материалнинг зичлиги, электр хоссалари, иссиқлик ўтказувчанлиги ва бошқа хусусиятлар маълум йўналишда ёки фақат алоҳида олинган жойлардагина ўзгаради.

Композицион материалларнинг энг муҳим хусусиятлари деформацияга мустаҳкамлигидир. Тўлдирувчилар сифатида қўлланиладиган элементлар одатда майда кукун ёки калта тола ҳолатда бўлади. Бундай қўшимчалар асосан материалнинг таннархини камайтиради. Лекин улар композицион материалнинг мустаҳкамлигини 1,5-2,0 баробар ошириши ҳам мумкин. Маълум миқдордаги (арматура) қўшимчалар материалнинг мустаҳкамлигини 2-10 баробарга оширади. Композицион материалларда тўлдирувчи ва қўшимча (арматура) материаллар биргаликда қатнашиши ҳамда уларнинг ўлчамлари ва жойлашиши ҳар хил бўлиши мумкин. Улчами уч йўналишда кичик бўлган қўшимчаларга кум, майда (кукун) дончаларга эга бўлган металллар, фосфатлар, шиша ва лойсимон микросфера шаклдаги материаллар киради (1.2-расм). Тўлдиргичнинг шакли бўйича улар 3 турга бўлинади (расм 1.2): нол-ўлчамли, бир-ўлчамли, икки ўлчамли. Бир ўлчамли қўшимчаларга толасимон тўлдирувчилар, арматура элементлари, калта толали табиий материаллар (масалан, асбест), ўсимлик материаллари, толасимон кристаллар (оксидлар, алюминий нитрид, бериллий оксиди, бор карбиди, кремний нитриди), узун толали ҳар хил органик бирикмалар ва ҳоказолар киради. Икки ўлчамли тўлдирувчиларга ленталар, матолар тўрсимон ва бошқа арматура элементларни келтириш мумкин.

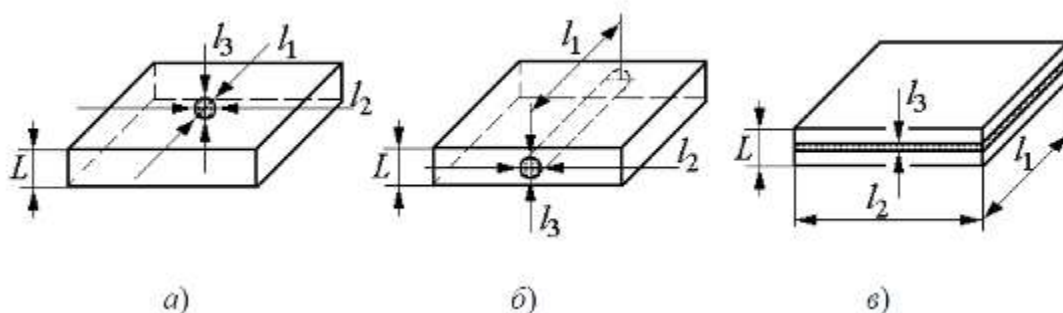
Композицион материаллар хоссаларига қўшимча элементлар (тўлдирувчи) нинг таъсири жуда катта бўлганлиги учун кўпинча шу композицион материалнинг номи унинг тўлдирувчиси номи билан ҳам айтилади. Масалан, графитопластлар, шиша толали композициялар, органопластиклар ва хоказо.

Композицион материалларни макротузилиши бўйича ҳам фарқлаш мумкин (1-диаграмма). Юқорида таъкидлаганимиздак, матрицада тўлдирувчилар тартибсиз жойлашиши мумкин, лекин кўпинча уларнинг тартибли жойлашишига эришишга ҳаракат қилинади. Ҳар хил ўлчамга эга бўлган тўлдирувчи ва арматуралар биргаликда қатнашганда уларнинг ўзаро тартибли жойлашиш имкониятлари кўп булади.

Композицион материалларнинг хоссалари ҳамма йўналишда бир хил

булса, бундай материал хоссалари изотроп бўлади. Бундай материалларга кукун ҳолидаги кўшимчалари хаотик жойлашган композициялар киради. Материалларнинг турли йўналишлардаги хоссалари фарқ қилса, бундай композициялар анизотроп хоссаларга эга дейилади. Бундай композицияларда арматура сифатида толалар, пластинкалар, матолар, тўрлар маълум йўналишда жойлаштирилган бўлади.

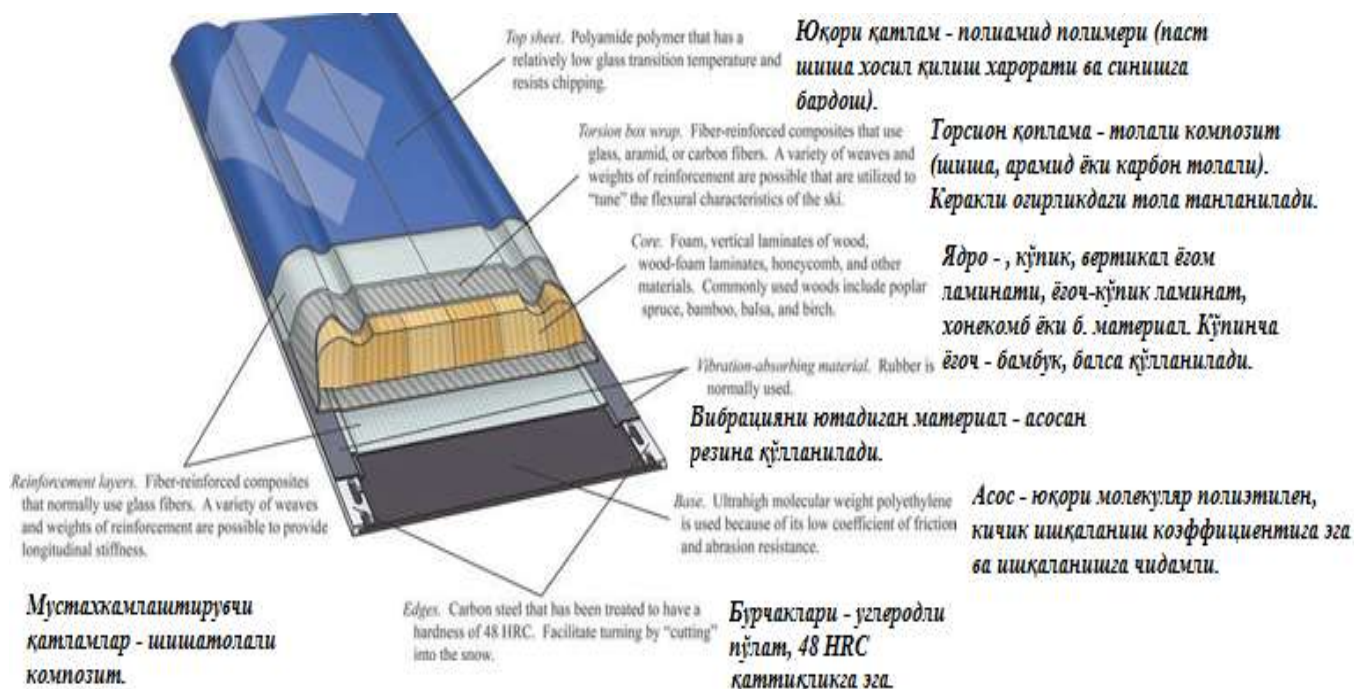
Тўлдиргичнинг турига қараб композицион материаллар *дисперс-мустаҳкамлаштирилган, толали ва қатламли композитларга ажралади.*



Расм 1.2. Армировка тўлдиргичлар: а- ноль ўлчамли, б – бир ўлчамли; в- икки ўлчамли, l_1 , l_2 , l_3 - тўлдиргич ўлчамлари; L – матрица қалинлиги.



Top photograph— iStockphoto. Bottom diagram courtesy of Black Diamond Equipment, Ltd.)



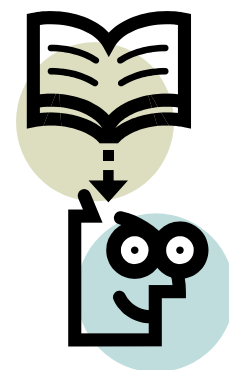
Расм 1.3. Тоғ чанғиси конструкциясида қўлланилган композитлар турлари. ⁵²

Тўлдиргичлар заррачаларини кўриниши бўйича толали ва дисперс турларига ажралади (порошоклар). Армировка тўлдиргичларнинг жойлашиши бўйича (расм 1.4-1.5) толали композицион материаллар 3 гуруҳга ажралади: бир ўқли, икки ўқли ва уч ўқли (фазовий) мустаҳкамлаштириш (армировка).

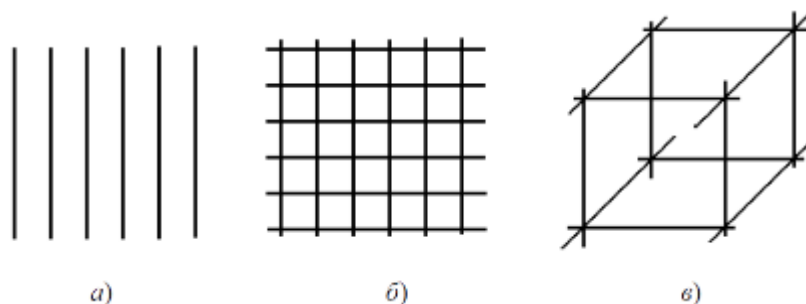
Бир ўқли мустаҳкамлаштиришда тўлдиргичнинг миқдори 1...5%ни, икки ўқли армировкада – 15...16%, уч ўқли армировкада –15%дан ортиқ бўлади. Қатламли композитларда тўлдиргич сифатида қоғоз, мато ёки асбестнинг текис листлари қўлланилиши мумкин.

Материал хоссаларининг комплексини кенгайтириш ёки баъзи хоссасини кучайтириш мақсадида композит таркибида бир вақтни ўзида турли шаклдаги тўлдиргичлар ҳам қўлланилиши мумкин (бир ва икки ўлчамли), баъзи вақтларда бир шаклдаги аммо ҳар хил ўлчамдаги тўлдиргичлар қўлланилади.

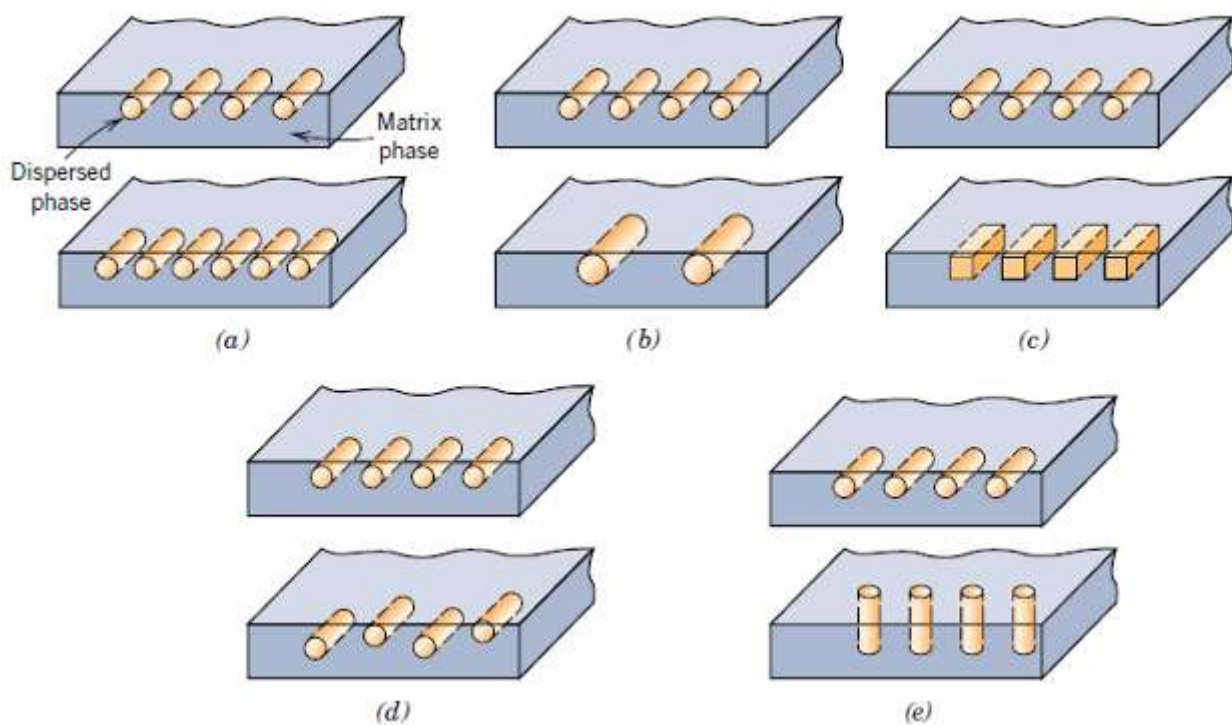
Икки ва ундан кўп турдаги мустаҳкамлаштириш тўлдиргичлари қўлланилган композицион материаллар полиармировка қилинган деб аталади.



⁵² William D.Callister, Jr., David G.Rethwisch. Materials Science And Engineering. An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010.- 626 p.



Расм 1.4. Армировка схемалари: а – бир ўқли; б – икки ўқли; в – уч ўқли.

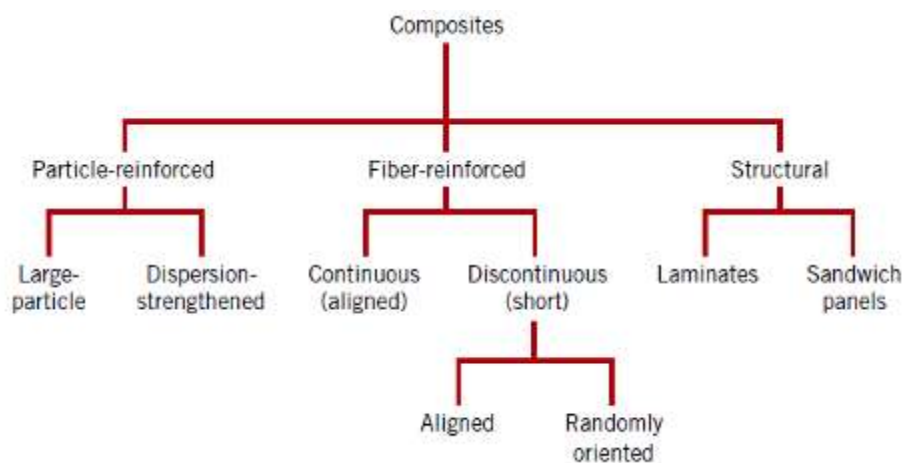


Расм 1.5. Композитлар хоссаларига таъсир этувчи дисперс фаза заррачаларининг турли хил геометрик ва фазовий кўрсаткичлари: а – концентрация, б - ўлчамлар, с - шакл, d- шакл, е – заррачалар йўналиши (ориентацияси).⁵³

Биз бу фан модулида қўйидаги композитлар турларини ва уларни ишлаб чиқариш технологияси ўрганиб чиқамиз:

1-диаграмма. Композитлар турлари.

⁵³ William D.Callister, Jr., David G.Rethwisch. Materials Science And Engineering. An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010.- 629 p.

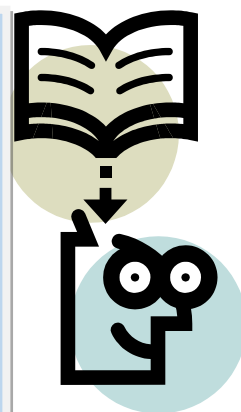


5.3. Матрицали ва дисперс фаза. Заррачалар, толалар ва структура даражасида мустаҳкамлаштириш.

Толали композицион материаллардан фаркли дисперс мустаҳкамлаштирилган композитларда матрица оғирлик ва мустаҳкамликни таъминловчи асосий элемент ҳисобланади. Дисперс заррачалар металлда дислокацияларнинг ҳаракатини секинлаштиради, оддий ва юқори ҳароратларда унинг мустаҳкамлигини оширади.

Дисперс-мустаҳкамлаштирилган композицион материалларнинг энг асосий афзаллиги – унинг хоссаларини изотроплигидир.

Дисперс заррачаларнинг улчамлари 0,01...0,1 мкм бўлганда улар материалнинг юқори мустаҳкамлигини таъминлайди. Заррачаларнинг миқдори уларнинг фазода жойланишига боғлиқ бўлиб, одатда хажм бўйича 5-10 %ни ташкил этади.



Мустаҳкамлаштириш компонентлари сифатида юқори ҳароратли ва қийин эрувчан фазалар– оксид, нитрид, борид, карбид (Al_2O_3 , SiO_2 , BN, SiC ва б.)лар қўлланилади. Дисперс-мустаҳкамлаштирилган композицион материаллар асосан порошок металлургия усуллари ёки суяқ металл таркибига қуйиш олдидан тўлдиргичлар қўшиш усуллари ёрдамида ишлаб чиқарилади.

Энг кўп тарқалган дисперс-мустаҳкамлаштирилган композицион материаллар алюминий ва никель асосида тайёрланади.

Алюминий асосида тайёрланган материаллар “пишган алюминий порошоги” (САП) деб аталади ва алюминий, ҳамда Al_2O_3 (18% гача) заррачаларидан иборат бўлади. САП материали (жадвал 1.1) юқори мустаҳкамликга эга бўлиб, оловбардошлиги, коррозион бардошлиги ва хоссаларнинг термик стабиллиги билан ажралиб туради. Алюминий оксиди миқдори ошиши билан материалнинг мустаҳкамлиги, қаттиқлиги, оловбардошлиги ошади ва пластиклиги камайиб боради.

САП иссиқ ҳолда яхши деформацияга мойил, совуқ ҳолда қийинроқ,

қирқиш билан онсон ишлов берилади, контакт ва аргон-дуга сваркаси билан яхши ишлов берилади. САПдан листлар, профиллар, штамп формалари, фольга ишлаб чиқарилади.САП дан поршень штоклари, компрессор лопаткалари, вентилятор ва турбиналарнинг парраклари, трансформатор обмоткалари тайёрланади.

Жадвал 1.1. САП композитларининг механик хоссалари.

| Материал | Микдори Al ₂ O ₃ , % | σ _B , МПа | σ _{0,2} , МПа | δ, % |
|----------|---|----------------------|------------------------|------|
| САП-1 | 6...8 | 300 | 220 | 7 |
| САП-2 | 9...12 | 350 | 280 | 5 |
| САП-3 | 13...17 | 400 | 320 | 3 |
| САП-4 | 18...22 | 450 | 370 | 1,5 |

Никель асосида тайёрланган композитларда матрица сифатида никель ва унинг хром билан қотишмалари қўлланилади (хромнинг микдори - 20%гача). Мустаҳкамлаштириш компонентлари: торий ва гафний оксидлари. Максимал мустаҳкамлаштириш гафний оксидининг микдори 3,5...4% бўлганда намоён бўлади: σ_B = 750...850 МПа, δ = 8...12%. Никель асосидаги материаллар юқори оловбардошлик, юқори ҳароратларда структура бузилишига қаршилиги билан ажралиб туради. Аммо материалларнинг қўлланилиши фақат бу соҳалар билан чекланиб қолмайди. Уларнинг қўлланилиши двигателларни кучланиши, энергетик ва транспорт ускуналарини кучланишини кескин ошириб беради ва ускуна-жиҳозларнинг оғирлигини камайтириш имконини беради.

Назорат саволлари:

1. Табиатда учрайдиган армировка қилинган композитларни, уларнинг структура ва хоссаларини келтиринг.
2. Voyager самолети мисолида композицион материалларнинг авиасозликда қўлланилиши ўрганиб чиқинг.
3. Одам тирноғи - толали композитдир. Унинг компонентлари, микроструктураси ва хоссаларини ўрганиб чиқинг.
4. Композицион материалларнинг фуқаро самолётларида қўлланилишини ўрганиб чиқинг, асосий эътиборни Boeing 787 ва Airbus A380га қаратинг.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012. - 7-67 p.
2. D.R. H. Jones, Michael F. Ashby. Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures and Processing. Fourth Edition. Elsevier, UK, 2012.- 289-305 p.
3. William D.Callister, Jr., David G.Rethwisch. Materials Science And Engineering. An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010.- 629-645 p.

6-мавзу: Шиша, органик, карбон, керамик тола, симлар. Матрица материаллари: полимерлар, металллар, керамика материаллари.

Режа:

6.1. Шиша, органик, карбон, керамик тола, симлар.

6.2. Матрица материаллари. Полимерлар, металллар, керамика материаллари.

Таянч иборалар: *композицион, матрица, интерфейс, мустаҳкамлаштириши (армировка), тўлдиргич, дисперс, қатламли, тола, ип, ровинг, мат, шиша, керамик тола, металл матрица, органик, графит, углерод тола, дисперс-мустаҳкамлаштирилган, толали композитлар, қатламли композитлар, композитлар, матрица, термопласт, терморектив полимер, эпоксид смола, фенол, полиэфир, винил эфир, алюминий, никель, қотишмалар, шишакерамика, кристаллизация катализатори, керамика.*

6.1. Шиша, органик, карбон, керамик тола, симлар.

Толали мустаҳкамлаштирилган композитлада тўлдиргичлар сифатида тоза элементлар ва юқори ҳароратли бирикмалар (В, С, Al_2O_3 , SiC ва б.) толалари ва ипсимон кристаллари қўлланилади, ҳамда металл ва қотишмалар симларидан (Мо, W, Ве, юқори мустаҳкам пўлатлар ва б.) фойдаланилади. Армировка учун диаметри бир неча микрондан юз микронгача диаметрли узлуксиз ва дискрет толалар қўлланилади.

Назарий ҳисобларга кўра, мустаҳкамлаштирувчи тола диаметри d қанчалик кичик бўлса, демак унинг узунлиги диаметрига кўра қанчалик катта бўлса, шунчалик материалда тартиблик даражаси юқори бўлади. Бу назарий ҳисоблар амалий жихатдан ҳам тасдиқланди.

Толали композицион материаллар мустаҳкамлиги асосан толанинг хоссаларига боғлиқ, матрица эса армировка элементлари орасида кучланишларни тарқатиш вазифасини бажаради.

Қаттиқ армировка толалари материалга тушган кучланишни ўзига олиб, композициянинг мустаҳкамлигини ва қаттиқлигини толалар йўналиши бўйича кучайтириб беради.

Матрица толаларга кучланишни тўлиқ ўтказиб бериш учун, армировка толаси-матрица орасида мустаҳкам боғланиш бўлиши шарт. Бу шартни бажариш учун матрица толани тўлиқ қоплаши керак: материалда матрицани миқдори 15-20%дан юқори бўлиши керак.

Материал тайёрланишида ва эксплуатация шароитида матрица ва тола орасида ўзаро таъсирланиш бўлиши керак эмас (ўзаро диффузия таъкикланади), чунки бундай диффузия мустаҳкамликни пасайишига олиб

келади. Матрица ва тола орасида фазалар адгезияси намоён бўлади. Матрица ва тўлдиргич чегарасидаги сирт таранглиги юқори бўлса, тола устига оралик қатлам ҳосил қилувчи махсус қоплама берилади.

Композицион материалда толалар ёриқлар тарқалиш тезлигини кескин камайтиради ва деярли бутунлай тўсатдан мўрт синишни бартараф этади. Бир ўқли композицион материалларда механик хусусиятларнинг тола йўналиши ва қарама-қарши йўналишлари бўйлаб анизотропияси намоён бўлади.

Толали тўлдиргичлар турлари ва хоссалари.

Металл мустаҳкамлаштириш тўлдиргичлари:

Пўлат сими (коррозион-бардош пўлат) – алюминийни армировка қилиш учун;

Mo, W, Ta симлари– оловбардош матрицаларни мустаҳкамлаштириш учун;

Бериллий сими – юқори солиштирма мустаҳкамлик ва паст зичликга эга; алюминий, магний, титанни армировка қилиш учун қўлланилади.

Толалар:

Бор толалари юқори мустаҳкамлик, қаттиқлик, юқори ҳароратда бузилишга чидамлилиги билан ажралиб туради; бор толалари 70...200 мкм диаметрига эга; улар металллик ва полимер матрицалани армировка қилиш учун қўлланилади; бор толалари вольфрам сими устига бор бирикмасини чўктириш усули билан олинади;

Углерод толалари – юқори мустаҳкамлик ва механик хоссаларни термик стабиллиги билан характерланади; улар инерт шароитда синтетик органик толаларни юқори ҳароратда ишлов бериш усули ёрдамида олинади (вискоза, полиакрилнитрит); дастлабки хом ашё турига қараб турли углерод толалар олиш мумкин: иплар, сим, мато, лента, войлок; алюминий ва магнийни армировка қилиш учун қўлланилади;

Керамик толалар - оксид, нитрид, карбидлар (кремний карбиди, алюминий оксиди) юқори қаттиқлик, мустаҳкамлик ва термик барқарорликга эга; алюминий ва магнийни армировка қилиш учун қўлланилади;

Ипсимон кристаллар - сапфир Al_2O_3 , кремний карбиди титанни армировка қилиш учун қўлланилади;

Шишатола - мустаҳкамлик, термик бардошлик, диэлектрик хоссалар, паст иссиқлик ўтказувчанликга эга; шиша массасини махсус фильералар орқали тортиш усули ёрдамида олинади; иссиқлик изоляция материаллар, конструкцион материаллар ишлаб чиқаришда қўлланилади.

Бир турдаги толалар билан армировка қилинган композицион материаллар толанинг номига қараб номланади.

Карбоволокнитлар – мустаҳкамлаштириш учун углерод толаси қўлланилади. Мустаҳкамликни 2200 °Сгача ва паст ҳароратларда ҳам сақлайди. Улар сув ва кимёвий бардош. Мустаҳкамлиги -1000 МПа гача.

Карбоволокнитлар пароход- ва автомобилсозликда (спорт машиналар кузовлари, шассиси, пропеллерлар); подшипник, иссиқлик панеллари, ЭВМ қисмлари тайёрлашда қўлланилади.

Шишаволокнитлар – шиша толаларни ўз ичида тутган, композит таркибида 80%гача бўлганда унинг мустаҳкамлиги 700МПа ни ташкил қилади, совуқга чидамли ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ гача) ва иссиқга чидамли ($400\text{ }^{\circ}\text{C}$ гача); юқори юклашда яхши ишлайди; улар арзон ва дефицит бўлмаган хисобланади. Камчилиги: модуль Юнга кичиклиги (модуль упругости).

Шишаволокнитлар юқори аниқликдаги арматурали деталларни олишда қўлланилади. **Шиша толаларнинг** ҳар хил турлари полимер матрицаларнинг мустаҳкамлаштиришда кенг қўлланилади.

Хозирги вақтда армировка компонентлар сифатида “Кенгайтирилган толалар (“Расширенные волокна” катта қизиқиш туғдирмоқда. Улар юқори мустаҳкамликга, юқори қаттиқликга ва кичик зичликга эга.

Кўпгина табиий толаларни юқори механик кучлашилларда эксплуатация қилинмайдиган композитларни тайёрлашда қўллаш мумкин (Чавла 1976; Чавла ва Бастос 1979). Уларнинг асосий афзаллиги – арзонлигидир. Табиий толалар- ўсимлик дунёсида кенг тарқалган: целлюлоза толалари – пахта, зиғир, жут, каноп, сизал ва рами толалари текстил саноатида кенг қўлланилади, ёғоч ва сомон эса қурилиш ва саноатда.

Арамид толалар - 1960-чи йилларда кашф этилган, улар шишатоалаларга қараганда қаттиқроқ ва енгилроқдир. Арамид толалари: Кевлар - Du Pont фирмасиники, Twaron - Teijin Aramid фирмасида ишлаб чиқарилади. Гел туқимачилик усулида юқори мустаҳкамликга эга полиэтилен толаси 1980-чи йилларда таклиф этилди.

Юқори эффе́ктивликга эга бўлган керамик толалар – ХХчи асрнинг охирида кашф этилди: бор, кремний карбиди, углерод ва алюминий оксиди асосида тайёрланган. Баъзи керамик толалар янги ишлаб чиқариш усуллари ёрдамида ишлаб чиқилди: бу золь-гель технологиялар ва назорат қилинадиган органик прекурсорлар пиролизи усуллари дир.

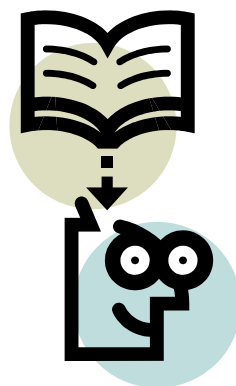
Толалар юқори эффе́ктив конструкцион материаллар сифатида қўлланилиши 3 асосий тамойилларга асосланади (Дрешер, 1969):

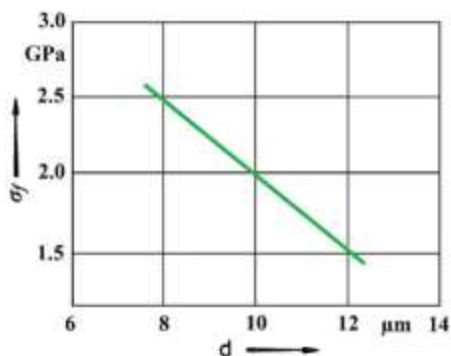
1. Заррача ёки бошка таркибий қисм ўлчамларига қараганда анча кичик диаметри. Бу ҳажм бирлигида анча юқори назарий мустаҳкамликни таъминлашга ёрдам беради. Бу эффе́кт – ўлчамлар эффе́кти деб аталади: қанчалик заррачалар ўлчамлари кичик бўлса, шунчалик материалда дефектлар ҳосил бўлиш эҳтимоли кичик бўлади.

2. Ўлчамларнинг ўзаро нисбати юқори кўрсаткичга эга (узунлик/диаметр, l/d), материалга берилган кучланишни қаттиқ ва мустаҳкам толага узатишга ёрдам беради.

3. Эгилувчанлиги юқори даражада, бу кичик Юнг модули ва кичик диаметр билан узлуксиз боғлиқ хусусиятдир. Бундай эгилувчик толали композитларни тайёрлаш учун турли хил усулларни қўллашга имконият беради.

Расм 1.6. да углерод толасининг унинг диаметри ошиши билан мустаҳкамлиги камайишини кўришимиз мумкин (Де Ламот и Перри, 1970).





Расм 1.6. Углерод толасининг мустаҳкамлиги (σ_f) унинг диаметри (d) ўсиши билан пасаяди.⁵⁴

Бороволокнитлар – мустаҳкамлаштирувчи компонент – бор толалари; матрица – эпоксид ва полиамид смолалар. Сиқилишга, эгилишга юқори мустаҳкамликга, кичик силжишга мойиллиги, юқори қаттиқлик ва эластикли модули, иссиқлик ва электр ўтказувчанликга эга. Бороволокнитлар радиация, сув, органик эриткичлар ва ёқилғи материаллар таъсирига бардошлиги билан ажралиб туради.

Бороволокнитлардан профиллар, панеллар, роторлар ва компрессорлар қисмлари, винтларнинг парраклари ва вертолётлар трансмиссия валлари тайёрланади. Жадвал № 1.2 да 8 турдаги керамик материал толаларини қаттиқлиги келтирилган.

Жадвал 1.2. 8 турдаги керамик материал толаларини қаттиқлиги⁵⁵.

Table 12.6 Vickers (and Knoop) Hardnesses for Eight Ceramic Materials

| Material | Vickers Hardness (GPa) | Knoop Hardness (GPa) | Comments |
|---|------------------------|----------------------|--|
| Diamond (carbon) | 130 | 103 | Single crystal, (100) face |
| Boron carbide (B_4C) | 44.2 | — | Polycrystalline, sintered |
| Aluminum oxide (Al_2O_3) | 26.5 | — | Polycrystalline, sintered, 99.7% pure |
| Silicon carbide (SiC) | 25.4 | 19.8 | Polycrystalline, reaction bonded, sintered |
| Tungsten carbide (WC) | 22.1 | — | Fused |
| Silicon nitride (Si_3N_4) | 16.0 | 17.2 | Polycrystalline, hot pressed |
| Zirconia (ZrO_2) (partially stabilized) | 11.7 | — | Polycrystalline, 9 mol% Y_2O_3 |
| Soda-lime glass | 6.1 | — | |

Оргаволокнитлар полимер боғловчи ва синтетик толаларни таркибида тутган композитлардир. Улар кичик оғирлиги, турли кучланишларга бардошлиги ва ҳароратни кескин ўзгаришига барқарорлиги билан фарқланадилар. Камчиликлари: сиқилишга мустаҳкамлиги кичиклиги, юқори силжиш хусусияти. Оргаволокнитлар агрессив муҳитларга ва иссиқ иқлим шароитларига бардошлиги билан характерланадилар, ҳамда юқори диэлектрик хоссаларга ва кичик иссиқлик ўтказувчаликга эга.

Оргаволокнитлар изоляцион ва конструкцион материал сифатида электр- ва радиосаноатда, автомобилшуносликда, авиасозликда қўлланилади. Оргаволокнитлардан трубалар, реактив сақлаш резервуарлари, пароход корпуслари қопламалари тайёрланади.

1.7-Расмда шиша толаларнинг анъанавий технологик тизими

⁵⁴ Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012.- 8 p.

⁵⁵ William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch. Materials Science And Engineering. An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010.- 491 p.

келтирилган (Е-шиша мисолида). Хом ашёлар бункерда эритилади, эритилган шиша электр ёрдамида қиздирилган платина втулка ёки тигелларга узатилади; ҳар бир втулкада 200тача тешиклари бор (фильера). Эритилган шиша ўз оғирлиги таъсирида ушбу тешиклардан ўтиб, узун узлуксиз тола ҳосил қилади, улар ип ҳолатида барабанга терилади. Толанинг диаметри втулка тешигининг диаметрига боғлиқ, массанинг қовушқоқлиги таркиб ва температура функциясидир.

Шиша толалар ва уларнинг хоссалари.

Хозирги вақтда турли кимёвий таркибларда шиша толалар чиқарилмоқда. Шиша толаларнинг кимёвий таркиби: кремний оксиди (~ 50-60% SiO₂), қолгани - кальций, бор, натрий, алюминий, темир оксидлари.

Жадвал 1.3 да баъзи кенг тарқалган шиша толалар кимёвий таркиби келтирилган.

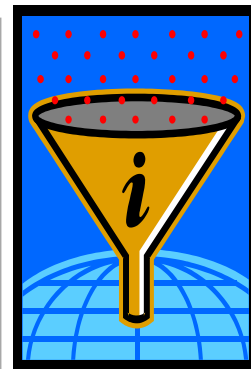
Жадвал 1.3. Кенг тарқалган шиша толаларни кимёвий таркиби.

| Composition | E glass | C glass | S glass |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| SiO ₂ | 55.2 | 65.0 | 65.0 |
| Al ₂ O ₃ | 8.0 | 4.0 | 25.0 |
| CaO | 18.7 | 14.0 | — |
| MgO | 4.6 | 3.0 | 10.0 |
| Na ₂ O | 0.3 | 8.5 | 0.3 |
| K ₂ O | 0.2 | — | — |
| B ₂ O ₃ | 7.3 | 5.0 | — |

“E –glass” (Е-шиша) - деб электр толалар белгиланади, Е-шиша яхши электр изолятор, бундан ташқари яхши механик ва эластиклик модулига эга;

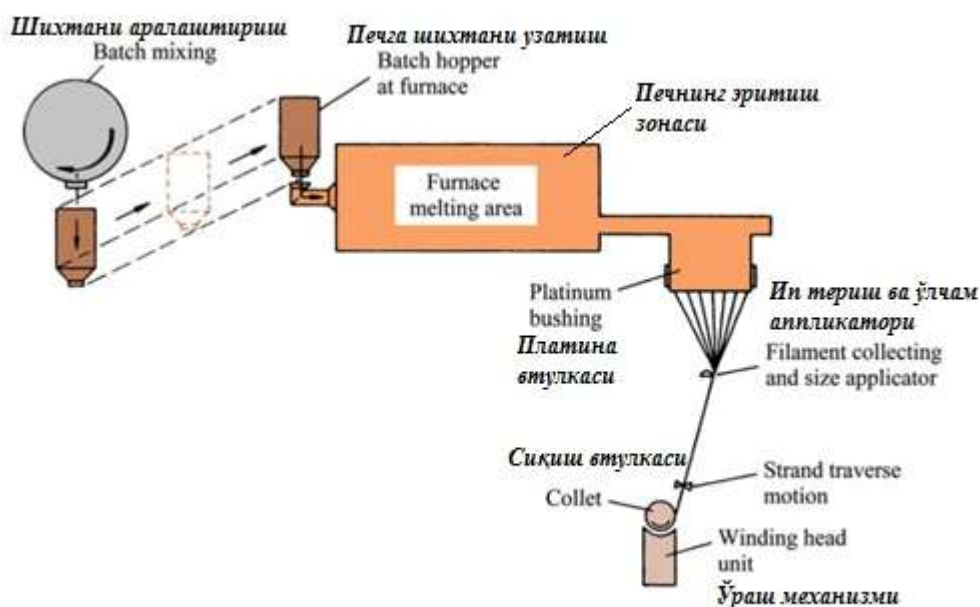
“C –glass” (С-шиша) – деб коррозия турдаги толалар белгиланади, С-шиша бошқа шиша турларига қараганда юқори кимёвий коррозияга бардошлиги билан тавсифланади;

“S –glass” (S-шиша) – энг юқори термик ва оловбардошликга эга шишалардир.



Шиша толаларнинг асосий қисми Е-шишадан тайёрланади, аммо ишлаб чиқарилган Е-шишанинг жуда кам қисми электр соҳаси бўйича қўлланилади.⁵⁶

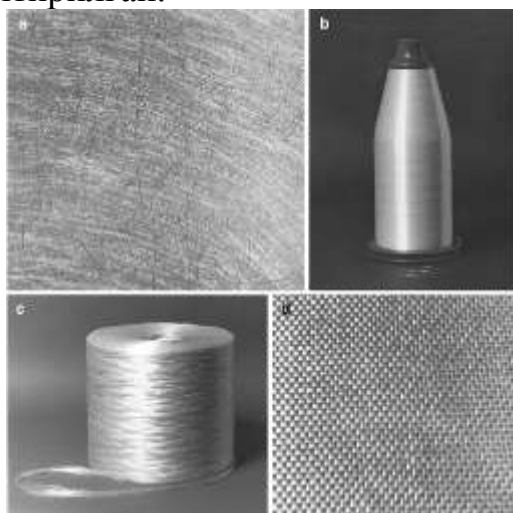
⁵⁶ Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012.- 12 p.



1.7.-Расм. Е-шиша толасининг анъанавий ишлаб чиқариш технологик тизими.⁵⁷

Илгари заводларда шиша толаси тўғри эритмадан эмас, балки биринчи босқичда шиша бўлаклари (глиба) ишлаб чиқарилар эди. Шиша бўлаклари эритилиб, ундан тола чўзилар эди. Замонавий ишлаб чиқаришларда шиша толаси эритилган шиша массасидан тўғридан - тўғри ишлаб чиқарилмоқда.

Шиша толаларнинг ишлаб чиқаришдаги турлари 1.8-расмда келтирилган.



Расм 1.8. Ишлаб чиқариладиган шиша толалар турлари: а – қичқа тола, b – узлуксиз шишатола, с- ровинг, d – шиша мат.⁵⁸

Е-шишаларнинг асосий механик хусусиятлари: кичик зичлик, юқори мустаҳкамлик, Юнг модули – ўрта кўрсаткичларга эга. Шиша толалар полиэфир, эпоксид, фенол смолалар билан биргаликда армировка компоненти сифатида қўлланилади. Шишатола анча арзон ва турли кўринишда ишлаб чиқарилади (расм 1.8): узлуксиз ип алохида толалардан

⁵⁷ Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012.- 13 p.

⁵⁸ Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012.- 13 p.

иборат; ровинг эса параллел иплардан ташкил топган; қисқа тола – ипдан ёки 5-50 ммли қисқа ровничадан иборат, бундан ташқари шишатола тўқима мато ёки тўқилмаган матлар кўринида ҳам ишлаб чиқарилади.

Намлик шишатоласининг мустаҳкамлигини пасайтиради. Бундан ташқари шиша тола вақт давомида чарчашга учрайди: узоқ вақт давомида доимий кучланиш таъсир этган ҳолатда шиша тола таркибида ёриқлар тез ўсиши намоён этиши мумкин. Шунинг учун вақт ўтиш билан шиша толанинг механик хоссалари кескин пасайиб боради, ammo қисқа вақт давомида мустаҳкамлиги яхши ҳисобланади.



Шишатола билан армировка қилинган смолалар қурилишда ва саноатда кенг қўлланилади. Улар **шишапластик ёки GRP** деб номланади: бошқа конструкцион материаллар қопламалари сифатида, ёки юк ташимайдиган девор панеллари, структураларнинг таркибий қисмлари, дераза рамалари, цистерналар, труба ва трубопроводлар сифатида кенг қўлланилади. 1960-чи йиллардан бошлаб лодкалар корпуслари шишапластикдан ишлаб чиқарилди. Кимё саноатида ҳам шишапластиклар кенг қўлланилади – резервуарлар, трубопровод ёки технологик танклар сифатида. Бундан ташқари **шишапластиклар (GRP)** темир йўллари, автомобил транспорти, аэрокосмик саноатида ўз ўрнини топган.

Углерод толалар ва уларнинг қўлланилиши.

Углерод – енгил, кичик зичликга эга элементдир. Унинг зичлиги 2,268 г/см³. Углерод турли кристалл формаларда учрайди. Катта қизиқиш графит структурасига қаратилмоқда, графитда углерод атомлари гексагонал қатламлар кўринишида жойлашган. Олмос ҳам ўз ўрнида муҳимдир: углерод атомлари уч ўлчамли конфигурация шаклида жойлашган бўлиб, жуда кичик структура эгилувчанлигига эга. Янги углерод кўринишларида бири – фуллеренлар, молекуляр таркиби C₆₀ ёки C₇₀; нанотрубкалар – чузик фуллеренлардир.

Графит шаклидаги углерод анизотроп хусусиятларга эга: қатлам орасида Юнг модулининг назарий қиймати 1000 ГПа, С ўқи атрофида эса модуль 35 ГПа га тенг. Графит структураси зич упаковка қилинган (1.9.-расм). Углерод толани ишлаб чиқаришда асосий мақсад – тола гексагонал текисликлар йўналишида жойлашган бўлиши керак. Юқори Юнг модулли углерод толалари ишлаб чиқариш учун бирламчи органик толаларнинг биринчи босқичида карбонизация қилинади, кейинги босқичда эса графитизация жараёнилари ёрдамида ишлаб чиқарилади. Бирламчи органик тола – бу карбонизация жараёнида эримайдиган махсус текстил полимер толадир. Бу органик тола узун занжирли молекулалардан иборат топган (0,1-1 мм- чўзик ҳолатдаги узунлиги). Бу толалар асосан паст механик хоссаларга эгадир. Органик толалар сифатида полиакрилонитрил (ПАН) кенг қўлланилади.

Ундан ташқари сунъий ипак ва смола, поливинил спирти, полиимидлар ва феноллар асосида олинган толалар ҳам карбонизация қилиниши мумкин.

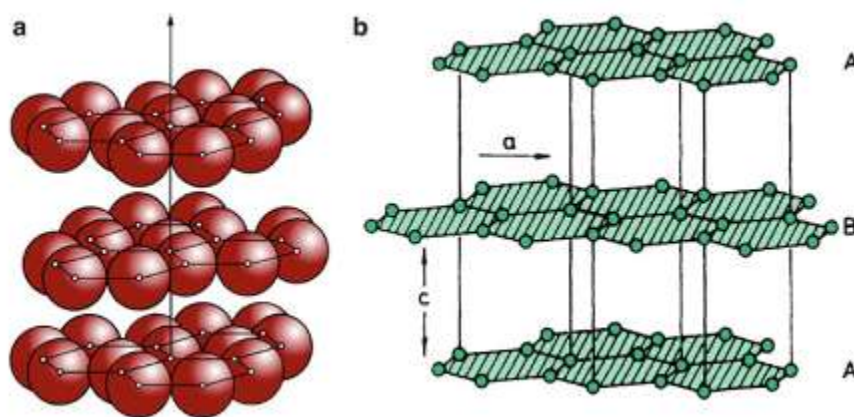
Углерод толанинг асосий ишлаб чиқариш босқичлари қўйидагича:

1. Тола ҳосил қилиш босқичи. Ҳўл ёки қуруқ усулда бирламчи органик толадан, масалан ПАНдан тола тортилади, ёки эритмасидан тортиш усули ёрдамида.

2. Стабилизация босқичи. Кейинги юқори ҳароратли босқичларда толани эришдан сақлаш учун ўтказилади.

3. Термик ишлов бериш - карбонизация, нокарбонат элементлардан холи қилиш учун

4. Опционал термик ишлов бериш босқичи - графитизация, бу жараён углерод толасини хоссаларини яхшилашга имконият беради.



Расм 1.9. Графит структураси.

А - Графит атомларининг жойлашиши; б - графитнинг гексагонал кристаллик структураси.⁵⁹

Углерод толаси ишлаб чиқаришнинг асосий босқичлари қўйидагича:

1. Тола ҳосил қилиш босқичи. Ҳўл ёки қуруқ усулда бирламчи органик толадан, масалан ПАНдан тола тортилади, ёки эритмасидан тортиш усули ёрдамида.

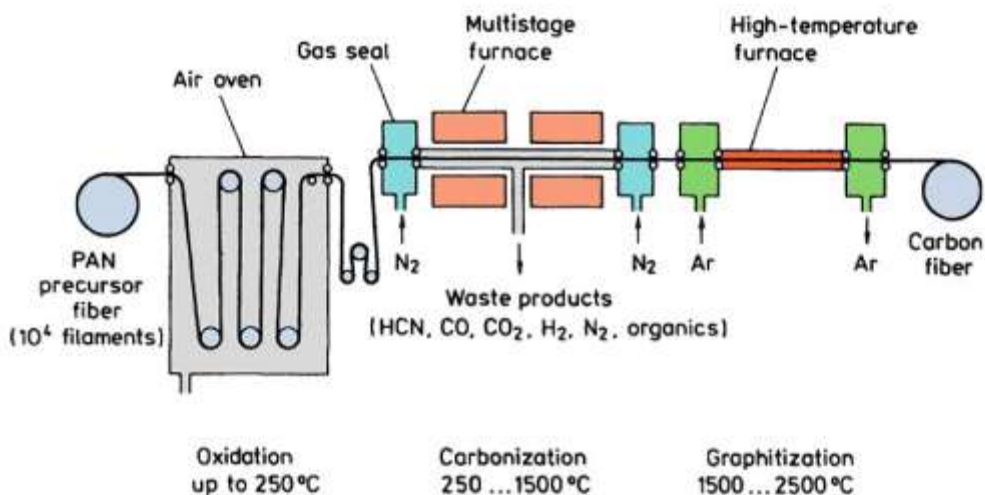
2. Стабилизация босқичи. Кейинги юқори ҳароратли босқичларда толани эришдан сақлаш учун ўтказилади.

3. Термик ишлов бериш - карбонизация, нокарбонат элементлардан холи қилиш учун

4. Опционал термик ишлов бериш босқичи - графитизация, бу жараён углерод толасини хоссаларини яхшилашга имконият беради.

1.10.-расмда полиакрилонитрил (ПАН)дан углерод толасини ишлаб чиқариш соддалаштирилган технологик тизими келтирилган.

⁵⁹ Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012.- 25 p.



Расм 1.10. Полиакрилонитрил (ПАН)дан углерод толасини ишлаб чиқаришнинг соддалаштирилган технологик тизими.⁶⁰

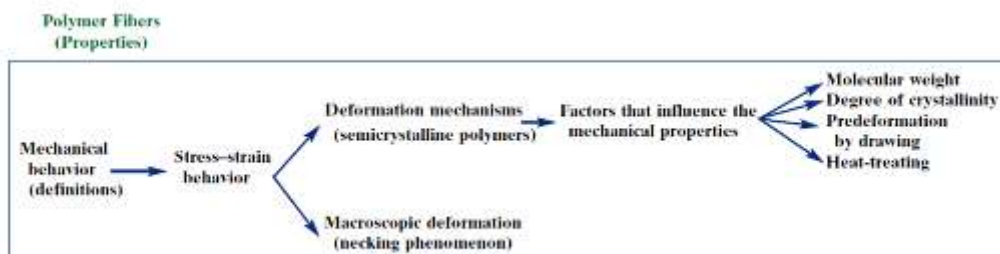
Углерод толалар техникада кенг қўлланилади: аэрокосмик саноатда, спорт маҳсулотларини ишлаб чиқаришда. SHATTLE (АҚШ) ракета-ташувчининг эшиги ва корпуси углерод толали/эпоксид смола композитидан тайёрланган. Замонавий самолётлар, масалан Boeing 787 (Dreamliner) фюзеляжи ва қанотлари углерод толаси / эпоксид композитлардан тайёрланиб келмоқда. Уларнинг нархи доимий равишда пасайиб бормоқда, шунинг учун қўлланилиш соҳалари ҳам кенгайиб бормоқда. Углерод толали композитлар технологик жиҳозлар - турбина, компрессор, шамол тегирмонлари қанотлари, маховиклар тайёрлашда; медицинада эса – жиҳозлар ва имплантатлар (тизза суставлари) тайёрлашда қўлланилмоқда.

Органик толалари ва уларнинг қўлланилиши.

Органик тоаллар, масалан арамидные ва полиэтилен юқори мустаҳкамликга ва эластикли модулига эгадир.

Полиэтилен тола (гель-иплар, сорт СВМПЭ) таркибида 90-95% кристаллик фаза тутуган бўлиб, унинг зичлиги 0,97 г / см³.

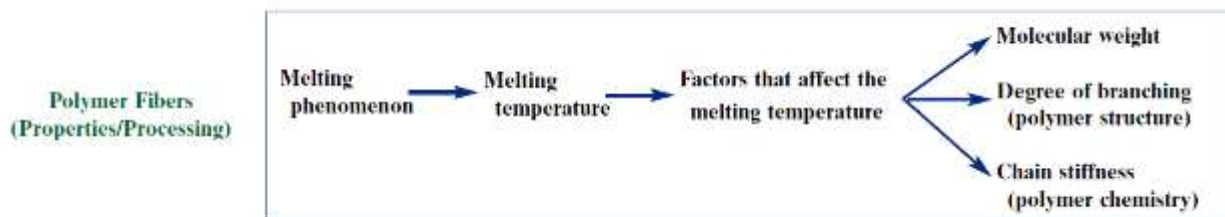
Полимер толаларнинг механик хоссалари схемада келтирилган:



Полимер толанинг ишлаб чиқариш технологияси ва ишлатилиш имкониятлари уларнинг эриш ҳароратига боғлиқдир, бу боғлиқликни

⁶⁰ Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012.- 27 p.

кўйидаги схемадан кўришимиз мумкин⁶¹:



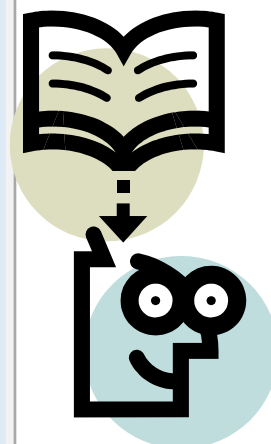
Арамид толаси ўта енгил бўлиб, юқори қаттиқлик ва чўзилишга мустаҳкамликга эга. Энг машҳур сортлари: **Кевлар -49 ва 29**. Кевлар -29 сортининг эластиклик модули икки баробар пастроқ, аммо бузилиш деформацияси коэффиценти кевлар-49га қараганда икки баробар каттароқдир. Шунинг учун Кевлар-29 кўролга қарши ҳимоялаш жилетларни тайёрлашда қўлланилади. Аммо арамид толаси бошқа органик толалар каби сиқилишга мустаҳкамлиги паст (эгилишга мустаҳкамлигини 1/9 қисмини ташкил этади), бу толанинг анизотроплиги билан боғлиқдир. Бу хусусиятларга кўра арамид толалари сиқилиш билан боғлиқ ҳолларда қўлланилмайди.

Кевлар- арамид толасининг қўлланилиш соҳалари:

1. **Кевлар**- шиналардаги резинани армировка қилиш (ремень, енгил ва оғир автомобилларнинг радиал шиналари), умуман резинатехника маҳсулотлар ишлаб чиқаришда.

2. **Кевлар-29**. Канатлар, кабеллар, қопламали матолар, архитектура матолари ва баллистик химоя матолари ишлаб чиқаришда. Кевлар-29 дан тайёрланган жилетлар кўп мамлакатларнинг ҳуқуқни муҳофаза қилиш органлари ходимлари томонидан ишлатилади.

3. **Кевлар-49** - эпоксид, полиэфир ва бошқа смолаларни армировка қилиш учун, аэрокосмик, денгиз, автомобил ва спорт маҳсулотларини ишлаб чиқаришда қўлланилади.



Расм 1.11. Кевлар-29 арамид толаси асосидаги композицион маҳсулотлар.⁶²

⁶¹ William D.Callister, Jr., David G.Rethwisch. Materials Science And Engineering. An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010.- 619 p.

⁶² William D.Callister, Jr., David G.Rethwisch. Materials Science And Engineering. An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010.- 649-650 p.

Арамид толаси яхши антивибрацион хусусиятларга эга. Бошқа полимер толалар каби, арамид толалари ультрабинафша нурлага чидамлиги паст. Ультрабинафша нурлари таъсирида арамид толалар сариқ ва жигар рангига ўтади, ўз механик хоссаларини йўқотади. Шунинг учун Кевлар-толалар люминесцент лампалар ёки дераза ойналардан 0,3 м узоқроқда сақланиши ва қўлланилиши керак.

Керамик толалар ва уларнинг қўлланилиши.

Керамик толалар юқори мустаҳкамлик, эластиклик модулига эга, ҳамда улар юқори ҳароратлар ва агрессив муҳитларга бардошлиги билан ажралиб туради. Шунинг учун керамик толалар юқори ҳароратли конструкцион материаллар ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади.

Керамик толалар ишлаб чиқаришнинг 3 асосий усули мавжуд: бугдан кимёвий чўкма ҳосил қилиш; полимерлар пиролизи ва золь-гель усули.

Золь-гель методлар кремний оксиди ва алюминий оксиди асосида оксидли толалар ишлаб чиқариш учун қўлланилади. Полимерлар пиролизи ҳам янги усуллардан биридир: кремний, углерод ёки азот тутган полимерлар (кремний органик бирикмалар) керамик юқори ҳароратли толаларга айлантирилиши мумкин. Бу усул 1.7.-расмда келтирилган углерод толалар ишлаб чиқаришга ўхшаш бўлиб, пиролиз натижасида SiC, Si₃N₄, B₄C, ва BN таркибли керамик тола, кўпик ёки қопламалар ҳосил қилиш мумкин.

6.2. Матрица материаллари. Полимерлар, металлар, керамика материаллари.

Композит материалнинг компонентлари геометрик кўриниши бўйича фарқланади. **Матрица** деб бутун ҳажм бўйича узлуксиз жойлашган компонент аталади. Композицион материалда матрицалар сифатида металлар ва уларнинг қотишмалари, органик ва ноорганик полимерлар, керамик материаллар қўлланилади.

Материалнинг хоссалари компонентларнинг физик-кимёвий хоссаларига ва улар орасидаги боғларнинг мустаҳкамлигига боғлиқдир. Композицион материал компонентлар ҳар хил хоссаларга эга бўлиши керак. Армировка (мустаҳкамлаштириш) компонентлари юқорида таъкидланганидек юқори каттик ва мустаҳкамликни таъминлайдилар.

Армировка компонентларини ва матрицани асосида тайёрланган композиция нафақат дастлабки компонентлар хоссаларини ўзида мужассамлаштиради, балки янги, бошланғич компонентларга хос бўлмаган

Конструкцион композитларда армировка компонентлари асосан керакли механик хусусиятларни (мустаҳкамлик, термик бардошлик, қаттиқлик ва б.) таъминлайди, **матрица** эса армировка элементларини бирга ишлашини, уларнинг механик бузилишдан ва агрессив кимёвий муҳитлардан ҳимоялаш вазифасини бажаради.



хусусиятларни ҳам намоён қилиши шарт. Масалан, армировка компонентлари ва матрица орасида ажралиш чегараси мавжуд бўлса, бу материалнинг ёриқларга чидамлигини оширади.

Матрица материали турига қараб композитларни қўйидагича классификация қилиш мумкин:

- *полимер матрицали композитлар*
- *керамик матрицали композитлар*
- *металл матрицали композитлар*
- *оксид-оксид композитлар*

Композицион материалларда матрица материалнинг бир жинслигини, монокристаллликни таъминлайди, буюмнинг шаклини ва армировка компонентларнинг ўзаро жойлашишини сақлайди, таъсир этаётган кучланишларни материал ҳажми бўйича тақсимлайди, толаларга бир хил кучланишни тақсимлашга ҳаракат қилади. Бундан ташқари матрица армировка компонентлари механик ва кимёвий таъсирлардан ҳам ҳимоялайди.

Полимерлар.

Полимерлар керамика ва металлларга нисбатан мураккаб структурага эгадир, аммо полимерлар арзон ва уларга осонлик билан ишлов бериш мумкин. Хоссаларига келсак, полимерлар мустаҳкамлик ва эластиклик модули кўрсаткичлари паст, эксплуатация ҳароратлари юқори бўлмаган материаллардир. Ультрабинафша, ёруғлик нурлари ва баъзи эриткичларни узок вақтда таъсири полимерларнинг деградациясига ва хоссаларини кескин пасайишига олиб келади. Ковалент боғлар асосида ташкил этилганлиги муносабати билан полимерлар асосан иссиқликни ва электрни ёмон ўтказадилар. Аммо кимёвий моддалар таъсирига металллардан кўра чидамлироқдир.

Металл матрицалар.

Металллар универсал конструкцион материаллардир. Металллар ўзининг мустаҳкамлиги ва қаттиқлиги билан ажралиб туради. Металллар пластик деформация қилиниши ва уларнинг хоссалари турли усуллар билан кучайтирилиши мумкин, бу асосан дислокациялар деб аталадиган чизикли дефектларнинг ҳаракати билан боғлиқ бўлади. Ҳамма металллар (металл шишалардан ташқари) кристалл тузилишга эга. Асосан металллар 3 та кристалл сингонияларда кристалланади:

- ёнлари марказлашган кубик (ГЦК)
- ҳажми –марказлашган кубик (ОЦК)
- олтибурчакли зич упаковка қилинган (НСР)

Металл матрицали композитларнинг (ММК) 3 тури мавжуд:

- **Дисперс-мустаҳкамлаштирилган ММК**
- **қисқа тола ва мўйловлар билан армировка қилинган ММК**
- **узлуксиз тола ва листлар илан армировка қилинган ММК.**



Керамик матрицалар

Керамик материаллар қаттиқ ва мўрт бўлади. Керамик материаллар мўртлигидан ташқари, баъзи хоссалари турлича бўлиши мумкин. Реактив двигателларда қўлланиладиган металл- суперқотишмалар 800 °С ҳароратигача яхши хусусиятларга эга, аммо 1100 °Сда металл қопламаси оксидланиши бошланади. Ундан юқори ҳароратларда эса бошқа турдаги конструкцион материаллардан фойдаланиш керак бўлади. Шу ерда керамик материаллар керакли хоссаларни намоён қилиши мумкин.

Керамика материалларнинг асосий камчилиги – уларнинг мўртлиги, шунинг учун уларни мустаҳкамлаштириш зарур бўлади.

Шишакерамик материаллар – керамик материалларнинг махсус гуруҳини ташкил қилади. Улар композицион материал каби ҳажм бўйича 95-98 фоизи кристалл фазадан, қолган қисми эса шиша фазадан иборат бўлади. Кристалл фаза ўта нозик (заррачалар диаметри 100 нмдан кичик) структурага эга. Бундай кичик кристалларни ўстириш учун шиша массаси таркибига катализатор (одатда TiO_2 ва ZrO_2) қўшилади ва олинган шиша йўналтирилган кристаллизацияга учрайди.

Энг муҳим шишакерамик материаллар:

1. $Li_2O-Al_2O_3-SiO_2$ системасида: кичик термик кенгайиш коэффициентига ва демак юқори термик бардошликга эга. Бу турдаги материаллар «Corning ware» савдо белгиси билан ишлаб чиқарилади.

2. $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ системаси: юқори электрик бардошликга ва юқори механик мустаҳкамликга эга.

Керамик матрицали материаллар турли кукун методлар билан ишлов берилиши мумкин (анъанавий поликристалл керамика олиш усуллари), ҳамда махсус замонавий керамик матрицаларнинг синтез усуллар ёрдамида олиниши мумкин.

Назорат саволлари:

5. Композитнинг керамик матричасига ишлов бериш натижасида материалнинг мустаҳкамлиги пасаяди. Сабабини тушунтириб беринг.
6. Керамик матрицали композитлар олишда золь-гель ва полимер пиролиз усуллари қўлланилиши мумкин-ми? Бу усуллар қандай композитлар олишда қулай хисобланади?
7. Деярли нолга тенг бўлган иссиқликдан кенгайиш коэффициентига эга бўлган углерод тола билан мустаҳкамлаштирилган шишакерамик композит олиш мумкин ми? Сабабини тушунтириб беринг.
8. Нима учун керамик матрицали композитларни ишлаб чиқаришда кўра иссиқлик хоссаларга катта эътибор беришимиз керак (металл матрицали композитлар билан солиштиринг)?

Фойдаланилган адабиётлар:

4. Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012. - 7-67 p.
5. D.R. H. Jones, Michael F. Ashby. Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures and Processing. Fourth Edition. Elsevier, UK, 2012.- 289-305 p.
6. William D.Callister, Jr., David G.Rethwisch. Materials Science And Engineering. An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010.- 629-645 p.
7. Тялина Л.Н., Минаев А.М., Пручкин В.А. Новые композиционные материалы. Тамбов: ГОУ ВПО ТГТУ, 2011.-5-35 с.
8. Шевченко А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов. – М. : Профессия, 2010. – 120-150 с.

7-мавзу: Углерод-углеродли композитлар. Композитлар билан дизайн. Ноанъанавий композитлар. Наноккомпозитлар. Биокомпозитлар.

Режа:

- 7.1.Керамик матрицали композитларни олиш усуллари.
- 7.2. Углерод-углеродли композитлар.
- 7.3. Композитлар билан дизайн.
- 7.5.Ноанъанавий композитлар.
- 7.6.Наноккомпозитлар. Биокомпозитлар, биокерамика.
- 7.7. Гибрид композитлар.

Таянч иборалар: керамика, композит, совуқ пресслаш, иссиқ пресслаш, кремний органик бирикма, керамик тола, прекурсор, керамизация, графитизация, техник керамика, нано-тупроқ, наноккомпозит, биокомпозит, гибрид системалар, дизайн, углерод, графит.

7.1.Керамик матрицали композитларни олиш усуллари.

Керамик матрицали композитларни олиш усуллари керамик кукунлар асосида материаллар ишлаб чиқариш технологиясига асосланиб (совуқ ва иссиқ пресслаш, изостатик пресслаш) тайёрланиши, ёки замонавий наъанавий усуллар ёрдамида ҳам олиниши мумкин.

Совуқ пресслаш ва куйдириш.

Матрица ва толаларнинг совуқ пресслаш ва уни куйдириш – керамик материаллар ишлаб чиқаришда кенг қўлланиладиган усулдир. Аммо бундай усулда пишириш давомида **матрица қисқаради** (усадка) ва материал **ичида ёриқлар пайдо бўлади**. Композитларда яна бир муаммо - узун толалар матрица материалида тўрлар ҳосил қилиб, матрицада текис тақсимланмаслиги мумкин. **Бундан ташқари керамик матрица ва армировка компонентининг термик кенгайиш коэффициентлари ҳам катта эътиборга эга**. Уларнинг орасидаги фарқ жуда катта бўлган ҳолларда композит материал совутилиши/қиздирилиши вақтида компонентлар ҳар хил тезликда кенгайди ва материал бузилиши намоён бўлади (Bordia ва Raj 1988; De Йонге ва б. 1986; Сакс ва б.,1987; Rahaman ва Де Йонге 1987; Prewo 1986).



Иссиқ пресслаш

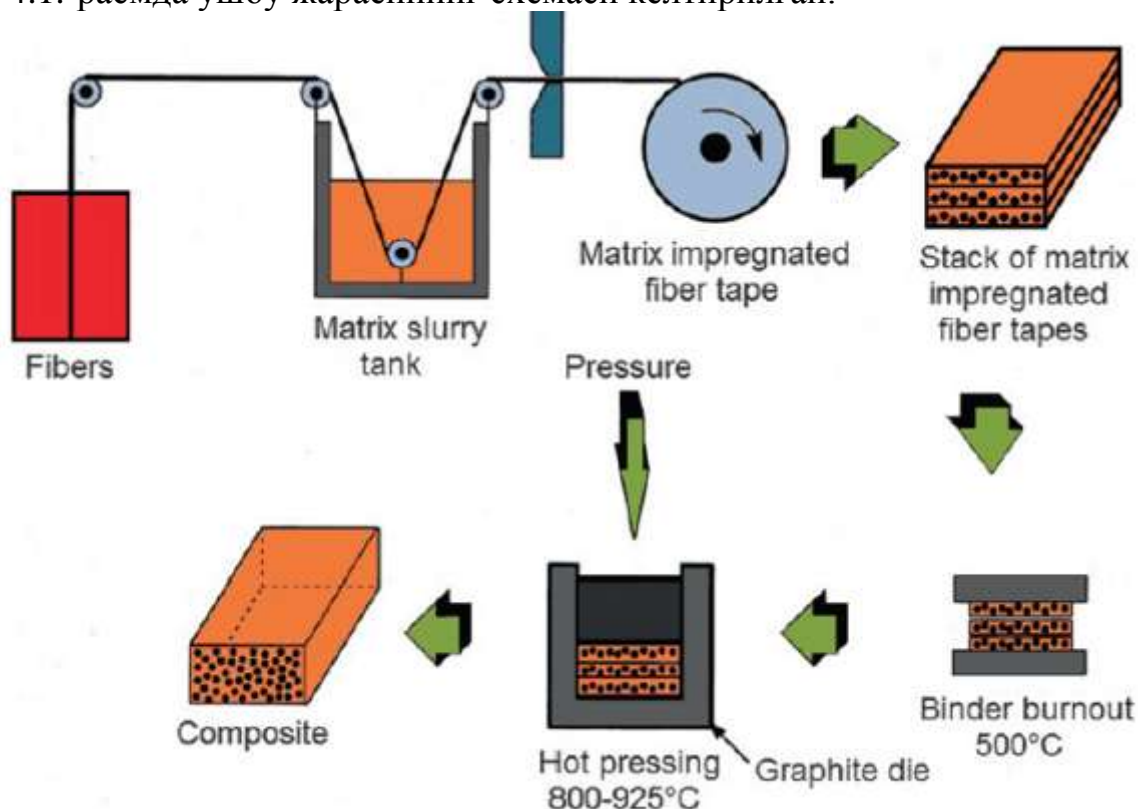
Керамик матрицали композитлар ишлаб чиқаришда иссиқ пресслаш кенг қўлланиди. Бунда бир вақтда юқори ҳарорат ва босимни таъсир этиш зич

структурали, ғоваксий ва майда заррачали материал олишга имконият беради.

Масалан, суспензия усулида узлуксиз шиша тола билан армировка қилинган шиша композитлар (Sambell ва б. 1974; Филлипс 1983; Cornie 1986 и др.; Prewo ва Бреннан 1980; Бреннан ва Prewo 1982; Чавла ва б. 1993а, б) олиш мумкин.

Суспензия жараёнида керамик матрицали композит олиш усули кўйидаги тартибда бажарилади:

1. Матрицага армировка фазасини жойлаштириш.
 2. Иссиқ пресслаш натижасида матрицани қотириш.
- 4.1.-расмда ушбу жараённинг схемаси келтирилган.



Расм 4.1. Керамик матрицали композитни суспензия билан ҳўллаш ва иссиқ пресслаш усулининг технологик схемаси⁶³.

Биринчи босқичда толани текислаштириш жараёни ҳам намоён бўлади. Суспензия таркибида матрица кукуни, эритгич (сув ёки спирт) ва органик боғловчи бўлади. Органик боғловчи қотишдан аввал куйиб кетади. Баъзи вақтларда толани яхши ҳўлланишини таъминлаш мақсадида махсус агентлар ҳам кўшилади. Ҳўлланган толалар ва жгутлар барабанга тортилади ва қуритилади. Ундан кейин ярим маҳсулот (препреглар) қирқилади ва графит формасида жойлаштирилади. Унга юқори босим ва ҳарорат таъсир этирилади. Натижада йўналтирилган структурага эга бўлган композит ҳосил бўлади.

⁶³ Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012.- 251p.

Керамик материалларнинг толалар билан мустаҳкамлаштириш юқори мустаҳкамликга эга бўлган композитларни олишга имконият беради, аммо қўлланиладиган мустаҳкамлаштирувчи толалар кўп эмас. Кўпинча металл толалари қўлланилади. Бунда матрицани ва мустаҳкамлаштирувчи компонентни термик кенгайиш коэффициентини эътиборга олиш зарур бўлади.

Металл заррачалар билан мустаҳкамлаштирилган керамика – **керметлар** деб аталади. **Керметлар – юқори механик мустаҳкамлик, иссиқлик зарбга бардошлиги, юқори иссиқлик ўтказувчанликга эга.** Юқори ҳароратли керметлар асосида газ турбиналар деталлари, электр печлар арматураси, ракета ва реактив техника деталлари тайёрланади. Қаттиқ ишқаланишга чидамли керметлар эса қирқиш инструментлари ва деталлари тайёрлашда кенг қўлланилади. Бундан ташқари керметлар махсус соҳаларда ҳам ўз жойини топган – уран оксиди асосидаги атом реакторларининг иссиқлик чиқариш элементларни тайёрлашда ва хоказо.



Керамик композицион материаллар иссиқ пресслаш усули (шакллаш ва босим остида пишириш жараёнлари), шликер куйиш усули (толалар матрица материали суспензияси билан ҳўлланилади, қуритилгандан сўнг, термик ишлов бериледи).

Реакцион куйдириш жараёнлари.

Монолит керамик материаллар ишлаб чиқаришда қўлланиладиган реакцион куйдириш жараёнлари композицион материаллар ишлаб чиқаришда ҳам фойдаланилади. Бу жараён қўйидаги афзалликларга эга:

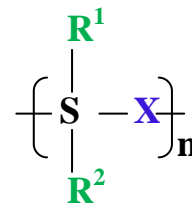
- матрица қисқаришини (усадка) олдини олиш;
- армировка толаларни катта ҳажмда қўллаш мумкин;
- тартибсиз йўналтирилган, узлуксиз толаларни қўллаш мумкин;
- системаларни бир бирига бирикиш реакция ҳарорати куйдириш ҳароратида пастроқ бўлади, бу толаларни деградациядан сақлайди.

Материалнинг ғоваклиги юқори кўрсаткичларга эгаллиги **реакцион куйдириш жараёнларини энг катта камчилигидир.**

Иссиқ пресслаш ва реакцион куйдириш жараёнлари биргаликда ҳам қўлланилиши мумкин – гибрид жараён (Бхатт, Бхатт, 1986, 1990). Кремний матоси кремний кукуни, полимер боғловчи ва органик эритгич асосида тайёрланади. Тайёрланган масса керакли қалинликда мато олиш қилиш учун прессланади. Матлар керакли тартибда жойлаштирилади ва боғловчини олиб ташлаш учун термик ишлов бериледи (debinderized-боғловчини олиб ташлаш жараёни) ва азот атмосферасида (ёки вакуумда) прессланади. Температура ва босим заготовкага кейинги ишлов бериш учун тақсимланади. Бу босқиди кремний матрицаси кремний нитридига айланади (1100-1400 ° Сда азотли печда олиб бориледи). Кремний нитриди асосидаги матрица 30% гача ғовакликга эга бўлади.

Кремний-органик бирикмалар асосида замонавий техника керамикаси ишлаб чиқариш усуллари.

Кремний органик бирикмалар (силиконлар) ушбу кимёвий формулага эга: $[R_nSiX_{(2-0.5n)}]_m$, бу ерда R=H, CH₃, винил, фенил ва б. группалар; X = O, N, C, Si ва/ёки B :



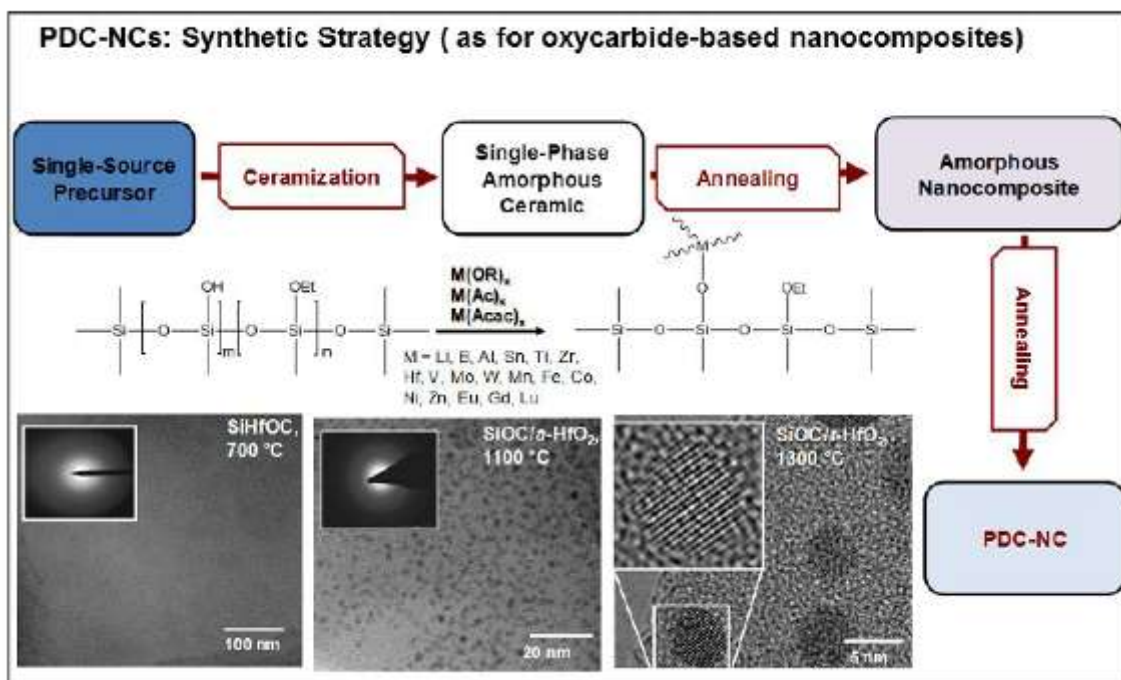
Кремний органик бирикмалар асосида наноструктурали керамик матрицали композитларни олиш кўйидаги босқичлардан иборат (Расм 4.2.):

1) **Прекурсор тайёрлаш.** Силикон танлаш ва уни эритгичда эритиш, наноструктурали кўшимчалар кўшиш: металл оксидлари ва б. Эритгич сифатида этиленгликоль, ацетон ва б. қўлланилади. Аралаштириш: механик аралаштиргич, ультратовуш ваннаси.

2) **Керамизация.** 300-450 °С да 6-12 соат давомида ишлов бериш. Натижада аморф структурага эга керамик композиция ҳосил бўлади.

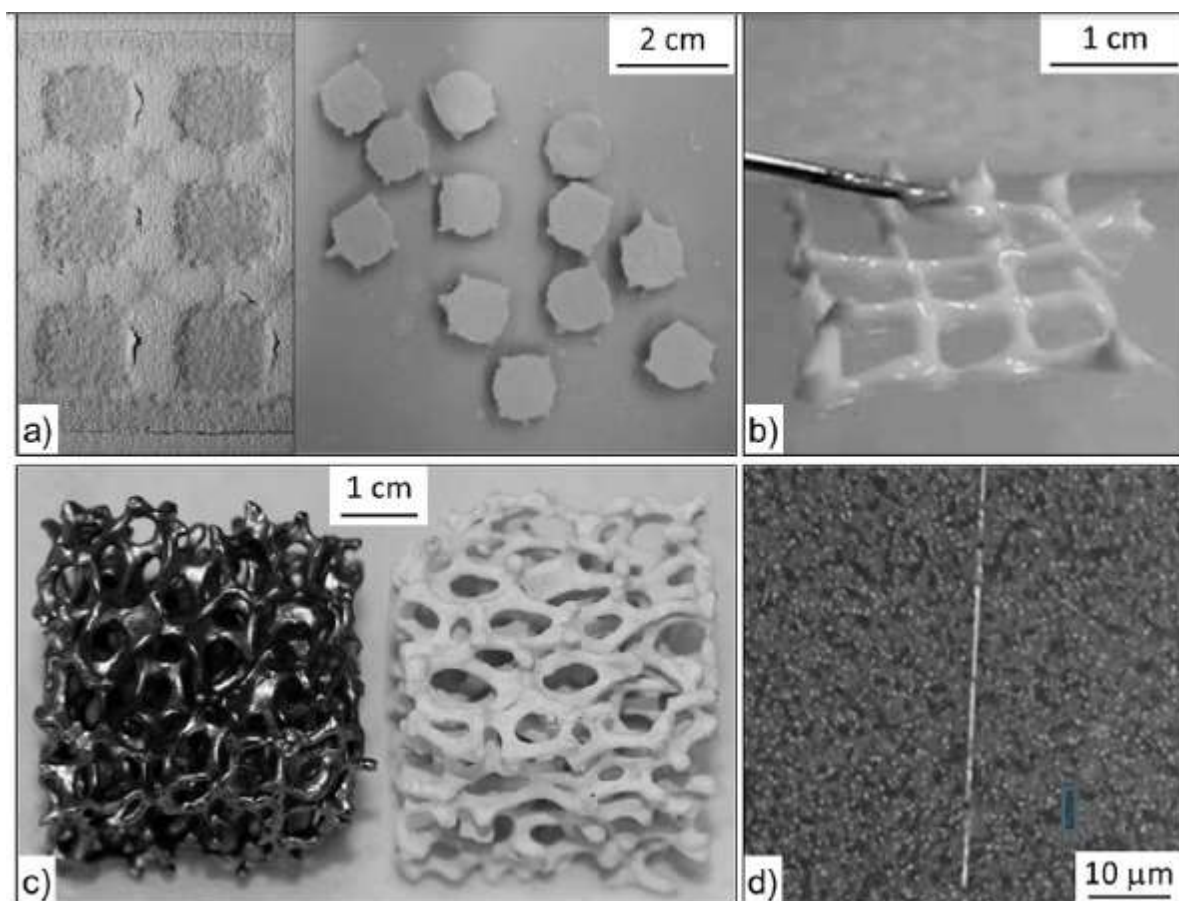
3. Керамик композицияни куйдириш.

Турли шакллаш усуллари ёрдамида олинган керамик композитларнинг тасвири 4.3.-расмида келтирилган.



Расм 4.2. SiHfOC таркибли керамик нанокмпозитнинг кремний-органик бирикмалар (оксикарбид қўлланилган) асосида синтез қилиш (PDC-NCs усули): ТЭМ микросуратлар материалдаги фазалар таркибни ўзгаришини кўрсатади⁶⁴.

⁶⁴ Enrico Bernardo, Laura Fiocco, Giulio Parciannelo, Enrico Storti, Paolo Colombo. Advanced Ceramics from Pre ceramic Polymers Modified at the Nano-Scale: A Review. Materials 2014, 7, 1927-1956 p; doi:10.3390/ma7031927.



Расм 4.3. Прекерамик полимер/нано ўлчамли тўлдиргич таркибли композицияларни турли усуллар шакллаш ва тайёрланган материалнинг микроструктураси:

а) 3D-принтерда тайёрланган шакллар (органик боғловчи томчилари кальций карбонат ва силикон кукуни устига тушуриш), ўнгда - кукунли подложкадан ажратиб олинган шакллар (куйдиришдан аввал);

б) суюқ силикон ва кальций карбонатининг шприц орқали экструзияси натижасида олинган шакллар (куйдиришдан аввал);;

с) 2 см×2 см×2 см ўлчамли SiC кремний карбидли пеноблокни чап томонда силикон қўшилмаган ҳолдагиси, ўнг томонда – суюқ силикон ва цирконий суспензиясига солинган шакллар (хавода, 1250 °Cда куйдирилган намуналар);

д) силикон боғловчиси ёрдамида ёпиштирилган сиалон ва глинозем (узун оқ чизик) такрибли блоклар (1550 °C да куйдирилган намуна)⁶⁵.

⁶⁵ P. Colombo, E. Bernardo, G. Parciannelo. Multifunctional advanced ceramics from preceramic polymers and nano-sized active fillers. *Journal of the European Ceramic Society*. 33 (2013). -453–469 p.

7.2. Углерод-углеродли композитлар.

Углерод-углерод толалари углероднинг гомоген ва графитланмайдиган турларидан тайёрланади. Шунинг учун бундай толалар кўмир-графит материалларнинг камчиликларидан холи бўлади: мўртлик, паст механик мустаҳкамлик, механик ва термик зарбларга бардошлиги.

Углерод-углеродли композитларлар матрицаси– композицион материалнинг таркибий қисми, унинг бирламчи хоссаларини узоқ вақт давомида сақланишини таъминлайди. Ушбу композитларнинг агрессив муҳитларга ва юқори ҳароратларга бардошлиги, электрик хоссалари, эрозияга ва радиацияга бардошлиги матрицага боғлиқдир.

Углерод-углеродли композитларнинг хоссалари қўлланилган хом ашё тури ва сифати, тола ва матрицаларнинг ишлаб чиқариш жараёнлари ва шароитлари, ишлов бериш ҳарорати, пропитканинг миқдор, армировканинг структураси ва бошқа шарт-шароитларга боғлиқ бўлади. Бу кенг спектрдаги хоссаларга эга бўлган материалларни олишга имконият беради.

Масалан, армировка йўналишлари бўйича мустаҳкамлаштириш даражасини ошириш, толали каркасни матрица билан тўлдириш даражасини ўзгартириш натижасида турли хил иссиқлик-техник ва мустаҳкамликга эга бўлган, ҳар хил анизотропияга эга бўлган, турли зичликга ва ғоваклига эга бўлган материаллар олиш мумкин.

Углерод-углеродли композитларларни пўлатлар ўрнига қўлланилишмоқда. Металлургия ва термик жараёнлар билан боғлиқ барча соҳаларда углерод-углеродли композитларларни қўллашни чексиз имкониятлари мавжуд. Бу ерда қўйидаги хоссалар муҳим ҳисобланади:

- **Иссиқлик ўтказувчанлик, иссиқлик сиғими, зичликни паст кўрсаткичлари;**
- **2800-3000 °C ҳароратларгача юқори мустаҳкамлик хоссаларга эга бўлиши;**
- **Барча температура интервалларида силжишга мойиллиги йўқлиги;**
- **Кислоталар таъсирига бардошлиги.**



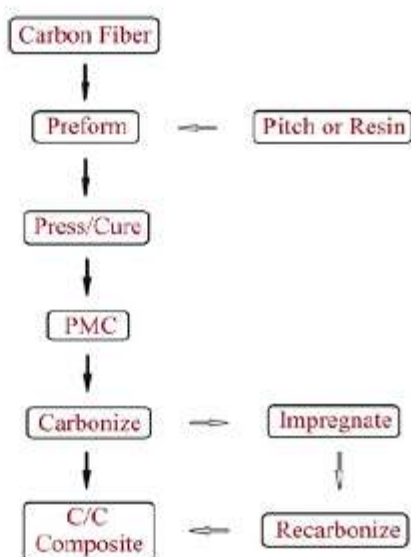
Углерод-углеродли композитларларни ишлаб чиқариш усуллари.

Углерод-углеродли композитларларни ишлаб чиқаришнинг асосий усуллари – кўмир пластикларга юқори ҳароратли ишлов бериш ва углерод толали тўлдиргичга углеводородлар куйдиришдан ҳосил бўлган пироуглеродни солиш усуллари. Углерод-углеродли композитларларни суюқ фазали, буғ фазали ва комбинировка усулида олиш мумкин.

Углерод-углеродли композитларларни 3 асосий ишлаб чиқариш усуллари қўйидагича:

1 -«НПРС» усули. Углерод толадан тўқилган мато-заготовкани иссиқлик ва босим остида термопластик полимерга (смола) шимдириш (пропитка тканых заготовок). Кейинги босқичда смола пиролизга учрайди ва натижада углеродга айланади. Бу босқичлар бир неча мартаба қайтарилиб, керакли зичликга эга бўлган материал олинади. Смола –турли молекула оғирликдаги углеводородлардир. Ўрта молекуляр масса ортиши билан углероднинг чиқиши ортади. Лекин юқори молекуляр оғирликдаги смолалар жуда қовушқоқ бўлади, бу эса толани ҳўллашда қийинчиликлар туғдиради.

2- Реакцион куйдириш жараёнлари усули. Углерод тола фенолформальдегид смоласида (термореактив полимер) яхшилаб ҳўлланиб, инерт атмосферада куйдирилади.

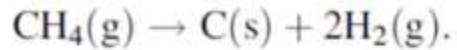


Расм 4.4. Углерод-углеродли композитларларни реакцион куйдириш жараёнлари усулида ишлаб чиқариш тизими.

Натижада смола пиролизга учрайди ва углерод ҳосил бўлади. Олинган композит яна бир бор босим остида смоллага шимдирилади ва яна куйдирилади. Бу жараёнлар кўп мартаба қайтарилгач, зич ва мустаҳкам композит ҳосил бўлади.

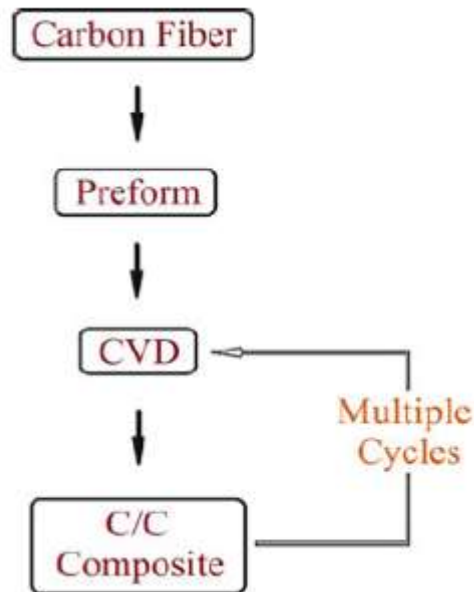
Реакцион куйдириш жараёнлари усулида углерод углеродли композит ишлаб чиқариш тизими 4.4-расмда келтирилган.

3 – Бўғ фазасидан чўктириш усули. Бу усул “Chemical vapor deposition - CVD” деб номланади ва юқори сифатли, қаттиқ ва мустаҳкам материал олиш учун ишлатилади. Тола ва преформадаги углерод толасини қушимча газли углеводородлар иштирокида куйдирилади. Углеводородлар >550 ° С ҳароратларда парчаланди ва углеродга айланади. Асосан бу жараёнда метан қўлланилади. У қуйидаги реакция натижасида парчаланади:



Газларнинг диффузиясини яхшилаш мақсадида паст босим ёки H_2 , N_2 ёки Ar инерт газларини қўшиш мумкин.

Бўғ фазасидан чўктириш усулининг технологик тизими 4.5.-расмда келтирилган:



Расм 4.5. Бўғ фазасидан чўктириш усули ёрдамида углерод-углеродли композитларнинг ишлаб чиқариш тизими⁶⁶.

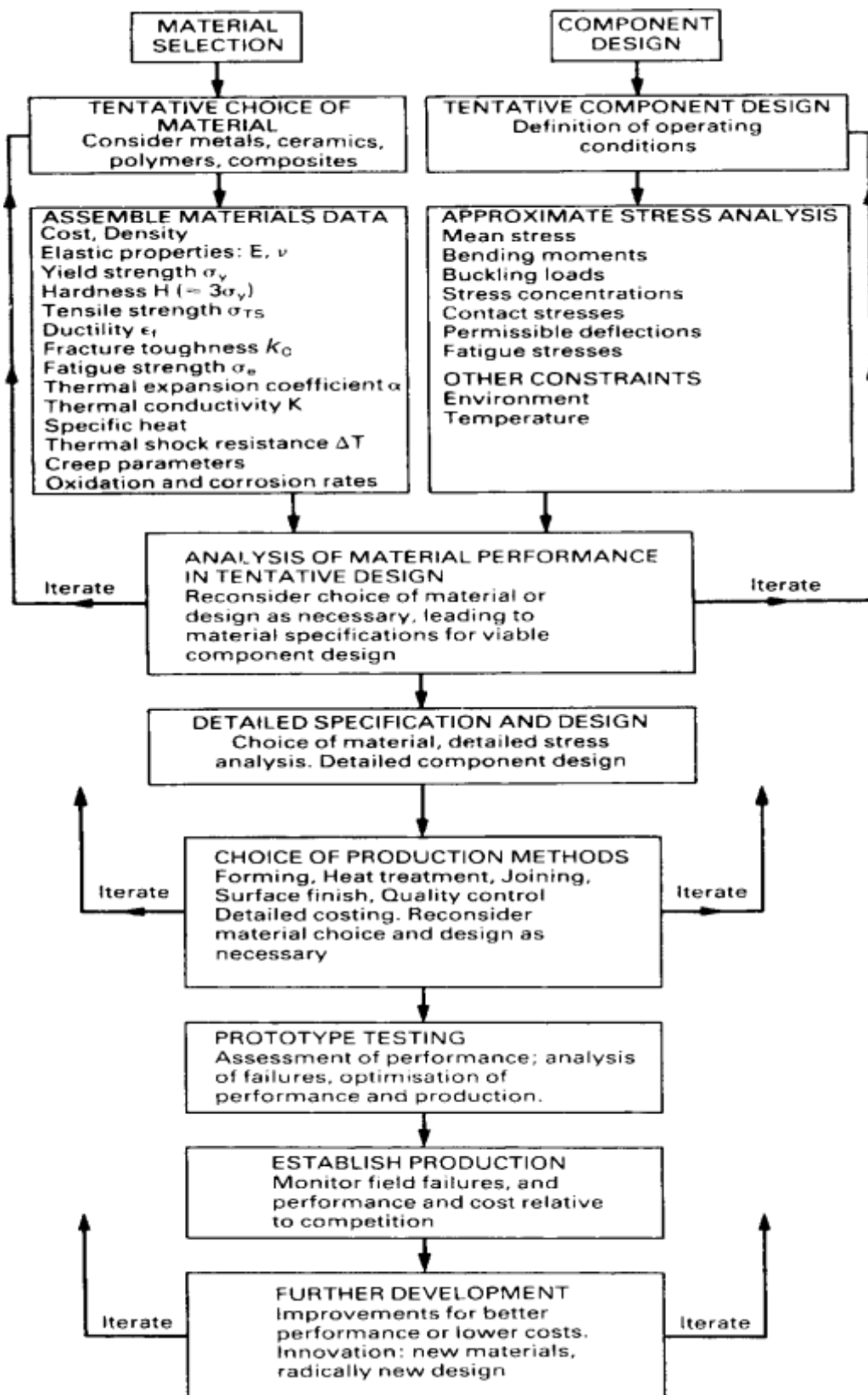
7.3. Композитлар билан дизайн.

Композитларни дизайн қилинганда уларнинг махсус хосса-хусусиятларини эътиборга олиш керак. Биринчидан, композитлар ўз табиати бўйича микроструктура нотекислиги билан ҳарактерланади. Композитлар турли эластик хоссалари, термик кенгайиш коэффиценти ва бошқа хоссаларга эга бўлган материалларда ташкил топган бўлади. Иккинчидан, оддий монолит материаллар хусусиятлари изотроплиги билан ажралиб туради. Композитлар эса кучли анизотропияга эга.

Композитлар дизайнида ушбу хоссаларни бир йўналишда кучли бўлганлигига алоҳида эътибор бериш керак бўлади.

Ҳозирги замонда композитларни таркибини ва тузилиши ўрганишда, уларнинг янги турларини дизайн қилишда компьютер тизимларининг ўрни ўта муҳим ҳисобланади. Ламинатланган композитларнинг хусусиятлари ва

⁶⁶ Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012.- 295 p.



Расм 4.6. Композитлар дизайннинг методологияси.

таркибини ҳисоблашда матрица ҳисоблари қўлай келади, шунинг учун махсус компьютер тизимлари ушбу ҳисобларни тез бажаришга имконият

беради (4.6.-расмда композитлар дизайнининг методологияси келтирилган⁶⁷).

Композитларни дизайнида FiberSIM компьютер дастуридан фойдаланилади. Бу дастур CAD (система автоматизированного проектирования) дастури асосида тузилган ва конструкцияларни тузишда ёрдам беради. Унинг афзалликлари:

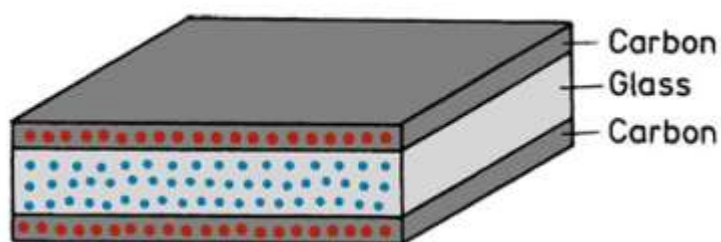
- Композит муҳитини лойиҳалаш.
- Шаблон/унинг хоссалари. Материалнинг қалинлигини эътиборга олган ҳолда ҳисоблаш имконияти.
- Ламинат хоссалари – толанинг йўналишлари берилган ҳолда композитнинг керакли хоссалари таъминланади.

7.4. Ноанъанавий композитлар. Нанокompозитлар. Биокompозитлар.

Ноанъанавий композитларга (полимер, металл, керамик матрицали), ўз ўзидан тикланадиган композитлар, ўз ўзидан мустаҳкамланадиган композитлар, биокompозитлар киради. Бу композитлар ҳозирги вақтда олимлар томонидан ўрганилмоқда.

Гибрид композит системалар

Композит таркибида бир турдан кўп толалар қўлланилган ҳолда материал гибрид композит деб аталади. Материалнинг энг муҳим жойларида унинг максимал мустаҳкамликга эга бўлишини таъминлаш мақсадида турли хил мустаҳкамлаштириш компонентлари ва уларни жойлаштириш йўналишлари қўлланилиши мумкин. Масалан, 4.7.-расмда келтирилган гибрид композитнинг тан нарҳини анча камайтириш мумкин: қимматбаҳо углерод толасини миқдорини камайтириш йўли билан. Аммо бу толани оптимал ҳолда жойлаштириш натижасида материал сифатига салбий таъсир кўрсатилмайди.



Расм 4.7. Углерод ва шиша толаси билан мустаҳкамлаштирилган гибрид композит.

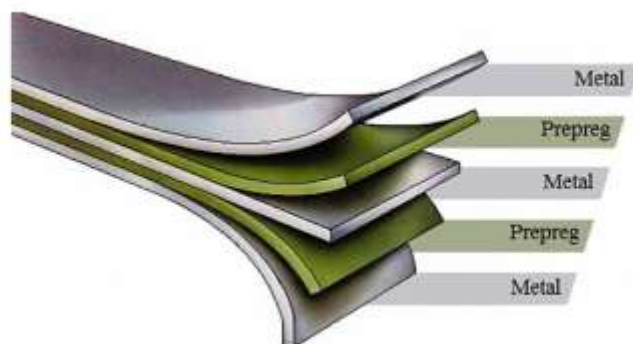
Яна бир мисол - роман композит материал, ёки толали-металл ламинат (расм 4.8.).

Бу гибрид ~ 0,3 мм қалинликдаги алюминий, пўлат, титан, магний металл листи ва полимер- матрицали композит (РМС) препреги (толали мустаҳкамлаштирилган полимер) дан иборат. Полимер- матрицали композитдаги тола- шиша, арамид ёки углерод толаси бўлиши мумкин, матрица сифатида эса одатда эпоксид смоласи ишлатилади.

⁶⁷ D.R. H. Jones, Michael F. Ashby. Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures and Processing. Fourth Edition. Elsevier, UK, 2012. - 323 p.

Бу материалнинг кўйидаги турлари мавжуд:

- **Glare:** шиша толаси билан мустаҳкамлаштирилган ламинат
- **ARALL:** алюминий ламинатлар, арамид толаси билан мустаҳкамлаштирилган.
- **УХОД:** углерод пластик ламинатлар.
- **ТИГР:** Титан / Графит-эпоксид ламинатлар.



Расм 4.8. Толали-металл ламинат таркиби.

Нанокompозитлар

Нанокompозитлар : бу турдаги композицион материаллар таркибида ўлчамлари нанометр (нм) диапазонида бўлган битта ёки кўпроқ компонентлар мавжуд бўлади.

Одатда бундай нано ўлчамли материал мустаҳкамлаштирувчи компонентдир: бу нанотрубкалар, нанотолалар ва нанозаррачалар.



Матрицалар 3 турда бўлиши мумкин, аммо асосий қисми –полимер матрицали нанокompозитлардир (Баррера 2000; Баррера и другие, 2005; Shofner и др., 2003, 2006).

Бундай материалларни кукун металлургия ёки суюқ усулда металл матрицаларни тайёрлаш усули ёрдамида олиш – юқори мустаҳкамликга ва ишқаланишга чидамли нанокompозитлар яратишнинг истиқболли йўналишларидир.

Полимер тупроқ-нанокompозитлар

Нанокompозитнинг яна бир тури: полимер тупроқ-нанокompозитлар - ишлаб чиқаришда ўзини иқтисодий жihatдан самарадорлигини кўрсатди. Нанотупроқлар билан мустаҳкамлаштирилган полимер матрицалар кўп миқдорда ишлаб чиқарилмоқда (Ајауан 2003;. Коо 2006; Lee 2005; Окада ва Usuki 2006; Пол ва Робсон 2008).

Нанотупроқлар кимевий таркиби бўйича магний алюмосиликатларидир. Ўлчамлари - нанометр диапазонида.



Қалинлиги - 1 нм, узунлиги 70-150 нм. Хозирги вақтда энг кўп монтмориллонит тупроғи қўлланилмоқда.

Тальк ва слюдадан фарқлироқ, монтмориллонит алоҳида қатламларга бўлиниши онсон – натижада керакли ўлчамларга эга бўлган нано қатламлар ҳосил бўлади. Полимер матрица билан яхши аралашини ва майдаланишни таъминлаш мақсадида тупроқга дастлаб ишлов берилади.

Бу йўналишдаги ишлар илк бор Toyota компанияси томонидан 1990 й. бажарилган. General Motors корпорацияси 2001 йилда GMC Astro / Safari фургонида нано-тупроқ билан мустаҳкамлаштирилган термопластик олефинни қўллаган. Ҳосил бўлган нанокомпозит анъанавий полимер материалларидан енгилроқ, қаттиқроқ ва иқтисодий самаралиги билан ажралиб туради: бу автомобил камроқ ёқилги ишлатади. Автомобилшуносликда иқтисодий самарадорлик жуда муҳим ҳисобланади, фақат спорт автомобилларини ишлаб чиқаришда иқтисодий самарадорликга эътибор берилмайди.

Нанотупроқлар смоланинг мустаҳкамлигини ва стабиллигини оширади, ва умуман олганда оддий тўлдиргичларга қараганда функционал ҳисобланади. Нанозаррачалар жуда оз миқдорда қўшилади – оғирлиги бўйича 2-3%ни ташкил қилади. Бундан ташқари нано тупроқларнинг қўлланилиши материалнинг эстетик хоссаларини яхшилади: ташқи кўриниши, ранги ва юза сифати ошади.

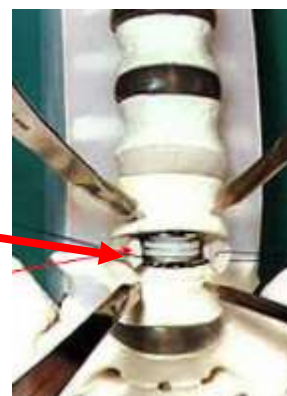
Биокомпозитлар.

Биокомпозитлар - биоактив қопламали имплантатлар. Биокомпозитлар икки ёки кўпроқ фазадан ташкил топган бўлади. Бу фазалар шундай танланадики, кучланишлар фазалар чегараси бўйича тарқалиши зарур бўлади. Биокомпозитлар қўлланилиши – траматология, ортопедия, стоматология.

Биокомпозитлар турлари:

1. Полимер-керамик биокомпозитлар.

Бу композитларда ноорганик фаза (шиша ёки кальций фосфатлари) органик бирикма таркибида текис тақсимланади. Органик бирикма – юқори босимли полиэтилен ёки эпоксид смола. Бундай композитлар юқори мустаҳкамликга, эластикликга эга, енгил, биомослашувчан ва анизотропдир (суяк хоссаларига яқин).



2. Металл-керамик биокомпозитлар.

Бу композитлар асосан юқори мустаҳкамликни таъминловчи металлдан иборат бўлади. Металл юзасига керамик қоплама (кальций фосфати ёки биоактив смола) қопланади. Бунда керамика металл юзасига яхши ёпишишни таъминлаш зарур бўлади.



Ҳеч қандай биокомпозит одам тўқималарининг ва организмнинг ҳамма анатомик-физиологик ва биомеханик хусусиятларга тўлиқ жавоб бера олмайди. Шунинг учун турли қўлланилиш соҳаларида турли биокомпозитлар яратилиши зарур бўлади.

Биокомпозитларнинг истиқбол йўналишлари: 1) композит имплантатлар яратиш; 2) гибрид имплантатлар яратиш; 3) индивидуал био-тиббий параметрларга эга бўлган имплантатлар тўпламини яратиш (“квазиинтеллектуал” имплантатлар).



Расм 4.9. Композицион материаллар қўлланилиши.

Хулоса қилиб, композитларнинг асосий қўлланилиш соҳаларини келтирамиз:

- Аэрокосмик соҳа.
- Автомобилшунослик.

- Электр ва алоқа тармоқлари.
- Қурилиш соҳаси.
- Спорт буюмлари ишлаб чиқариш.
- Медицина.
- Машинасозлик.
- Электротехника.
- Нанотехнология.
- Metallургия ва бошқа соҳалар (расм 4.9.).

Назорат саволлари:

- 4.1. Микро ёриқлар толали композитларда нима сабаблардан пайдо бўлиши мумкин?
- 4.2. Нано-тупроқни композитлар таркибида қўлланилишига мисоллар келтиринг.
- 4.3. Тоғ велосипедини конструкцияси ўрганинг: қандай конструкцион материаллар қўлланилганлигини аниқланг.
- 4.4. “Нексия” ва “Матиз” автомобилларида қўлланилган композитлар турларини аниқланг.
- 4.5. Қурилишда қандай композицион материаллар қўлланилади? Мисоллар келтиринг.
- 4.6. Ўз ўзидан тикланадиган композитларга мисоллар келтиринг.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012. -98-101, 249-306 p.
2. Morgan P. Carbon fibers and their composites / Morgan P. - Boca Raton: Taylor & Francis, 2005. Materials engineering; vol.27. - ISBN 0-8247-0983-7. 1153 p.
3. D.R. H. Jones, Michael F. Ashby. Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures and Processing. Fourth Edition. Elsevier, UK, 2012. - 319-350 p.
4. William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch. Materials Science And Engineering. An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010.- 655-660 p.
5. L.Fiocco, Z.Babakhanova, E.Bernardo. Facile obtainment of luminescent glass-ceramics by direct firing of a preceramic polymer and oxide fillers.

Ceramics International Journal. Available online 10 February 2016.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884216000833>

6. З.А.Бабаханова, М.Х.Арипова. Кремний-органик бирикмалар асосида техник керамика материаллар синтези. Узбек кимё журнали. 2015, №3, 16-21 б.
7. Enrico Bernardo, Laura Fiocco, Giulio Parciannelo, Enrico Storti, Paolo Colombo. Advanced Ceramics from Preceramic Polymers Modified at the Nano-Scale: A Review. *Materials* 2014, 7, 1927-1956 p.; doi:10.3390/ma7031927.
8. Тялина Л.Н., Минаев А.М., Пручкин В.А. Новые композиционные материалы. Учебное пособие. Тамбов: ГОУ ВПО ТГТУ, 2011.-5-25 с.
9. Шевченко А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов. – М. : Профессия, 2010. – 140-170 с.

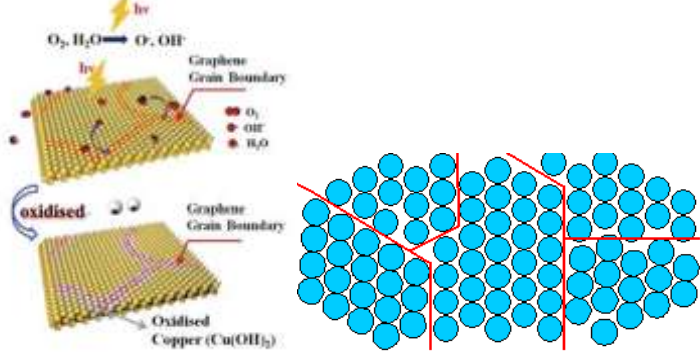
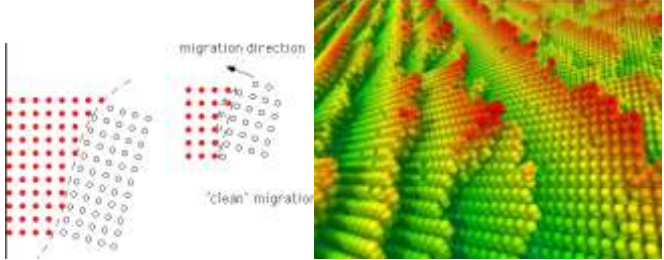
IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

1-амалий машғулот: Кристалл наносистемалар ва уларни ахамияти. Нанотехнология ва электроника.

Ишдан мақсад:

Заррачаларнинг чегараси. Заррачалар чегарасининг миграцияси. Мультиплет иккиламчи заррачалар. Дислокация. Жойлашиш дефектлари. Уч каррали тугун. Холл-Петч қонуни. Тақиқланган чегаранинг кенглиги. Холилаштирилган худуд.

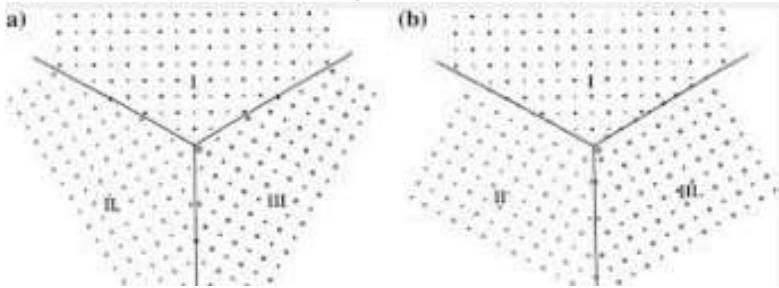
Молекуляр электроника. Ёруғлик диоди (LED). Майдон эффектли транзистор (FET). Юпқа пленкали транзисторлар (TFT). Бир электронли транзистор (SET). Заряд боғланишли қурилма (CCD). Комплементар металоксидли ярим ўтказгич (CMOS). Гигантмагнит қаршилиги (GMR). Оптоэлектроника. Фотолюминесценция. Фотон кристаллар. Фотоника. Юзаплазмон. Пьезорезистив эффект. Спинтроника (спин асосидаги электроника). Кубит. Квант компьютерлар.

| № | Ишни бажариш учун намуна | Масаланинг кўйилиши |
|----|--|---|
| 1. | <p>Grain boundary: a 2D defect, the interface bordering two well-defined crystals</p>  <p>Заррачаларнинг чегараси: 2D-дефект, аниқ аниқланган иккита чегараланувчи кристалларнинг интерфейси</p> | <p>Заррачалар чегарасининг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| 2. | <p>Grain boundary migration: coordinated movement of grain boundaries activated either thermally or by mechanical stress</p>  <p>Заррачалар чегарасининг миграцияси: термик ёки</p> | <p>Заррачалар чегарасининг миграциясини асосий принципини тушунтиринг?</p> |

| | | |
|-----------|--|---|
| | <p>механик кучланиш йўли ёрдамида фаоллаштирилган заррачалар чегараларининг келишилган харакати</p> | |
| <p>3.</p> | <p>Multiply twinned particles (MTP): observed frequently with a pseudo five-fold symmetry in nanocrystalline particles and thin films (deposited on crystalline substrates) of cubic face-centred metals, diamond-type semiconductors (C, Si, Ge) and alloys</p>  <p>Мультиплет иккиламчи заррачалар (МТР): олмос (C, Si, Ge) ва қотишмалар типидagi яримўтказгичлардан, кубсимон ёқларимарказлаштирилган металлардан олинган юпқа пленкалар (кристалл тагликларда чўктирилган) ва нанокристалл заррачалардаги бешинчи тартибли псевдосимметриянинг кузатилиши</p> | <p>Мультиплет иккиламчи заррачаларнинг асосий хоссаларни тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>4.</p> | <p>Dislocation: a crystallographic line defect involving irregularity in the periodic arrangement of atoms (missing row of atoms in a plane) in a crystal</p>  <p>Дислокация: ўз ичига атомларнинг даврий жойлашувининг нотекислигини олувчи кристалдаги (текисликдаги бир қатор атомларнинг йўқлиги) кристаллографик чизиқли дефект</p> | <p>Дислокациянинг асосий хоссаларни тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>5.</p> | <p>Stacking faults: crystallographic defects arising due to wrong stacking sequence of planar arrangement of atoms</p>  <p>Жойлашиш дефектлари: атомларнинг нотўғри кетма-кет планар жойлашуви натижасида ҳосил бўлувчи кристаллографик дефектлар</p> | <p>Жойлашиш дефектларининг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |

6.

Triple junction: a node at the intersection of three crystals or grains

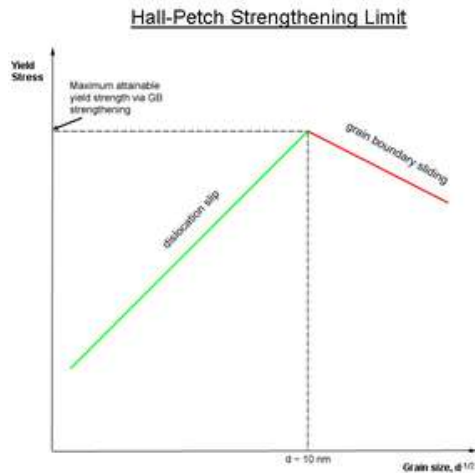


Учкаррали тугун: учта кристалларнинг ёки зарраларнинг тўқнашувидаги тугун

Учкаррали тугунинг асосий хоссаларни тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!

7.

Hall–Petch relation: the effect describing the inverse effect of grain size on the hardness of a crystalline solid that arises mainly due to grain boundary strengthening

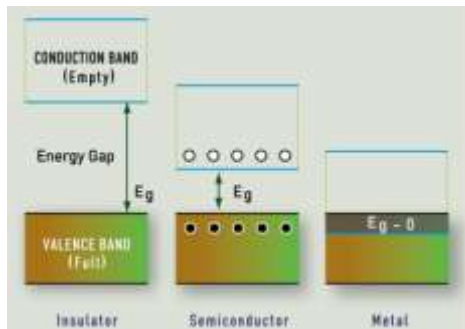


Холл-Петч қонуни: асосан чегарадаги заррачанинг мустаҳкамлашуви ҳисобига ҳосил бўлувчи кристалсимон модданинг қаттиқлигига заррачаларнинг ўлчамини тескари таъсирини тавсифловчи эффеќти

Холл-Петч қонунини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!

8.

Band gap: energy gap between the valence band and conduction band in a solid in which all electronic energy states are forbidden



Таъқиқланган чегаранинг кенглиги: барча электрон энергетик ҳолатлар таъқиқланган қаттиқ жисмдаги валент чегара ва ўтказувчанлик чегараси

Таъқиқланган чегаранинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!

| | | |
|--|---|--|
| | орасидаги энергетик туйнук | |
| <p>9. Depletion zone: a region at the junction of semiconducting materials that is devoid of free charge carriers</p>  <p>Холилаштирилган худуд: зарядларни эркин ташувчиларидан холи бўлган яримўтказгич материалларнинг бирлашиш жойи</p> | <p>Холилаштирилган худуд қандай таркибий қисмлардан ташкил топган? Расмдан фойдаланинг!</p> | |
| <p>10 Molecular electronics: the study and application of molecules for electronic device applications</p>  <p>Молекуляр электроника: электрон қурилмаларда қўлланилиши учун молекулаларнинг тадқиқи ва қўлланилиши</p> | <p>Молекуляр электрониканинг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> | |
| <p>11 Light-emitting diode (LED): a semiconductor light source working on the principle of electroluminescence, where the wavelength of light emitted depends on the band gap of semiconductors</p>  <p>Светодиод (LED): электролюминесценция</p> | <p>Светодиоднинг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> | |

| | | |
|----|--|--|
| | <p>принципига асосан ишловчи яримўтказгичли нур манбаи, нурланувчи ёруғликнинг тўлқин узунлиги яримўтказгичларнинг таъқиқланган худуди кенглигига боғлиқ.</p> | |
| 12 | <p>Field effect transistor (FET): a transistor whose conductivity can be controlled by electrical field</p>  <p>Майдон эффе́ктли транзистор (FET): электр майдони ёрдамида ўтказувчанлигини бошқариш мумкин бўлган транзистор</p> | <p>Майдон эффе́ктли транзистор (FET) нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| 13 | <p>Thin film transistors (TFT): an FET made of thin film layers of semiconducting and dielectric materials; used in LCD and digital radiography applications</p>  <p>Юпқа пленкали транзисторлар (TFT): яримўтказгичли ва диэлектрик материалли юпқа пленка қаватли транзисторлар; радиографиянинг LCD ва рақамли иловаларида қўлланилади</p> | <p>Юпқа пленкали транзисторлар қандай таркибий қисмлардан ташкил топган? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| 14 | <p>Single electron transistor (SET): devices that are capable of detecting very small variations in the charge of the gate; charge differences of even one electron can cause the on-and-off switching function of SET</p>  <p>Бир электронли транзистор (SET): чиқувчи заряднинг жуда кичик ўзгаришларини аниқлаш қобилиятига эга мосламалар; биргина электрон учун ҳам зарядлар фарқи “ёқиб-ўчириш” функциясини чақириши мумкин</p> | <p>Бир электронли транзисторнинг асосий хоссаларни тушунтиринг?</p> |

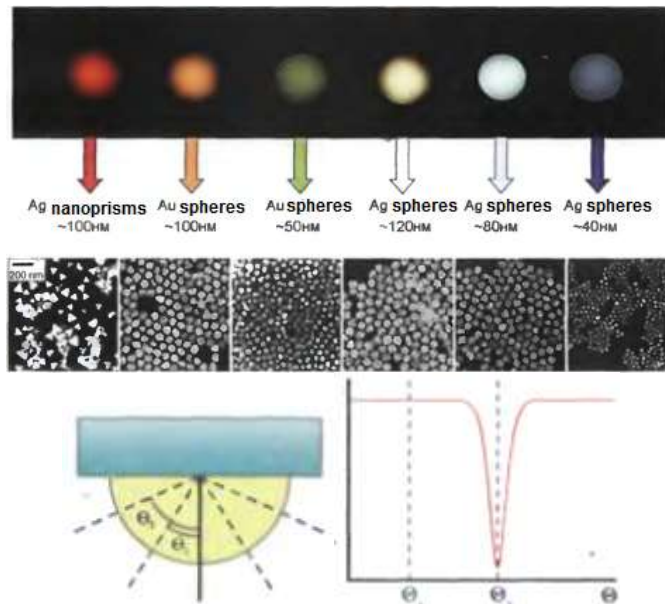
| | | |
|-----------|--|---|
| <p>15</p> | <p>Charge-coupled device (CCD): a device that can gather position-sensitive charge information and convert to digital data for manipulation, which is used extensively for digital imaging applications</p>  <p>Заряд боғланишли курилма (CCD): зарядланган позицион-сезгир ахборотни йиға оладиган ва рақамли тасвирларни ишлатиш учун кенг қўлланиладиган манипуляциялар учун рақамли маълумотларга ўтказа оладиган курилма</p> | <p>Заряд боғланишли курилма нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>16</p> | <p>Complementary metal–oxide semiconductor (CMOS): an emerging technology for the fabrication of ICs and VLSI, the main advantage being low power consumption and high noise, enabling larger density of devices within unit area</p>  <p>Комплементарметалоксидли яримўтказгич (CMOS): интеграл схемалар (ICs) ва ўта катта интеграл схемаларни (VLSI) яшаш учун янги технология, асосий афзалликлари кам энергия сарф қилиши ва юқори шовқин даражасида бўлиб бу ўз навбатида юза бирлиги доирасида курилмаларнинг юқори зичлигини таъминлайди</p> | <p>Комплементар металоксидли яримўтказгичлар нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>17</p> | <p>Giant magnetoresistance (GMR): quantum mechanical effect observed in thin film structures: the electrical resistance decreases significantly when the ferromagnetic layer is exposed to a magnetic field</p>  <p>Гигантмагнит қаршилиги (GMR): юпқа пленкали структураларда кузатиладиган квант-механик</p> | <p>Гигантмагнит қаршилигининг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |

| | | |
|----|---|--|
| | <p>эффект: ферромагнит каватнинг магнит майдони таъсирига учраганда электр қаршилиги сезиларли даражада камаяди</p> | |
| 18 | <p>Opto-electronics: an application of electromagnetic photons for electronic device applications; they can be either electrical-to-optical or optical-to-electrical transducers</p>  <p>Оптоэлектроника: электрон қурималардани электромагнит фотонларнинг қўлланилиши; “электр сигналини оптик сигналга” ёки “оптик сигнални электр сигналга” ўтказувчи ўзгартгичлар бўлиши мумкин CdSe нанокolloид</p> | <p>Оптоэлектрониканинг асосий хоссаларини тушунтиринг?</p> |
| 19 | <p>Photoluminescence (PL): a process by which certain substances absorb electromagnetic radiations of specific wavelengths and re-radiate photons of different wavelength</p> <p>Фотолюминесценция (PL): баъзи бир моддаларнингмаълум бир тўлқин узунликдаги электромагнит нурларни ютиб ва қайтадан фотонларни турли хил тўлқин узунликда нурлатувчи жараён</p> | <p>Фотолюминесценциянинг асосий принципини тушунтиринг?</p> |
| 20 | <p>Photonic crystals: periodic dielectric or metallo-dielectric optical nanostructures that are designed to affect the propagation of electromagnetic waves (EM) in the same way as the periodic potential in a semiconductor crystal affects electron motion by defining allowed and forbidden electronic energy bands</p>  <p>Фотонкристаллар: электромагнит тўлқинларни тарқатилишига таъсир этишга мўлжалланган даврий диэлектрик ёки металлдиэлектрик оптик наноструктуралар</p> | <p>Фотонкристалларнинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| 21 | <p>Photonics: electronics using light (photons) instead of electrons to manage data</p> | <p>Фотониканинг асосий принципини тушунтиринг?</p> |



Фотоника: маълумотларни бошқаришда электронлар ўрнига еруғликни (фотонларни) қўлловчи электроника

22 **Surface plasmon (SP):** plasmons that are confined to surfaces and interact strongly with light resulting in a polariton



Юзаплазмон (SP): ёруғлик билан кучли таъсирлашиш натижасида поляритонга олиб келувчи юзага мос келувчи плазмонлар


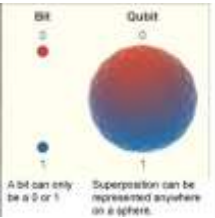
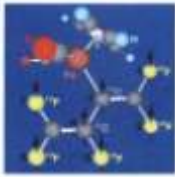
Юзаплазмон (SP) терминини тушунтуриг. Расмдан фойдаланиг!

23 **Piezoresistive effect:** phenomenon by which electrical resistance of a material varies with externally applied mechanical pressure



Пьезорезистив эффект: ташқаридан механик босим таъсирига боғлиқ равишда материалнинг электр

Пьезорезистив эффектнинг асосий принципини тушунтириг?

| | | |
|----|--|---|
| | қаршилигининг ўзгариш ходисаси | |
| 24 | <p>Spintronics (spin-based electronics): an emerging technology, which exploits the dual property of electrons, namely charge and spin state; also known as magneto-electronics</p>  <p>Спинтроника (спин асосидаги электроника): электронларнинг иккиланган хоссаларини, жумладан заряд ва спин ҳолатини қўлловчи янги технология; магнито-электроника сифатида ҳам маълум</p> | <p>Спинтроника (спин асосидаги электроника) нинг асосий хоссаларини тушунтиринг?</p> |
| 25 | <p>Qubit: a quantum-computing equivalent to a bit; with an additional dimension of quantum properties of atoms</p>  <p>Кубит: ҳисоблашлардаги битнинг квант эквиваленти; атомларнинг квант хоссаларини ўлчаш қўшимчаси билан</p> | <p>Кубит нима учун керак?</p> |
| 26 | <p>Quantum computers: a computational device using quantum mechanical phenomena for operations on input data</p>  <p>Кванткомпьютерлар: кириш маълумотларидаги операцияларда квант-механик ходисаларини қўлловчи ҳисоблаш асбоблари</p> | <p>Квант компьютерлари асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |

Назорат саволлари

1. Кристалл нанозаррачаларнинг асосий хоссаларнинг тушунтиринг?
2. Материалларда энергетик зоналар қандай шаклланади?
3. Рухсат этилган ва таъқиқланган зоналарнинг фарқи нимадан иборат?
4. Металлар, диэлектриклар ва яримўтказгичларда энергетик зоналарнинг тўлдирилишидаги фундаментал фарқлар нимадан иборат?
5. Кўп қатламли яримўтказгичли структураларда квантли ўралар ва потенциал тўсиқлар қандай қилиб шаклланади?
6. Тунелланиш ҳодисаси моҳияти нимадан иборат?

7. Кванли ўрада энергия сатхлари қайси сабабларга кўра дискретлашади?
8. Квант ўлчамли эффект нимадан иборат?
9. Молекуляр электроника, оптоэлектроника, фотоника, спинтроника асосий принципнинг солиштиринг.
10. Светодиод, майдон эффектли транзистор (FET), юпқа пленкали транзисторлар, бир электронли транзисторнинг нима учун керак?
11. Кубит ва квант компьютерларнинг асосий принципнинг тушунтиринг.
12. Гигантмагнит қаршилигининг асосий хоссаларнинг тушунтиринг?
13. Фотонкристалларнинг қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?
14. Пьезорезистив эффектнинг асосий принципнинг тушунтиринг?
15. Спин асосидаги электрониканинг асосий хоссаларнинг тушунтиринг?


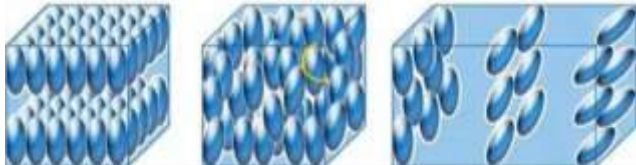
Фойдаланилган адабиёт

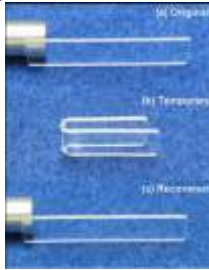
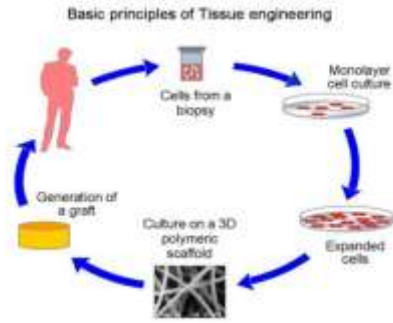
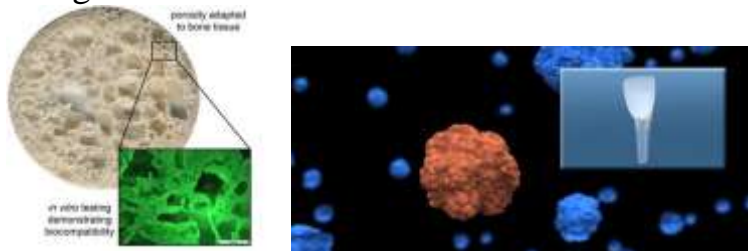
1. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 17-35.

2-амалий машғулот: Полимер наноматериал олиш ва уларни хоссаларни. Наноцеллюлоза. Биомиметика системаларни олиш ва уларни хоссалари.

Ишдан мақсад:

Суюқ кристал. Шакл хотирали полимерлар. Наноцеллюлоза. Тўқимали инженерия. Биомослашувчанлик. Биомиметика. Электрон бурун. Электрон тил. Бот. Нанобот. Дориларни мақсадли етказиш. ДНК-чип.


| № | Ишни бажариш учун намуна | Масаланинг кўйилиши |
|----|--|--|
| 1. | <p>Liquid crystal (LC): a state of matter with properties between a liquid and solid crystal; it is used extensively in liquid crystal displays</p>   <p>Суюқкристал (СК): суюқлик ва қаттиқ кристалсимон модда хоссалари оралиғидаги материя; суюқ кристалли дисплейларда кенг қўлланилади</p> | <p>Суюқ кристал (СК) қандай таркибий қисмлардан ташкил топган? Расмдан фойдаланинг!</p> |

| | | |
|-----------|---|---|
| <p>2.</p> | <p>Shape memory polymers: smart polymers capable of returning to their original shape after being deformed by external forces, when triggered by an external stimulus such as temperature change</p>  <p>Шакл хотирали полимерлар: хароратнинг ўзгариши каби ташқи кучлар таъсирида вужудга келган ташқи кучлар таъсирида деформациядан сўнг ўзининг дастлабки шаклига қайтиш қобилиятига эга ақлли полимерлар</p> | <p>Шакл хотирали полимерлар нима учун керак?</p> |
| <p>3.</p> | <p>Tissue engineering: science of structural and functional fundamentals of mammalian tissues and application of biocompatible substitutes to restore, maintain or improve functions</p>  <p>Тўқимали инженерия: сутэмизувчиларнинг асосий тўқималарининг тузилиши ва функционал асослари ҳамда функцияларини тиклаш, қўллаб туриш ёки яхшилаш учун биомослашувчан ўрнини босувчиларнинг қўлланилиши тўғрисидаги фан</p> | <p>Тўқимали инженериянинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>4.</p> | <p>Biocompatibility: capability of a material in contact with a biological system to perform its intended function without causing deleterious changes</p>  | <p>Биомослашувчанликнинг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |

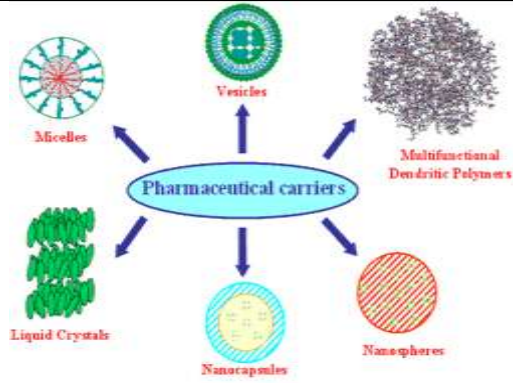
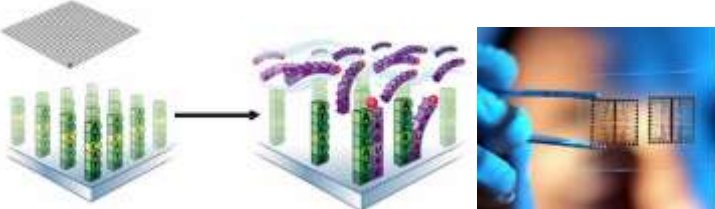
| | | |
|-----------|--|---|
| | <p>Биомослашувчанлик: нохуш ўзгаришларни чақирмай материалнинг биологик тизим билан таъсирлашувида ўз вазифаларини бажариши</p> | |
| <p>5.</p> | <p>Biomimetic: the science of imitating or reverse engineering from natural systems to the study and design of engineered systems using modern technology</p>  <p>Биомиметика: замонавий технологияларни қўллаш билан муҳандислик тизимларни тадқиқ қилиш ва лойиҳалаштириш учун табиий тизимларга ўхшаш, инженерия ёки тақлид қилиш тўғрисидаги фан</p> | <p>Биомиметика асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>6.</p> | <p>Electronic nose: a device consisting of an array of chemical sensors to detect odours or flavours</p>  <p>Электрон бурун: хид ёки таъмларни аниқлаш учун бир неча кимёвий сенсорлардан ташкил топган қурилма</p> | <p>Электрон буруннинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>7.</p> | <p>Electronic tongue: a device consisting of an array of chemical sensors to detect and compare tastes</p> | <p>Электрон тилнинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |

| | | |
|--|--|--|
| |  <p>Электрон тил: таъмларни аниқлаш ва таққослаш учун бир неча кимёвий датчиклардан ташкил топган қурилма</p> | |
|--|--|--|

| | | |
|----|--|------------------------------|
| 8. | <p>Bot: a robot or automated intelligent machine</p>  <p>Бот: робот ёки автоматлаштирилган интеллектуал машина</p> | Бот: нима учун керак? |
|----|--|------------------------------|

| | | |
|----|---|--|
| 9. | <p>Nanobots: a robot (semi- or fully-automated intelligent machine) consisting of components of a few hundred nanometre-dimensions; they are also referred to as nanorobots, nanoids, nanites, nanomachines or nanomites</p>  <p>Нанобот: нанометрли ўлчамлардан ташкил топган компонентли робот (ярим ёки тўлиқ автоматлаштирилган интеграл машина); улар нанороботлар, наноидлар, нанитлар, наномашиналар ёки наномитлар номлари билан ҳам учрайди</p> | Нанобот нима учун керак? Расмдан фойдаланинг! |
|----|---|--|

| | | |
|-----|---|---|
| 10. | <p>Targeted drug delivery: administration of a pharmaceutical compound in desired amount to a localized diseased cell/tissue for therapy</p> | Дориларни мақсадли етказишнинг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг! |
|-----|---|---|

| | | |
|-----|--|--|
| |  <p>Дориларни мақсадли етказиш: терапияда локаллашган зарарланган хужайраларга / тўқималарга керак бўлган микдорда фармацевтик бирикмани киритиш</p> | |
| 11. | <p>DNA chip: a sensor based on a semiconductor microchip used to identify mutations or alterations in a gene</p>  <p>ДНК-чип: гендаги мутацияларни ёки ўзгаришларни идентификациялаш учун қўлланиладиган яримўтказгичли микрочип асосидаги датчик</p> | <p>ДНК-чипнинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |

Назорат саволлари

1. Суюқкристал қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?
2. Шакл хотирали полимерлар асосий хоссаларнинг тушунтиринг?
3. Тўқимали инженериянинг нима учун керак?
4. Биомиметика ва биокерамиканинг асосий принципини тушунтиринг?
5. Электрон бурун ва электрон тил асосий хоссаларнинг тушунтиринг?
6. Нанобот ва дориларни мақсадли етказишнинг асосий принципининг тушунтиринг?
7. ДНК-чипнинг асосий хоссаларнинг тушунтиринг?

Фодаланилган адабиётлар

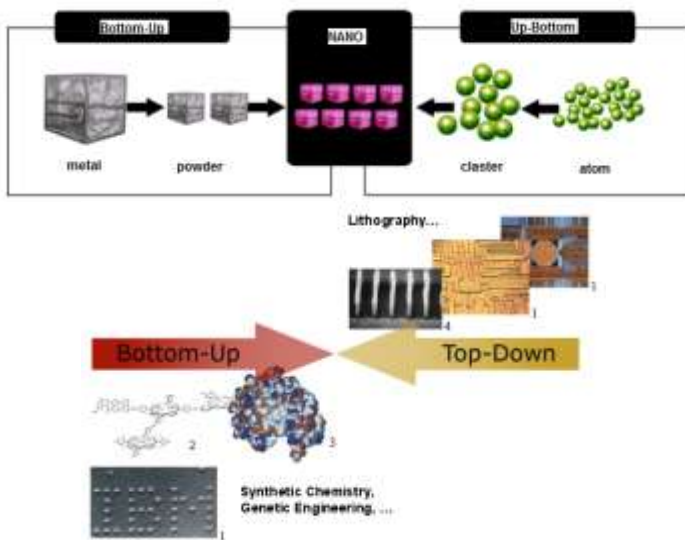
1. David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 79-92.

2. David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 213-226.

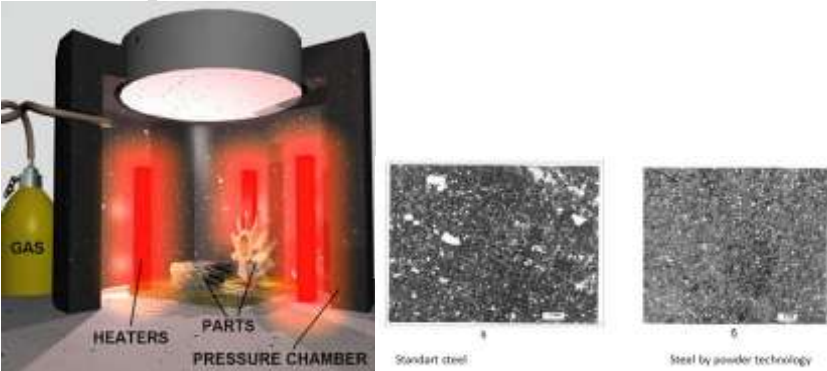
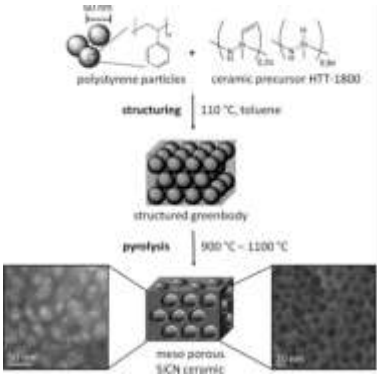
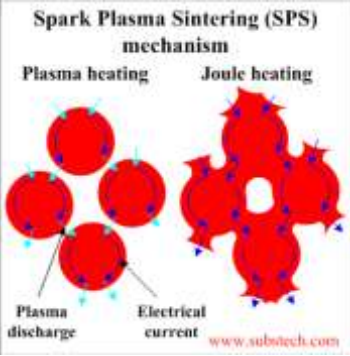
3-амалий машғулот: Наноматериал олиш ва уларни хоссаларни.

Ишдан мақсад:

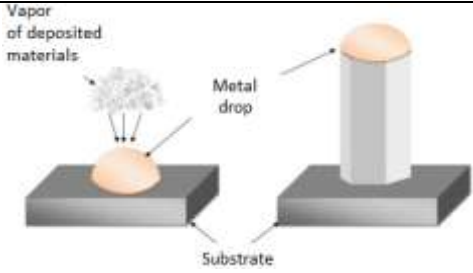
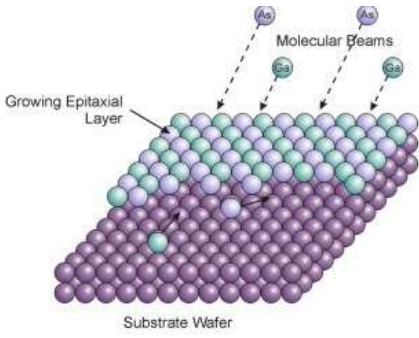

Тагдан-тепага ва Тепадан пастга. Буғ фазасидан физикавий чўктириш (PVD). Плазма. Буғ фазасидан кимёвий чўктириш (CVD). Иссик изостатик преслаш (HIPing). Пиролиз. Учқунли плазмали пишириш (SPS). Тенг каналли бурчакли преслаш (ECAP). Механик қотишмалаш. Буғ-суюқлик-қаттиқ модда усули (VLS). Эпитаксия. Нанолитография. Fab. Коллоид. Нанодисперсия. Ўз-ўзини йиғиш. Аэрогел. Квант нукталари. Бакминстер – фуллерен. Магиксон. Углеродли нанотрубка. Нанотолалар. Наноқобиклар. Наносимлар. Наноматериал. Наностержнлар. Вискерлар. Юпқа пленкалар. Мезофовакли материал. Мультикаватлар.

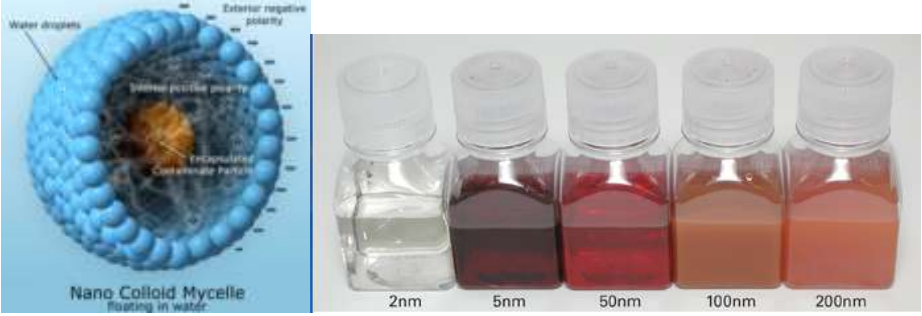
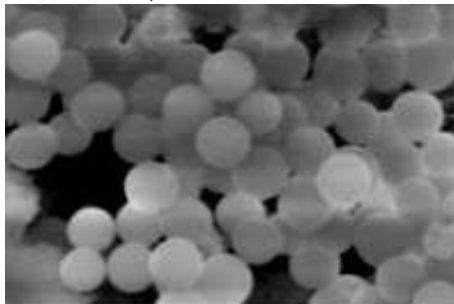
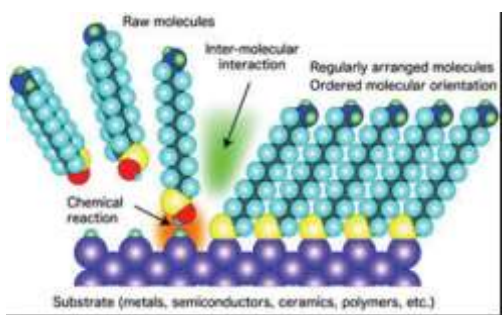
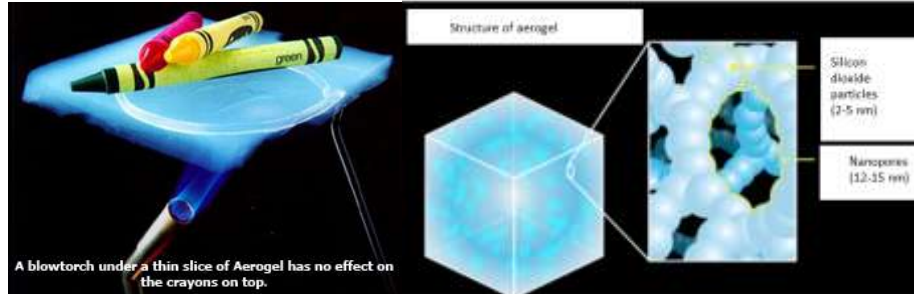
| № | Ишни бажариш учун намуна | Масаланинг кўйилиши |
|----|--|---|
| 1. | <p>Bottom-up: a strategy for synthesizing nanomaterials from atomic scale fundamental units where the fundamental units link up to form nanoparticles/nanostructures</p> <p>Top-down: involves fragmentation of a microcrystalline material to yield a nanocrystalline material; all solid state synthesis routes of nanostructures fall into this category</p>  <p>Тагдан-тепага: асосий бирликлари нанозаррачалар / нанотизимларни ҳосил қилиш билан бирлашадиган атом миқёсидаги асосий бирликларидан наноматериалларнинг синтез қилиш стратегияси</p> <p>Тепадан пастга: нанокристалл материални олиш билан микрокристалл модданинг майдалашни ўз ичига олади;</p> | <p>Тагдан-тепага ва Тепадан пастга: асосий принциплари солиштиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |

| | | |
|-----------|---|---|
| | <p>наноструктураларни синтез қилишнинг қаттиқ моддали йўллари шу категорияга киради</p> | |
| <p>2.</p> | <p>Physical vapour deposition (PVD): a variety of vacuum deposition technique involving vaporization of atoms from target material to produce a thin film on a substrate</p>  <p>RAW MATERIAL (TARGET) Coating Material T EVAPORATED PARTICLES Gas (Ar) C SUBSTRATE Base Material S COATING (FINISH) Coated Part</p> <p>Amorphous silicon on substrate (PVD)</p> <p>Буг фазасидан физикавий чўктириш (PVD): тагликда юпка пленкаларни олиш учун атомларни мўлжал материалдан бўғлатиш иштирокида вакуум чўктиришнинг турли технологиялари</p> | <p>Буг фазасидан физикавий чўктиришнинг асосий принципини тушунтиринг Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>3.</p> | <p>Plasma: a state of matter containing a significantly large fraction of ionized matter; plasma properties differ significantly from those of solids, liquids or gases</p>  <p>Плазма: ионлашган модданинг анчагина катта фракциясини ўзида сақловчи модданинг ҳолати; плазманинг хоссалари қаттиқ моддалардан, суюқликлардан ёки газлардан тубдан фарқ қилади</p> | <p>Плазма температурасини ва хоссаларини принципини тушунтиринг</p> |
| <p>4.</p> | <p>Chemical vapour deposition (CVD): a technique for depositing thin films on a substrate using gaseous reactants</p>  <p>Chemical Vapor Deposition (CVD)</p> <p>Substrate</p> <p>TiCl₄ N₂ AlCl₃ C₂O₂ TiCl₄ C₂H₄ TiCl₄ C₂H₂CH₄ H₂ H₂</p> <p>Буг фазасидан кимёвий чўктириш (CVD): газсимон реагентларнинг қўлланилиши билан юпка пленкаларнинг тагликда чўктириш услуби</p> | <p>Буг фазасидан кимёвий чўктириш (CVD)нинг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |

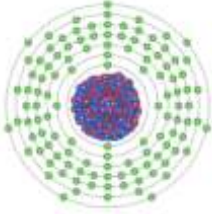
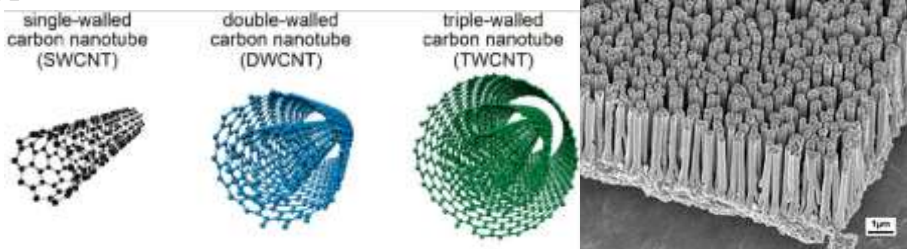
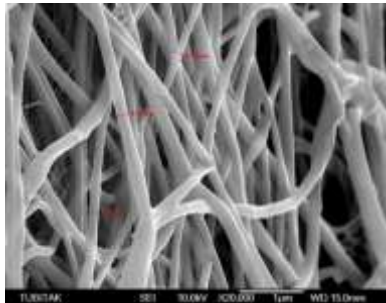
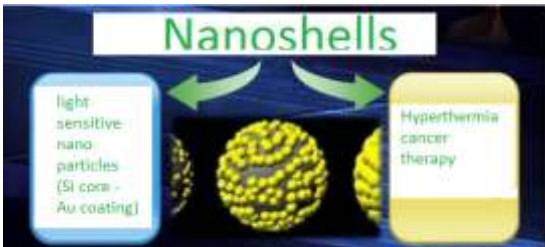
| | | |
|-----------|--|--|
| <p>5.</p> | <p>Hot isostatic pressing (HIPing): the process of using high hydrostatic pressure and temperature to compress fine particles into coherent parts</p>  <p>Исик изостатик преслаш (HIPing): майин заррачаларни яхлит қисмларга сиқиш учун юқори гидростатик босим ва хароратни қўллаш жараёни</p> | <p>Исик изостатик преслашнинг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>6.</p> | <p>Pyrolysis: Greek word denoting separation (lysis) under fire (pyr); a thermochemical method involving decomposition of organic material at elevated temperatures in the absence of oxygen</p>  <p>Пиролиз: аланга(<i>pyr</i>) остида ажратишни (<i>lysis</i>) англатувчи грекча сўз; кислород иштирокисиз юқори хароратларда органик моддани парчалашни ўз ичига олувчи термохимёвий усул</p> | <p>Пиролиз нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>7.</p> | <p>Spark plasma sintering (SPS): a sintering technique using pulsed DC current that directly passes through the graphite die, as well as the powder to be consolidated, in case of conductive samples</p>  <p>Учқунли плазмали пишириш (SPS): графит матрицаси</p> | <p>Учқунли плазмали пиширишнинг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |

| | | |
|-----|--|--|
| | шунингдек ўтказувчан намуналар ҳолатида пиширилаётган кукундан бевиста ўтаётган доимий импульс токи қўлланилишидаги пишириш техникаси | |
| 8. | <p>Equal channel angular pressing (ECAP): a severe plastic deformation technique for producing ultrafine grain structures, which introduces a large amount of shear strain into the materials without changing its shape or dimensions; equichannel angular extrusion (ECAE) is a similar process involving extrusion</p>  <p>Тенгканалли бурчакли преслаш(ЕСАР): шакл ва ўлчамларини ўзгартиришсиз катта микдордаги деформацион силжишни киритувчи ултрадисперс тузилишли заррачаларни ишлаб чиқариш учун пластик деформациянинг оғир техникаси; экструзия иштирокидаги ўхшаш жараённи намоён қилувчи тенг каналли бурчак экструзияси (ECAE)</p> | <p>Тенгканалли бурчакли преслашнинг асосий хоссаларнинг тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| 9. | <p>Mechanical alloying: a solid state process in which grain refinement occurs by repeated deformation, fracturing and cold welding of powder particles in a high-energy ball mill</p> <p>Механикқотишмалаш: юқори энергияли шарли тегирмонда заррачаларнинг қайта деформацияланиши ва ёриқлари натижасида майдаланиши, кукунларнинг заррачалари совуқ пайванладиган қаттиқ жисмдаги жараён</p> | <p>Механикқотишмалашнинг асосий принципининг тушунтиринг?</p> |
| 10. | <p>Vapour–liquid–solid method (VLS): a mechanism for the growth of one-dimensional nanostructures, such as nanowires, from chemical vapour deposition; to enhance the efficiency and kinetics for the growth of crystals, a catalytic liquid alloy phase which can rapidly adsorb a vapour to supersaturation levels is used</p> | <p>Буғ-суюқлик-қаттиқ модда усулининг асосий принципининг</p> |

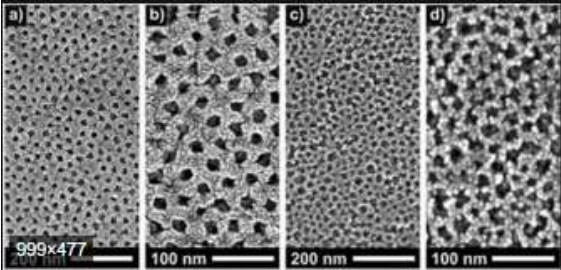
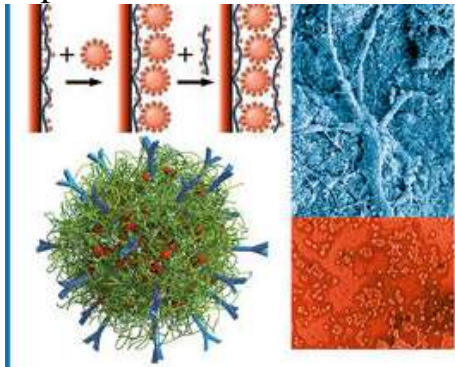
| | | |
|------------|---|---|
| |  <p>Буғ-суюқлик-қаттиқ модда усули (VLS): буғ фазасидан кимёвий чўктиришдаги наносимлар каби бирўлчамли наноструктураларнинг ўсиши учун механизм; кристалларнинг ўсиши ва кинетикаси самарадорлигини ошиши учун қўлланилади, каталитик суюққотишмали фаза буғларни ўтатўйинганлик даражасигача тезда адсорбциялаши мумкин</p> | <p>тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>11.</p> | <p>Epitaxy: growth of a secondary phase maintaining a perfect crystallographic registry (coherency) with the underlying substrate</p>  <p>Эпитаксия: асосий таглик билан кристаллографик тартибни (когерентликни) таъминлаш учун иккиламчи фазанинг ўсиши</p> | <p>Эпитаксиянинг асосий хоссаларининг тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>12.</p> | <p>Fab: a microfabrication facility consisting of clean rooms and controlled deposition process for the fabrication of semiconductor devices and ICs Fab: интеграл схемалар ва ва яримўтказгичли асбобларни ишлаб чиқариш учун назорат қилинувчи чўктириш жараёнлари ва тоза хоналардан ташкил топган микротехнологик объект</p>  | <p>Fab нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>13.</p> | <p>Colloid: a homogenous suspension of a dispersoid in a continuous medium; it may be a solid, liquid or gas</p> | <p>Коллоид қандай таркибий</p> |

| | | |
|------------|--|---|
| |  <p>Коллоид: ўзлуксиз мухитдаги дисперсияланган модданинг бир турдаги суспензияси; қаттиқ, суюқ ёки газсимон бўлиши мумкин.</p> | <p>қисмлардан ташкил топган? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>14.</p> | <p>Nanofluid: colloidal suspension of nanoparticles of metals, ceramic, carbon nanotubes, etc.</p>  <p>Нанодисперсия: металллар, керамик, углеродли нанотрубкалар ва хкз нанозаррачаларнинг коллоид суспензияси</p> | <p>Нанодисперсия қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?</p> |
| <p>15.</p> | <p>Self-assembly: process in which the components interact within themselves to form aligned or organized structures without any external force</p>  <p>Ўз-ўзини йиғиш: бирор бир ташқи куч таъсирисиз бир теккис ёки ташкиллаштирилган тузилиш ҳосил қилиш учун компонентларнинг ўз ичида ўзаро таъсирлашув жараёни</p> | <p>Ўз-ўзини йиғишнинг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>16.</p> | <p>Aerogel: a porous solid formed from a gel in which the liquid is replaced with a gas with gas entrapment</p>  <p>A blowtorch under a thin slice of Aerogel has no effect on the crayons on top.</p> | <p>Аэрогел қандай таркибий қисмлардан ташкил топган? Расмдан фойдаланинг!</p> |

| | | |
|------------|---|---|
| | <p>Аэрогел: суюқлиги ютилган газ билан ўриналмашган гелдан олинган ғоваксимон қаттиқ чўкма</p> | <p>инг!</p> |
| <p>17.</p> | <p>Quantum dots: 0D nanostructures in which electron energy states are confined in all three spatial dimensions; their electronic properties are between that of cluster*s and bulk semiconductors</p>  <p>Color of CdSe - CdS colloids is a function of quantum dots sizes</p> <p>Квантнуқталари: электронларнинг энергия ҳолатлари барча учта кенглик ўлчамларида аниқланадиган 0D наноструктуралар; уларнинг электрон хоссалари кластерлар ва яримўтказгичлар орасида бўлади</p> | <p>Квантнуқталари нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>18.</p> | <p>Buckminster fullerene: a spherical molecule with the formula C₆₀, named in homage to Richard Buckminster Fuller, due to its resemblance to the geodesic dome designed by him; Buckminster fullerene is the first fullerene molecule to be discovered and is also the most common in terms of natural occurrence, as it can be found in small quantities in soot</p>  <p>Бакминстер - фуллерен: Ричард Бакминстер Фуллерен томонидан лойихалаштирилган геодезик гумбазга ўхшаши туфайли унинг шарафига номланган C₆₀ формулали доирасимон молекула; Бакминстерфуллерен – фуллереннинг дастлабки топилган молекуласи ҳисобланади, шу билан бирга қурумда оз миқдорда топилиши мумкин бўлганлиги учун табиий ҳосил бўлиши нуқтаи назаридан энг кўп тарқалган ҳисобланади.</p> | <p>Бакминстер – фуллерен қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?</p> |
| <p>19.</p> | <p>Magic number: a critical number of atoms in a cluster size providing it higher structural and potential stability</p> | <p>Магиксон тушунтиринг? Атом</p> |

| | | |
|-----|---|--|
| |  <p>Магиксон: анчагина юқори бўлган структуравий ва потенциал турғунликни таъминловчи кластердаги атомларнинг критик сони</p> | <p>тузилиши нинг фойдаланиши!</p> |
| 20. | <p>Carbon nanotube (CNT): an allotrope of carbon with cylindrical nanostructure and having high aspect ratios; their unusual electronic and magnetic properties find wide applications</p>  <p>Углеродли нанотрубка (CNT): тасвир форматининг юқори ўзгартирилиб туришли цилиндрсимон наноструктурали углероднинг аллотропик шакли; уларнинг ўзгача бўлган электрон ва магнит хоссалари кенг қўлланилади.</p> | <p>Углеродли и нанотрубканинг синфланишининг тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| 21. | <p>Nanofibre: fibres with diameter less than 100 nm</p>  <p>Нанотолалар: 100 нм дан кичик бўлган диаметрли толалар</p> | <p>Нанотолаларнинг асосий хоссаларининг тушунтиринг?</p> |
| 22. | <p>Nanoshells: a thin coating over a core object a few tens of nanometres in diameter</p>  <p>Наноқобиклар: диаметри бир неча ўнликдаги нанометрда бўлган объект ядроси устидаги юпқа қобик</p> | <p>Наноқобиклар қандай таркибий қисмлардан ташкил топган? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| 23. | <p>Nanowires: 1D nanostructures with width of nanometric dimensions and exhibiting aspect ratios of 1000 or more</p> | <p>Наносимлар нима</p> |

| | | |
|------------|---|---|
| |  <p>Наносимлар: нанометр ўлчамли кенгликдаги ва геометрик ўлчамларининг нисбати 1000 ва ундан юкори бўлган 1D наноструктуралар</p> | <p>учун керак?</p> |
| <p>24.</p> | <p>Nanomaterial: class of materials in which at least one of the dimensions is on the nanoscale (<100 nm)</p>  <p>Наноматериал: бирон бир ўзгариши нано даражада (<100 нм) бўлган материалларнинг синфи</p> | <p>Наноматериалларнинг қандай синфлари бор?</p> |
| <p>25.</p> | <p>Nanorods: 3D nanostructures with aspect ratio typically in the range of 3–5; all their dimensions are in the range 1–100 nm</p>  <p>Наностержилар: ёқларининг нисбати 3-5 диапазонида бўлган 3D наноструктуралар; уларнинг барча ўлчамлари 1-100 нм диапазонида бўлади</p> | <p>Наностержилар қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?</p> |
| <p>26.</p> | <p>Whiskers: thin fibrous growth of a dislocation free crystal</p>  <p>Вискерлар: эркиндислокацияланадиган кристаллнинг нозик толали ўсиши</p> | <p>Вискерлар нима учун керак?</p> |
| <p>27.</p> | <p>Thin films: atomically engineered layers with film thickness usually in the range of nanometers to a maximum of a few microns</p>  <p>Юпқа пленкаларнинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан</p> | <p>Юпқа пленкаларнинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан</p> |

| | | |
|-----|---|--|
| | Юпқа пленкалар: атомар конструкцияланган қаватлар нанометрдан максимум бир неча микронгача бўлган диапазонда бўлган қалинликдаги пленкалар | фойдаланинг! |
| 28. | <p>Mesoporous: porous materials with regularly arranged, uniform mesopores (2–50 nm in diameter); their large surface areas make them useful as adsorbents or catalysts</p>  <p>Мезоғовакли: бир меърада бер текис жойлашган мезоғовакли (диаметри 2-50 нм) ғоваксимон материаллар; юза сиртининг катталиги уларни адсорбент еки катализаторлар сифатида фойдали қилади</p> | <p>Мезоғовакли материалларнинг асосий хоссаларини тушунтиринг?</p> <p>Расмдан фойдаланинг!</p> |
| 29. | <p>Multilayers: thin films of differing chemistry or structure deposited one over the other</p>  <p>Мултиқаватлар: бир-бирига жойлаштирилган турли хил кимёвий таркибли ёки структурали юпқа пленкалар</p> | <p>Мултиқаватлар: нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</p> |

Назорат саволлари

1. Буғ фазасидан физикавий чўктиришнинг (PVD) ва буғ фазасидан кимёвий чўктириш (CVD) инг асосий принципини солиштиринг?
2. Иссик изостатик преслашнинг во тенгканалли бурчакли преслашнинг асосий принципининг тушунтиринг?
3. Пиролиз ва учқунли плазмали пишириши нима учун керак?
4. Механик қотишмалашнинг асосий принципининг тушунтиринг?
5. Буғ-суюқлик-қаттиқ модда усулининг асосий принципининг тушунтиринг?
6. Эпитаксиянинг асосий хоссаларнинг тушунтиринг?
7. Коллоид ва нанодисперсия қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?
8. Квантнукталари, бакминстер – фуллерен, углеродли нанотрубканинг синфланишининг тушунтиринг?
9. Нанотолаларнинг, наноқобиклар, наносимлар, наностержнлар, вискерлар мисол келтиринг?

10. Юпқа пленкаларнинг ва мезофовакли материалларнинг нима учун керак?

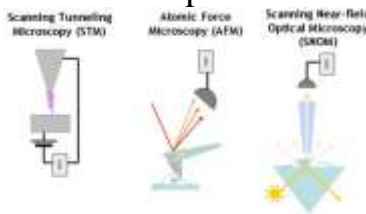
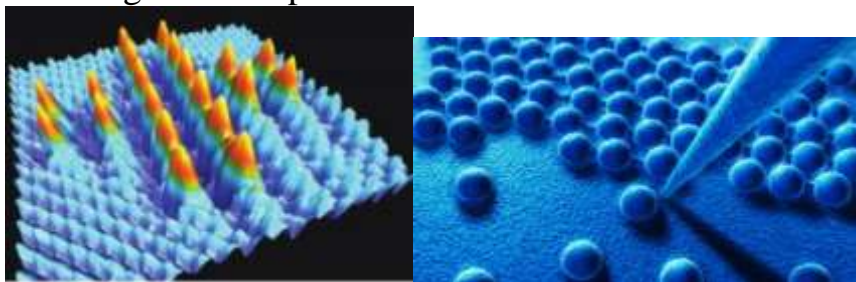
Фойдаланилган адабиётлар

- David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 153-197

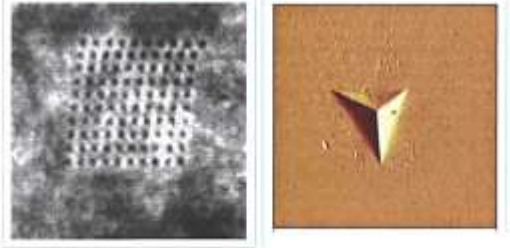
4-амалий машғулот: Нанометрология.

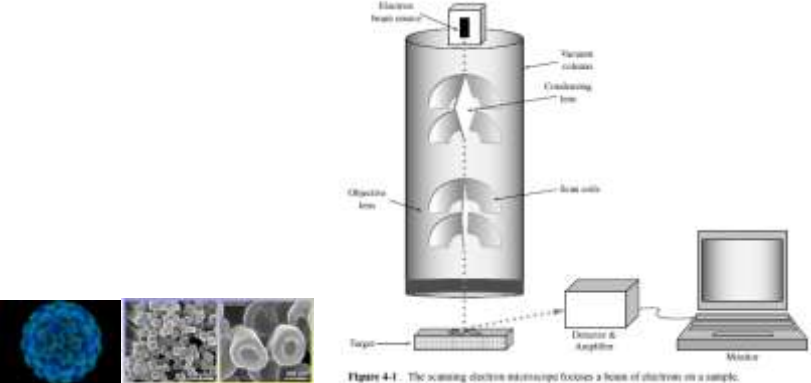
Ишдан мақсад:

Атом-кучланишли микроскопия (AFM). Атом манипуляцияси. Нанолитография. Наноиндентификациялаш. Электрон микроскоп. Микрокантилевер. Сканирловчи яқин худудли оптик микроскопия (SNOM). Рентгенфотоэлектронспектроскопия (XPS). Ўта ўқувчан квантиферометр (SQUID).

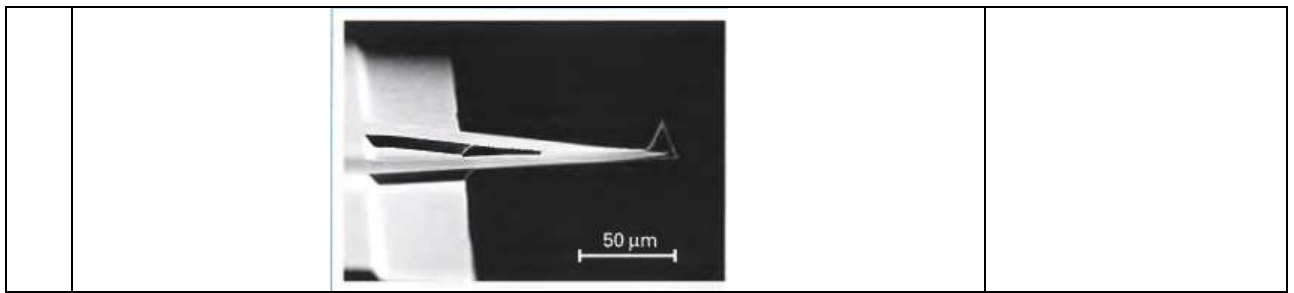
| № | Ишни бажариш учун намуна | Масаланинг кўйилиши |
|----|--|---|
| 1. | <p>Atomic force microscopy (AFM) or scanning probe microscopy (SPM): a high-resolution device used to map topography or other functional properties of the surface atoms at atomic resolution capabilities</p>  <p>Атом-кучланишли микроскопия (AFM) ёки сканерловчи зондмикроскопияси (СЗМ): атом кўрсаткичли юзадаги атомларнинг тасвирини ёки бошқа функционал хоссаларини тасвирлаш учун қўлланилувчи юқори кўрсаткичли қурилма</p> | <p>Атом-кучланишли микроскопия (AFM) ёки сканерловчи зондмикроскопияси (СЗМ) асосий принципини тушунтиринг. Расмдан фойдаланинг!</p> |
| 2. | <p>Atomic manipulation: atom by atom modification of surface structure or chemistry made possible by advanced techniques like atomic force microscope and scanning tunnelling microscope</p>  <p>Атом манипуляцияси: атом-кучланишли микроскопия ва сканерловчи тунелли микроскоп каби илғор усуллар туфайли имконияти туғилган юзанинг</p> | <p>Атом манипуляциясининг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | тузилишини атом ортидан атом еки кимёвий модификациялаш | |
|--|---|--|

| | | |
|----|--|--|
| 3. | <p>Nanoindentation: an indentation hardness test applied to nanoscale volumes at small loads to obtain the hardness of individual nanoparticles</p>  <p style="text-align: center;">Nanoindenter prints</p> <p>Наноиндентификациялаш: наноўлчамли хажмларга қўлланилувчи босишдаги қаттиқлик тести, кичик босимларда алоҳида нанозаррачаларнинг қаттиқлигини аниқлаш учун</p> | <p>Наноиндентификациялашнинг асосий принципнинг тушунтириг? Расмдан фойдаланиг!</p> |
|----|--|--|

| | | |
|----|--|---|
| 4. | <p>Electron microscope: a microscope that focusses a collimated accelerated electron beam on the specimen to produce a magnified image at atomic resolution</p>  <p style="text-align: center;">Figure 4-1. The scanning electron microscope focuses a beam of electrons on a sample.</p> <p>Электронмикроскоп: тезлаштирилган электронларнинг коллимирилган дастасини намунага фокуслаб атом ўлчамидаги катталаштирилган тасвирни олиш учун қўлланиладиганмикроскоп</p> | <p>Электронмикроскоп инг асосий хоссаларнинг тушунтириг? Расмдан фойдаланиг!</p> |
|----|--|---|

| | | |
|----|--|--|
| 5. | <p>Microcantilever: a cantilever beam with dimensions in the micrometer scale that is extensively used in the field of MEMS, sensors, resonators, etc.</p> <p>Микрокантилевер: микрометр миқёсидаги ўлчамли кантиливерли нур, MEMS соҳасида, датчикларда, резонаторларда ва хкз кенг қўлланилади</p> | <p>Микрокантилевер нима учун керак? Расмдан фойдаланиг!</p> |
|----|--|--|



6. Scanning near-field optical microscopy (SNOM): illuminates a specimen through an aperture of a size smaller than the wavelength of light used and with the specimen positioned within the near-field regime of the source; by scanning the aperture across the sample through a conventional objective, an image can be formed


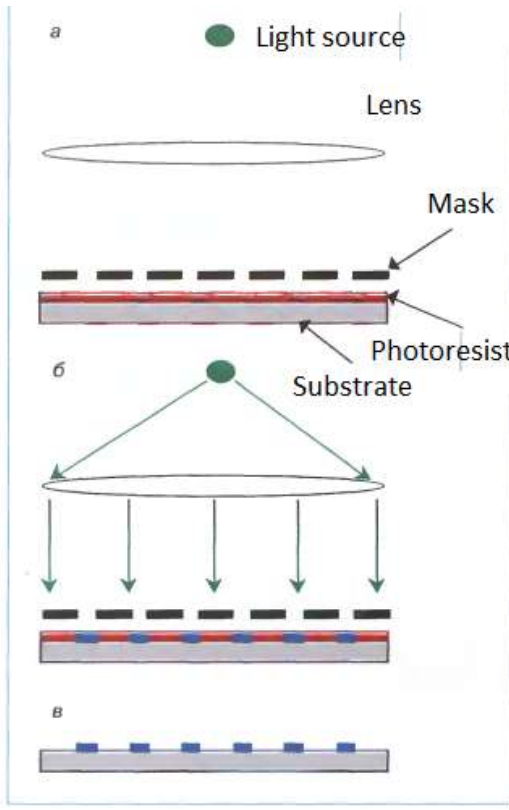

Сканирловчи оптикмикрокопия(SNOM): ишлатилаётган нурнинг тўлқин узунлигидан кичик бўлган ўлчамдаги тирқиш орқали ёритади, намунани яқинхудудли манба режимини доирасида жойлаштирилади; оддий объектив ёрдамида намунадаги диафрагманинг сканерлаш йўли билан тасвир шаклланиши мумкин бўлади

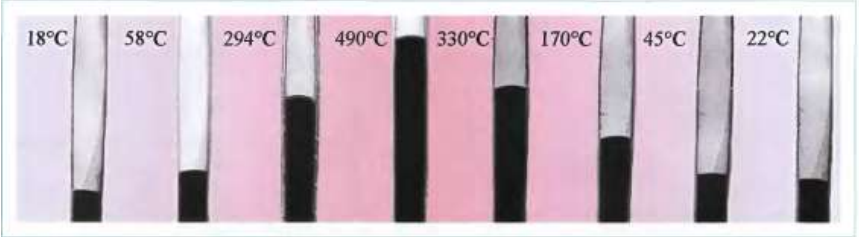
Сканирловчи яқинхудудли оптикмикрокопиянинг асосий принципининг тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!

7. X-ray photoelectron spectroscopy (XPS): a quantitative surface chemical analysis technique that measures the elemental composition; the technique involves characterization of photoelectrons produced by irradiating a solid material with x-rays

Рентгенфотозлектронспектрокопия (XPS): кимёвий модданинг юзасини миқдорий анализ қилиш услуги, элемент таркибини аниқлайди; Усул, рентген

Рентгенфотозлектронспектрокопиянинг асосий принципининг тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!

| | | |
|-----------|---|--|
| | <p>нурлари билан каттик модданинг нурлаш ёрдамида олинган фотоэлектронларнинг тавсифини ўз ичига олади</p> | |
| <p>8.</p> | <p>Superconducting quantum interference device (SQUID): a device capable of measuring extremely weak magnetic fields</p>  <p>Ўтаўказувчан квантинтерферометр (SQUID): ўта кучсиз магнит майдонларини ўлчаш имкониятига эга мослама</p> | <p>Ўтаўказувчан квантинтерферометр (SQUID) қандай таркибий қисмлардан ташкил топган? Расмдан фойдаланинг!</p> |
| <p>9.</p> | <p>Nanolithography: a nanofabrication technique for patterning nanoscale features; used extensively in the fabrication of ICs and NEMS</p>   <p>Нанолитография: наноўлчамли деталларни шакллаш учун нано ишлаб чиқариш техникаси; интеграл</p> | <p>Нанолитографиянинг асосий принципнинг тушунтириг? Расмдан фойдаланинг!</p> |

| | | |
|-----|--|--|
| | схемалар ва NEMSлар ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади | |
| 10. | <p>Melting point oscillation: the phenomenon of suppression of melting point followed by elevation as the particle size is reduced from bulk to sub-nanometre size</p> <p>Суюқланиш хароратининг осцилляцияси: заррачаларнинг ўлчами ассосий массадан субнанометргача камайиб миқдорининг ошиши натижасидаги суюқланиш хароратинибостириш ходисаси</p>  <p>Nanothermometer (Ga in Carbon nanotube)</p> | <p>Суюқланиш хароратининг осцилляцияси ва нанотермометрнинг ассосий принципининг тушунтиринг?</p> |

Назорат саволлари

1. Атом-кучланишли микроскопия (AFM), сканерловчи зонд микроскопияси (СЗМ) ва атом манипуляциясининг ассосий принципини солиштиринг?
2. Наноиндентификация ва нанолитографиянинг ассосий принципининг тушунтиринг?
3. Микрокантилевер нима учун керак?
4. Электрон микроскопия ва сканирловчи яқин худудли оптик микроскопиянинг ассосий принципининг тушунтиринг?
5. Ўта ўқазувчан квантинтерферометр (SQUID) ва рентгенфотоелектронспектрокопия нима учун керак?

Фодаланилган адабиётлар

1. David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 197-212.

5- амалий машғулот:

Композицион материаллар ишлаб чиқаришда мустаҳкамлаштирувчи компонентларни хоссаларини ўрганиш

Ишнинг мақсади:

Композицион материаллар ишлаб чиқаришда қўлланадиган толасимон ва заррасимон мустаҳкамловчи компонентларни хоссаларини ўрганиш.

Элементар толаларнинг асосий механик хоссалари.

Ишнинг мақсади: Элементар толаларнинг механик хоссаларини ўрганиш.

Тола – бу кўндаланг кесим юзанинг кичик кесимида бўйлама ўлчамларининг кўндаланг ўлчамларига нисбатан катта қийматга (10-100 дан кам эмас) эга бўлган материалдир.

Кўпгина толалар чўзилишда юқори механик хоссалар ва юқори эластиклик модулига эгадирлар. Бундай кўрсаткичлар юқори механик хоссаларга эга композицион материаллар (КМ) олишда асосий кўрсаткичлар ҳисобланади.



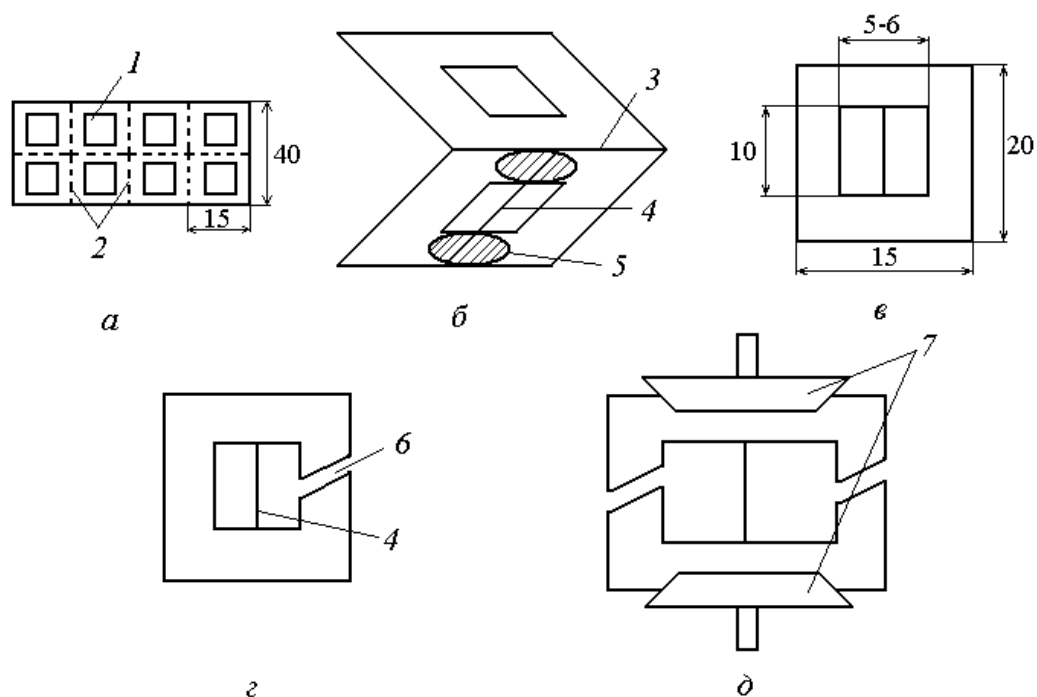
Элементар толаларни механик хоссаларини аниқлаш ГОСТ 6943.5–79 га асосан олиб борилади. Синов учун элементар толадан кесиб олинган ва рамкага қотирилган намуналар қўлланилади. Рамкалар 10 мм узунликда ва 5–6 мм кенгликда тешик кўринишида зич қоғоздан қирқиб олинади (расм 1, а, б).

Намунани бузилишигача юкланиш бериш махсус асбобда амалга оширилади (расм 2). Максимал юкланиш F динамометр шкаласи бўйича аниқланади, толанинг узунлиги бўйича ўзгариши Δl – деформация шкаласи ёки горизонтал микроскоп (катетометр) орқали аниқланади. Талаб этилганда деформация диаграммаси тузилади (F – Δl боғлиқлик).

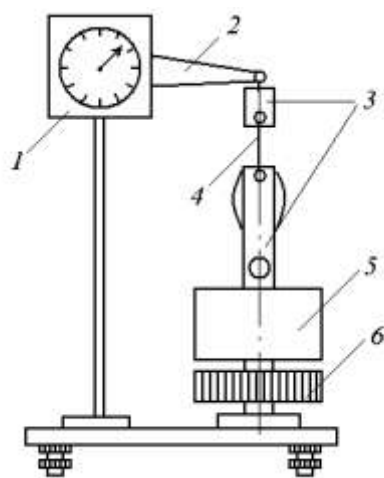
Қуйида баъзи элементар толаларнинг чўзилишидаги диаметр d нинг, бузувчи кучланиш σ_p ва эластиклик модули E_p нинг қийматлари келтирилган (жадвал 1).

Жадвал 1. Элементар толаларнинг кўрсаткичлари.

| Тола тури | d , мкм | σ_p , МПа | E_p , ГПа |
|--------------------------------|-----------|------------------|-------------|
| Шиша толаси | 6–20 | 3450 | 70–73 |
| Юқори мустаҳкам углеродли тола | 7,5–8 | 2500–3500 | 200–250 |
| Юқори модулли углеродли тола | 7,5–8 | 2000–2500 | 300–700 |



Расм 1. Элементар толалардан механик синов учун намуна олиш. (а–д – тайёрлаш босқичлари): 1 – тешиқлар; 2 – кесиш чизиқлари; 3 – буқиш чизиқлари; 4 – элементар тола; 5 – клей; 6 – кесик; 7 – қисқичлар.



Расм 2. Элементар толаларни бузувчи кучланиш ва эластиклик модулини аниқлаш учун асбоб. 1 – динамометр; 2 – ричаг; 3 – қисқичлар; 4 – тола; 5 – стойка; 6 – деформация шкалали маховик.

Бир томонга йўналтирилган толали тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлигини аниқлаш

Ишининг мақсади: Элементар толалар мустаҳкамлигини ип ва боғичлар мустаҳкамлигидан фарқини кўрсатиш.

Элементар толаларнинг хоссалари маълум даражада бошқа турдаги толаларнинг хоссаларини аниқлайди. Бунда бу хоссаларни амалга ошириш қайта ишлаш усули ва харақтерига боғлиқ бўлади. Шунинг учун бир

томонлама йўналтирилган тўлдирувчиларнинг механик хоссалари элементар толаларнинг механик хоссаларидан паст бўлади.

Мустаҳкамловчи тўлдирувчиларни асосий механик хоссалари эластиклик модули ва чўзилишдаги бузилиш кучланиши ҳисобланади.



Бу синовларда рамкаларга қотирилган кесма намуналар қўлланилади. Намунага Р-05 типдаги универсал машинада бузулгунча 60-100мм/мин ўзгарувчан тезликда юкланиш берилади. Берилган кучланишларни куч ўлчаш шкаласи бўйича ўлчанади.

Керак бўладиган асбоблар ва материаллар: шиша ип ва шиша боғлардан кесмалар, намуналарни маҳкамлаш учун рамкалар, қайчилар, клей, синовчи машина.

Ишнинг бориш тартиби. Синов олиб бориш ва намуналарни тайёрлаш ГОСТ 6943.10–79 га мувофиқ олиб борилади.

220 мм узунликдаги ип кесмалари рамкаларга қотирилади. Елимланган иплар намуналарга ажратилади ва синов машинаси қисқичларига қотирилади. Бунда елимланган қисм 8-10 мм ташқарига чиқиб туриши, қисқичлар орасидаги масофа 100 ± 1 мм ни ташкил этиши керак.

Намуналарга 60-100 мм/мин тезликда синов машинасида кучланиш берилади ва бузилиш вақтидаги юкланиш қайд қилинади. Олинган қийматлар бўйича чўзилишдаги мустаҳкамлик σ_p (МПа) қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A},$$

Бу ерда F_p – бузувчи юкланиш, Н; $A = \frac{T}{\rho} \cdot 10^{-3}$ – толанинг умумий юзаси, мм²;

T – тўлдирувчининг чизиқли зичлиги (маълумотномадан олинади); ρ – тўлдирувчи материали зичлиги, г/см³.

Эксперимент камида ўн марта қайтарилади ва ўртача қиймати олинади. Олинган натижалар худди шу турдаги элементар тола натижалари билан солиштирилади ва хулосалар чиқарилади. Олинган натижалар қайд этилади.

Бир томонга йўналтирилган толали тўлдирувчиларни эластиклик модулини аниқлаш.

Керак бўладиган асбоблар ва материаллар: шиша ип ва шишабоғламлар кесмалари, рамкалар, клей, синов машинаси, катетометр, штангенциркуль.

Иш тартиби. Рамкаларга қотирилган намуналарга намунанинг марказидан юқори ва паст томонга 25 мм масофада бўёқ билан белги қўйилади.

Белгилар орасидаги масофа l_0 (катетометр, штангенциркул ёрдамида) бошланғич юкланиш F_0 да ўлчанади. Намунага секин аста юкланиш ΔF F_1 кучгача берилади ва намунанинг узунлиги Δl ўлчанади. Синов 2-3 марта

такрорланади ва намунанинг ўртача чўзилганлиги аниқланади.

Тўлдирувчининг элатиклик модули E_p (МПа) қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$E_p = \frac{\Delta F \cdot l_0}{\Delta l \cdot A},$$

Бу ерда ΔF – ўсиб борувчи юкланиш, Н; l_0 – белгилар орасидаги масофа, мм; Δl – чўзилган намуна узунлиги, мм; A – толанинг умумий юзаси, мм².

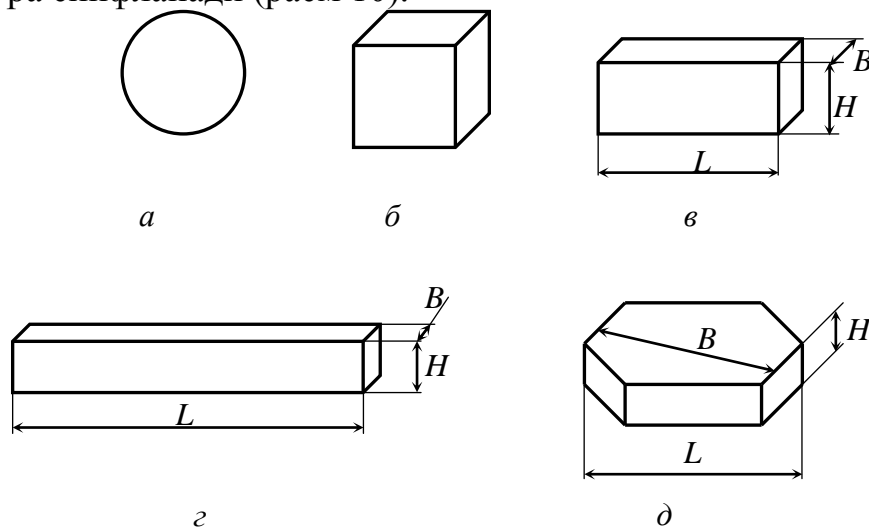
Эксперимент камида ўн марта қайтарилади ва ўртача қиймати олинади. Олинган натижалар худди шу турдаги элементар тола натижалари билан солиштирилади ва хулосалар чиқарилади. Олинган натижалар қайд этилади.

Композицион материаллар ишлаб чиқаришда заррасимон тўлдирувчиларни грануламетриқ таркиби ва хоссаларини ўрганиш.

Ишнинг мақсади: тўлдирувчиларнинг асосий геометрик тавсифини аниқлаш.

Тўлдирувчиларни танлаш аввало, унинг зарраларининг ўлчамлари ва зарраларнинг шакли ва тавсифига боғлиқ.

Заррали материаллар тавсифий ўлчамлари нисбатига боғлиқ ҳолда шаклига кўра синфланади (расм 10).



Расм 3. Тўлдирувчи зарраларни ўлчами ва турлари:

a – сфера; b – куб; c – параллелепипед; d – толасимон; e – тангасимон.

L – узунлик; H – баландлик; B – кенглик.

Кўпгина тўлдирувчиларнинг зарраларининг шакли бир – биридан кескин фарқ қилади. Шунинг учун уларнинг юзасининг зарраси синфланиш учун хизмат қилади. Бу мақсадда зарраларни ўлчамини тавсифлайдиган тушунча-эквивалент сфера диаметри (ЭСД) киритилган.

Калта толали тўлдирувчиларнинг геометрик ўлчам ва заррасининг шаклини аниқлаш

Керак бўладиган асбоблар ва материаллар: ёғоч қириндиси, шоя толаси, льнокостра, микроскоп, штангенциркуль, микрометр.

Иш тартиби. Текис юзага маълум миқдордаги тўлдирувчи бир текис ёйилади. Ўлчаш учун штангенциркуль ёки микрометр, жуда майда зарралар учун эса ($<0,1$ мм) микроскоп ишлатилади.

Зарранинг тегишли ўлчамлари аниқланади (узунлиги, кенглиги, қалинлиги) ва максимал ва минимал ўлчамларнинг нисбати аниқланади.

Турли тўлдирувчилар зарраларининг шакли аниқланади ва чизилади. Олинган натижалар 5 жадвалга ёзиб борилади.

Кукунсимон тўлдирувчилар зарраларининг шакли ва ўлчамларини аниқлаш.

Керак бўладиган асбоблар ва материаллар: турли типдаги кукунсимон тўлдирувчилар, типова, микроскоп, шиша предметлар.

Ишнинг тартиби. Зарраларни шакли ва ўлчамларини аниқлаш учун маълум миқдордаги тўлдирувчи олдиндан намланган шиша предмет юзасига жойланади ва устидан иккинчи шиша билан ёпилади. Бунда тўлдирувчини текис тақсимланиши ва зарраларининг бир-биридан алоҳида – алоҳида бўлишига эътибор берилади.

Намуна микроскоп столчасига ўрнатилади. Керак бўлган катталаштириш ва кескинлик танланади. Зарраларнинг шакли аниқланиб чизиб борилади. Зарраларнинг асосий ўлчамлари ва ЭСД ҳисобланади.

Тўлдирувчиларнинг гранулометриқ таркибини ўрганиш.

Ишнинг мақсади: Таҳлилнинг элақлар усулини ўрганиш.

Тўлдирувчини танлашда аввало унинг зарраларининг ўлчамлари ва ўлчамлар бўйича тақсимланганлиги аниқланади.

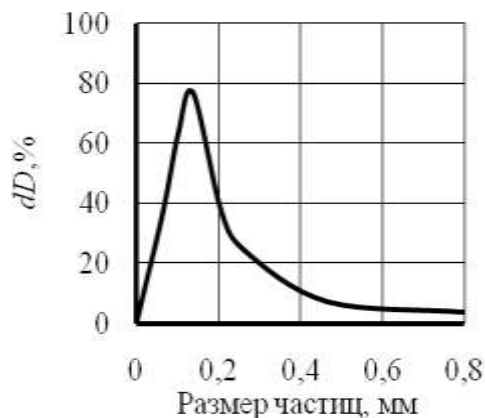
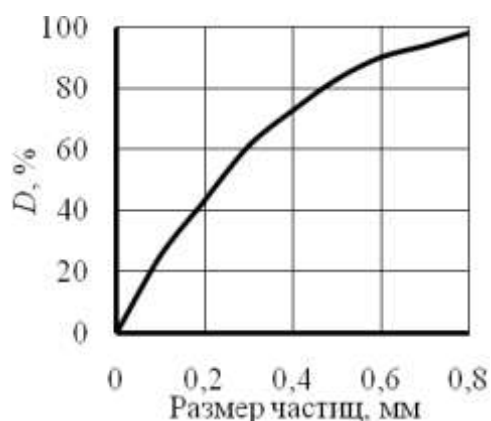
Кукунсимон материалларнинг гранулометриқ таркиби кукундаги турли ўлчамдаги зарраларнинг ўзаро нисбати ва қанча миқдордан мавжудлиги тўғрисида маълумот олишга ёрдам беради.

Зарраларнинг ўлчамини аниқлашнинг бир нечта усуллари мавжуд: элақлар ёрдамида (зарралар ўлчами 0,06 дан 19 мм гача), микрометриқ (0,001дан 0,06 ммгача), седиментацион (0,0001дан 0,06 ммгача).



Элақлар усули материал намунасининг стандарт элақлар тўпламидан ўтказиш орқали фракцияларга ажратишга асосланган. Бу усул дисперс анализнинг асосий усули ҳисобланади. Лекин бу усул зарраларнинг ҳақиқий ўлчамларини аниқлай олмайди.

Гранулометриқ таркибни аниқлашда ажралиш даражаси тақсимланиши D (расм 11, а) ва фракцияларнинг нисбий сақланиши dD (расм 11, б) зарра ўлчамлари δ га боғлиқликлари тузилади.



a

Б

Расм 4. Ажралиш даражаси тақсимланиш функция кўринишлари (а) ва фракцияларнинг зарра ўлчамига нисбийлиги (б).

Майда дисперс материаллар ўлчамини аниқлашда асосан седиментацион усул қўлланилади.

Микроскопик усул зарраларнинг чизикли ўлчамларини аниқлашдаги энг аниқ усул ҳисобланади, лекин анча меҳнат ва вақт талаб этади.

Амалий машғулот вазифалари:

1- вазифа.

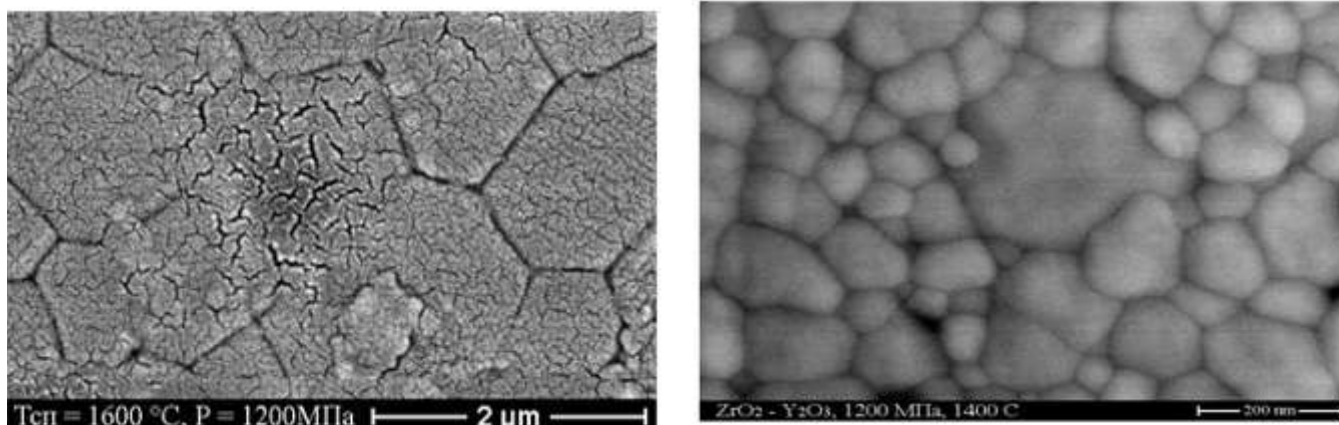
Жадвалда келтирилган қийматлар асосида материал ўлчамларига боғлиқ ҳолда фракцияларни мавжудлиги диаграммасини тасвирланг.

Сармат қумининг гранулометрик таркиби

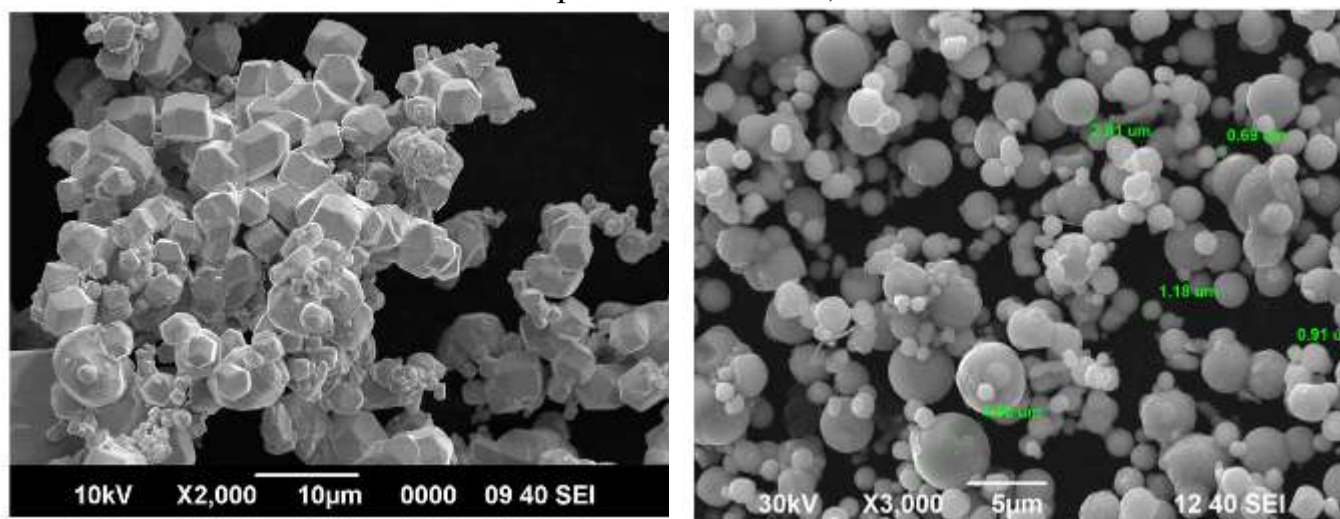
| Проба № | Заррачалар миқдори, мас.% | Элакдаги тешиklar ўлчамлари , мм | | | | | 0,14 элакдан ўтган |
|---------|---------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|--------------------|
| | | 2,5 | 1,25 | 0,63 | 0,3 | 0,14 | |
| 94 | 1,6 | 0,6 | 2,1 | 17,3 | 84,4 | 98 | 1,9 |
| 95 | 6,8 | 1,5 | 4,3 | 20,7 | 69,7 | 95,3 | 4,6 |
| 98 | 22,6 | - | 1,1 | 4,9 | 42,3 | 87,5 | 12,1 |
| 99 | 16,1 | - | - | 0,6 | 24,4 | 83,1 | 16,8 |
| 100 | 22,7 | - | - | 1 | 26,6 | 78,9 | 20,6 |
| 101 | 2,8 | 0,3 | 1,3 | 13,8 | 67,6 | 96,2 | 3,4 |
| 102 | 2,7 | - | 0,2 | 2,8 | 37,6 | 92,9 | 6,8 |

2- вазифа.

Келтирилган микроскопик 5,6-расмлардан фойдаланиб, асосий кристалл фазалар ўлчамларини аниқланг.



Расм 5. Керамик материалнинг электрон-микроскопик расми. (электронный микроскоп ЭВМ-100)



Расм 6 – Вольфрам карбиди ва темир кукунларининг электрон-микроскопик расмлари.

Назорат саволлари:

1. Бир томонлама йўналган толали тўлдирувчиларни келтиринг ва тушунтиринг.
2. Толасимон тўлдирувчиларни юкланишдаги ҳолати нима мақсадда ўрганилади?
3. Чизиқли зичлик нимани тавсифлайди, нималарга боғлиқ ва қандай аниқланади?
4. Элементар тола ва бир томонлама йўналган толасимон тўлдирувчиларнинг чўзилишга мустаҳкамлиги нимаси билан фарқ қилади?
5. Чўзилишга мустаҳкамликни аниқлашда намуналар қандай тайёрланади?

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012. -98-101, 249-306 p.
2. Morgan P. Carbon fibers and their composites / Morgan P. - Boca Raton: Taylor & Francis, 2005. (Materials engineering; vol.27). - ISBN 0-8247-0983-7. 1153 p.
3. D.R. H. Jones, Michael F. Ashby. Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures and Processing. Fourth Edition. Elsevier, UK, 2012. -319-350 p.
4. William D.Callister, Jr., David G.Rethwisch. Materials Science And Engineering. An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010. -655-660 p.
5. Стекловолокно. Нити крученые комплексные. Технические условия: ГОСТ 8325–93 (ИСО 3598-86). – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 12с.
6. Ю.Н. Сидоренко. Конструкционные и функциональные волокнистые композиционные материалы : учебное пособие. -Томск : Изд-во ТГУ, 2006. – 107 с.

6 –амалий машғулот:

Матрица материаллари таркиби ва хоссаларини ўрганиш.

Ишнинг мақсади:

Терморектив ва термопластик полимер материалларнинг таркиби ва хоссаларини ўрганиш.

Композит материаллар олишда терморектив полимерлардан боғловчи сифатида фойдаланилади.

Терморектив полимер боғловчилар синтетик смолалар ва қотирувчи, катализаторлардан ташкил топган икки ёки кўп компонентли система ҳисобланади.

Боғловчининг таркиби қотиш реакциясининг бориши ва маҳсулотнинг механик хоссаларига боғлиқ бўлади.

КМ тайёрлашда кўп ҳолларда полиэфир, эпоксидли ёки фенолформальдегидли боғловчилар қўлланилади.

Полиэфирмалеинатлар (полиэфир смоллар) таркиби, кимёвий тузилиши ва молекуляр массасидан келиб чиққан ҳолда қовушқоқ суюқлик ёки қаттиқ моддadan иборат. Температура ва қотиш тезлиги инициатор ва тезлаштирувчи турини танлаш орқали аниқланади.

Қотмайдиган эпоксид смолалар эрийдиган қовушқоқ суюқлик ёки мўрт қаттиқ моддалар ҳисобланади. Қуйида баъзи эпоксид смолаларни физик ҳолатлари келтирилган. (жадвал 2).

Эпоксид смолаларнинг қотирувчиси сифатида аминлар ишлатилади.

Қотирилмаган фенолоформальдегид смолалар қовушқоқ суюқлик ёки 60–120°Сда суюқ ҳолга ўтувчи қаттиқ мўрт шаффоф аморф масса ҳисобланади.

Жадвал 2. Баъзи эпоксид смолаларни физик ҳолатлари.

| Смола тури | $T_{пл}, ^\circ\text{C}$ | Физик ҳолат 20°C да |
|------------|--------------------------|-----------------------------------|
| ЭД-22 | -10 | Суюқ |
| ЭД-20 | 0 | Суюқ |
| ЭД-16 | 10 | Қовушқоқ |
| ЭД-10 | 50 | Қаттиқ |
| ЭД-8 | 70 | Мўрт |

Керакли асбоблар ва материаллар: смолалар – полиэфир, эпоксид, фенолоформальдегидли; қотирувчилар – полиэтиленполиамин (ПЭПА), триэтаноламинотитанат (ТЭАТ), малеин ангидрид (МА), гидропероксид изопропилбензол (гипериз); тезлатувчи: кобальт нафтенати (НК).

Иш тартиби. Полимер боғловчилар тайёрлаш учун турли типдаги смолалар ва компонентларни визуал ўрганиш.

Адабиётлар таҳлили ёрдамида ҳар бир компонентнинг алоҳида белгилари бўйича ёзилади, яъни хиди, ранги, агрегат ҳолати, зичлиги. Натижалар 3- жадвалга ёзиб борилади.

Жадвал 3

| Компонентлар | Ранг | Хиди | Физик ҳолати | Бошқа хусусиятлар |
|--------------|------|------|--------------|-------------------|
| | | | | |

Терморектив олигомерлар асосида боғловчилар тайёрлаш

Ишнинг мақсади: турли боғловчиларни тайёрлаш учун керак бўладиган компонентларни ҳисоблашни ўрганиш.

Полимер боғловчилар бир нечта компонентлардан ташкил топади: смолалар, қотирувчилар, тезлаштирувчи, катализатор, пластификатор ва бошқалар.

Маълум миқдордаги боғловчини тайёрлашда керакли компонентлар массасини аниқлик билан танлаш лозим бўлади. Аниқ танланган таркиб ва қўшилмалар сифатли маҳсулот олиш учун замин бўлади. Компонентлар таркиби эмпирик ёки ҳисоб йўли билан аниқланади.

Керак бўладиган масса йўқотишни ҳисобга олган ҳолда (тахминан 10%) барча компонентлар масса улушини йиғиндисига тенг деб қабул қилинади.

Боғловчи компонентлари смолага босқичма босқич қўшиб борилади ва яхшилаб аралаштирилади. Қотирувчилар жараённинг охирида қўшилади.



Юқори қовушқоқ смолалар ишлатишдан олдин 80°C гача қиздирилади ва шу ҳолида пластификатор ёки аралаштирувчи қўшилади.

Керакли асбоблар ва материаллар: эпоксид ва полиэфир боғловчиларни

тайёрлашга керакли компонентлар, тарози, шиша таёқча, идиш, термошкаф.

Ишнинг тартиби. Эпоксид смола асосида 100 г боғловчи тайёрлашни ҳисоби. ЭД-20 – 100 мас. ч, ПН-1 – 20 мас. ч., ПЭПА – 10 мас. ч.

Компонентлар массасини йўқотишларни ҳисобга олган ҳолда аниқлаш. Боғловчилар массаси 110 г, 130 мас. қ. Боғловчига мос келади (100+20+10).

У ҳолда 110 г (боғловчи) – 130 мас. қ, X_1 (ЭД-20) – 100 мас. қ., X_2 (ПН-1) – 10 мас. қ., X_3 (ПЭПА) – 20 мас. қ. Бу пропорцияларни ечган ҳолда қуйидагиларга эга бўламиз: 84,6 г – ЭД-20; 8,4 г – ПН-1; 16,9 г – ПЭПА.

Олинган натижалар қуйидаги жадвалга ёзиб борилади.

Жадвал 4

| № рсц. | Смола | | Пластификатор | | Қотирувчи | | Тезлаштирувчи | |
|--------|---------|---|---------------|---|-----------|---|---------------|---|
| | мас. қ. | г | мас. қ. | г | мас. қ. | г | мас. қ. | г |
| 1 | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | |

Боғловчининг зичлигини аниқлаш

Ишнинг мақсади: турли терморреактив полимерлар асосидаги боғловчиларнинг зичлигини назарий ва экспериментал аниқлашни ўрганиш.

Композицион материалларни таркибини ҳисоблашда бир неча компонентдан иборат бўлган боғловчининг зичлигини ўрганиш керак бўлади.

Бундай боғловчининг зичлигини дастлабки компонентлар зичлигини ва композитдаги масса улушини билган ҳолда, аралашма қоидасига асосан назарий жиҳатдан аниқлаш мумкин.

Олинган қийматни экспериментал текшириш учун масса ва ҳажм усулидан фойдаланиш мумкин. Бунда зичлик композит массасини унинг ҳажмига нисбати орқали ҳисобланади.

Керакли асбоблар ва материаллар: эпоксид ва полиэфир боғловчини тайёрлаш учун керак бўладиган компонентлар, 0,1 г гача аниқликдаги лаборатория тарозиси, шиша таёқча, идиш, термошкаф, ўлчов цилиндри.

Иш тартиби. 50 г дан турли таркибли боғловчилар тайёрланади. (2-илова).

Ҳар бир композитнинг назарий зичлиги қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$\rho_{\text{св}} = \frac{\rho_1 \cdot C_1 + \rho_2 \cdot C_2 + \dots + \rho_n \cdot C_n}{C_1 + C_2 + \dots + C_n},$$

Бу ерда ρ_1, ρ_2, ρ_n – компонентлар зичлиги (3-илова); C_1, C_2, C_n – тегишли компонентларнинг масса улуши.

Зичликни экспериментал аниқлаш учун ўлчов цилиндри лаборатория тарозисида ўлчанади. Кейин ўлчов цилиндрига композит жойланади ва эгаллаган ҳажми аниқланади. Бунда композитни цилиндр деворларига тарқалиши ва пуфаклар пайдо бўлишига йўл қўймаслик керак. Шундан кейин композит жойланган цилиндр яна тарозида ўлчанади ва қуйидаги формула

орқали аниқланади:

$$\rho_3 = \frac{m - m_1}{V},$$

Бу ерда m , m_1 – ўлчов цилиндрини боғловчи билан ва бўш холидаги массаси, г; V – боғловчи эгаллаган ҳажм, см³.

Эксперимент камида уч марта такрорланади ва ўртача арифметик қиймат топилади.

Термопластик полимер материалларнинг таркиби ва хоссаларини ўрганиш.

Ишнинг мақсади: турли табиатга эга грануллашган полимер материалларнинг асосий тавсифий хусусиятларини ўрганиш.

Тайёр маҳсулотдаги полимер материалнинг табиатини аниқлаш учун тизимли тарзда сифат ва миқдор анализлар ўтказилади ва маълум полимерлар билан солиштирилади.

Полимер материал намунаси қуйидаги схема бўйича аниқланади:

- **намунани ташқи кузатиш;**
- **юмшаш температурасини аниқлаш;**
- **намунани алангада ўзини тутиши;**
- **намунанинг эришини аниқлаш;**
- **полимерда ранг реакцияларни олиб бориш.**



Аввало, намунанинг ташқи кўриниши, унинг физик ҳолати, ранги, хиди, шаффофлиги, қаттиқлиги, эластиклиги, зичлиги ва гранула ўлчамлари белгиланади.

Кейин унинг эрувчанлиги текширилади. Бунинг учун намуна иссиқ ҳавога ёки металл ёки асбест тагликда қиздирилади.

Ўзини қандай тутишига қараб пластмасса термо ёки реактопластга ажратилади. Агар полимер термопласт материалга таалуқли бўлса, унда полимернинг юмшаш температураси аниқланади.

Материални солиштириш мақсадида уни алангадаги ҳолати ўрганилади. Бунинг учун маълум миқдордаги материал эҳтиёткорлик билан алангага тутилади. Бунда ёнишнинг тавсифлари белгилаб борилади: ёнувчанлиги, эгилиши, эриши, хиди, аланга ранги, тутун пайдо бўлиши, ўз-ўзидан ўчиши, кул ҳосил бўлиши, ранги ва бошқалар (**4-илова**).

Материални эритмаларда эриши у ёки бу полимерлар синфига оидлиги билан амалга оширилади (**5-илова**).

Кўпчилик смолалар сирка ангидриди ва сульфат кислотаси кўшилганда турли рангли бирикмалар ҳосил қилади. Либерман– Шторх – Моравский реакцияси шунга асосланган (**6-илова**).

Полимер материалларнинг эрувчанлигини аниқлаш

Керакли асбоблар ва материаллар: турли табиатли полимер материаллар; эритувчи – бензин, ацетон, сув, этил спирти, уксус кислота, хлорид кислота.

Иш тартиби. Эрувчанликни аниқлаш учун 0,5 г майдаланган намунани пробиркага солинади. 5-10 мл эритувчи кўшилади ва чайқатилиб, бир неча соатга тик ҳолатда қолдирилади. Кейин эриш даражасини аниқланади-тўлиқ, қисман, бўккан, эрмаган.

Агар намуна қисман эриган бўлса, эрувчанлик қиздириш орқали аниқланади.

Материалнинг алангадаги ҳолатини аниқлаш

Керакли асбоблар ва материаллар: турли табиатли полимер материаллар; ёндиргич, шпатель, пинцет.

Иш тартиби. Маълум миқдордаги материал шпател ёрдамида эҳтиёткорлик билан аланганинг юқори температурали зонасида тутиб турилади.

Алангадан олингандан сўнг унинг ёниши кузатилади. Бунда ёнишнинг тавсифлари белгилаб борилади. Бунда ёнишнинг тавсифлари белгилаб борилади: ёнувчанлиги, эгилиши, эриши, хиди, аланга ранги, тутун пайдо бўлиши, ўз-ўзидан ўчиши, кул ҳосил бўлиши, ранги ва бошқалар.

Полимерда рангли реакция

Керакли асбоблар ва материаллар: турли табиатли полимер материаллар; чинни пластина, сирка ангидриди, концентранган сулфат кислота, пипетка.

Иш тартиби. Чинни пластинкага полимер бўлакчаси жойлаштирилади ва унга бир неча томчи сирка ангидриди томизилади, кейин сулфат кислота томизилади. 30 минут давомида суюқлик ва смола юзаси ранги ўзгариши кузатилади. Натижалар 6-иловага солиштирилиб полимер тури аниқланади.

Юмшаш температурасини аниқлаш

Керакли асбоблар ва материаллар: турли табиатли полимер материаллар; металл ёки чинни тигел, термометр, кварц куми, металл ёки асбест таглик.

Иш тартиби. Эриш учун намуна. Олинган намуна иссиқ ҳаво оқимида тутилади. Натижага қараб уни термо ёки реактоплас эканлиги аниқланади.

Юмшаш температураси. 5-10 см узунликдаги ва 1 м кенликдаги намуна куруқ кум билан тўлдирилган темир тигелга ўрнатилади. Тигел аста секин қиздирилади ва намуна эгилиши вақтидаги температура белгиланади. Бу юмшаш температураси ҳисобланади.

Оқувчанлик температураси. Худди юқоридаги усул билан намунанинг оқувчанлигини ҳам аниқлаш мумкин, яъни намунанинг маълум температурадаги оқувчанлиги унинг оқувчанлик қиймати ҳисобланади.

Амалий машғулот вазифалари:

1-вазифа.

Адабиётлар рўйхатида ва иловалар бўлимида келтирилган E. Bernardo, J-F. Carlotti и др. “Novel akermanite-based bioceramics from preceramic polymers and oxide fillers” илмий мақоласидан фойдаланиб (**7-Илова**) биокомпозитлар синтезида қандай полимер ва тўлдиргичлар қўлланилганини аниқланг. Қўшимча маълумотлар **1-6- Иловалар**да келтирилган.

2-вазифа.

Интернет-маълумотларидан фойдаланилган ҳолда композицион материалнинг асосий хоссалари ва уларни ўлчаш усуллари аниқланг. Тадқиқот натижалари жадвал шаклида келтирилиши керак.

Назорат саволлари:

1. Полимер боғловчи таркибига қандай компонентлар киради?
2. Эпоксид боғловчилар учун қотирувчиларни аниқланг.
3. Полиэфир смолалар учун инициатор ва қотишни тезлатувчиларни келтиринг.
4. Термореактив полимерлар асосида боғловчилар тайёрлаш учун масса компонентлари ҳисоби қандай амалга оширилади?
5. Боғловчиларнинг зичлиги қандай аниқланади?
6. Боғловчиларнинг сирт таранглигига қандай параметрлар таъсир кўрсатади?
7. Термореактив полимерларни сирт таранглигини аниқловчи асосий усулларни келтиринг.
8. Боғловчиларнинг асосий технологик тавсифларини келтиринг.
9. Полимер материалларнинг қовушқоқлигини аниқлашнинг асосий усуллари келтиринг.
10. Полимерларнинг қовушқоқлик кўрсаткичига температура қандай таъсир кўрсатади?

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012. - 98-101, 249-306 p.
2. E. Bernardo, J-F. Carlotti and oth. "Novel akermanite-based bioceramics from preceramic polymers and oxide fillers"// Ceramics International.- 40 (2014).- 1029-1035 p. Available at www.sciencedirect.com.
3. D.R. H. Jones, Michael F. Ashby. Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures and Processing. Fourth Edition. Elsevier, UK, 2012. -319-350 p.
4. William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch. Materials Science And Engineering. An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010.- 655-660 p.
5. Носов В.В. Механика композиционных материалов.- М.: Лань, 2013.-240 с.

7-амалий машғулот: Композицион материал таркибини тузиш ва хоссаларини лойиҳалаш.

Ишнинг мақсади: полимер матрица асосида композицион материал тайёрлаш, композит тайёрлаш усулини аниқлаш ва қотиш жараёнини ўрганиш. Термореактив боғловчилар ва мустаҳкамловчи тўлдирувчилар асосида композицион материал тайёрлаш.

Полимерларни тўлдириш амалий жиҳатдан материални технологик ва эксплуатацион хоссаларини бошқаришга имкон беради. Конструкция тўйинган полимер материалларнинг хоссалари, олиш усуллари полимер матрица ва тўлдирувчи, уларнинг ҳажмий нисбатларига боғлиқ.

КМ дан буюмлар тайёрлашда полимер боғловчиларнинг қовушқоқлик. Гел ҳосил бўлиш вақти каби технологик хоссаларини аниқлаш лозим.

Гел ҳосил бўлиш вақтини аниқлаш асосий параметрлардан бири ҳисобланади. У тўйинган материалнинг сақланиши давомийлигини ва материалдан буюм тайёрлаш температурасини тавсифлайди. КМ олиш вақтининг давомийлиги боғловчи аралашмасини хона ҳароратида тайёрлаш вақтидан ошиб кетмаслиги керак.

Берилган компонентлар асосида белгиланган структура ва компонентлар нисбатига эга КМ тайёрлаш.

Мустаҳкам пластикларнинг асосий компонентларидан бири бу боғловчи ҳисобланади. Боғловчи мустаҳкамловчи толали тўлдирувчи билан тўйинтирилади. Боғловчи қотгандан кейин тола ёки тўлдирувчилар қатламини ўзаро бирлаштиради..

Мустаҳкам пластиклар олишда полиэфир, эпоксид ва модифициланган фенолоформалдегид смолалар асосидаги боғловчилар кенг қўлланилади. Тўлдирувчилар сифатида турли материаллар: ленталар, матолар, иплар ишлатилади.

Композитларни тайёрлаш жараёни қуйидаги босқичлардан иборат:

- боғловчи ва тўлдирувчи турини аниқлаш;
- композит компонентларини нисбатини ҳисоблаш;
- боғловчини тайёрлаш, берилган пропорцияларда компонентларни аралаштириш;
- тўлдирувчиларни тайёрлаш;
- боғловчини тўлдирувчи қаватларига суркаш, ва тўйинган қаватларни бирлаштириш;
- белгиланган режимда материални қотишини амалга ошириш.

Композицион материалдаги компонентлар массасини ҳисоблаш

Аввало КМдан тайёрланган пластинанинг керакли ҳажмини $V_{\text{КМ}}$ (м^3) аниқланади.

$$V_{\text{КМ}} = l \cdot b \cdot h ,$$

Бу ерда l , b , h – КМ пластинанинг узунлиги, кенглиги, қалинлиги. КМ қалинлиги синов стандартидан келиб чиқиб танланади ($h = 2\text{--}8$ мм).

Материал ҳажмини билган ҳолда унинг массасини аниқланади: $m_{\text{КМ}}$, кг

$$m_{\text{КМ}} = \rho_{\text{КМ}} \cdot V_{\text{КМ}} ,$$

Бу ерда $\rho_{\text{КМ}}$ – зичлик КМ, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Материал зичлиги $\rho_{\text{КМ}}$ ($\text{кг}/\text{м}^3$) компонентлар нисбатини билган ҳолда ўртачаси олинади .

$$\rho_{\text{КМ}} = \rho_a \cdot P_a + \rho_c \cdot P_c ,$$

Бу ерда ρ_a – арматура зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$; ρ_c – боғловчи зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$;

P_a, P_c – арматура ва боғловчининг ҳажмий миқдори.

Тўлдириш даражаси технологик жараёнлар учун масса улушларда, ҳисоблаш учун ҳажмий улушларда олинади. Компонентларнинг массавий C ва ҳажмий P миқдорлари ўртасидаги боғлиқлик қуйидаги тенгликлар орқали ифодаланади::

$$C_a = \frac{P_a \cdot \rho_a}{P_a \cdot \rho_a + P_c \cdot \rho_c} , \quad C_c = 1 - C_a ;$$

$$P_a = \frac{C_a \cdot \rho_c}{C_a \cdot \rho_c + C_c \cdot \rho_a} .$$

Бунда материал таркибида ғоваклар йўқ деб ҳисобланади, яъни нолга тенг.

Компонентларни массаси (г) уларнинг масса нисбатларидан топилади:

$$m_a = m_{\text{КМ}} \cdot C_a , \quad m_c = m_{\text{КМ}} \cdot C_c .$$

Бу ерда m_a, m_c – тўлдирувчи ва боғловчи массаси, кг;

C_a, C_c – тўлдирувчи ва боғловчининг массавий миқдори.

КМ тайёрлаш учун керак бўладиган тўлдирувчи каватлари сони N_a аниқланади :

$$N_a = \frac{m_a}{m_{1c}}$$

Бу ерда m_a – арматура массаси, г; $m_{1c} = \gamma_a \cdot l \cdot b$ – бир қават арматура массаси, г, ҳисоб йўли ёки ўлчаб олиш орқали аниқланади; γ_a – арматура материаллини юза зичлиги, г/м².

Ҳисоблашдан кейин технологик чиқиндилар ҳисобга олинади, яъни 20% боғловчи қўшилади.

Бошқа турдаги КМ учун ҳам худди шундай ҳисоб ишлари олиб борилади. Олинган натижалар КМ олишнинг технологик картасига ёзиб борилади (жадвал 5).

Композицион материал пластиналарини тайёрлаш

Керакли асбоблар ва материаллар: боғловчи тайёрлаш учун компонентлар, матоли тўлдирувчи, қайчи, тарози, қаттиқ пластинкалар, муфел печи.

Иш тартиби. Компонентлардан 250×250 мм ўлчамда қават-қават усулида плита тайёрланади.

Кесилган тўлдирувчи боғловчи билан тўйинтириб, пластина устига қават-қават қилиб, ҳавосизлантириб тахланади.

Маълум миқдорга эришилгандан кейин қаттиқ пластина қўйилади ва қотиш режимига мувофиқ қотирилади. **(2-илова).**

Жадвал 5. КМ тайёрлашнинг технологик картаси

| Намуна | | | | | |
|----------|--------------|----------|-----------|-----------------|---------|
| Материал | Ўлчамлар, мм | | | Ҳажм, | Миқдори |
| | Узунлиги | Кенглиги | Қалинлиги | см ³ | |
| | | | | | |

| Компонентлар | Норматив | Ҳолати, ўлчамлар | Миқдори, масс.% | Миқдори , г |
|--------------|----------|---------------------|--------------------|-------------|
| Тўлдирувчи | | | | |
| Боғловчи | | | | |

Амалий машғулот вазифалари:

Адабиётлар рўйхатида ва иловалар бўлимида 7-иловада келтирилган E.Bernardo, J-F. Carlotti и др. “Novel akermanite-based bioceramics from preceramic polymers and oxide fillers” илмий мақоласидан фойдаланиб, композицион материалнинг ишлаб чиқариш технологиясини ўрганинг. Керамик матрицали композитларнинг қандай синтез усули қўлланилган? Унинг технологик параметрларини аниқланг.

Назорат саволлари:

1. Шиша тола билан мустаҳкамланган композицион материалнинг таркиби ва хоссаларини аниқланг.
2. Бир томонлама йўналтирилган КМ микроструктура таҳлили қандай олиб борилади?
3. Бир томонлама йўналтирилган КМ микроструктурасини аниқлашда қандай асосий параметрлар аниқланади?
4. Тўйиниш даражаси нима ва у қандай аниқланади?
5. Бир томонлама йўналтирилган КМ ларнинг структурасининг бир жинсли эмаслигини қандай параметрлар аниқлайди?

Фойдаланилган адабиётлар:

1. E.Bernardo, J-F. Carlotti and oth. “Novel akermanite-based bioceramics from preceramic polymers and oxide fillers”// Ceramics International.- 40 (2014).-1029-1035 p. Available at www.sciencedirect.com.
2. Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012. - 98-101, 249-306 p.
3. Morgan P. Carbon fibers and their composites.- Boca Raton: Taylor & Francis, 2005. Materials engineering; vol.27. - ISBN 0-8247-0983-7. 1153 p.
4. D.R. H. Jones, Michael F. Ashby. Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures and Processing. Fourth Edition. Elsevier, UK, 2012. - 319-350 p.
5. William D.Callister, Jr., David G.Rethwisch. Materials Science And Engineering. An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010. - 655-660 p.
6. Б.В. Гусев, В.И. Кондращенко, Б.П. Маслов, А.С. Файвусович. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства.– М. : Научный мир, 2006. – 560 с.
7. А.А. Батаев, В.А. Батаев. Композиционные материалы. Сер. Новая университетская библиотека.– М. : Логос, 2006. –400 с.

4- амалий машғулот:

Шишакомпозитлар ишлаб чиқариш технологиясини ўрганиш.

Ишнинг мақсади:

Шишакомпозит материал – “Триплекс”нинг таркиби, хоссалари, тайёрлаш технологияси ва қўлланишини ўрганиш.

Кўп қаватли шиша буюмлар бир ёки бир нечта неорганик шиша листи ва уларни елимлайдиган полимер пленка ёки суюқликдан иборат материалдир.

“Триплекс” термини (лотинча triplex - учқават) иккита шиша

пластинасини полимер материал билан елимланган кўп қаватли шиша материалга қўлланилади.

ГОСТ 30826-2001га мувофиқ, кўпқаватли шиша қуйидагиларга бўлинади;

- оловдан ҳимояловчи;
- шовқиндан ҳимояловчи;
- совуқбардош;
- махсус хоссаларга эга.

Кўпқаватли шишалар механик хоссалари бўйича бир неча турларга бўлинади (жадвал 6).

Жадвал 6. Кўпқаватли шишалар механик хоссалари

| Шиша тури | Норматив ҳужжат | Маркаси |
|----------------------------|-----------------|----------------|
| Листли шиша | ГОСТ 111 | М0, М1, М2 |
| Узорли | ГОСТ 5533 | У |
| Арматурали | ГОСТ 7481 | А |
| Арматурали ва сайқалланган | НД | А _п |
| Бўялган | НД | Т |
| Мустаҳкамланган | | |
| Кимёвий мустаҳкам | НД | К |
| Тобланган | ГОСТ 30698 | Т |
| Ҳимояловчи | НД | Х |
| Энергиясақловчи | ГОСТ 30733 | Э |

Кўп қаватли шишалар юмшоқ предметлар зарбасига бардошлилиги бўйича қуйидаги СМ1 - СМ4 ҳимоя синфларига киради, қаттиқ предметлар зарбасига бардошлилиги бўйича Р1А - Р5А, тешиб ўтиши бўйича Р6В - Р8В ҳимоя синфларига киритилади.

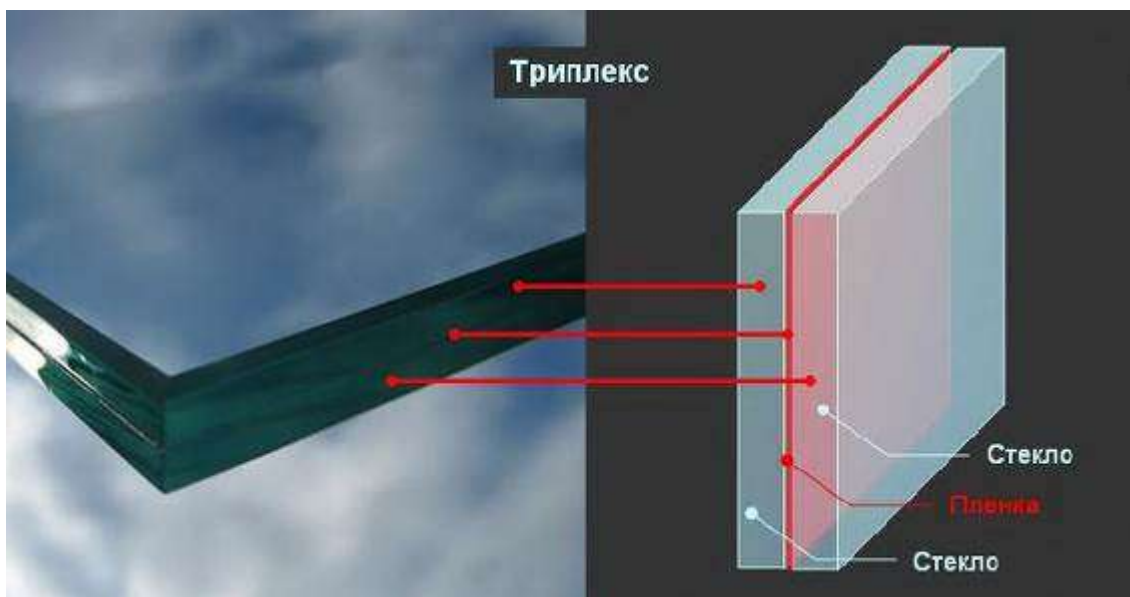
Зарба тўлқинига бардошлилиги бўйича К1 - К14, ўқдан ҳимоялаш бўйича П1 - П6а ҳимоя синфларига киритилади.

Шовқиндан ҳимоялаш бўйича ГОСТ 23166га мувофиқ А-Д синфларга киритилади.

Триплекс таркиби.

Қуйма триплекс шиша пластиналарни бири-бири билан бутун юзаси бўйича махсус елимловчи суюқлик билан қопланади ва УФ нурлар ёрдамида полимерланади.

Пленкали триплекс шишаларни полимер пленкани юқори температура ва босим таъсирида елимлашга асосланган. Бунда пленка сифатида полимер пленка, масалан, поливинилбутирал пленкадан фойдаланилади.



Шиша пластинкалар сифатида М0,М1,М2 маркали листли узорли, армирланган, бўялган, тобланган, куёшдан ҳимояловчи, энергиясақловчи шишалардан фойдаланиш мумкин.

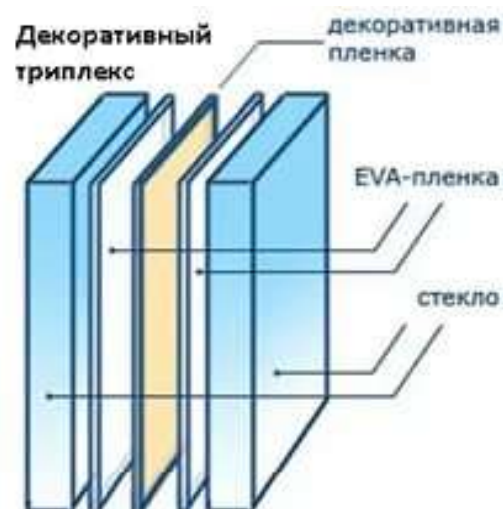
Қурилиш триплексини тайёрлашда органик шишадан ҳам фойдаланиш мумкин.

Шиша пластиналар шакли турлича бўлиши мумкин. Пластиналар шакли елимлашдан олдин тайёрланади.

Шиша листларни елимлаш триплексни ташкил этувчиларнинг мустаҳкамлигини оширмайди, балки қаватли структурани шаклланиши тайёр буюмнинг бузилишга бардошлилигини оширади. (60-89%га ошади). Бундан ташқари триплекс хавфсиз ва ҳимояловчи шиша туркумига киради, чунки у синдирилганда парчалари учиб кетмайди, аксинча полимер қаватга ёпишган ҳолда қолади.

Триплекс рангсиз ва қорайтирилган бўлиши мумкин. Бунинг учун ҳажмий қорайтирилган, қорайтирилган пленка ва полимерлардан фойдаланиш мумкин. Бундан ташқари триплекс ултрабинафша нурларига чидамли бўлиши керак. Шу билан бирга ёпиштирувчи пленка 2 соат қайнатилганда ажралиб кетмаслиги керак.

Триплекс хира ва рангли тайёрланиши ҳам мумкин. Буюмга иккита турли усулда ранг бериш мумкин. Биринчи усулда триплекс тайёр бўялган шиша пластиналардан тайёрланади. Иккинчи усулда тайёр триплекс юзасига керакли рангдаги пленка ёпиштирилади.



Қурилиш триплекси – кенг имкониятларга эга бўлган ажойиб конструкцион материалдир. Бу материални ишлатилиши кундан кунга ошиб бормоқда.

Биноларни горизантал қисмларини, томларни, зиналарни полларни тайёрлашда триплекс кенг қўлланилмоқда.

Триплекс тайёрлаш технологияси.

Триплекс тайёрлашнинг бир неча усули мавжуд: қуйма технология, пленкали технология ва автоклавсиз плёнкали технология.

Триплексни қуйма усулда тайёрлаш технологияси босқичлари:

- шишаларни тайёрлаш ва ювиш;
- икки томонлама тасмаларни қоплаш;
- иккинчи шишани бириктириш;
- тайёрланган конструкцияни пресслаш;
- шишалар оралиғини тўлдириш;
- смолани қотириш.



Триплексни қуйма усулда тайёрлаш технологияси - бу усулнинг афзаллиги турли қалинликдаги ва рангдаги шишаларни бирлаштириш мумкин.

Шишаларни ювиш. Шишалар ювилгандан кейин уларни қурук, ёғлардан холи бўлишига эътибор бериш керак. Шишалар орасида маълум бўшлиқни ҳосил қилиш мақсадида четларига икки томонлама ёпишадиган шаффоф тасмалар ёпиштирилади ва смола қуйиш учун тешикча қолдирилади ва конструкция прессланади. Сўнгра тайёрланган смола билан оралик тўлдирилади. Тўлдириш вақтида смолада пуфакларни пайдо бўлишига имкон қадар йўл қўйилмайди. Смолани қотиш жараёнида уни юза бўйлаб бир хил тақсимланишига эътибор берилади.

Триплекс тайёрлашни пленкали технологияси.

Бу технологиянинг афзаллиги, бу усулда тайёрланган кўп қаватли шишалар юқори оптик хусусиятга эга бўлади. Бу усулда шиша листлар орасига поливинилбутирал пленка (ПВБ) қўйилиб, кейин колландерда дастлабки прессланади, сўнгра автоклавда якуний ёпиштириш амалга оширилади.

Колландер йиғилган триплекс пакетни дастлабки вакуумлаш учун ишлатилади. Бу ускуна махсус камерадан иборат бўлиб, унда йиғилган триплекс 110 – 115 Сгача қиздирилади, шиша ва пленка орасидаги ҳаво резина валиклар ёрдамида чиқарилади. Колландердан пакет шаффоф ҳолатда чиқади ва якуний пресслаш учун автоклавга жойлаштирилади. Автоклавда пресслаш +150 С ва 12,5 Бар босим остида олиб борилади.

Автоклавсиз пленка технологияси

Автоклавсиз пленка технологияси босқичлари:

- шишаларни тайёрлаш ва ювиш;
- шиша ва пленкадан комбинирланган пакет тайёрлаш;
- вакуум хосил қилиш;
- вакуумда конвекцион камерада қиздириш;
- 20-40 дақиқа давомида 130-140 °С да ушлаб туриш;
- вакуумда совутиш.



Бу технологиянинг афзаллиги махсус пленкаларни қўллаш орқали бошқа классик триплекслардан техник параметрларига кўра юқори хоссаларга эга бўлади. Камчилиги эса юқори таннархга эга бўлади.

Амалий машғулот вазифалари:

1-вазифа.

Адабиетлар ва Интернет-маълумотлардан фойдаланилган ҳолда тобланган листли шиша асосида триплекс ишлаб чиқаришнинг технологик тизимини тузинг.

2-вазифа.

Адабиетлар ва Интернет-маълумотлардан фойдаланилган ҳолда тобланган листли шиша асосида автомобил учун иситиладиган триплекс ойнаси ишлаб чиқаришнинг технологик тизимини тузинг.

Назорат саволлари:

1. Триплекс тайёрлаш учун ишлатиладиган шиша маркаларини келтиринг.
2. Триплекс тайёрлашда қандай боғловчилар ишлатилади?
3. Пленкали технология автоклавсиз технологиядан нимаси билан фарқ қилади?
4. Тўрт ва беш қаватли шишакомпозит тайёрлаш мумкинми?

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012. -98-101, 249-306 p.
2. Morgan P. Carbon fibers and their composites. - Boca Raton: Taylor & Francis, 2005. Materials engineering; vol.27. - ISBN 0-8247-0983-7. 1153 p.
3. D.R. H. Jones, Michael F. Ashby. Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures and Processing. Fourth Edition. Elsevier, UK, 2012. -319-350 p.

4. William D.Callister, Jr., David G.Rethwisch. Materials Science And Engineering.An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010.- 655-660 p.
5. ГОСТ 30826-2001. Межгосударственный стандарт. Стекло многослойное строительного назначения. Дата введения 2003-01-01.
6. [ГОСТ 111-2001](#) Стекло листовое. Технические условия
7. [ГОСТ 30698-2000](#) Стекло закаленное строительное. Технические условия.
8. [ГОСТ 30733-2000](#) Стекло с низкоэмиссионным твердым покрытием. Технические условия.
9. [ГОСТ 30779-2001](#) Стеклопакеты строительного назначения. Метод определения сопротивления атмосферным воздействиям и оценки долговечности.
10. Тялина Л.Н., Минаев А.М., Пручкин В.А. Новые композиционные материалы. Учебное пособие. Тамбов: ГОУ ВПО ТГТУ, , 2011.- 82 с.

V. КЕЙСЛАР БАНКИ

1-кейс

Нефт тўкилиши ва наноматолар

Бритиш Петролеум (British Petroleum) ташкилотига қаршли нефт платформасидаги портлаш туфайли 2010 йил 22-апрелда бошланган Мексика кўрфазидаги нефт ёйилиши АҚШ тарихидаги энг катта нефт тўкилиши ҳисобланади. Май ойининг ўрталарига келиб экспертларнинг ҳисобларига кўра океанга 60 000 баррел нефт оқиб чиққан. Маълумки нефтнинг бир тоннаси сув юзасида ёйилиб 12 км^2 юзасини қоплайди; нефтнинг бир баррели 136,4 кг массага эга; Мексика кўрфазининг умумий майдони тахминан 2,5 млн. км^2 эга.

Саволлар:

- 1) Мексика кўрфазига оқиб чиққан нефтнинг тоннадаги массаси нимага тенг?
- 2) Нефт пленкаси билан қопланиши мумкин бўлган сирт юзасини аниқланг?
- 3) Кўрфаз умумий майдонининг неча фойиз қисми нефт пленкаси билан қопланганлигини аниқланг?
- 4) Nature Nanotechnology журналидаги мақолада эълон қилинишича олимлар, “матонинг” оғирлигидан 20 баробар ортиқ оғирликдаги нефтни абсорбциялаш имкониятига эга бўлган нанотолалардан тўкилган наномато кашф қилишган. Мексика кўрфазидаги нефт тўкилишини бартараф этиш учун неча кг наноматодан ишлаб чиқариш зарур?

2-кейс

Юпқа қаватли қуёш батареяларини ишлаб чиқариш учун микроскоп танлаш.

Ўзбекистонда бир йилда қуёшли вақт шимолда 2000 соат, жанубда эса 3000 соатдан кўпроқ бўлганлиги сабабли, Ўзбекистонда кўп йиллардан бери қуёш энергетикаси соҳасида тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Қуёш энергетикаси панелларини ишлаб чиқариш сифатини назорат қилиш замонавий лабораториясига юзаларнинг хажмий тасвирларини олиш учун микроскоп харид қилиш зарур. Юпқа пленкаларнинг юзасини ва юпқа пленкали қуёш батареяларнинг наноқопламаларининг мустаҳкамлигини назорат қилиш учун харид қилинадиган микроскоп турини танлаб олинг.

Танланган микроскоп ёрдамида монокристалл ва поликристалл батареяларни тадқиқ қилиш мумкинми?

Кейснинг ечиш учун қуйидагилар талаб этилади:

- 1) қуёш батареялари турлари ва ишлаш принциплари тўғрисида таъсуротга эга бўлиш керак;
- 2) наноқопламалар мустаҳкамлигининг оптик ва электрон

микроскопиясининг турли хил маълумотларидан олиниши мумкин бўлган ахборот турларини билиш.

Қуёш батареяларининг ишлаш принципи

Фотоэффектнинг мазмуни қуёш энергиясини доимий токга ўзгартиришга асосланган. Баъзи бир моддаларнинг (мисол учун кремнийнинг) электронлари қуёш нурларининг энергиясини ютиш қобилиятига эга, ўз орбиталларини ташлаб йўналувчи оқим – фототокни ҳосил қилади. Бу эффектни ҳосил қилиш учун махсус моддалар – р- ва п-ўтказувчанликли ярим ўтказгичлар қўлланилади. N-ўтказувчанлик моддадаги электронларнинг ортиқча миқдорини ифодалайди, р- эса тегишли равишда уларнинг етишмовчилигини ифодалайди. Фотоэлементни ҳосил қилиш учун, электрон батареяга ўхшашликни ҳосил қиладиган, иккита яримўтказгич керак бўлади, бунда катод ўрнида п-яримўтказгич анод ўрнида эса р-яримўтказгич бўлади. Тушаётган нурлар таъсирида п-ўтказгич (структуранинг тепа қисмида жойлашган бўлади) электронлари р-қаватга ўтади, натижада электронларнинг йўналтирилган оқими вужудга келади. Бу каби тизим, унинг ишлаши кимёвий таъсирлашувга боғлиқ бўлмаганлиги ва натижада материалнинг емирилиши бўлмаганлиги сабабли нихоятда узоқ вақт мобайнида ишлаши мумкин.

Қуёш фотоэлементлари

Кремнийнинг кенг тарқалганлиги ва ишлаб чиқариш жараёни катта харажат талаб этмаслиги сабабли ҳозирги кунда қуёш элементлари кремний асосида ишлаб чиқарилади. Кремнийга турли хил турдаги ўтказувчанлик қобилиятини бериш учун турли хил аралашмаларни қўллашади. Мисол учун, электронларнинг ортиқча миқдори бор киритилиши натижасида, етишмовчилиги эса мишьякнинг киритилиши натижасида эришилади. Шунингдек арсенид, галлий, кадмий ва бошқалар қўлланилади. Ўтказувчанликни шакллантириш билан бир қаторда аралашмаларнинг қўшилиши кремний асосидаги батареяларнинг самарадорлигини ошишига олиб келади, уларнинг ФИК (КПД) ўртача 20% га тенг.

Ҳозирги кунда, юқорисамарадор ва иқтисодий фойдали қуёш батареяларини олишга йўналтирилган бу соҳадаги фаол тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Қуёш батареяларининг турлари

Кремний асосида фотопанелларнинг у тури ишлаб чиқарилади:

- Монокристаллардан. Уларни ишлаб чиқариш учун бир турдаги структурали монокристаллар ўстирилади. Натижада бундай фотоячейкалар бир теккис меъёрли юзаси билан фарқланади, бунинг оқибатида қуёш нурларини яхшироқ ютади, юқори ФИК (КПД) га эга, бироқ нархи қимматроқ бўлади.

- Поликристалл ячейкалар нотеккис, поликристалл структурага эга бўлиб, нур ютиш қобилияти монокристалллардан бир неча баробар пастроқ бўлади, чунки нотеккис юзаси нурларнинг бир қисмини қайтаради.

- Юпқа қаватли қуёш батареялар кристаллсимондир. Бироқ улар эгилувчан ячейкалар кўринишида ишлаб чиқарилади. Уларни қийшиқ юзаларда ўрнатиш мумкин бўлади. Бу батареяларни ишлаб чиқариш арзон, қувват бирлигига кристаллсимонларга нисбатан (тахминан 2,5 мартаба) кўпроқ юзани эгаллайди.

Юпқақаватли қуёш батареяси яримўтказувчан бирикмани эгилувчан (одатда - полимер) тагликка пуркаш натижасида хосил бўлади. Даставвал яримўтказгич сифатида фақатгина аморф кремний қўлланилган, бироқ бунда олинган фотоэлементларнинг ишлаб чиқариш қуввати ниҳоятда кичик бўлган (атиғи 4 – 5 %). Хозирги кунда мис-галлий-индий селенид асосидаги пленкалар истиқболли хисобланади. Мис-индий-галлийли батареяларнинг ФИК (КПД) 20%гача етиши мумкин. Бироқ хозирча бу каби элементларнинг юпқа қуёш пленкалари бозоридаги ўрни унчалик катта эмас (тахминан 2%). Кадмий теллурид асосидаги пленкалар кенгроқ тарқалган (тахминан 18%, ФИК (КПД) 16% гача). Аморф-кремнийли батареяларга бўлган талаб юқори. Уларнинг ФИК (КПД) 10%гача ошириш имконияти туғилган.

Мантиқий кетма-кетликни тузиш керак:

Намуна тури (юпқа пленкалар) -----

Микроскоп тури (электрон еки оптик) -----

Микроскоп имконияти (микро еки нанометр чегараси?) -----

Намунани тасвирлаш шартлари (вакуум еки вакуумсиз, ясси еки 3D-тасвир, атом манипулятори еки наноинтендер?) -----

AFM -----



TABLE 3.1 Chart of Microscopy and Type of Information Generated

| Microscopy | Resolution Limit | Characteristics |
|--|--------------------|--|
| Light microscopy | ~0.2 μm | Samples can be imaged in liquid or air. Resolution is limited by the wavelength of visible light. |
| Fluorescent microscopy | ~0.2 μm | Samples can be imaged in liquid or air. Fluorescence labeling is a well-developed technique that can be used to localize molecular components. |
| Confocal microscopy | Micrometer level | Confocal scanning microscopy enables three-dimensional studies of biological objects. Resolution techniques that break the optical resolution barrier are becoming available. |
| Field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) | Nanometer level | For FE-SEM imaging, the sample is placed in a vacuum. Sample coating may be needed, as the technique generally requires an electron-conductive sample. The electron beam is used to probe the surface, and techniques for heavy metal labeling of surface molecules are often used. |
| Transmission electron microscopy (TEM) | Nanometer level | Image contrast depends on impeding electrons as they pass through the sample, usually by heavy metal staining. Operates under vacuum with resolution depending primarily on image contrast through staining. New advances allow imaging samples in a liquid cell. |
| Scanning tunneling microscopy (STM) | Nanometer level | Allows a relatively flat surface to be imaged by rastering a biased-atomically sharp needle point over a conducting (or semiconducting) surface. Samples can be imaged in ambient conditions and inside various electrolytes. STM can provide images down to atomic and molecular resolution as well as provide 3-dimensional visualization of the surface. Atomic manipulation of atoms and molecules can be achieved with an STM to create novel nanostructures. |
| Atomic force microscopy (AFM) | Nanometer level | Imaging is accomplished by monitoring the position of a sharpened tip attached to a microcantilever as it is scanned over a sample surface. Samples can be imaged in liquid or air with nanometer resolution at atmospheric pressure enabling dynamic studies. AFM provides three-dimensional surface visualization and measurement of nanomechanical properties of the sample. |

3-кейс Нанозаррачалар ва ранг эффектлари

Қадимий католик черковларидаги рангли витражлар ва Британия музейида сақланаётган Ликург қадахи ноёб санъат намуналаридан хисобланади. Олтин ва кумушнинг наноўлчамли заррачалари кукуни қўшилган шишадан ясалган қадах қайтарилган нурда яшил тусга, сингиб ўтувчи нурда эса қизил тусга киради. Хозирги кунда бу каби санъат намуналарини қайтадан яшаш мумкин-ми, еки усталарнинг сирлари изсиз ёқолганми?

Америкалик физиклар, IV асрнинг бошларида римликлар ишлатган рангли шишани олиш технологиясини кимёвий сенсорлар ва касалликларни аниқлашда – диагностикасида қўллашни таклиф қилишган. Муаллифлар томонидан кашф қилинган кимёвий сенсорлар тахминан миллиард наноўлчамли тешиклар қилинган пластик пластинадан ташкил топган. Хар бир тешикнинг деворчалари олтин ва кумушнинг нанозаррачаларини ўзида сақлаб уларнинг юза электронлари детекция жараенида марказий ролни ўйнайди.

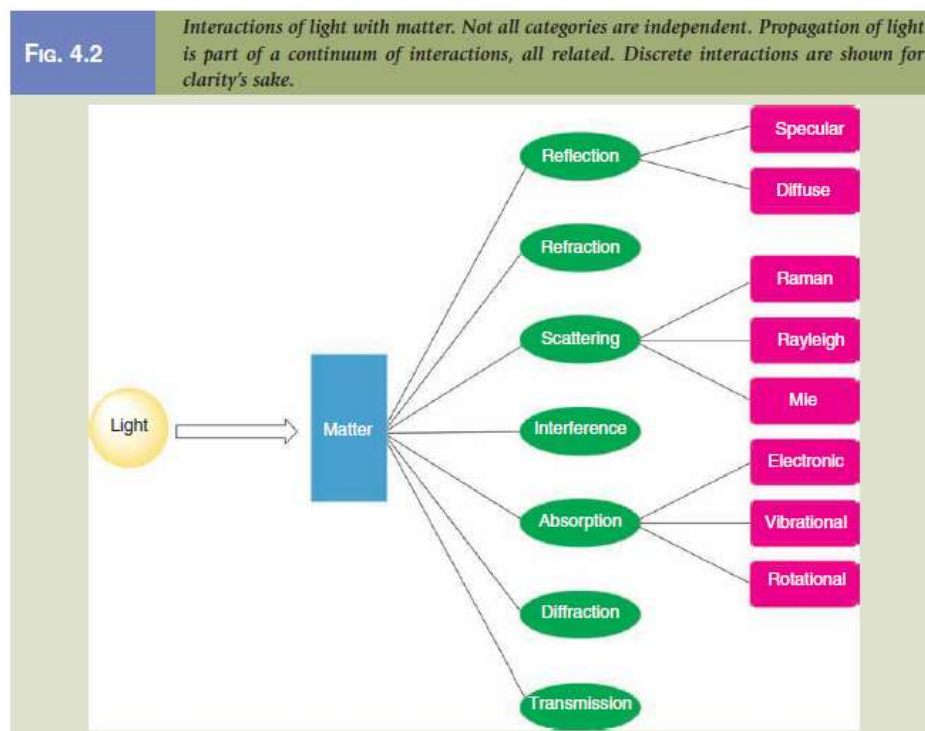
Кейсни ечиш учун ахборот турларини ва қуйидаги саволларга жавобларни билиш талаб этилади:

Нур энергияси ва тўлқин узунлиги қандай боғланган?

Қандай нурнинг частотаси юқорирак: қизил ёки бинафша?

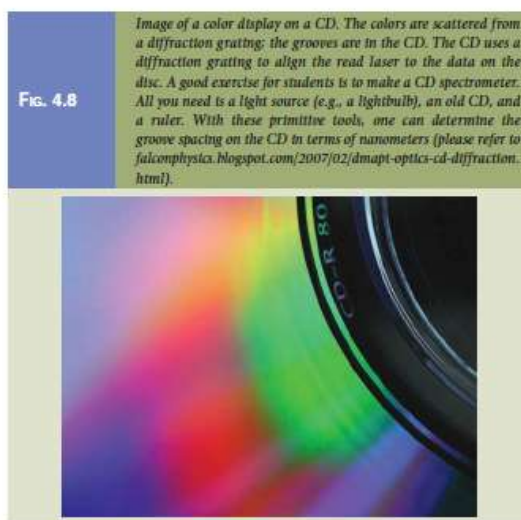
Қандай оптик ходисалар сизга маълум?

Материалдаги ранг эффектлари ва заррачаларнинг ўлчами қандай боғланган?



Интерференция. Сув ва сирт фаол моддаларнинг пуфакчалари сиртидаги ранг пуфакчанинг қалинлигига боғлиқ. Анодланган титандан ишланган заргарлик буюмлари одатда турли хил қалинликдаги оксидланган қават туфайли ёрқин ранларни намоён қилади – бронза ($L \approx 300$ нм), кўк ($L \approx 400$ нм), сариқ ($L \approx 600$ нм), вақипқизил ($L \approx 700$ нм).

Дифракция. Дифракцион ранг тасвирнинг энг ёрқин мисоли бўлиб компакт-диск хисобланади.



for the plasmon resonance. They are, with their protecting ligand shell, around 4 nm in diameter. The color is a ruby red with λ_{max} at ca. 520 nm.

Color Due to Quantum Fluorescence. Semiconductor quantum dots are known for their intense fluorescent colors. Although made of exactly the same material, different colors are generated due simply to the difference in size of the quantum dots (QDs) (Fig. 4.9).

Тарқатиш - тарқоқлик. Турли хил ўлчамли заррачаларнинг ва турли хил тўлқин узунликларининг комбинацияси. Осмон кўк тусда кўринади, чунки қисқа тўлқинлар молекулалар билан тарқоқлантирилади. Осмон қизил рангда ҳам бўлади, чунки узун тўлқинлар (мисол учун қизиллари) каттароқ заррачалар билан тарқоқлаштирилади.

Юзаки плазмон. Бирон бир модданинг тирқиш ичида боғланишида нанозаррачаларнинг юзасидаги плазмонларнинг (металлдаги эркин электронларнинг иккиланишини қайтарувчи квазизаррача) резонанс частотаси ўзгаради, бу ўз навбатида пластинкадан ўтувчи тўлқин узунлигини ўзгаришига олиб келади. Бу усул юзаки плазмонли резонансга (SPR) ўхшайди, бироқ ундан фарқли ўлароқ, нурнинг тўлқин узунлигини анчагина салмоқлироқ силжишига олиб келади – тахминан 200 нанометр. Бундай сигналга ишла бериш мураккаб ускуналарни талаб этмайди, шунинг учун моддаларнинг боғланишини қуролланмаган кўз билан ҳам детектирлаш мумкин.

Америкалик олимлар томонидан ишлаб чиқилган сенсорларнинг турли хил моддаларга нисбатан сезувчанлигини тешиқлар юзаларида ўзига хос антителаларнинг иммобилизацияси билан таъминланади. Олимларнинг сўзига кўра кимёвий детекторнинг тузилиши Британия музейида

сақланаётган римнинг Ликург қадаҳининг ноёб хоссалари томонидан айтиб берилган. Қадаҳ шишасининг таркибидаги металл нанозаррачалари нурнинг тушиш бурчагига боғлиқ равишда унинг тўлқин узунлигини ўзгартиради. Шундан келиб чиққан холда муаллифлар қурилмани “наноўлчамли ликург қадаҳлари матрицаси” деб номлашган (nanoscale Lycurgus cup arrays – nanoLCA).



Флуоресценция. Квант нуқталари ҳайротомуз хоссаларга эга: уларнинг ўлчамига боғлиқ равишда турли хил рангларни таратиши мумкин. Идишчалар турли ўлчамлардаги нанозаррачалар эритмалари билан (гептандаги олеин кислотаси билан қопланган кадмий селенидининг квант нуқталари коллоид эритмаси) тўлдирилган. Бу суспензияларни кўзга кўринмайдиган ултрабинафша диапазонидаги нур билан нурлантириш натижасида нур сочишга ундаш мумкин. Бу заррачалардан таралаётган нурнинг частотаси заррачаларнинг ўлчамлари ўсиши билан камаяди.

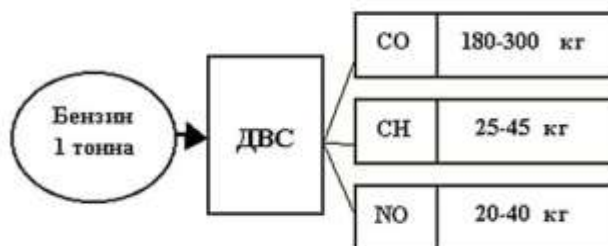
4-кейс

Наноматериаллар ва экология

Нанозаррачалар юқори кимёвий фаолликка эга бўлиб ажойиб катализаторлар ҳисобланади. Бундай ҳолатнинг асосий сабаби нанозаррачаларнинг юзасида жойлашган атомлар билан боғлиқ. Бу атомлар бошқа атомлар билан кучсизроқ боғланганлиги сабабли қўшимча энергияга эга.

Маълумки, автомобиллар атроф муҳитга ва инсон саломатлигига салбий таъсир кўрсатади. Шундай қилиб ички ёниш двигателларнинг чиқинди газларида куйинди газ (CO), циклик ароматик углеводородлар (CH), азот(II) оксиди (NO) (тасвирга қара) лар топилган.

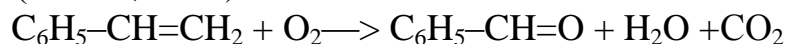
Ички ёниш двигателларнинг чиқинди газлари



Автомобилларнинг чиқинди газларини каталитик оксидлаш қурилмаларида атмосферага чиқарилаётган зарарли чиқиндиларни

камайтириш мақсадида платина қўлланилиши мумкин. Платина углерод (II) оксидини углерод (IV) оксидига айлантириш имкониятини беради. Нанозаррачалар кўринишида бўлган платина ўзининг каталитик хоссаларини янада кучлироқ намоён этади.

TiO₂ юзасига қопланган 55 атомларни (диаметри 1,4 нм) ўзида сақловчи олтин нанокластерлари стиролни хаво кислороди билан бензалдегидгача танловчанлик асосида оксидловчи катализатор сифатида хизмат қилади (*Nature*, 2008):

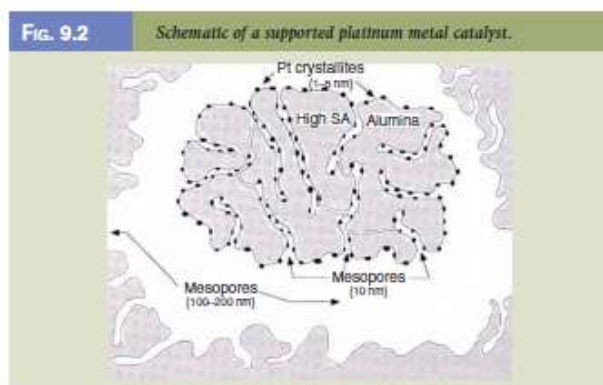


Қизиқарлиси шундаки, 2 нм дан юқори ўлчамдаги диаметрли заррачалар, шу билан бирга оддий олтин хам хеч қандай каталитик фаолликни намоён этмайди.

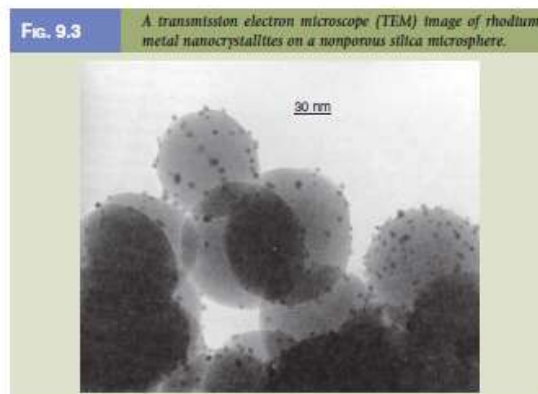
Саволлар:

- 1) Углерод (II) оксидини углерод (IV) оксидига айлантириш тенгламасини тузинг. Бу жараёни амалга ошиши учун платинадан ташқари нима керак бўлади?
- 2) Тўлиқ битта бак (40 л) А-92 маркали бензиннинг (бензиннинг зичлиги 0,75 г/см³) ёнишидан хосил бўладиган зарарли чиқиндиларнинг массалари диапазонини хисобланг.
- 3) 3,5 см³ металдан қанча Pt₂₀ таркибли нанозаррачаларни олиш мумкин бўлади? (платининг зичлиги 21,45 г/см³).
- 4) Қандай қилиб ихчамлик билан кимёвий реакторда нанозаррачаларни жойлаштириш мумкин бўлади?

Жавоблар: 1) CO – 5,4 кг дан 9 кг гача; CH – 0,75 кг дан 1,35 кг гача; NO 0,6 кг дан 1,2 кг гача 2) 1,16.1022



Source: R. Farrauto and C. Bartholomew, *Fundamentals of Industrial catalytic processes*, John Wiley & Sons, (2006). With permission.



Source: S. Chakraborti, A. K. Datta, and N. J. Long, *Journal of Catalysis*, 108, 444-451 (1987). With permission.

5-кейс

Ўзбекистондаги нанотехнологиялар асосидаги тўқимачилик

маҳсулотлари

01.04.2014

Кундалик ишлатиш учун бактерицид тўқимачилик маҳсулоти сертификациялаш ва оммавий ишлаб чиқариш босқичида турибти. Ишлаб

чиқариш технологияси Ўзбекистон Республикаси Фанлар академиясининг Полимерлар физикаси ва кимёси институтида ишлаб чиқарилган.

Хозирги кунда кумушнинг нанозаррачалари асосидаги кўп миқдордаги наноматериаллар ишлаб чиқарилган. Хозирда кумуш нанозаррачали тиш шеткалар ва тиш пасталари ишлаб чиқарилмоқда, улар турли хил инфекциялардан химоя қилади. Кумушнинг нанозаррачалари оз миқдорда косметика махсулотларига ҳам қўшилиб келинмоқда, уларнинг таъсирида яллиқланишнинг олди олинади ва яраларнинг битиши тезлашади. Кўпгина қаттиқ моддаларга (шиша, ёғоч, қоғоз, керамика, металлларнинг оксидлари ва бошқ.) суртилишидан сўнг ҳам нанозаррачалар узок вақт ўзининг бактерицид хусусиятларини сақлаб қолади. Бу ҳолат юқорисамарадор узок вақт таъсир этувчи дезинфекцияловчи аэрозолларни ишлаб чиқариш имкониятини беради. Агарда биноларнинг юзаларига суртиладиган лок-бўёқ махсулотларига кумушнинг нанозаррачалари қўшилса бу махсулотлар билан бўялган девор ва шипларда патоген микроорганизмларнинг яшаши мумкин бўлмайди. Сувни тозалаш филтрларидаги кўмирларга кумушнинг нанозаррачаларининг қўшилиши бундай филтрларнинг хизмат муддатини узайтиради ва тозаланаётган сувнинг биологик тозалиги ортади.

Нанозаррачалар нафақат фойда балки зарар ҳам етказишлари мумкин. Кумушнинг нанозаррачалари инъекция сифатида сичқонларнинг организмига киритилганида токсик таъсири кўрсатилган бўлиб, шу миқдордаги кумуш ионлари киритилганида эса ўлимга олиб келмаган.

Ўзбекистонда янги махсулотни “Policotton-patrokl” МЧЖ “SilverteX” савдо маркаси остида тақдим этади. Ассортиментда нанотехнологиялар қўлланилган ҳолда кумуш билан ишлов берилган – носкилар, ички кийимлар, ётоқ тўқимачилик махсулотлари. «SilverteX» носкилари тўлиқ маҳаллий хом ашёлардан ишлаб чиқарилган бўлиб синтетик махсулотларнинг миқдори минимал даражага келтирилган (8%гача). Кумуш билан махсус ишлов берилиши ёқимсиз хидни, терлашни, касаллик қўзғатувчи замбуруғларни ўсишини олдини олади.

Нима учун нанозаррачалар бактерицид тўқимачилик махсулотлари учун энг мақбул ҳисобланади?

Кейсни ечиш учун ахборотларнинг турларини ва қуйидаги саволларга жавобларни билиш зарур:

Хлорид кислотаси кумуш билан реакцияга киришадими?

Нима учун оддий кумуш хлорид кислотаси билан реакцияга киришмайди?

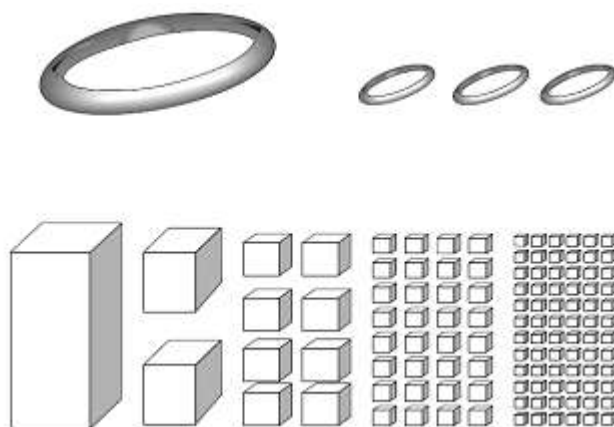
Нима учун кумуш нанозаррачалари хлорид кислотаси билан реакцияга киришади?

Кумушнинг Ag_5 нанозаррачалари ва хлорид кислотаси билан ўзаро таъсирлашув тенгламасини тузинг?

Кумуш нанозаррачаларининг қўлланилиши қанчалик даражада хавфсиз ҳисобланади?

Маълумки кумуш инсон организми учун энг кучли антисептик ҳисобланади, у 700 дан ортиқ қасаллик қўзғатувчи микроорганизмларни,

замбуруғларни, бактерияларни, вирусларни ўлдиради. Аниқланганки нанозаррачалар юқори реакция хоссаларга эга бўлиб оддий моддалар реакцияга киришмайдиган жараёнларда қатнашиши мумкин. Оддий кумуш билан хлорид кислотаси реакцияга киришмайди. Бироқ кумушнинг нанозаррачалари хлорид кислотаси билан реакцияга киришиб водороднинг ажралишига сабаб бўлади. Нанозаррачаларнинг бундай ҳолати юза эффекти туфайли вужудга келади. Гап шундаки майда заррачада юзада жойлашган атомларнинг миқдорий қисми ортади. Бу атомларда узилган боғланишлар мавжуд бўлиб, улар нисбатан юқори энергия ва фаолликка эга бўлади.



Decreasing of ring to nanoscale leads to color change (left),

depletion of metal to nanopieces leads to great surface active area

6-КЕЙС

Тошкент шаҳрида жойлашган “Композит” қўшма корхонасида шиша толалар турига мансуб бўлган базальт толаси ишлаб чиқарилмоқда. Ишлаб чиқарилаётган базальт толаси анча арзон ва турли кўринишда ишлаб чиқарилади: узлуксиз иплар - алоҳида толалардан иборат; ровинг - параллел иплардан ташкил топган; қисқа толалар – ипдан ёки 5-50 ммли қисқа ровницадан иборат, бундан ташқари шишатола тўқима мато ёки тўқилмаган матлар кўринишида ҳам ишлаб чиқарилади.

Шиша тола ёки базальт толаси билан армировка қилинган смолалар курилишда ва саноатда кенг қўлланилади. Улар **шишапластик ёки GRP** деб номланади: бошқа конструкцион материаллар қопламалари сифатида, ёки юк ташимайдиған девор панеллари, структураларнинг таркибий қисмлари, дераза рамалари, цистерналар, труба ва трубопроводлар сифатида кенг қўлланилади. 1960-чи йиллардан бошлаб лодкалар корпуслари шишапластикдан ишлаб чиқарилмоқда.

Кимё саноатида ҳам шишапластиклар кенг қўлланилади – резервуарлар, трубопровод ёки технологик танклар сифатида. Бундан ташқари **шишапластиклар (GRP)** темир йўллари, автомобил транспорти, аэрокосмик саноатида ҳам ўз ўрнини топган.

Аммо намлик шиша толасининг мустаҳкамлигини кескин пасайтиради. Бундан ташқари шиша тола вақт давомида чарчашга учрайди: узоқ вақт давомида доимий кучланиш таъсир этган ҳолатда шиша тола таркибида ёриқлар тез ўсиши намоён этиши мумкин. Шунинг учун вақт ўтиш билан шиша толанинг механик хоссалари кескин пасайиб боради, аммо қисқа вақт давомида мустаҳкамлиги яхши ҳисобланади.

Кейси бажариш босқичлари ва топшириқлари:

“Композит” қўшма корхонасида ишлаб чиқариш маҳсулотлари турларини кенгайтириш мақсадида базальт (шиша) толаси асосида янги маҳсулот турларини таклиф этинг. Базальт (шиша)композитларнинг қўлланилиш имкониятларини чеклантирувчи муаммоларни аниқланг ва уларни ечиш йўллари белгиланг. Базальт (шиша) толали композитларнинг қўлланилиш соҳаларини таклиф этинг. Кейс ечимини жадвал шаклида келтиринг:

| Муаммо тури | Келиб чиқиш сабаблари | Ҳал этиш йўллари | Қўлланилиш имкониятлари |
|--------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| | | | |

7-КЕЙС

SHUTTLE (AQSH) ракета-ташувчининг эшиги ва корпуси углерод толали/эпоксид смола композитидан тайёрланган. Замонавий самолетлар, жумладан Boeing 787 (Dreamliner) фюзеляжи ва қанотлари углерод толаси / эпоксид композитлардан тайёрланиб келмоқда.

Бундай углерод толали/органик матрицали композитлар тан нархи қимматлиги билан ажралиб туради (углерод толасини синтез қилиш юқори ҳарорат ва босимларни талаб этади).

Углерод толалари – юқори мустаҳкамлик ва механик хоссаларни термик стабиллиги билан ҳарактерланади; улар инерт шароитда синтетик органик толаларни юқори ҳароратда ишлов бериш усули ёрдамида олинади (вискоза, полиакрилнитрил); дастлабки хом ашё турига қараб турли углерод толалар олиш мумкин: иплар, сим, мато, лента, войлок.

Ҳозирги вақтда углерод толаларнинг нархи доимий равишда пасайиб бормоқда, шунинг учун қўлланилиш соҳалари ҳам кенгайиб бормоқда. Углерод толали композитлар технологик жиҳозлар - турбина, компрессор, шамол тегирмонлари қанотлари, маховиклар тайёрлашда; медицинада эса – жиҳозлар ва имплантатлар (тизза суставлари) тайёрлашда қўлланилмоқда.

Демак, углерод толалари билан мустаҳкамлаштирилган углерод тола/органик матрицали композит материал юқори физик-кимёвий хусусиятларга эга.

Аммо углерод толалари билан мустаҳкамлаштирилган композит кучли анизотропияга эгаллиги муносабати билан унинг хоссалари турли йўналишларда бир хил эмаслиги келиб чиқмоқда. Бу эса композитнинг медицина ва техникада қўлланилиш имкониятларини қисқартирмоқда. Истеъмолчи томонидан композитнинг анизотропиясини камайтириш кераклиги талаб этилди.

Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:

- Кейсдаги муаммони келтириб чиқарган асосий сабабларни белгиланг (индивидуал ва кичик гуруҳда).
- Композитнинг анизотропиясини камайтириш учун бажариладиган ишлар кетма-кетлигини белгиланг (жуфтликлардаги иш). 8-9– иловалардаги маълумотлардан фойдаланишингиз мумкин.

8-КЕЙС

Шиша тараққиёти жамият тараққиёти билан узвий боғлиқ. Унинг кўп хусусиятлари бор. Айниқса – шаффофлиги ҳамда пишиқлигидир. Шишадан турли хил уй рўзгор, безак буюмлари, техника асбоблари, иссиқлик ва товуш изоляцион материаллар ясалади. Шишанинг кашф этилиши турли-туман шакллардаги бутилкалар, ҳар хил идишлар, вазалар, стакан, қадаҳлар қисқаси, турмуш учун зарур буюмларни кўплаб ишлаб чиқарилишига олиб келди.

Табиий шиша тарихи одамзод тарихидан катта. Вулқон отилиши, зилзила рўй бериши, момақалдиروق гумбирлаши каби табиат ҳодисалари табиий шишалар-обсидиан ва яшин шишаларининг ҳосил бўлишига сабабчи бўлган.

Марказий Осиё мамлакатларида ҳам шишасозлик қадимдан бошланган. Унинг тараққий етган даври ўрта асрларга тўғри келади. Машхур энстиклопедист олимлар Абу Райҳон Беруний, Абу Али ибн Сино, Абу Бакр Муҳаммад ибн Закриё ар-Розий асарларида келтирилган маълумотлар шишасозлик техникаси бу ерда қадимги Мисрдагига нисбатан юқорироқ савияда олиб борилганлигидан далолат беради.

Йигирманчи аср давомида Ўзбекистонда қатор шиша корхоналари қурилиб, ишга туширилди. Шулар жумласига Тошкент «Оникс» ва «АСЛ ОЙНА» ишлаб чиқариш бирлашмаси каби корхоналар киради. Бу корхоналарни ишга тушириш республика эҳтиёжлари учун керакли бўлган шиша маҳсулотларини (Расм) арзон ва кенг тарқалган маҳаллий хом ашёлар асосида ишлаб чиқариш имкониятини берди.





Шиша ишлаб чиқаришда материаллар иккита катта гуруҳга бўлинади: шиша ҳосил қилувчилар - улар қаторига олтингугурт, селен, маргимуш, фосфор, углерод каби элементлар; SiO_2 , FeO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , As_2O_3 , BeF_2 каби оксид ва бирикмалар.

Якка ҳолда шишасимон ҳолатни ҳосил қилаолмайдиган элемент, оксид ва бошқа бирикмалар модификаторлар деб аталади. Уларга TiO_2 , TeO_2 , CeO_2 , MoO_3 , CoO_3 , Bi_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O кабилар киради. Бундай оксид ва бирикмалар шиша ҳосил қилувчилар иштирокида осонгина шишасимон ҳолатни вужудга келтиради. Улар иштирокида шихтанинг эриш температураси пасаяди. Лекин ҳосил бўлган аморф модданинг механикавий ва кимёвий хусусиятлари ҳам бироз камаяди.

Шихта таркибига кирувчи компонентлар сонининг ошиши шишасозликда ижобий рол ўйнайди. Масалан, $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$, $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3$, $\text{Me}_m\text{O}_n-\text{P}_2\text{O}_5-\text{B}_2\text{O}_5$ каби системалар асосида шиша осон ҳосил бўлади.

Силикат таркибли саноат шишаларида SiO_2 , CaO ва Na_2O билан бир қаторда MgO ва Al_2O_3 ҳам қатнашади. Магний оксиди шишаларининг кристалланишига бўлган лаёқатини бироз сусайтиради, алюминий оксиди эса уларнинг кимёвий турғунлигини таминлашга хизмат қилади. Шиша ҳосил қилувчи ва модификаторлар устида А.А. Аппен кўп тадқиқотлар олиб борган.

Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:

Бу кейс стади усулида кўзланган мақсад – турли оксидларнинг композицион шиша материаллар яратишдаги ролини ўрганиш.

SiO_2 оксиди минерал сифатида қандай номланади ва фақат у асосида якка таркибли шиша материал олиш мумкин-ми?

SiO_2 оксиди асосида якка таркибли шиша материал ишлаб чиқаришдаги муаммоларни аниқланг ва ечимини таклиф этинг. Кейс ечимини жадвал шаклида келтиринг:

| Муаммо тури | Келиб чиқиш сабаблари | Ҳал этиш йўллари |
|-------------|-----------------------|------------------|
| | | |

9-КЕЙС

Техника шишасининг тури жуда кўп. Унинг асосий маҳсулотлари қаторига қуйидагиларни кўрсатиш мумкин:

1. Кварц шишаси - шаффоф ва бўғиқ бўлади. Кварц шишасини ишлаб чиқаришда формуласи SiO_2 тўғри келадиган юқори даражадаги тоза тоғ биллури ёки Кварц кумларидан фойдаланади. Албатта, улар оғир темирли минераллар, дала шпати, слюда ва тупрокдан тозаланиши зарур. Натижада бойиган тоғ жинсининг кимёвий таркиби SiO_2 фойдасига ўзгаради ва майдаланган заррачаларнинг гранулометрик таркиби тузатилади. Ишлаб чиқаришда қўлланилаётган хом-ашё таркиби қуйидагича бўлади: SiO_2 99.6-99.7; P_2O_3 - 0.15-0.30, шу жумладан Fe_2O_3 0.002-0.003; CaO 0.05-0.08; MgO 0.03-0.05; P_2O 0.01-0.02 ва қиздирилгандаги йўқотиш 0.05-0.08%. Кварц шишаси ўта юқори термик ва электр бардошлиги билан ажралиб туради.

2. Оптика шишаси – оптика асбобларида қўлланиладиган крон, флинт ва бошқалар. Енгил кронлар - SiO_2 – 50-80 %, B_2O_3 – 10%, K_2O – 20% (базалари 12 % Ф). Кронлар – бор-силикатли шишалар, оғир кронлар эса бор-кремний ва барий оксидлари асосида синтез қилинади.

3. Электр вакуум ва электроника шишаси –радиоэлектроника соҳасида замонавий асбоб-ускунакарда кенг қўлланилади. Асосан алюминий-бор-силикат системалар асосида ишлаб чиқарилади. Юқори технологик ва эксплуатацион хоссаларига эга – кимёвий бардошлиги, механик мустаҳкамлиги, термик бардошлиги, юқори диэлектрик хоссалари ва вакуумга чидамлиги. Электрон техникасида B_2O_3 - PbO - ZnO , B_2O_3 - Al_2O_3 - ZnO , As-Fe-Se системасидаги шишалар (ситаллоцементлар) ҳам кенг қўлланилади.

4. Кимёвий - лаборатория шишаси - юпқа ва ёғон шишалар, лаборатория ва ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади: кимё, озик-овқат, медисина, фармасевтикада, лаборатория ва саноат асбобларида ва ҳ. Бу турдаги шишалар турли реагентлар таъсирига кимёвий бардошлиги, юқори термик бардошлиги билан ажралиб туради.

Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:

- Кварц шишасини тара маҳсулотлар (бутилка ва шиша банкалар) ишлаб чиқаришда қўлланилиши мумкин-ми? Сабабларини келтиринг.
- Кейсдаги муаммони келтириб чиқарган асосий сабаблар ва ҳал этиш йўллари жадвал асосида изоҳланг (индивидуал ва кичик гуруҳда).

| Муаммо тури | Келиб чиқиш сабаблари | Ҳал этиш йўллари |
|-------------|-----------------------|------------------|
| | | |

10-КЕЙС

Кейс 5

Турли ёғочлардан олинган елимланган материаллар турлича физик-механик хоссаларни намоён қилади. Ўзбекистон шароитида қайси елимланган ёғоч материаллини ишлаб чиқариш ҳар тарафлама фойдали?

Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:



VI. МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ МАВЗУЛАРИ

Мустақил таълимни ташкил этишининг шакли ва мазмуни

Тингловчининг мустақил таълим иши муайян модулни хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги шакллардан фойдаланиб тайёрлаши тавсия этилади:

- меъёрий ҳужжатлардан, ўқув ва илмий адабиётлардан фойдаланиш асосида модул мавзуларини ўрганиш;
- тарқатма материаллар бўйича маърузалар қисмини ўзлаштириш;
- махсус адабиётлар ва интернет маълумотлар ёрдамида модул бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш;
- тингловчининг касбий фаолияти билан боғлиқ бўлган модул бўлимлари ва мавзуларни чуқур ўрганиш;
- танланган мустақил таълим мавзуси бўйича материал тўплаш ва тақдимот тайёрлаш (рус, ўзбек ёки инглиз тилида);
- махсус автоматлаштирилган дастурлар (EXCEL, AUTOCAD) ёрдамида материал таркибини тузиш (8-иловада мисол келтирилган), унинг хоссаларини автоматик тарзда ҳисоблаш ва режалаштириш, ишлаб чиқаришдаги ускуналарни тузилишини ўрганиш.

Мустақил таълим мавзулари

1. Сунъий ва табиий композицион материаллар.
2. Композицион материаллар структура тузилиши, структура ўрганишда замонавий физик кимёвий таҳлил усуллари.
3. Нометаллар асосида композицион материаллар.
4. Кукун металлургия усули ёрдамида композицион материаллар ишлаб чиқариш.
5. Пўлатлар ишлаб чиқаришда феррит-цемент композициялар.
6. Металл кукунлар, уларнинг хоссалари ва қўлланилиш имкониятлари.
7. Толали композицион материаллар.
8. Шишапластиклар ишлаб чиқариш жараёни.
9. Шиша арматураси ишлаб чиқариш жараёни.
10. Триплекс тузилиши, хоссалари ва ишлаб чиқариш технологик жараёни.
11. Мустаҳкамлаштириш компонентлар: толалар турлари ва хоссалари.

12. Углерод толалари асосида замонавий композицион материаллар.
13. Биоккомпозитлар, уларнинг қўлланиш имкониятлари.
14. Композицион материаллар ишлаб чиқаришда матрица материаллари.
15. Композицион материаллар ишлаб чиқаришда полимерларнинг ўрни.
16. Полимер матрицали композицион материаллар ишлаб чиқариш технологик жараёни.
17. Керамик матрицали композицион материаллар ишлаб чиқариш технологик жараёни.
18. Металл матрицали композицион материаллар ишлаб чиқариш технологик жараёни.
19. Ёғоч-елим композицияларининг турлари
20. Елимланган ёғочда ёғочга қўйиладиган талаблар
21. Елимланган ёғочда елимга қўйиладиган талаблар
22. Елимланган ёғочни тайёрлаш жараёнига қўйиладиган талаблар
23. Елимланган ёғочдан фойдаланишда қўйиладиган талаблар
24. Елимланган ёғочдаги механик кучлар
25. Елимланган ёғочдаги кимёвий боғлар
26. Елимланган ёғочдаги адгезия кучлари
27. Елимланган ёғочдаги когезия кучлари
28. Ёғочнинг анизотропияси ва унинг елимланган материаллар олишда инобатга олиниши

VII. ГЛОССАРИЙ

| Таянч сўз | Ўзбек тилидаги шарҳи | Инглиз тилидаги шарҳи |
|--|---|--|
| Аэрогел | Аэрогел: суюқлиги ютилган газ билан ўриналмашган гелдан олинган ғоваксимон қаттиқ чўкма | Aerogel: a porous solid formed from a gel in which the liquid is replaced with a gas with gas entrapment |
| Атом-кучланишлимикроскопия (AFM) ёки сканерловчи зонд микроскопияси (СЗМ) | Атом-кучланишлимикроскопия (AFM) ёки сканерловчи зонд микроскопияси (СЗМ): атом кўрсатгичли юзадаги атомларнинг тасвирини ёки бошқа функционал хоссаларини тасвирлаш учун қўлланилувчи юқори кўрсатгичли қурилма | Atomic force microscopy (AFM) or scanning probe microscopy (SPM): a high-resolution device used to map topography or other functional properties of the surface atoms at atomic resolution capabilities |
| Атом манипуляцияси | Атом манипуляцияси: атом-кучланишли микроскопия ва сканерловчи тунелли микроскоп каби илғор усуллар туфайли имконияти туғилган юзанинг тузилишини атом ортидан атом еки кимёвий модификациялаш | Atomic manipulation: atom by atom modification of surface structure or chemistry made possible by advanced techniques like atomic force microscope and scanning tunnelling microscope |
| Таъқиқланган чегаранинг кенглиги | Таъқиқланган чегаранинг кенглиги: барча электрон энергетик ҳолатлар таъқиқланган қаттиқ жисмдаги валент чегара ва ўтказувчанлик чегараси орасидаги энергетик туйнук | Band gap: energy gap between the valence band and conduction band in a solid in which all electronic energy states are forbidden |
| Биомослашувчанлик | Биомослашувчанлик: ноҳуш ўзгаришларни чақирмай материалнинг биологик тизим билан | Biocompatibility: capability of a material in contact with a biological system to |

| | | |
|------------------------------|---|---|
| | таъсирлашувида ўз вазифаларини бажариши | perform its intended function without causing deleterious changes |
| Биомиметика | Биомиметика: замонавий технологияларни қўллаш билан муҳандислик тизимларни тадқиқ қилиш ва лойиҳалаштириш учун табиий тизимларга ўхшаш, инженерия ёки тақлид қилиш тўғрисидаги фан | Biomimetic: the science of imitating or reverse engineering from natural systems to the study and design of engineered systems using modern technology |
| Бот | Бот: робот ёки автоматлаштирилган интеллектуал машина | Bot: a robot or automated intelligent machine |
| Тагдан-тепага | Тагдан-тепага: асосий бирликлари нанозаррачалар/нанотизимларни ҳосил қилиш билан бирлашадиган атом миқёсидаги асосий бирликларидан наноматериалларнинг синтез қилиш стратегияси | Bottom-up: a strategy for synthesizing nanomaterials from atomic scale fundamental units where the fundamental units link up to form nanoparticles/nanostructures |
| Бакминстер - фуллерен | Бакминстер - фуллерен: Ричард Бакминстер Фуллерен томонидан лойиҳалаштирилган геодезик гумбазга ўхшаш туфайли унинг шарафига номланган C60 формулани доирасимон молекула; Бакминстерфуллерен – фуллереннинг дастлабки топилган молекуласи ҳисобланади, шу билан бирга қурумда оз миқдорда топилиши | Buckminster fullerene: a spherical molecule with the formula C60, named in homage to Richard Buckminster Fuller, due to its resemblance to the geodesic dome designed by him; Buckminster fullerene is the first fullerene molecule to be discovered and is also the most common in terms of natural |

| | | |
|--|---|---|
| | мумкин бўлганлиги учун табиий хосил бўлиши нуқтаи назаридан энг кўп тарқалган ҳисобланади. | occurrence, as it can be found in small quantities in soot |
| Заряд боғланишли қурилма (CCD) | Заряд боғланишли қурилма (CCD): зарядланган позицион-сезгир ахборотни йиға оладиган ва рақамли тасвирларни ишлатиш учун кенг қўлланиладиган манипуляциялар учун рақамли маълумотларга ўткази оладиган қурилма | Charge-coupled device (CCD): a device that can gather position-sensitive charge information and convert to digital data for manipulation, which is used extensively for digital imaging applications |
| Комплементарметалоксидли ярим ўтказгич (CMOS) | Комплементар металоксидли ярим ўтказгич (CMOS): интеграл схемалар (ICs) ва ўта катта интеграл схемаларни (VLSI) яшаш учун янги технология, асосий афзалликлари кам энергия сарф қилиши ва юқори шовқин даражасида бўлиб бу ўз навбатида юза бирлиги доирасида қурилмаларнинг юқори зичлигини таъминлайди | Complementary metal–oxide semiconductor (CMOS): an emerging technology for the fabrication of ICs and VLSI, the main advantage being low power consumption and high noise, enabling larger density of devices within unit area |
| Углеродли нанотрубка (CNT) | Углеродли нанотрубка (CNT): тасвир форматининг юқори ўзгартирилиб туришли цилиндрсимон наноструктурали углероднинг аллотропик шакли; уларнинг ўзгача бўлган электрон ва магнит хоссалари кенг қўлланилади. | Carbon nanotube (CNT): an allotrope of carbon with cylindrical nanostructure and having high aspect ratios; their unusual electronic and magnetic properties find wide applications |
| Коллоид | Коллоид: ўзлуксиз мухитдаги | Colloid: a homogenous |

| | | |
|---|--|---|
| | дисперсияланган модданинг бир турдаги суспензияси; қаттиқ, суюқ ёки газсимон бўлиши мумкин. | suspension of a dispersoid in a continuous medium; it may be a solid, liquid or gas |
| Буғ фазасидан кимёвий чўктириш (CVD) | Буғ фазасидан кимёвий чўктириш (CVD): газсимон реагентларнинг қўлланилиши билан юпка пленкаларнинг тагликда чўктириш услуги | Chemical vapour deposition (CVD): a technique for depositing thin films on a substrate using gaseous reactants |
| Холилаштирилганхудо д | Холилаштирилганхудо : зарядларни эркин ташувчиларидан холи бўлган яримўтказгич материалларнинг бирлашиш жойи | Depletion zone: a region at the junction of semiconducting materials that is devoid of free charge carriers |
| Дислокация | Дислокация: кристаллографический линейный дефект, включающий нерегулярность периодического расположения атомов (отсутствие ряда атомов в плоскости) в кристалле | Dislocation: a crystallographic line defect involving irregularity in the periodic arrangement of atoms (missing row of atoms in a plane) in a crystal |
| ДНК-чип | ДНК-чип: гендаги мутацияларни ёки ўзгаришларни идентификациялаш учун қўлланиладиган яримўтказгичли микрочип асосидаги датчик | DNA chip: a sensor based on a semiconductor microchip used to identify mutations or alterations in a gene |
| Тенг каналли бурчакли пресслаш(ЕСАР) | Тенг каналли бурчакли пресслаш(ЕСАР): шакл ва ўлчамларини ўзгартиришсиз катта микдордаги деформацион силжишни киритувчи ултрадисперс тузилишли заррачаларни ишлаб чиқариш учун пластик деформациянинг | Equal channel angular pressing (ECAP): a severe plastic deformation technique for producing ultrafine grain structures, which introduces a large amount of shear strain into the materials |

| | | |
|---------------------------|--|---|
| | оғир техникаси; экструзия иштирокидаги ўхшаш жараёни намоён қилувчи тенг каналли бурчак экструзияси (ECAE) | without changing its shape or dimensions; equichannel angular extrusion (ECAE) is a similar process involving extrusion |
| Электрон микроскоп | Электрон микроскоп: тезлаштирилган электронларнинг коллимириланган дастасини намунага фокуслаб атом ўлчамидаги катталаштирилган тасвирни олиш учун қўлланиладиган микроскоп | Electron microscope: a microscope that focusses a collimated accelerated electron beam on the specimen to produce a magnified image at atomic resolution |
| Электрон бурун | Электрон бурун: хид еки таъмларни аниқлаш учун бир неча кимёвий сенсорлардан ташкил топган қурилма | Electronic nose: a device consisting of an array of chemical sensors to detect odours or flavours |
| Электрон тил | Электрон тил: таъмларни аниқлаш ва таққослаш учун бир неча кимёвий датчиклардан ташкил топган қурилма | Electronic tongue: a device consisting of an array of chemical sensors to detect and compare tastes |
| Эпитаксия | Эпитаксия: асосий таглик билан кристаллографик тартибни (когерентликни) таъминлаш учун иккиламчи фазанинг ўсиши | Epitaxy: growth of a secondary phase maintaining a perfect crystallographic registry (coherency) with the underlying substrate |
| Fab | Fab: интеграл схемалар ва ва яримўтказгичли асбобларни ишлаб чиқариш учун назорат қилинувчи чўктириш жараёнлари ва тоза хоналардан ташкил | Fab: a microfabrication facility consisting of clean rooms and controlled deposition process for the fabrication of |

| | | |
|---|--|---|
| | топган микротехнологик объект | semiconductor devices and ICs |
| Майдон эффектлитранзистор (FET) | Майдон эффектли транзистор (FET): электр майдони ёрдамида ўтказувчанлигини бошқариш мумкин бўлган транзистор | Field effect transistor (FET): a transistor whose conductivity can be controlled by electrical field |
| Ёқилғиэлементи | Ёқилғи элементи: ташқи манба ёқилғиси ёки реагенти асосида электр энергиясини ишлаб чиқариш имкониятига эга электрохимёвий ячейка | Fuel cell: an electrochemical cell capable of producing electrical energy with fuel or reactant being used up from an external source |
| Гигантмагнит қаршилиги (GMR) | Гигантмагнит қаршилиги (GMR): юпқа пленкали структураларда кузатиладиган квант-механик эффект: ферромагнит қаватнинг магнит майдони таъсирига учраганда электр қаршилиги сезиларли даражада камаяди | Giant magnetoresistance (GMR): quantum mechanical effect observed in thin film structures: the electrical resistance decreases significantly when the ferromagnetic layer is exposed to a magnetic field |
| Заррачаларнинг чегараси | Заррачаларнинг чегараси: 2D-дефект, аниқ аниқланган иккита чегараланувчи кристалларнинг интерфейси | Grain boundary: a 2D defect, the interface bordering two well-defined crystals |
| Заррачалар чегарасининг миграцияси | Заррачалар чегарасининг миграцияси: термик ёки механик кучланиш йўли ёрдамида фаоллаштирилган заррачалар чегараларининг келишилган харакати | Grain boundary migration: coordinated movement of grain boundaries activated either thermally or by mechanical stress |
| Холл-Петч қонуни | Холл-Петч қонуни: асосан | Hall–Petch relation: the effect describing |

| | | |
|--|---|---|
| | <p>чегарадаги заррачанинг мустахкамлашуви хисобига хосил бўлувчи кристалсимон модданинг каттиқлигига заррачаларнинг ўлчамини тескари таъсирини тавсифловчи эффекти</p> | <p>the inverse effect of grain size on the hardness of a crystalline solid that arises mainly due to grain boundary strengthening</p> |
| <p>Иссик изостатик преслаш (HIPing)</p> | <p>Иссик изостатик преслаш (HIPing): майин заррачаларни яхлит қисмларга сиқиш учун юқори гидростатик босим ва хароратни қўллаш жараёни</p> | <p>Hot isostatic pressing (HIPing): the process of using high hydrostatic pressure and temperature to compress fine particles into coherent parts</p> |
| <p>Кридер қонуни</p> | <p>Кридер қонуни: каттиқ дискларнинг хотира ҳажми деярли ҳар йили икки баробар кўпаяди</p> | <p>Kryder's law: the memory storage capacity of hard drives doubles almost every year</p> |
| <p>Светодиод (LED)</p> | <p>Светодиод (LED): электролюминесценция принципига асосан ишловчи яримўтказгичли нур манбаи, нурланувчи ёруғликнинг тўлқин узунлиги яримўтказгичларнинг таъқиқланган худуди кенглигига боғлиқ</p> | <p>Light-emitting diode (LED): a semiconductor light source working on the principle of electroluminescence, where the wavelength of light emitted depends on the band gap of semiconductors</p> |
| <p>Суюқкристал (СК)</p> | <p>Суюқ кристал (СК): суюқлик ва каттиқ кристалсимон модда хоссалари оралиғидаги материя; суюқ кристалли дисплейларда кенг қўлланилади</p> | <p>Liquid crystal (LC): a state of matter with properties between a liquid and solid crystal; it is used extensively in liquid crystal displays</p> |
| <p>Магиксон</p> | <p>Магиксон: анчагина юқори бўлган структуравий ва потенциал турғунликни таъминловчи кластердаги атомларнинг критик сони</p> | <p>Magic number: a critical number of atoms in a cluster size providing it higher structural and potential stability</p> |

| | | |
|--|---|--|
| Механик қотишмалаш | Механик қотишмалаш: юқори энергияли шарли тегирмонда заррачаларнинг қайта деформацияланиши ва ёриқлари натижасида майдаланиши, куқунларнинг заррачалари совуқ пайванланадиган қаттиқ жисмдаги жараён | Mechanical alloying: a solid state process in which grain refinement occurs by repeated deformation, fracturing and cold welding of powder particles in a high-energy ball mill |
| Суюқланиш хароратининг осцилляцияси | Суюқланиш хароратининг осцилляцияси: заррачаларнинг ўлчами ассосий массадан субнанометргача камайиб микдорининг ошиши натижасидаги суюқланиш хароратини бостириш ходисаси | Melting point oscillation: the phenomenon of suppression of melting point followed by elevation as the particle size is reduced from bulk to sub-nanometre size |
| Микроэлектромеханик системалар (MEMS) | Микроэлектромеханик системалар (MEMS): электр энергияси билан бошқариладиган микрорамер механик тизим; механик қурилмаларнинг ўлчамлари нанометрик диапазонга яқинлашганда уларни наноэлектромеханик тизимлар деб аташади (NEMS) | Microelectromechanical systems (MEMS): a microdimensional mechanical system driven by electrical energy; when the dimensions of the mechanical devices approach nanometric range they are termed nanoelectromechanical systems (NEMS) |
| Мезоғовакли | Мезоғовакли: бир меъёрда бер текис жойлашган мезоғовакли (диаметри 2-50 нм) ғоваксимон материаллар; юза сиртининг катталиги уларни адсорбент еки катализаторлар сифатида | Mesoporous: porous materials with regularly arranged, uniform mesopores (2–50 nm in diameter); their large surface areas make them useful as adsorbents or |

| | | |
|---|---|--|
| | фойдали қилади | catalysts |
| Микрокантилевер | Микрокантилевер: микр ометр миқёсидаги ўлчамли кантиливерли нур, MEMS соҳасида, датчикларда, резонаторларда ва ҳкз кенг қўлланилади | Microcantilever: a cantilever beam with dimensions in the micrometer scale that is extensively used in the field of MEMS, sensors, resonators, etc. |
| Молекуляр электроника | Молекуляр электроника: электрон қурилмаларда қўлланилиши учун молекулаларнинг тадқиқи ва қўлланилиши | Molecular electronics: the study and application of molecules for electronic device applications |
| Мур қонуни | Мур қонуни: қурилманинг юза бирлигига ўрнаштирилган транзисторларнинг сони тахминан ҳар 18 ойда икки баробар кўпайишини назарда тутувчи ҳисоблаш қурилмаларидаги ўзққмуддатли тренд | Moore's law: a long-term trend in computing hardware suggesting that the number of transistors built in a unit area of the device approximately doubles every 18 months |
| Мултиплет иккиламчи заррачалар (МТР) | Мултиплет иккиламчи заррачалар (МТР): олмос (C, Si, Ge) ва қотишмалар типидagi яримўтказгичлардан, кубсимон ёқларимарказлаштирилган металлардан олинган юпқа пленкалар (кристалл тагликларда чўктирилган) ва нанокристалл заррачалардаги бешинчи тартибли псевдосимметриянинг кузатилиши | Multiply twinned particles (MTP): observed frequently with a pseudo five-fold symmetry in nanocrystalline particles and thin films (deposited on crystalline substrates) of cubic face-centred metals, diamond-type semiconductors (C, Si, Ge) and alloys |
| Мултиқаватлар | Мултиқаватлар: бир-бирига жойлаштирилган | Multilayers: thin films of differing chemistry |

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| | турли хил кимёвий таркибли ёки структурали юпқа пленкалар | or structure deposited one over the other |
| Нано | Нано: карликни ёки бирон-бир кичик нарсани билдирувчи грекча олд қўшимчаси, бир миллиарддан бир қисмини билдиради (10^{-9}) | Nano: Greek prefix meaning dwarf or something very small; depicts one billionth (10^{-9}) of a unit |
| Нанобот | Нанобот: нанометрли ўлчамлардан ташкил топган компонентли робот (ярим ёки тўлиқ автоматлаштирилган интеграл машина); улар нанороботлар, наноидлар, нанитлар, наномашиналар ёки наномитлар номлари билан ҳам учрайди | Nanobots: a robot (semi- or fully-automated intelligent machine) consisting of components of a few hundred nanometre-dimensions; they are also referred to as nanorobots, nanoids, nanites, nanomachines or nanomites |
| Нанотолалар | Нанотолалар: 100 нм дан кичик бўлган диаметрли толалар | Nanofibre: fibres with diameter less than 100 nm |
| Нанодисперсия | Нанодисперсия: металлар, керамик, углеродли нанотрубкалар ва хкз нанозаррачаларнинг коллоид суспензияси | Nanofluid: colloidal suspension of nanoparticles of metals, ceramic, carbon nanotubes, etc. |
| Наноиндентификация лаш | Наноиндентификация лаш: наноўлчамли хажмларга қўлланилувчи босишдаги қаттиқлик тести, кичик босимларда алохида нанозаррачаларнинг қаттиқлигини аниқлаш учун | Nanoindentation: an indentation hardness test applied to nanoscale volumes at small loads to obtain the hardness of individual nanoparticles |
| Нанолитография | Нанолитография: наноўлчамли деталларни шакллаш учун нано ишлаб чиқариш техникаси; интеграл схемалар ва NEMSлар | Nanolithography: a nanofabrication technique for patterning nanoscale features; used extensively in the |

| | | |
|---|---|---|
| | ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади | fabrication of ICs and NEMS |
| Наноматериал | Наноматериал: бирон бир ўзгариши нано даражада (<100 нм) бўлган материалларнинг синфи | Nanomaterial: class of materials in which at least one of the dimensions is on the nanoscale (<100 nm) |
| Наностержнлар | Наностержнлар: ёқларининг нисбати 3-5 диапазонда бўлган 3Д наноструктуралар; уларнинг барча ўлчамлари 1-100 нм диапазонда бўлади | Nanorods: 3D nanostructures with aspect ratio typically in the range of 3–5; all their dimensions are in the range 1–100 nm |
| Наноқобиклар | Наноқобиклар: диаметри бир неча ўнликдаги нанометрда бўлган объект ядроси устидаги юпқа қобик | Nanoshells: a thin coating over a core object a few tens of nanometres in diameter |
| Нанотехнологиялар | Нанотехнологиялар: атом ва молекула даражасида моддаларнинг устидаги манипуляциялар; одатда 1 дан 100 нанометргача бўлган ўлчамдаги структуралар билан ишланади, ҳамда бир кўрсаткичи шу ўлчамларда бўлган материалларни ёки қурилмаларни ишлаб чиқишни ўз ичига олади | Nanotechnology: study of manipulating matter on an atomic and molecular scale; generally deals with structures sized between 1 and 100 nanometres in at least one dimension, and involves developing materials or devices possessing at least one dimension within that size |
| Наносимлар | Наносимлар: нанометр ўлчамли кенгликдаги ва геометрик ўлчамларининг нисбати 1000 ва ундан юқори бўлган 1Д наноструктуралар | Nanowires: 1D nanostructures with width of nanometric dimensions and exhibiting aspect ratios of 1000 or more |
| Наноэлектромеханические системы (NEMS) | Наноэлектромеханические системы (NEMS): см MEMS | Nanoelectromechanical systems (NEMS): refer MEMS |
| Оптоэлектроника | Оптоэлектроника: элект | Opto-electronics: an |

| | | |
|-------------------------------|---|---|
| | рон қурилмалардани электромагнит фотонларнинг қўлланилиши; “электр сигналининг оптик сигналга” ёки “оптик сигнални электр сигналга” ўтказувчи ўзгартгичлар бўлиши мумкин | application of electromagnetic photons for electronic device applications; they can be either electrical-to-optical or optical-to-electrical transducers |
| Фотокатализ | Фотокатализ: катализатор иштирокида фотонлар оқимини қўллаш билан кимёвий реакция тезлигини тезлаштириш феномени | Photocatalysis: phenomenon of accelerating a chemical reaction rate using a photon beam in the presence of a catalyst |
| Фотолюминесценция (PL) | Фотолюминесценция (PL): баъзи бир моддаларнинг маълум бир тўлқин узунлигидаги электромагнит нурларни ютиб ва қайтадан фотонларни турли хил тўлқин узунлигида нурлатувчи жараён | Photoluminescence (PL): a process by which certain substances absorb electromagnetic radiations of specific wavelengths and re-radiate photons of different wavelength |
| Фотонкристаллар | Фотонкристаллар: электромагнит тўлқинларни тарқатилишига таъсир этишга мўлжалланган даврий диэлектрик ёки металл диэлектрик оптик наноструктуралар | Photonic crystals: periodic dielectric or metallo-dielectric optical nanostructures that are designed to affect the propagation of electromagnetic waves (EM) in the same way as the periodic potential in a semiconductor crystal affects electron motion by defining allowed and forbidden electronic energy bands |
| Фотоника | Фотоника: маълумотларнинг бошқарилишида | Photonics: electronics using light (photons) |

| | | |
|---|--|--|
| | электронлар ўрнига еруғликни (фотонларни) қўлловчи электроника | instead of electrons to manage data |
| Пьезорезистив эффект | Пьезорезистив эффект: ташқаридан механик босим таъсирига боғлиқ равишда материалнинг электр қаршилигининг ўзгариш ходисаси | Piezoresistive effect: phenomenon by which electrical resistance of a material varies with externally applied mechanical pressure |
| Плазма | Плазма: ионлашган модданинг анчагина қатта фракциясини ўзида сақловчи модданинг ҳолати; плазманинг хоссалари қаттиқ моддалардан, суюқликлардан ёки газлардан тубдан фарқ қилади | Plasma: a state of matter containing a significantly large fraction of ionized matter; plasma properties differ significantly from those of solids, liquids or gases |
| Буғ фазасидан физикавий чўктириш (PVD) | Буғ фазасидан физикавий чўктириш (PVD): тагликда юпқа пленкаларни олиш учун атомларни мўлжал материалдан бўғлатиш иштирокида вакуум чўктиришнинг турли технологиялари | Physical vapour deposition (PVD): a variety of vacuum deposition technique involving vaporization of atoms from target material to produce a thin film on a substrate |
| Пиролиз | Пиролиз: аланга (<i>pyr</i>) остида ажратишни (<i>lysis</i>) англлатувчи грекча сўз; кислород иштирокисиз юқори хароратларда органик моддани парчалашни ўз ичига олувчи термохимёвий усул | Pyrolysis: Greek word denoting separation (<i>lysis</i>) under fire (<i>pyr</i>); a thermochemical method involving decomposition of organic material at elevated temperatures in the absence of oxygen |
| Кванткомпютерлар | Кванткомпютерлар: кир иш маълумотларидаги операцияларда квант-механик ходисаларини | Quantum computers: a computational device using quantum mechanical phenomena |

| | | |
|---|---|---|
| | қўлловчи ҳисоблаш асбоблари | for operations on input data |
| Квантнуқталари | Квантнуқталари: электронларнинг энергия ҳолатлари барча учта кенглик ўлчамларида аниқланадиган 0Dнаноструктуралар; уларнинг электрон хоссалари кластерлар ва яримўтказгичлар орасида бўлади | Quantum dots: 0D nanostructures in which electron energy states are confined in all three spatial dimensions; their electronic properties are between that of clusters and bulk semiconductors |
| Кубит | Кубит: ҳисоблашлардаги битнинг квант эквиваленти; атомларнинг квант хоссаларини ўлчаш қўшимчаси билан | Qubit: a quantum-computing equivalent to a bit; with an additional dimension of quantum properties of atoms |
| Резонансли туннелланган қурилма (RTD) | Резонансли туннелланган қурилма (RTD): электронларни фақатгина икки йўналишда ушлаб қолувчи узун ва қисқа яримўтказгичли оролчалардан ташкил топган 2Dквант ускуналари | Resonant tunnelling devices (RTD): 2D quantum devices that consist of a long and narrow semiconductor island, with electron confinement only in two directions |
| Резонанс-туннелли транзисторлар (RTT) | Резонанс-туннелли транзисторлар (RTT): RTD га қара | Resonant tunnelling transistors (RTT): see RTD |
| Сканирловчи яқинхудудли оптикмикроскопия(SNOM) | Сканирловчи яқинхудудли оптикмикроскопия(SNOM): намунани ишлатилаётган нурнинг тўлқин узунлигидан кичик бўлган ўлчамдаги тирқиш орқали ёритади, намуна яқинхудудли манба режими доирасида жойлаштирилади; оддий объектив ёрдамида намунадаги | Scanning near-field optical microscopy (SNOM): illuminates a specimen through an aperture of a size smaller than the wavelength of light used and with the specimen positioned within the near-field regime of the source; by scanning the aperture across the |

| | | |
|---------------------------------------|--|--|
| | диафрагманинг сканерлаш йўли билан тасвир шаклланиши мумкин бўлади | sample through a conventional objective, an image can be formed |
| Ўз-ўзини йиғиш | Ўз-ўзини йиғиш: бирор бир ташқи куч таъсирисиз бир текис ёки ташкиллаштирилган тузилиш ҳосил қилиш учун компонентларнинг ўз ичида ўзаро таъсирлашув жараёни | Self-assembly: process in which the components interact within themselves to form aligned or organized structures without any external force |
| Шакл хотирали полимерлар | Шакл хотирали полимерлар: хароратнинг ўзгариши каби ташқи кучлар таъсирида вужудга келган ташқи кучлар таъсирида деформациядан сўнг ўзининг дастлабки шаклига қайтиш қобилиятига эга ақлли полимерлар | Shape memory polymers: smart polymers capable of returning to their original shape after being deformed by external forces, when triggered by an external stimulus such as temperature change |
| Бирэлектронли транзистор (SET) | Бирэлектронли транзистор (SET): чиқувчи заряднинг жуда кичик ўзгаришларини аниқлаш қобилиятига эга мосламалар; биргина электрон учун ҳам зарядлар фарқи “ёқий-ўчириш” функциясини чақириши мумкин | Single electron transistor (SET): devices that are capable of detecting very small variations in the charge of the gate; charge differences of even one electron can cause the on-and-off switching function of SET |
| Золь-гельусул | Золь-гельусул: кейинчалик қовушқоқ гел ва қаттиқ материалга ўтувчи коллоид суспензияни (“зол”) генерациялашни ўз ичига олуви жараён | Sol-gel method: a process that involves the generation of a colloidal suspension (‘sol’), which is subsequently converted to viscous gel and solid material |
| Спинтроника (спин | Спинтроника (спин | Spintronics (spin- |

| | | |
|---|--|---|
| асосидаги электроника) | асосидаги электроника): электронларнинг иккиланган хоссаларини, жумладан заряд ва спин ҳолатини қўлловчи янги технология; магнито-электроника сифатида ҳам маълум | based electronics): an emerging technology, which exploits the dual property of electrons, namely charge and spin state; also known as magneto-electronics |
| Учқунли плазмали пишириш (SPS) | Учқунли плазмали пишириш (SPS): графит матрицаси шунингдек ўтказувчан намуналар ҳолатида пиширилаётган кукундан бевиста ўтаётган доимий импульс токи қўлланилишидаги пишириш техникаси | Spark plasma sintering (SPS): a sintering technique using pulsed DC current that directly passes through the graphite die, as well as the powder to be consolidated, in case of conductive samples |
| Ўтаўказувчан квантинтерферометр (SQUID) | Ўтаўказувчан квантинтерферометр (SQUID): ўта кучсиз магнит майдонларини ўлчаш имкониятига эга мослама | Superconducting quantum interference device (SQUID): a device capable of measuring extremely weak magnetic fields |
| Жойлашиш дефектлари | Жойлашиш дефектлари: атомларнинг нотўғри кетма-кет планар жойлашуви натижасида ҳосил бўлувчи кристаллографик дефектлар | Stacking faults: crystallographic defects arising due to wrong stacking sequence of planar arrangement of atoms |
| Сканирловчи туннелли микроскоп (СТМ) | Сканирловчи туннелли микроскоп (СТМ): атом даражасида юзаларнинг тасвирларини қайта ишлашда қўлланиладиган қурилма; квант тунеллаш қоидаси асосида ишлайди | Scanning tunnelling microscope (STM): an instrument used for imaging surfaces at the atomic level; it works on the principle of quantum tunnelling |
| Ўта эгилувчанлик | Ўта | Superplasticity: |

| | | |
|---|---|---|
| | <p>эгилювчанлик:чўзилувч анликка бўлган тадқиқотларда кутилаётган нормаларнинг чегараларидан анча катта бўлган материалнинг деформацияланиш қобилияти</p> | <p>ability to deform a material well beyond the limits expected from normal tensile tests</p> |
| <p>Юзаплазмон (SP)</p> | <p>Юзаплазмон (SP):ёруғлик билан кучли таъсирлашиш натижасида поляритонга олиб келувчи юзага мос келувчи плазмонлар</p> | <p>Surface plasmon (SP): plasmons that are confined to surfaces and interact strongly with light resulting in a polariton</p> |
| <p>Дориларни мақсадли етказиш</p> | <p>Дориларни мақсадли етказиш: терапияда локаллашган зарарланган хужайраларга/тўқималарга а керак бўлган миқдорда фармацевтик бирикмани киритиш</p> | <p>Targeted drug delivery: administration of a pharmaceutical compound in desired amount to a localized diseased cell/tissue for therapy</p> |
| <p>Юпқа пленкали транзисторлар (TFT)</p> | <p>Юпқа пленкали транзисторлар (TFT):яримўтказгичли ва диэлектрик материалли юпқа пленка қаватли транзисторлар; радиографиянинг LCD ва рақамли иловаларида қўлланилади</p> | <p>Thin film transistors (TFT): an FET made of thin film layers of semiconducting and dielectric materials; used in LCD and digital radiography applications</p> |
| <p>Юпқа пленкалар</p> | <p>Юпқа пленкалар:атомар конструкцияланган қаватлар нанометрдан максимум бир неча микронгача бўлган диапазонда бўлган қалинликдаги пленкалар</p> | <p>Thin films: atomically engineered layers with film thickness usually in the range of nanometers to a maximum of a few microns</p> |
| <p>Тўқимали инженерия</p> | <p>Тўқимали инженерия:сут эмизувчиларнинг асосий</p> | <p>Tissue engineering: science of structural and functional</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | <p>тўқималарининг тузилиши ва функционал асослари ҳамда функцияларини тиклаш, кўллаб туриш ёки яхшилаш учун биомослашувчан ўрнини босувчиларнинг қўлланилиши тўғрисидаги фан</p> | <p>fundamentals of mammalian tissues and application of biocompatible substitutes to restore, maintain or improve functions</p> |
| <p>Төпадан пастга</p> | <p>Төпадан пастга: нанокристалл материални олиш билан микрокристалл модданинг майдалашни ўз ичига олади; наноструктураларни синтез қилишнинг қаттиқ моддали йўллари шу категорияга киради</p> | <p>Top-down: involves fragmentation of a microcrystalline material to yield a nanocrystalline material; all solid state synthesis routes of nanostructures fall into this category</p> |
| <p>Учкаррали тугун</p> | <p>Учкаррали тугун: учта кристалларнинг еки зарраларнинг тўқнашувдаги тугун</p> | <p>Triple junction: a node at the intersection of three crystals or grains</p> |
| <p>Буғ-суюқлик-қаттиқ модда усули (VLS)</p> | <p>Буғ-суюқлик-қаттиқ модда усули (VLS): буғ фазасидан кимёвий чўктиришдаги наносимлар каби бирўлчамли наноструктураларнинг ўсиши учун механизм; кристалларнинг ўсиши ва кинетикаси самарадорлигини ошиши учун қўлланилади, каталитик суюққотишмали фаза буғларни ўтатўйинганлик даражасигача тезда адсорбциялаши мумкин</p> | <p>Vapour-liquid-solid method (VLS): a mechanism for the growth of one-dimensional nanostructures, such as nanowires, from chemical vapour deposition; to enhance the efficiency and kinetics for the growth of crystals, a catalytic liquid alloy phase which can rapidly adsorb a vapour to supersaturation levels is used</p> |
| <p>Вискерлар</p> | <p>Вискерлар: эркиндислокацияланадиган кристаллнинг нозик</p> | <p>Whiskers: thin fibrous growth of a dislocation free crystal</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | толали ўсиши | |
| Рентгенфотоэлектронс пектроскопия (XPS) | Рентгенфотоэлектронс пектроскопия (XPS): кимёвий модданинг юзасини микдорий анализ қилиш услуги, элемент таркибини аниқлайди; Усул, рентген нурлари билан қаттиқ модданинг нурлаш ёрдамида олинган фотоэлектронларнинг тавсифини ўз ичига олади | X-ray photoelectron spectroscopy (XPS): a quantitative surface chemical analysis technique that measures the elemental composition; the technique involves characterization of photoelectrons produced by irradiating a solid material with x-rays |

| Термин | Ўзбек тилидаги шарҳи | Инглиз тилидаги шарҳи |
|---------------------------------------|--|--|
| <i>Композицион материал</i> | Ишлаб чиқарилган, икки ёки кўпроқ физикавий ва/ёки кимёвий ҳар хил бўлган, матрица (интерфейс) ичида тартибли жойлашган фазалардан ташкил топган материал. | It is manufactured, it consists of two or more physically and/or chemically distinct, suitably arranged or distributed phases with an interface separating them. |
| <i>Матрица, интерфейс</i> | Композицион материалнинг бир бутунлигини таъминловчи боғловчи компонент | The binding material ensuring the integrity of the structure |
| <i>Матрица материаллари</i> | Металл, керамика, полимер | Metal, ceramics, polymer |
| <i>Боғловчи материалнинг вазифаси</i> | Маҳсулотга маълум геометрик шакл бериб, кучланишларни ҳажм бўйича бир хил тақсимланишини таъминлайди ва маълум механик хоссани шакллантиради, ҳамда арматура ёки қўшимчаларни ташқи муҳитдан сақлайди. | Gives the material the necessary geometric shape, distributes the load evenly throughout the volume, keeps the armature or fillers from the effects of the environment |
| <i>Композитнинг</i> | Мустаҳкамлаштирувчи | reinforcement |

| | | |
|---|---|---|
| муштаҳкамлигини оширадиган компонент | компонент, армировка материали, арматура | material, reinforcement |
| Нол-ўлчамли қўшимчалар | Улчами уч йўналишда кичик бўлган қўшимчалар - кум, майда (кукун) доначаларга эга бўлган металллар, фосфатлар, шиша ва лойсимон микросфера шаклдаги материаллар. | The dimensions of the reinforcing additive is very small in all 3 directions – the particles of sand, metal powders, phosphates, glasses, materials with forms of clay microspheres |
| Бир ўлчамли қўшимчалар | Толасимон тўлдирувчилар, арматура элементлари, калта толали табиий материаллар - асбест, ўсимлик материаллари, толасимон кристаллар (алюминий нитрид, бериллий оксиди, бор карбиди, кремний нитриди), узун толали ҳар хил органик бирикмалар. | Fiber shaped elements, fittings, short natural fiber materials- asbestos, plant materials, fiber-shaped crystals (aluminum nitride, berilliy oxide, boron carbide, and silicon nitride), different length fiber of organic compounds. |
| Икки ўлчамли тўлдирувчилар | Ленталар, матолар, матлар, тўрсимон элементлар. | Tapes, mats, fabrics, nets elements. |
| Изоτροп композицион материал | Материалларнинг хоссалари ҳамма йўналишда бир хил булиши керак. | Material properties in all directions are the same. |
| Изоτροп композитлардаги муस्ताҳкамлаштирувчи компонент | Дисперс ҳолдаги муस्ताҳкамлаштирувчи компонентлар: микро- ва нанозаррачалар. | Dispersed reinforcing components: micro- and nanopowders. |
| Анизотроп композицион материал | Материалларнинг турли йўналишлардаги хоссалари фарқ қилади. | Material properties in all directions different |
| Анизотроп композитлардаги муस्ताҳкамлаштирувчи компонент | Арматура сифатида толалар, пластинкалар, матолар, тўрлар маълум йўналишда жойлаштирилган бўлади. | As reinforcement in a particular order fibers, plates, fabrics, nets are arranged |
| Полиармировка қилинган композитлар. | Икки ва ундан кўп турдаги муштаҳкамлаштириш тўлдиргичлари қўлланилган композицион материаллар. | Composite materials, reinforced by two or more types of reinforcers |
| Дисперс- | Матрица оғирлик ва | The matrix provides |

| | | |
|--|--|--|
| мустаҳкамлаштирилган композицион материаллар | мустаҳкамликни таъминловчи асосий элемент, дисперс заррачаларнинг улчамлари 0,01...0,1 мкм | strength and weight, the particle size of 0,01... 0,1 μm |
| Дисперс-мустаҳкамлаштирилган композицион материаллар | Изотроп хусусиятларга эга материал | Isotropic material |
| Дисперс-мустаҳкамлаштирилган композицион материалларни ишлаб чиқариш усуллари | Кукун металлургия усуллари ёки суяқ металл таркибига қуйиш олдидан тўлдиргичлар қўшиш усуллари ёрдамида ишлаб чиқарилади. | Powder metallurgical methods, the method of adding additives to liquid metal before casting |
| Куйдирилган алюминий кукуни (САП) | Алюминий матрицаси ва 18%гача алюминий оксиди заррачаларидан иборат бўлади | Consists of a matrix of aluminum with additions of up to 18% of particles of aluminum oxide |
| Никель асосида тайёрланган композитлар | Матрица сифатида никель ва унинг хром билан қотишмалари қўлланилади (хромнинг миқдори - 20%гача), мустаҳкамлаштириш компонентлари - торий ва гафний оксидлари. | As the matrix involved Nickel and its chromium alloy (chromium content up to 20%), reinforcing components – thorium and hafnium oxides |
| Бор тодалари | Юқори мустаҳкамлик, каттиқлик, юқори ҳароратда бузилишга чидамли; 70...200 мкм диаметрига эга; улар металл ва полимер матрицалани армировка қилиш учун қўлланилади | Have high strength, hardness, are not destroyed at high temperature, diameter 70...2000 μm , are used for reinforcement of metal and polymer matrix |
| Углерод тодалари | Юқори мустаҳкамликга эга, механик хоссалари термик барқарор; алюминий ва магнийни армировка қилиш учун қўлланилади; | Have high strength, mechanical properties resistant to the temperatures; used for the reinforcement of aluminum and magnesium |
| Керамик тодалар | Оксид, нитрид, карбидлар асосида тайёрланади, юқори каттиқлик, мустаҳкамлик ва термик барқарорликга эга; | Are made of oxides, nitrides, carbides; have high hardness, strength and heat |

| | | |
|---------------------------------------|--|--|
| | алюминий ва магнийни армировка қилиш учун қўлланилади | resistance; used for the reinforcement of aluminum and magnesium |
| Шишатола | Мустаҳкамлик, термик бардошлик, диэлектрик хоссаларга ва паст иссиқлик ўтказувчанликга эга; иссиқлик изоляция материаллар, конструкцион материаллар ишлаб чиқаришда қўлланилади. | Have strength, heat resistance, dielectric properties and low thermal conductivity, used in the manufacture of insulating and structural materials |
| “E –glass” (E-шиша) | Электрик толалар белгиланади, Е-шиша яхши электр изолятор, яхши механик ва эластиклик модулига эга | Electric fiber, E-glass is a good insulator, has good mechanical elastic properties |
| “C –glass” (C-шиша) | Коррозия турдаги толалар белгиланади, C-шиша юқори кимёвий коррозияга бардошлиги билан тавсифланади; | Corrosion fiber, C-glass has high chemical resistance |
| “S –glass” (S-шиша) | Энг юқори термик ва оловбардошликга эга шишалар | Have the highest temperature resistance and refractoriness |
| Кевлар-29 арамид толаси | Канатлар, кабеллар, қопламали матолар, архитектура матолари ва баллистик ҳимоя матолари - бронезилетлар ишлаб чиқаришда қўлланилади | Used in the manufacture of ropes, cables, protection fabrics, architectural fabrics and fabrics for ballistic protection of body - armor |
| Гетинакс | Қатламли композит, таркибида қоғоз ва смола мавжуд (фенолоформальдегид ёки б.). | Layered composite, composed of paper and resin (phenol formaldehyde, etc.) |
| Ёғоч-қатламли пластиклар (ДСП) | Фенолоформальдегид ва крезолоформальдегид смола матрицаси/ёғоч шпонидан иборатдир. | Consists of phenolformaldehyde and cresol formaldehyde resin/veneer |
| Матрица | Материалнинг бутун жажми бўйича узлуксиз жойлашган компонент аталади. | Component located continuously throughout the volume |

| | | |
|--------------------------------------|---|--|
| | | of the material |
| Армировка компонентлари | Конструкциян композитларда асосан керакли механик хусусиятларни (муштаҳкамлик, қаттиқлик ва б.) таъминлайди | Provide in composite materials the necessary mechanical properties (strength, hardness, etc.) |
| Терморреактив полимерлар | Полимер занжири ҳосил бўлаётганда қотиш реакцияси ҳам содир бўлади. Бу реакциялар махсус кимёвий моддалар таъсирида, ёки иссиқлик ва босим таъсирида, ёки мономерларга электронлар оқимини таъсир этиш натижасида содир бўлади. | During the formation of the polymer chain occurs in the hardening reaction. The hardening reaction can be initiated using the appropriate chemicals or by applying heat and pressure, or by exposure to a monomer to an electron beam. |
| Термопластлар | Полимерлар температура ва босим таъсирида оқувчанлик эга бўладилар ва иссиқлик таъсирида юмшоқ ёки пластик ҳолатга ўтадилар. Хона ҳароратигача совутилганда бундай полимерлар ҳам қотади. | Polymers that flow when exposed to temperature and pressure, i.e., they soften or become plastic when heated. After cooling to room temperature, the thermoplastic solidifies. |
| Полимер матрицали композитлар | Тайерлашда асосан полиэфир, эпоксид ёки фенолоформальдегид боғловчилар қўлланилади, булар қотган ҳолатда етарли муштаҳкамликга эга. | For the manufacture of polymer - matrix composites most commonly used polyester, epoxy or phenol-formaldehyde binder, as the most efficient, with reasonably high strength properties in the cured state |
| Термопластик полимерлар | Ҳарорат таъсирида юмшайдиган ёки эрийдиган полимерлар, бу турга паст ва юқори зичликдаги полиэтилен, полистирол ва | Polymers that soften or melt when heated; examples include polyethylene low and |

| | | |
|--|---|---|
| | полиметилметакрилатлар киради. | high density, polystyrene and polymethylmethacrylate. |
| Полимерларнинг оловбардошлиги | Қўйидагиларга боғлиқ бўлади: олов тарқалиш майдони, ёқилғини таъсири ва кислород индекси. | Depends on the surface flame spread and penetration of fuel and oxygen index. |
| Кислород индекси (LOI) | Ёниш давом этиш учун зарур бўлган кислороднинг минимал қийматини белгилайди. | The minimum amount of oxygen that will support combustion. |
| Полимер матрицали композитларда термопластик матрицалар | Полипропилен, нейлон, термопластик полиэфирлар (ПЭТ, ПБТ) ва поликарбонатлар, полиамид имид, полифениленсульфид (ПФС), полиарилсульфон (polyarylsulfone) ва полиэфир-эфиркетон кетонлардир (ПЕЕК). | Polypropylene, nylon, thermoplastic polyesters (PET, PBT), and polycarbonates, polyamide imide, Polyphenylene sulfide (PPS), polyarylsulfone (polyarylsulfone) and polyester-etherketone ketone (PEEK). |
| Металлар кристалл сингониялари | Асосан 3 та кристалл сингонияларда кристалланади: <ul style="list-style-type: none"> • ёнлари марказлашган кубик (ГЦК) • ҳажми –марказлашган кубик (ОЦК) • олтибурчакли зич упаковка қилинган (НСП) | Most often, one of the following three crystalline forms: <ul style="list-style-type: none"> • face-centered cubic (FCC) • body-centered cubic (BCC) • Hexagonal close-Packed (HCP) |
| Металл матрицали композитларнинг турлари | 3 тури мавжуд: <ul style="list-style-type: none"> • Дисперс-мустаҳкамлаштирилган ММК • қисқа тола ва мўйловлар билан армировка қилинган ММК • узлуксиз тола ва листлар илан армировка қилинган | <ul style="list-style-type: none"> • particle-reinforced MMCs • MMCs reinforced with short fibers or whiskers • MMCs reinforced |

| | | |
|---|---|--|
| | ММК. | with continuous fibre or sheet reinforced MMCs |
| Эвтектик композицион материаллар | Эвтектик таркибли композитлар, мустаҳкамлаштирувчи фаза сифатида масса таркибида йўналтирилган кристаллизация жараёнлари натижасида ҳосил бўлган кристаллар хизмат қилади. | Alloys of eutectic composition, in which the reinforcing phase are oriented crystals, which are formed by directional solidification. |
| Шиша керамик материаллар | Ҳажм бўйича 95-98 фоизи кристалл фазадан, қолган қисми эса шиша фазадан иборат бўлади. Кристалл фаза ўта нозик (заррачалар диаметри 100 нмдан кичик) структурага эга. | They form a sort of composite material, as they consist by volume of 95-98% crystalline phase, and the rest submitted to the glassy phase. Crystalline phase is very fine (grain size less than 100 nm in diameter). |
| Керамика | Грекча keramike (юнонча keramos) – тупроқ | From ancient Greek (keramos) - clay |
| Керамика материали | Табий тупроқ ёки тупроқ билан турли минераллар аралашмасидан ҳосил қилинган лойни пишитиб, қуйиб, қуритиб ва кейин қаттиқ қиздириб ҳосил қилинган маҳсулот | The product of high temperature calcination of a mixture of natural clay and other minerals |
| Шиша | Кимёвий таркиб ва қотиш температурасига боғлиқсиз равишда юқори ҳарорат таъсирида ҳосил қилинган эритмани ўта совитиш орқали олинадиган қаттиқ жисмларнинг ҳоссаларини қабул қилинадиган барча аморф жисмлар. | Amorphous solids obtained by quenching the melt irrespective of the chemical composition and the solidification temperature. |

| | | |
|--|--|--|
| <i>Оловбардош буюм</i> | Керамика технологияси бўйича ишлаб чиқарилган, ўтхона ва печлар қуришда ишлатиладиган, оловбардошлиги 1580°C дан кам бўлмаган керамика буюми. | The product obtained by ceramic technology and used in the furnaces and high temperature furnaces construction, it's fire resistance not less than 1580°C |
| <i>Техника керамикаси буюми</i> | Керамика технологияси асосида ясалган ўтказгич, ярим ўтказгич, изолятор, махсус хоссали (магнит, оптик, электрик) буюм ва бошқалар | A conductor, semiconductor, insulator or a product with special properties (magnetic, optical, electrical) obtained by ceramic technology. |
| <i>Керамик матрицали композитлар ишлаб чиқаришда иссиқ пресслаш жараёни</i> | Бир вақтнинг ўзида матреалга юқори ҳарорат ва босимни таъсир этиш натижасида зич структурали, ғоваксиз ва майда заррачали композиция ҳосил бўлади. | The simultaneous application of pressure and high temperature can accelerate the rate of densification and allows to obtain non-porous and fine-grained structure. |
| <i>Керметлар</i> | Металл заррачалар билан мустаҳкамлаштирилган керамика юқори механик мустаҳкамлик, иссиқлик зарбга бардошлиги, юқори иссиқлик ўтказувчанликга эга. | Reinforcement of ceramic dispersed metal particles leads to new materials (cermet) with increased resistance, resistance relative to thermal shock, high thermal conductivity. |
| <i>Керметлар қўлланилиш соҳалари</i> | Юқори ҳароратли керметлар асосида газ турбиналар деталлари, электр печлар арматураси, ракета ва реактив техника деталлари тайёрланади. Қаттиқ ишқаланишга чидамли керметлар қирқиш инструмент-лари ва деталлари тайёрлашда кенг қўлланилади. | High temperature cermets used to make parts for gas turbines, valves furnaces, parts for rocket and jet technology. Hard ware resistant cermets are used to manufacture the cutting tools and parts. |
| <i>OSB</i> | Ориентирланган қириндили | Oriented strand board |

| | | |
|-----------------------------|--|--|
| | плиталар | |
| MDF | Ўртача зичликдаги ёғоч толали плиталар | Medium Density Fibreboard |
| Фанера | шпон қатламларидан пресслаб олинадиган плита материали | the tiled material received by pressing of layers of an interline interval |
| Ёпишқоқлик | елим юзасининг асос юза билан таъсирлашиши | interaction of a surface of glue with a basis surface |
| Дисперс боғланиш | Бир-бирига жуда яқин жойлашган молекулалар ўртасидаги боғланиш | Communications between very closely located molecules |
| Водород боғланиш | Водород атомининг иккита кутбланган гуруҳга тақсимланиши натижасида ҳосил бўладиган боғланиш | Communication, formed in a consequence of division of atom of hydrogen into two polar groups |
| Паренхим хужайралари | Ёғочдаги чўзинчоқ бўлмаган хужайралар (ўзак нурлари, смола йўллари ва ҳ.к.) | the wood cages (beams, the pitch courses, etc.) which aren't extended on length |

VIII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

Махсус адабиётлар

1. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 272 p.
2. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 596 p.
3. David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 283 p.
4. Пул Ч., Оуэнс Ф. Мир материалов и технологий. – М.: Техносфера, 2004. – 265 с.
5. Charles P. Poole, Frank J. Owens Introduction to Nanotechnology, John Wiley and Sons, 2003, 388 p.
6. Linda Williams, Wade Adams, Nanotechnology Demystified, McGraw-Hill, 2007, 343 p.
7. Л. Уильямс, В.Адамс. Нанотехнологии без тайн, McGraw-Hill, 364 с.
8. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию: Учебное пособие (пер. с японского). – М.: БИНОМ Лаборатория знаний, 2005. – 374 с.
9. Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 278 p.
10. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований. Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса, Москва, 2002.
11. П. Харрис. Углеродные нанотрубы и родственные структуры, Москва, 2003.
12. Нанотехнологии-Азбука для всех. Под ред. Ю. А. Третьякова, М. Физматлит, 2008, 368 с.
13. T. Pradeep Nano: the essentials. Understanding Nanoscience and Nanotechnology. McGraw-Hill, 2007.-432 p.
14. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов/Под ред. С.В. Калюжного.-М.: Физматлит, 2010.-528 с.
15. rishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Third Edition. Springer Science, New York-London, 2012.- 542 p.
16. D.R. H. Jones, Michael F. Ashby. Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures and Processing. Fourth Edition. Elsevier, UK, 2012. -576 p.
17. William D.Callister, Jr., David G.Rethwisch. Materials Science And Engineering. An Introduction. Eight Edition. USA, Wiley, 2010.- 1000 p.
18. Roger M. Rowell. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. CRC Press; 2 edition; 2012, 703 p. ISBN-13: 978-1439853801.
19. Harold A. Wittcoff, Bryan G. Reuben, Jeffery S. Plotkin. Industrial Organic Chemicals. UK, 2008. 848 p. ISBN-10: 0470537434.

20. Donald G. Baird, Dimitris I. Collias. Polymer Processing: Principles and Design, 2nd Edition, USA, 2014. ASIN: B010WF8PF4
21. Lang R.W. Woodworker's Guide to SketchUp (DWD-ROM). USA, 2015.
22. Тялина Л.Н., Минаев А.М., Пручкин В.А. Новые композиционные материалы. Учебное пособие. Тамбов: ГОУ ВПО ТГТУ, 2011.-82 с.
23. Шевченко А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов. – М. : Профессия, 2010. – 224 с.
24. Нано и биоконпозиты/под ред. А. К.-Т. Лау, Ф. Хуссейн, Х. Лафди ; пер. с англ. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 390 с.

Интернет ресурслар

1. www.sciencedirect.com
2. doi:10.3390/ma7031927
3. www.elsevier.com
4. <http://wiley.com>
5. [www. Ziyonet. uz](http://www.Ziyonet.uz)
6. Infocom.uz электрон журнали: www.infocom.uz
7. <http://link.springer.com/article>

IX. ИЛЖОБАЛАР

ИЛЖОБА 1

Trade Names, Characteristics, and Typical Applications for a Number of Plastic Materials

| <i>Material Type</i> | <i>Trade Names</i> | <i>Major Application Characteristics</i> | <i>Typical Applications</i> |
|---------------------------------------|---|--|--|
| | | <i>Thermoplastics</i> | |
| Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) | Abson Cyclocac Kralastic Lustran Novodur Tybrene | Outstanding strength and toughness, resistant to heat distortion; good electrical properties; flammable and soluble in some organic solvents | Refrigerator linings, lawn and garden equipment, toys, highway safety devices |
| Acrylics [poly(methyl methacrylate)] | Acrylite Diakon Lucite Plexiglas | Outstanding light transmission and resistance to weathering; only fair mechanical properties | Lenses, transparent aircraft enclosures, drafting equipment, outdoor signs |
| Fluorocarbons (PTFE or | Teflon TFE) Fluon Halar | Chemically inert in almost all environments, excellent electrical properties; low coefficient of friction; may be used to 260°C (500°F); relatively weak and poor cold-flow properties | Anticorrosive seals, chemical pipes and valves, bearings, antiadhesive coatings, high-temperature electronic parts |
| Polyamides (nylons) | Nylon Baylon Durethan Heriox Nomex Ultramid Zytel | Good mechanical strength, abrasion resistance, and toughness; low coefficient of friction; absorbs water and some other liquids | Bearings, gears, cams, bushings, handles, and jacketing for wires and cables |
| Polycarbonates | Calibre Iupilon Lexan Makrolon Merlon | Dimensionally stable; low water absorption; transparent; very good impact resistance and ductility; chemical resistance not outstanding | Safety helmets, lenses, light globes, base for photographic film |
| Polyethylenes | Alathon Alkathene Fortiflex Hi-fax Petrothene Rigidex Rotothene Zendel | Chemically resistant and electrically insulating; tough and relatively low coefficient of friction; low strength and poor resistance to weathering | Flexible bottles, toys, tumblers, battery parts, ice trays, film wrapping materials |
| Polypropylenes | Herculon Meraklon Moplen Poly-pro Pro-fax Propak Propathene | Resistant to heat distortion; excellent electrical properties and fatigue strength; chemically inert; relatively inexpensive; poor resistance to UV light | Sterilizable bottles, packaging film, TV cabinets, luggage |
| Polystyrenes | Carinex Dylene Hostyren Lustrex Styron Vestyron | Excellent electrical properties and optical clarity; good thermal and dimensional stability; relatively inexpensive | Wall tile, battery cases, toys, indoor lighting panels, appliance housings |

| | | | |
|--------|--|---|--|
| Vinyls | Darvic Exon Geon Pliovic Saran Tygon Vista | Good low-cost, general-purpose materials; ordinarily rigid, but may be made flexible with plasticizers; often copolymerized; susceptible to heat distortion | Floor coverings, pipe, electrical wire insulation, garden hose, phonograph records |
|--------|--|---|--|

(Continued)

| <i>Material Type</i> | <i>Trade Names</i> | <i>Major Application Characteristics</i> | <i>Typical Applications</i> |
|--------------------------------------|--|--|--|
| Polyesters (PET or PETE) | Celnar Dacron Eastapak Hylar Melinex Mylar Petra | One of the toughest of plastic films; excellent fatigue and tear strength, and resistance to humidity, acids, greases, oils, and solvents | Magnetic recording tapes, clothing, automotive tire cords, beverage containers |
| <i>Thermosetting Polymers</i> | | | |
| Epoxies | Araldite Epikote Epon Epi-rez Lekutherm Lytex | Excellent combination of mechanical properties and corrosion resistance; dimensionally stable; good adhesion; relatively inexpensive; good electrical properties | Electrical moldings, sinks, adhesives, protective coatings, used with fiberglass laminates |
| Phenolics | Bakelite Amberol I Aroclene Durite | Excellent thermal stability to over 150°C (300°F); may be compounded with a large number of resins, fillers, etc.; inexpensive | Motor housings, telephones, auto distributors, electrical fixtures |
| Polyesters | Aropol Baygal Derakane Laminac Selectron | Excellent electrical properties and low cost; can be formulated for room- or high-temperature use; often fiber reinforced | Helmets, fiberglass boats, auto body components, chairs, fans |

Source: Adapted from C. A. Harper (Editor), *Handbook of Plastics and Elastomers*. Copyright © 1975 by McGraw-Hill Book Company. Reproduced with permission.

Полимер боғловчиларнинг таркиби ва қотириш режимлари

| № п/г | Смола (мас. ч.) | Ускоритель (мас. ч.) | Пластификатор (мас. ч.) | Отвердитель (мас. ч.) | Отверждение |
|-------|----------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|--|
| 1 | ЭД-20 100 | | ПН-1 20 | ПЭПА 10-20 | 24 часа |
| 2 | КЕ 100 | ДБФ 20 | – | ПЭПА 10 | 1 час |
| 3 | ЭД-20 (КЕ) 100 | – | ПН-1 20 | ТЭАТ 10 | 1,5–2 часа при 100°С |
| 4 | КЕ 100 | – | ПН-1 20 | МА 20 | 5 часов |
| 5 | ПН-1 100 | НК 8–10 | Гипериз 3–5 | – | 1 час при 60°С |
| 6 | ПН-1 100 | НК 0,4–0,5 | ПМЭК 1 | – | 2–2,5 часа при 20°С |
| 7 | ПН-1 100 | НК-1 1–8 | ПМЭК 3 | – | 2–2,5 часа при 20°С |
| 8 | ФФС 100 | – | – | МА 3 | Ступенчатое: 1 ча при 50–95°С; 90–110°С; 105–98°С |

Полимер материалларнинг зичлиги

| Модда | Плотность, г/см ³ |
|---|------------------------------|
| Полиэфирная смола (ПН-1) | 1,148 |
| Эпоксидная смола (ЭД) | 1,166 |
| Компаунд эпоксидный (КЕ) | 1,314 |
| Триэтоламинотитанат (ТЭАТ) | 1,370 |
| Полиэтиленполиамин (ПЭПА) | 1,076 |
| Гидроперекись изопропилбензола (гирпериз) | 1,060 |
| Дибутилфталат (ДБФ) | 1,042–1,049 |
| Полиметилэтилкетон (ПМЭК) | 1,060 |
| Нафтенат кобальта (НК) | 0,920 |

Баъзи полимерларнинг ёниш характеристикаси

| Полимеры | Поведение материала при внесении в пламя и горючесть | Характер пламени | Запах |
|-----------------------------------|--|--|--|
| Полиэтилен (ПЭ) | Плавится течет по каплям, горит хорошо, продолжает гореть при удалении из пламени. | Светящееся, вначале голубоватое, потом желтое | Горящего парафина |
| Полипропилен (ПП) | То же | То же | То же |
| Поликарбонат (ПК) | То же | Коптящее | |
| Полиамид (ПА) | Горит, течет нитью | Синеватое снизу, с желтыми краями | Паленых волос или горелых растений |
| Полиуретан (ПУ) | Горит, течет по каплям | Желтое, синеватое снизу, светящееся, серый дым | Резкий, неприятный |
| Полистирол (ПС) | Самовоспламеняется, плавится | Ярко-желтое, светящееся, копящее | Сладковатый цветочный, с оттенком запаха стирола |
| Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) | Горит, капает | Желто-оранжевое, копящее | Сладкий, ароматный |
| Эпоксидная смола (ЭД) | Горит хорошо, продолжает гореть при удалении из пламени | Желтое копящее | Специфический свежий (в самом начале нагревания) |
| Полиэфирная смола (ПН) | Горит, обугливается | Светящееся, копящее, желтое | Сладковатый |
| Поливинилхлорид жесткий (ПВХ) | Горит с трудом и разбрасыванием, при удалении из пламени гаснет, размягчается | Ярко-зеленое | Резкий, хлористого водорода |
| ПВХ пластифицированный | Горит с трудом и при удалении из пламени, с разбрасыванием | Ярко-зеленое | Резкий, хлористого водорода |
| Фенолоформальдегидная смола (ФФС) | Загорается с трудом, горит плохо, сохраняет форму | Желтое | Фенола, формальдегида |

Полимер материалларнинг эриш хусусиятлари

| Полимеры | Растворители | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|--------|----------------|------|------------------|-------------------------|
| | бензин | ацетон | этиловый спирт | вода | уксусная кислота | соляная кислота (конц.) |
| Фенолоформальдегидная смола (ФФС) | НР | Р | Р | НР | НР | – |
| Эпоксидная смола (ЭД) | НР | Р | Р | НР | – | – |
| Полиэфирная смола (ПН) | НР | Р | Р | НР | НР | НР |
| Полиамид (ПА) | НР | НР | НР | НР | Р | НР |
| Поливинилхлорид (ПВХ) | НР | НР | НР | НР | НР | НР |
| Полистирол (ПС) | НР | НБ | НР | НР | НР | НР |
| Полиэтилен (ПЭ) | НР | НР | НР | НР | НР | – |

Примечание. Р – растворим, НР – нерастворим, НБ – набухает, – – нет сведений.

Либерман – Шторх – Моравский реакцияси бўйича полимерлар ёниш реакцияси

| Окраска | Полимеры |
|---------------------------------|--|
| Слабо-розовая | Феноло-формальдегидные, феноло-фурфурольные |
| Розовая, переходящая в красную | Эпоксидные смолы |
| Медленно синеет, затем зеленеет | Поливинилхлорид |
| Отсутствует, иногда коричневая | Полиэфирные смолы |
| Отсутствует | Полиэтилен, полипропилен, поликарбонат, полиамид, полистирол, полиметилметакрилат, мочевино- и меламина-формальдегидные смолы, акрило-бутадиен-стирольные пластики |

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Ceramics International 40 (2014) 1029–1035

CERAMICS
INTERNATIONALwww.elsevier.com/locate/ceramint

Novel akermanite-based bioceramics from preceramic polymers and oxide fillers

Enrico Bernardo^{a,*}, Jean-François Carlotti^a, Pedro Mendanha Dias^a, Laura Fiocco^a,
Paolo Colombo^{a,b},
Laura Treccani^c, Ulrike Hess^c, Kurosch Rezwan^c

^aDipartimento di Ingegneria Industriale, University of Padova, Italy^bDepartment of Materials Science and Engineering, The Pennsylvania State University, USA^cAdvanced Ceramics Group, Faculty of Production Engineering, University of Bremen, Germany

Received 19 April 2013; received in revised form 6 June 2013; accepted 26 June 2013

Available online 2 July 2013

Abstract

Akermanite ($\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$) ceramics have been successfully prepared by a novel approach, consisting of the heat treatment of silicone resins embedding MgO and CaO precursors, in the form of micro- and nano-sized particles, that act as reactive fillers. Phase purity was promoted by the use of nano-sized particles or by secondary additives, such as sodium borate. The use of hydroxyapatite as additional filler allowed the fabrication of monoliths with good specific mechanical properties, although with a complex phase assemblage. Sodium borate, besides favoring the crystallization of the desired silicate, promoted a substantial and homogeneous foaming of polymer/filler mixtures, leading to akermanite foams possessing good compressive strength.

© 2013 Elsevier Ltd and Techna Group S.r.l. All rights reserved.

Keywords: B. Porosity; D. Silicate; E. Biomedical applications; Polymer-derived ceramics

1. Introduction

The CaO–SiO₂ system has been widely demonstrated to provide excellent biomaterials, in the form of glasses (bioglasses [1]), glass-ceramics (e.g. wollastonite–apatite glass-ceramics [2]) and polycrystalline ceramics (e.g. wollastonite polymorphs, di-calcium silicate etc. [3–5]). The investigations concerning the most recent bioceramics, however, have underlined the possible improvements in bone-like apatite-formation ability and bioactivity associated with the presence of additional oxides [6].

MgO has been always recognized as a key secondary oxide in bioceramics, being already present in the formulation for wollastonite-based glass-ceramics [2] and some bioglasses [1]. Another interesting contribution of this oxide concerns the formation of new phases, i.e. Ca–Mg silicates, in polycrystalline ceramics, which are the object of a growing interest by researchers [7–12].

Akermanite, $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ (or $2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$), is the most reported bioactive Ca–Mg silicate, together with diopside ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$, or $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$). Compared to those based on wollastonite, ceramics bases on Ca–Mg silicates are generally stronger and are subjected to a slower degradation in body fluids; in addition, the ionic products may stimulate cell proliferation [9].

In the present work, akermanite ceramics are fabricated following a novel approach, based on silicone resins, filled with micro- or nano-sized oxide particles [13]. According to this method, the fillers directly react with the product of oxidative decomposition of the resins, consisting of amorphous silica, possessing a particularly defective network and consequently prone to very favorable reaction kinetics. A distinctive feature of preceramic polymers, including silicones, is that a component may be shaped in the polymeric form using plastic forming technologies and later converted into a ceramic; applied to silicones embedding CaO precursors (mainly CaCO_3) this concept has already led to several examples of wollastonite cellular ceramics, including 3D scaffolds [14]. In the case of akermanite, we will show firstly the conditions

*Corresponding author.

E-mail address: enrico.bernardo@unipd.it (E. Bernardo).

for the synthesis of the desired phase in condition of high purity and relatively low processing temperature and secondly the fabrication of highly porous components through the use of fillers able to perform a double role, i.e. they both react with the silicone residue to give the desired crystalline phases and act as foaming agents.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

Two commercially available silicones, MK and H62C (Wacker-Chemie GmbH, Munich, Germany) were used as silica sources. MK is a powder, while H62C is a highly viscous liquid. The polymers were first dissolved in isopropanol and then mixed with micro- and nano-sized fillers, consisting of CaO and MgO precursors (primary fillers). CaO was provided by CaCO_3 , in form of microparticles ($< 10 \mu\text{m}$, Sigma Aldrich, Gillingham, UK) or nanoparticles (PlasmaChem, Berlin, Germany, 90 nm), whereas MgO came from $\text{Mg}(\text{OH})_2$ microparticles ($< 10 \mu\text{m}$, Industrie Bitossi, Vinci, Italy) or MgO nanoparticles (Inframat Advanced Materials, Manchester, CT, USA, 30 nm). Selected formulations comprised also hydroxyapatite (later referred to as HAp; P260 S, Plasma Biotel Ltd, Tideswell, UK, $d_{90} = 3 \mu\text{m}$) and borax (sodium borate decahydrate, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, Normapur Prolabo, France) microparticles. The balance among the most important constituents (silicones/CaO precursor/MgO precursor) followed the stoichiometric $\text{SiO}_2/\text{CaO}/\text{MgO}$ molar proportions of akermanite (i.e. $\text{SiO}_2/\text{CaO}/\text{MgO} = 2/2/1$). Isopropanol was used in an amount of 20 ml for every 10 g of starting materials.

The mixing was performed under magnetic stirring, followed by ultrasonication for 10 min, which allowed to obtain stable and homogeneous dispersions, later cast in large glass containers and left to dry overnight at 80 °C.

2.2. Preparation of monoliths and foams

Monoliths were prepared using both polymers as silica source. More precisely, 50 wt% of SiO_2 was due to MK, 50 wt% to H62C; given the relative silica yield (0.84 for MK,

0.58 for H62C), the polymers were used in the weight proportion $\text{MK}/\text{H62C} = 2/3$. This solution for silica precursors was chosen after preliminary experiments concerning other silicates and alumino-silicates, such as wollastonite and cordierite [14,15]. Besides CaO and MgO precursors, some samples featured HAp as additional filler, in an amount ranging from 25 to 75 wt%. After drying at 80 °C in a glass container, the silicone/filler mixtures were heated at 200 °C (in order to favor the cross-linking of H62C, in analogy with previous experiences [15]), for 1 h, and then manually ground into fine powders by pestle and mortar. The powders were cold-pressed in a cylindrical steel die applying a pressure of 40 MPa for 2 min, without using any binder. Disc specimens with a diameter of 20 mm and thickness of approximately 1 mm were obtained and heat treated at 900–1100 °C for 1 h; the heating rate was 2 °C/min. For a selected formulation, the powders were pressed into a tile with dimensions of approximately 50 mm \times 35 mm \times 4 mm, by using a bigger die. After ceramization, the tile was cut into small beams of approximately 43 mm \times 3 mm \times 4 mm, later polished and chamfered, up to a 5 μm finish, by using diamond tools.

Foams were prepared by using only the H62C polymer, to which $\text{Mg}(\text{OH})_2$ micro-particles, CaCO_3 micro- or nano-sized particles, and borax (5 and 15 wt% of the theoretical ceramic yield of the other components) were added. The use of H62C as the only silica source was aimed at maximizing the rheological behavior of the mixtures (in turn due to the fact that H62C is liquid at room temperature) [15]. After first drying at 80 °C, the H62C-based mixtures were in the form of thick pastes, later manually transferred into Al molds, where they were subjected to a treatment at 350 °C in air (direct insertion of samples in oven), for 30 min, which enabled to stabilize the bubbles caused by water release (from Mg hydroxide and borax). During the treatment, complete crosslinking of the preceramic precursors was also achieved. This treatment replaced the cross-linking cycle at 200 °C, previously applied to mixtures based on both MK and H62C. After removal from the Al molds, samples were fired at 1100 °C for 1 h in air (2 °C/min heating rate). Cylindrical samples, with diameter of 10 mm and height of 7–8 mm, were obtained from the fired foams, by manual polishing (with diamond tools).

Table 1
Summary of conditions for sample preparation.

| Type | Silica precursor | Primary fillers (CaO and MgO precursors) | Secondary filler | Firing temperature (°C) | Expected crystal phases |
|------------------------------------|------------------|--|------------------|-------------------------|-------------------------|
| Akermanite monoliths | MK/H62C | Micro- CaCO_3 , Micro- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ | None | 900 | Akermanite |
| | | Nano- CaCO_3 , Nano-MgO | | 1000 1100 | |
| Akermanite/HAp composite monoliths | MK/H62C | Nano- CaCO_3 , Nano-MgO | HAp (25–75 wt%)* | 900 1100 | Akermanite+HAp |
| Akermanite foams | H62C | Nano- CaCO_3 , Micro- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ | None | 1100 | Akermanite |
| | | | | Borax (5–15 wt%)* | |
| | | Micro- CaCO_3 , Micro- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ | Borax (5 wt%)* | | |

*Amounts referred to the theoretical ceramic yield of the silicone/primary fillers mixtures.

Table 1 summarizes the conditions for the preparation of samples, in both monolithic and cellular form.

2.3. Characterization

The density of discs and foams was determined geometrically and by weighing using a digital balance. The true density of the various samples was measured by means of a gas pycnometer (Micromeritics AccuPyc 1330, Norcross, GA), operating with He gas on samples in powdered form. Microstructural characterizations were performed by optical stereomicroscopy and scanning electron microscopy (FEI Quanta 200 ESEM, Eindhoven, The Netherlands) equipped with EDS.

The crystalline phase identification was performed by means of X-ray diffraction (XRD; Bruker AXS D8 Advance, Bruker, Germany), supported by data from PDF-2 database (ICDD-International Centre for Diffraction Data, Newtown Square, PA) and Match! program package (Crystal Impact GbR, Bonn, Germany).

The elastic modulus of akermanite/HAp composites was determined by subjecting the previously mentioned small beams to non-destructive dynamic resonance testing (Grindsonic, Leuven, Belgium). The bending strength of monolithic samples and the crushing strength of foams were measured at room temperature, by means of an Instron 1121 UTM (Instron Danvers, MA) operating with a cross-head speed of 1 mm/min. Bending tests were conducted in the 4-point configuration (40 mm outer span, 20 mm inner span). Each data point represents the average value of 5–10 individual tests.

3. Results and discussion

3.1. Synthesis of akermanite ceramics

Fig. 1 confirms the possibility to obtain akermanite ceramics exploiting the reactions between the ceramic residue from silicones and fillers. Considering the absence of an evident amorphous halo in all patterns, the total degree of crystallization was reputed to be remarkable already after the heat treatment at 900 °C. However, the yield of the desired silicate was strongly affected by the processing temperature and the size of the fillers. More precisely, as already found in previous investigations on wollastonite [13], the use of nano-sized particle fillers led to the formation of akermanite (PDF#87-0047) already at 900 °C, while a higher processing temperature was required when using micro-sized fillers of the same composition. Samples fired at 1000 °C did not show any significant difference with respect to the ones fired at 900 °C in terms of crystalline phase assemblage and overall peak intensity. At 1100 °C, akermanite was the main crystal phase in all samples, but the sample from micro-sized fillers contained more impurities (see the relative height of characteristic peaks), in the form of secondary silicates, such as wollastonite (β -CaSiO₃, PDF#84-0655) and merwinite (Ca₃MgSi₂O₈, i.e. 3CaO·MgO·2SiO₂, PDF#35-0591). The sample from micro-sized fillers also contained traces of unreacted MgO (periclase, PDF#87-0653). From the semiquantitative X-ray diffraction analysis provided by the Match! program package, we can say that the final phase assemblage at 1100 °C for

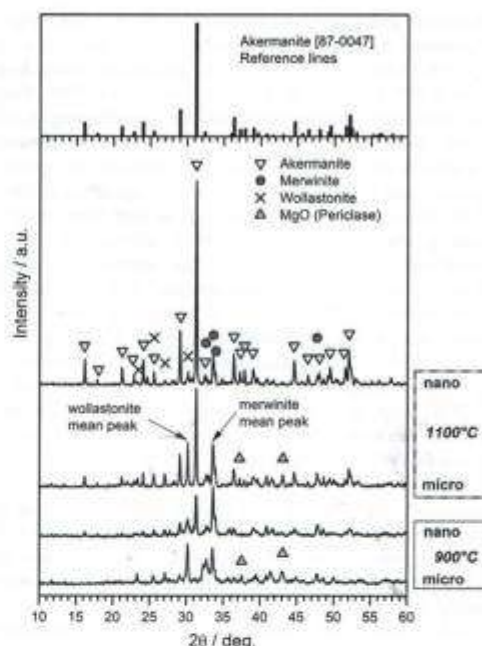


Fig. 1. Phase evolution of ceramics from silicone/fillers mixtures aimed at the synthesis of akermanite (micro = micro-sized fillers; nano = nano-sized fillers).

the best sample, obtained using nano-sized particles, was 85 wt% akermanite, 9% merwinite and 6% wollastonite. Since both wollastonite and merwinite are both bioactive [16], the presence of such impurities was not reputed to be an issue for the forecasted biological application of the material.

3.2. Development and characterization of akermanite-based ceramic composites

Hydroxyapatite (HAp) was introduced as additional filler in the best formulation for akermanite synthesis (the one comprising nano-sized fillers), in order to modify the biological response of the material and produce components possessing also a faster dissolution rate in biological fluids. Moreover, the addition of a further filler would potentially reduce the presence of cracks that were observed when processing the mixtures producing pure akermanite, despite the choice of a silicone mixture (MK+ H62C) as silica source, instead of only one silicone polymer. In fact, the use of a mixture of silicones has been proved to favor the integrity of polymer-derived silicates (a discussion of this effect has been recently provided by Parcianello et al. [15]), because the different chemical and structural characteristics of the polymeric precursors generate a silica matrix with different features (e.g. network connectivity and number of defects) which determine a different ability to relax structural rearrangements by viscous flow or diffusion processes.

HAp was added in several proportions (75 wt% CaO/MgO/SiO₂ ceramic residue from silicones and active fillers, 25 wt% HAp; 50–50 wt%, 25–75 wt%) and the samples were heat treated at 900 °C and 1100 °C. Only samples with 75% HAp were crack-free: the reduction of the transforming mass (silicone and active fillers) evidently reduced the stresses associated to the volumetric changes, in turn due to ceramic conversion and reactions giving the desired crystalline phases.

HAp, however, did not act simply as an inert filler: besides promoting the integrity of samples, it affected the phase development, as shown in Fig. 2, for samples containing 25% and 75% HAp. HAp peaks remained well recognizable for treatments at 900 °C, while at 1100 °C a novel phase formed, that is calcium phosphate silicate Ca₅(PO₄)₂SiO₂ (CPS, PDF#40-0393), whose bioactivity was demonstrated only very recently [17]. Akermanite is clearly visible only for 25% HAp, at 1100 °C, whereas almost all samples contained merwinite. Some traces of unreacted MgO were detected for 25% HAp, at 900 °C.

Table 2 reports the results from mechanical testing of composites with 75% HAp fired at 1100 °C. The ceramic composites exhibited a sensible linear shrinkage (~15%) and were quite porous (~30 vol%), because of the production of decomposition gases during processing and limited solid state sintering at the processing temperature, with consequent limits on elastic modulus and strength. If we consider, however, that

the composites could be applied in the form of scaffolds where all the constitutive elements are loaded as bars in bending configuration, we can note that the specific bending strength index is not far from that of important natural materials, such as cartilage (according to Ashby [18], $\sigma^{2/3}/\rho=1.9$, where σ is the strength and ρ is the density). The specific bending stiffness index ($E^{1/2}/\rho$) was also close to that of natural materials. Improvements in strength could be obtained by coating the ceramic components with biopolymers [19], that could take advantage of the residual microporosity, clearly visible in Fig. 3a, for infiltration.

3.3. Development and characterization of akermanite ceramic foams

As previously reported, operating with H62C as the only silica source, the first drying step at 80 °C yields a thick paste. This condition has a great potential for further processing, since the high viscosity could promote the entrapment of gases. More precisely, Mg(OH)₂ and borax were considered for their ability to decompose at relatively low temperature, with a significant release of water vapor below 350 °C [20,21]. In other words, these fillers can be used for the double purpose of affecting the phase development and foaming.

The heating of the pastes at 350 °C was intended to: (i) provide the evolution of water vapor; (ii) stabilize the

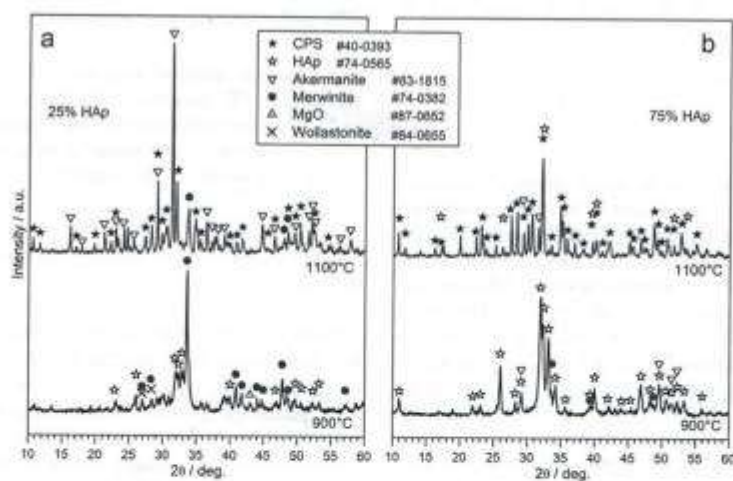


Fig. 2. Qualitative X-ray diffraction patterns of akermanite-based ceramic composites, prepared with (a) 25% HAp; and (b) 75% HAp.

Table 2
Summary of physical and mechanical properties of selected akermanite-based bioceramics.

| Type | Density, ρ (g/cm ³) | Total porosity (%) | Strength, σ (MPa) | Notes |
|---|--------------------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|
| 25 Akermanite 75 HAp monolith (1100 °C) | 2.53 ± 0.01 | 27 | 10.6 ± 1.5 (bending) | $E=24.0 \pm 4.0$ GPa |
| Akermanite foams (CaCO ₃ nano-particles) | 0.86 ± 0.03 | 71 | 3.4 ± 0.2 (crushing) | No borax |
| | 0.90 ± 0.02 | 69 | 5.1 ± 0.4 (crushing) | 5% Borax |
| | 0.85 ± 0.01 | 72 | 3.4 ± 0.4 (crushing) | 15% Borax |

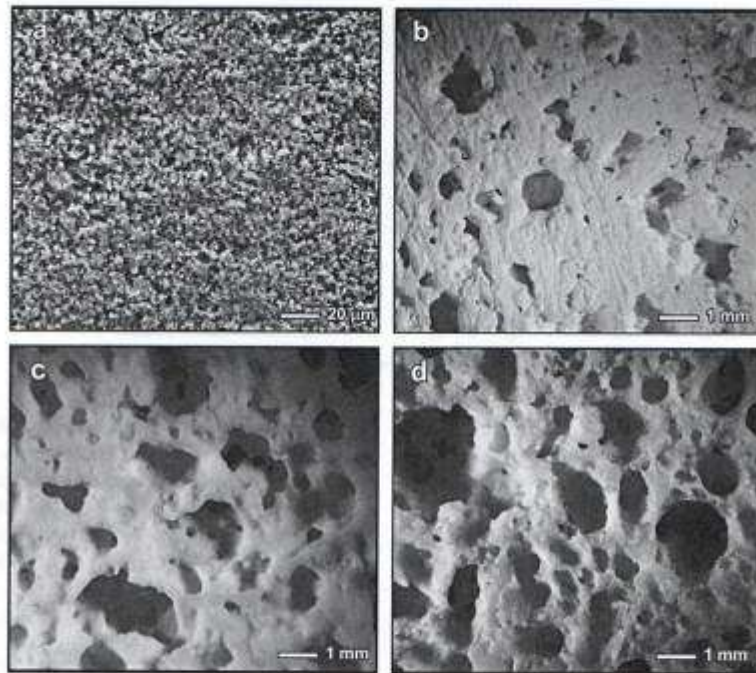


Fig. 3. Microstructural details of (a) akermanite/HAp ceramic composite (76% HAp); (b,c,d) akermanite based cellular materials: (b) only Mg(OH)₂ as foaming agent; and (c) 5% borax; and d: 15% borax.

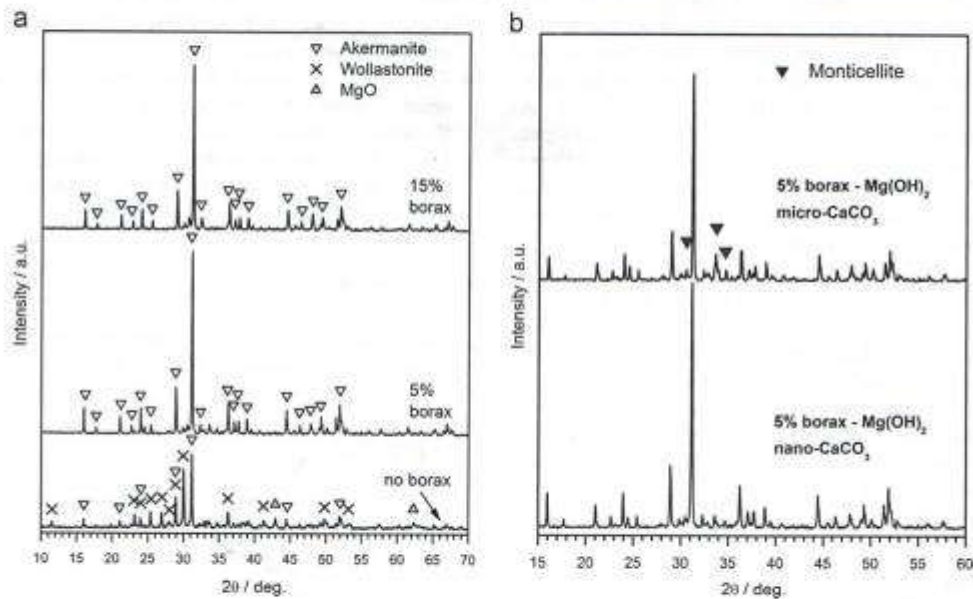


Fig. 4. X-ray diffraction patterns of akermanite foams (a) effect of borax and (b) effect of CaCO₃ powder size (not indexed peaks all corresponding to akermanite).

cellular structure by thermal cross-linking of the H62C polymer. As reported in Table 1, the sample resulting from the use of Mg(OH)₂ as the only water source was very porous (density well below 1 g/cm³), but the pore distribution was not particularly homogeneous (see Fig. 3b). On the contrary, the

addition of borax caused the formation of a well-developed cellular structure, with many clearly interconnected macropores (see Fig. 3c and d)

Borax had also a quite unexpected effect on the development of crystal phases. As shown by Fig. 4a, akermanite is not the only

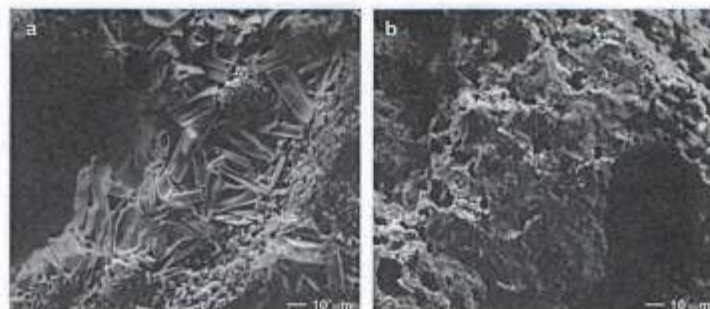


Fig. 5. High magnification details of akermanite foams (a) 15% borax and (b) 5% borax.

crystal phase that developed from mixtures comprising nano-sized CaCO_3 and micro-sized $\text{Mg}(\text{OH})_2$: wollastonite and MgO (weak peaks) are also clearly visible. Mixtures comprising borax, on the contrary, featured only the presence of akermanite. We can posit that this additive led to the formation of a liquid phase upon ceramization (transformed into a borate glass phase upon cooling), thus favoring ionic interdiffusion. This is confirmed by Fig. 4b, showing that even operating only with micro-particles (micro-sized CaCO_3 replaced nano-sized CaCO_3) akermanite was the dominant phase (there are in fact only weak traces of another Ca–Mg silicate, monticellite, CaMgSiO_4 i.e. $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, PDF#35-0590).

Despite having a very similar bulk density, the crushing strength of the cellular ceramics (see Table 2) increased with the addition of a limited amount borax while, quite surprisingly, that was not observed for the sample with the most homogeneous porous structure (15% borax addition). A possible cause is the abnormal crystal growth of the silicate phase (embedded in a low viscosity borate phase), visible in Fig. 5a, leading to a number of microvoids. The abnormal crystal growth was not detected in the sample with a lower content of borax (5%), as shown in Fig. 5b.

The strength of the obtained foams, in all cases, compares favorably with the data reported in the literature for cellular akermanite (e.g. foams from conventional replication of PU templates possess a crushing strength well below 2 MPa [22]). The presence of B_2O_3 and Na_2O in the amorphous phase is not expected to compromise the bioactivity, since these oxides are present in bioglasses in much higher amounts [1]. The validation of the bioactivity and biocompatibility of the foams as well as the ceramic composites, will constitute the focus of future investigations.

4. Conclusions

The main findings of this study may be summarized as follows:

- Akermanite ceramics can be easily obtained by the thermal treatment of silicone resins embedding CaO and MgO precursors; the crystalline phase purity is optimized when adding nano-sized fillers.
- Hydroxyapatite powders, introduced as secondary fillers, interacted with the other components, leading to monolithic ceramic composites with complex phase assemblages and featuring a good specific strength; all the developed crystal phases are known to be biocompatible.
- A particular combination of starting materials, such as H62C polymer, nano-sized CaCO_3 and micro-sized $\text{Mg}(\text{OH})_2$, was found to yield highly porous ceramic components, by a very simple process (low temperature foaming, followed by ceramization at 1100 °C).
- The addition of borax had a double effect, i.e. it contributed both to the development of an homogeneous cellular morphology and to the phase evolution; for borax-containing mixtures the resulting ceramics feature akermanite as the main phase.
- The newly developed foams compare favorably with cellular akermanite bioceramics previously reported in the literature; the oxides associated to borax addition (B_2O_3 and Na_2O) are not reputed to degrade the biocompatibility, being present in well-established biomaterials, such as bioglasses.

Acknowledgments

The authors acknowledge the financial support of the Italy–Germany bilateral research program “Vigoni”.

References

- [1] M.N. Rahaman, D.E. Day, B.S. Bal, Q. Fu, S.B. Jung, L.F. Bonewald, A. P. Tomsia, Bioactive glass in tissue engineering, *Acta Biomaterialia* 7 (2011) 2355–2373.
- [2] T. Kokubo, S. Ito, Z. Huang, T. Hayashi, S. Sakka, T. Kitsugi, T. Yamamuro, Ca–P-rich layer formed on high-strength bioactive glass-ceramic A-W, *Journal of Biomedical Materials Research* 24 (1990) 331–343.
- [3] P.N. De Aza, F. Guilian, S. De Aza, Bioactivity of wollastonite ceramics: in vitro evaluation, *Scripta Metallurgica et Materialia* 31 (1994) 1001–1005.
- [4] P.N. De Aza, Z. Lukomska, M.R. Anseau, F. Guilian, S. De Aza, Morphological studies of pseudowollastonite for biomedical application, *Journal of Microscopy* 182 (1996) 24–31.
- [5] Z. Gou, J. Chang, Synthesis and in vitro bioactivity of hydroxyapatite powders, *Journal of the European Ceramic Society* 24 (2004) 93–98.

Gennadiy Kosnikov¹, Oleg Figovsky² and Adnan Eldarkhanov³

METAL MATRIX MICRO- AND NANOSTRUCTURAL COMPOSITES (REVIEW)

¹St. Petersburg State Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation,

²Polymate Ltd. International Nanotechnology Research Center, Migdal HaEmek, Israel,

³Grozny State Oil Technical University, Grozny, Russian Federation

Received: December 30, 2013 / Revised: February 20, 2014 / Accepted: November 23, 2014

© Kosnikov G., Figovsky O., Eldarkhanov A., 2015

Abstract. Liquid phase production technologies of metal matrix micro- and nanostructural composites are considered. A complex using magnetohydrodynamic stirring, ultrasonic treatment of melt during liquid and liquid-solid states and thixocasting advantages are proposed.

Keywords: metal matrix composites, liquid phase technology, magnetohydrodynamic stirring, ultrasonic treatment, thixocasting.

1. Introduction

Research and development of metal matrix composites (MMCs) are given a significant consideration practically in all economically developed countries due to the complex of mechanical and service properties that could be obtained in this class of structural materials, and which are unattainable in the traditional materials produced using the traditional technologies. Metal matrix provides a number of advantages if compared to other (polymer, carbon, ceramic) matrices, in particular higher hardness, strength, electric and heat conductivity, crack resistance, and melting temperature. The use of the liquid phase technologies means that in the process of MMCs production at least one of the components is in the liquid phase (casting technologies, liquid forging, laser and plasma spraying, sintering with liquid phase, etc.)

Two types of composites are distinguished: artificial and natural. In artificial composites the strengthening disperse phase is either introduced artificially from the outside or is formed when matrix melt interacts with artificially introduced agents. Natural composites include the alloys, in which the disperse phases are formed under the natural processes of primary, in particular, oriented crystallization. Typical natural composites are graphitized cast irons. The properties of

natural composites can also be improved using the technologies typical to artificial composites. However, artificial composites are regarded as the promising materials with unique properties [1].

Composites, reinforced with fibers or whisker crystals, and layered composites are widely used in industry. The technologies of their production are relatively simple and the scientific bases of their development, analysis and prognostication of their behavior while using the articles are thoroughly studied. With the exception of the production of prepregs, that serve as semi-finished articles for the production of the constructions, the composites of this type and the constructions are produced simultaneously, allowing the consideration of the specifics of the use of these constructions and conditions of the exploitation. These composites have a number of positive properties (high specific strength, hardness, wear resistance, fatigue resistance, etc.). At the same time these materials possess substantial defects (anisotropy of properties, high cost, low maintenance workability, etc.), that given specific technology and engineering properties narrow the range of their application.

Dispersion-reinforced composites include casting and wrought alloys as a basis and disperse particles as reinforcers, artificially incorporated (*ex-situ* processes) or initiated as a result of the occurring (*in-situ*) processes. Generally, refractory high-strength, high-modulus particles of oxides, carbides, borides, nitrides (more frequently SiC, Al₂O₃, B₄C, TiC) are used as micrometric size reinforcers. Chemical reactions *in-situ*, occurring in the melt in the process of incorporation of the reactive metals, gases or chemical compounds, form thermodynamically stable, wetted by the melt due to the coherent boundary formation, and thermostable at high temperature of maintenance reinforcing phases [2].

The processes of spontaneous high-temperature synthesis that are used to produce reinforcing particles in the metal melts, pertain, in fact, to *in-situ* processes [3].

The main criteria for choosing the matrix melt composition, size, quantity, nature of the reinforcing phase and method of its implantation into the melt, method of shaping and conditions of obtaining properties of the blanks are the requirements to the finished article properties, stability of the structure and the properties of these articles in the process of their use. This requires diversity and complexity of the technological solutions for the MMCs article production.

Three principal processes of MMCs production are used:

- incorporation of particles into the melt with intensive impeller [4] or magnetohydrodynamic (MHD) [5] mixing;
- impregnation of disperse particles or preforms with matrix melt;
- powder technology.

With the exception of the cases when powder technology is implemented by the compaction of the original matrix alloy powders and reinforcing components in the solid state, all three technological schemes involve the use of liquid-phase techniques for producing MMCs.

The problem of the development of the composites with the given level of properties is only a part of the objective concerning the finished article production out of these composites. As a rule, it is necessary to be guided by the optimum value of the property or a group of interconnected properties that determine the operating capacity of the finished product. New engineering solutions may be possibly used for the articles, in which composites substitute the traditional materials.

Despite the abundance of works dedicated to the research and production of MMCs, their implementation is still in the semi-industrial production stage. One of the reasons of such situation is limited possibilities of the MMCs use for the production of the cast shapes of varied weight and dimensions with complex internal cavities. Due to their general-purpose properties, the traditional foundry technologies, implying the filling of the molds with the liquid-state alloys, as well as thixotechnologies, implying the filling of the molds with the two-phase-state alloys, are the most appropriate.

Specific feature of the cast MMCs is the need to provide equal distribution of the disperse particles in the melt volume for all stages of cast ingot produced by the traditional casting methods: from the process of particle incorporation into the melt to the process of ingot formation in the mold. Therefore, the problem of sedimentation stability of the cast composites is closely

connected not only with MMCs property and structure formation but with the implementation of the casting production methods.

The structure and properties of the composites are determined by the matrix melt properties, by the chemical composition, form, dimensions, quantity of incorporated or formed in the melt disperse particles, and also by the interaction activity and processes on the “disperse particle-melt” boundary. These factors determine the possibility of producing of the metallic suspension, the pouring of the latter into the molding cavity (casting mold, molding tool), provides the production of the articles with the given properties.

2. MMCs Production Technologies

MMCs based on the aluminium and magnesium alloys are the promising materials for the various branches of industry due to low unit weight and higher, in comparison with the matrix alloy, level of the properties (wear resistance, hardness, local strength, bearing capacity, heat resistance, damping, antifriction, transport and other properties).

Magnesium matrix composites have unique specific characteristics [6]. Magnesium alloys with high tendency to vitrification and thermostability are of particular interest as matrices for the MMCs. As the reinforcing the following compounds are used: SiC – due to the satisfactory wetting and chemical stability in the magnesium melt [7], oxides – due to low oxygen solubility in magnesium, refractory metal powders (Cu, Ni, Ti) – due to fine wetting of the metals by magnesium [8]. When using transition metals in *in-situ* processes, the produced intermetallides provide high wear resistance and tribological properties of magnesium MMCs.

Nowadays, aluminum alloys are of the high demand and wide-spread among the non-ferrous metals materials, possessing high specific strength and a general-purpose complex of mechanical, service and special properties, creating preconditions for the use of aluminum-based materials to develop engine-building, aeronautical and space engineering.

The possibilities to enhance the service properties of aluminum alloys, produced by the traditional technology of component alloying, their treatment in the liquid state and shaping are exhausted to a large degree. Due to this fact all technically developed countries started the research and development in the field of the alumomatrix composites (AMCs) synthesis.

Microsize particles in the composites, in particular, alumomatrix composites, serve as reinforcing, and the character of interactions on the “particle-melt” boundary is mainly determined by their wettability by the melt. The

research [9,10] in the field of aluminomatrix composites, reinforced with widely used microsize SiC, Al₂O₃, B₄C, TiC and the experience of use of the articles proved that these alloys provide high level of mechanical and service properties and may be used to produce shaped articles with casting methods.

Liquid phase technologies of AMC's production by incorporating a sufficient amount (up to 20 vol %) of micrometric refractory particles into the melt have been brought to the industrial application.

For example, Talbor company [11] specializes on producing aluminomatrix composites, reinforced by SiC, B₄C, and Al₂O₃ microparticles in the process of mechanical mixing. In comparison with B₄C, silicon carbide is better wetted by the melt, provides high level of the composite hardness, and is more commercially appropriate. However, Al₄C₃ creates danger of brittle failure of the articles. The presence of adsorbed gases does not allow to weld and thermally treat the composite. Even if the matrix alloy can be welded, high SiC density with the same incorporated quantity leads to weighting of the articles and tends to the sedimentation. Al₂O₃ is the densest of the three reinforcers, minimally active towards aluminium, provides higher strength of the composites, but its segregation ability in the casting process is high. For the cast composites (sand mold casting and metal mold casting, high-pressure casting, liquid forging) the company uses B₄C as reinforcing and providing the composite with the ability to withhold hard radiation particles. With the density similar to the density of aluminium, B₄C provides higher sedimentation stability of the slurry, allowing of producing thick-section castings by the methods of gravitation casting, using ceramic filters, melt outgassing with argon or nitrogen, B₄C particle passivation, and special construction of the gating system.

In a number of cases, in order to improve the wettability, the disperse particles are plated by the elements enhancing their wettability by the melt (for example, technological coatings of Fe and Cr are used for SiC). For aluminium alloys Mg, Sn, Sb, and Bi serve as interphase-active elements, improving the wettability of the incorporated refractory particles [9].

New generations of military, aerospace and civil equipment require the development of the new structure and functional materials, obtaining properties, unattainable in the traditional structure materials and composites, reinforced with ultradisperse micrometric particles.

At present, special attention is drawn to the works dedicated to the production of the metal matrix nanocomposites (MMNCs) by means of the multipurpose use of *ex-situ* and *in-situ* processes (polyreinforcement), implying nanosize structural constituents in the form of

the nanosize thermostable particles introduced from the outside and intermetallics produced as a result of the occurring processes. It was theoretically proven and experimentally approved that the properties of the composites improve if the particle dispersion is reduced to nanosize level [12-14].

The investigation [15] studies the prospects of using nanoparticles as reinforcement agents to gain improved performance of A356 Al cast alloy by adding up to 5 % Al₂O₃ and TiO₂ particles. The particles size was intentionally reduced from 10 μm to 500 nm and to 40 nm. The results showed that introducing nanoparticles into semisolid slurries has a beneficial effect on optimizing strength-ductility relationship in Al-Si cast alloys. The new material showed higher strength values with improved ductility compared to the monolithic alloy under the same casting conditions. Those particles were incorporated and entrapped within the interdendritic and/or grain boundary interface, as well as within the grains, developed during solidification.

It is noted [16] that SiC microparticles are mainly located at the boundaries of the eutectic grains, and SiC nanoparticles – in the dendrites of the primary solid solution. The tendency of the microparticles to locate at the boundaries of the grains leads to the lower fracture toughness, strength and hardness at high temperatures, and also to the machining deterioration. Nanosize SiC and Al₂O₃ particles affect the size and morphology of the intermetallic compounds formed in the melt; as a result of the interaction of the nanosize SiC and Ti particles, the reinforcing phase TiC is formed.

However, high energy potential, high specific surface and interphase particle energy, and high surface tension of the melt impede the incorporation of the nanoparticles into the melt, and the tendency of the nanoparticles to develop aggregates. The possibility of their fusion in the melt requires special technology solutions different from the technologies of the microsize compound production. Thermal activation of the incorporated particles in the process of their preparing to the incorporation into the melt and the processes occurring in the liquid composite during the dwell time, pouring into the mold and finished article solidification, contribute to the intensification of the diffusion and recrystallization processes, to the disappearance of the non-equilibrium phases, residual stress relief and, correspondingly, to the modification of their unique properties. The higher the technological temperature is, the more intensively those processes occur and the lower the viscosity of the melt is.

Concerning the specific processes of interaction between the nanoparticles and the melt, it is evident that the decrease of temperature of the inoculation of the particles into the melt to the two-phase state and

successive heating of the blanks during the shaping process to the temperature of the two-phase state (not to total dissolution) create preconditions for the effective problem solving in the field of cast MMNCs production (in particular, sedimentation and aggregative stability, gas porosity). Therefore, the processes of solid-liquid shaping (thixoforming) are most promising for MMNCs and MMCs products [17-20].

It is evident that irrespective of the influence of the nanoparticles on the crystallizing alloy, they remain as isolated inclusions in the solid composite and affect the processes of composite destruction, depending on the place of their location regarding the boundaries of the structure elements [21].

In the process of cast nanocomposite production it is necessary to provide the inoculation of the nanoparticles into the melt and their equal distribution in the volume of the slurry and sedimentation stability of the melt, prevent nanoparticles from aggregation in the process of feeding the composition into the molding cavity and in the recycling process of the composites and reheating before the shaping of the previously produced nanocomposite charges. Concurrently, the problem of providing the peak level of the necessary complex of composite properties by affecting the processes of crystallization and structure formation of the matrix melt is of great value.

The inoculation of the nanoparticles into the melt and their uniform distribution in the slurry is mainly implemented by means of the mechanical [4] and MHD [5, 22] stirring of the particles. The reinforcing particle powders may be introduced not only in the initial state using plasma torch, injection in the gas current, but also in the form of the pellets, briquettes, flux cored wire, and extended pressed compositions. In the process of the mechanical mixing the optimum performance of the mixer provides the onset of the shear deformation in the melt, especially when mixing the melt in the liquid-solid state. It prevents the agglomeration of the particles and provides better wetting and uniform distribution of the particles in the melt volume. The ensuing dwell time of the melt in the mixer with low mixing speed enables its transporting to the casting molds using various casting methods.

Plasma synthesis method along with the biplanar MHD-mixing and incorporation of the nanoparticles into the melt in the form of nanosize powder composites, produced by mechanical alloying in high-energy mills, possesses a number of advantages [23]. Biplanar MHD mixing of the hypoeutectic silumins in the liquid and two-phase states allows solving the problem of equal distribution of the particles in the melt volume, ensuring the degeneration of the dendrite structure and the possibility to use all the advantages of thixoforming for producing nanocomposites.

High-power ultrasound treatment (UST) of the alloys in the liquid and two-phase state is one of the most efficient methods of affecting the processes of alloy structure formation [24-28]. Structural changes in the ultrasound-treated metal are determined by the processes occurring in the melt in two-phase zone – nucleation of crystals, their growth and dispersion, by mixing processes, which, in turn, are connected with cavitation and acoustic streaming development in the melt, and by the parameters of supersonic field in the melt, its properties, volume, impurities, and dissolved gases [29].

The impact of ultrasound diminishes with increasing the distance between the alloy and the ultrasonic horn; therefore it is advisable to use ultrasound treatment along with the MHD-mixing. This allows solving the problem of non-dendrite structure formation in the process of composite thixoforming at the stage of the primary treatment of the melt, considerably decreasing the duration or excluding the reheating of the blank aimed at final “degeneration” of dendrites.

The development in the field of production of MMNCs using nanocarbon materials as reinforcing complexes, in particular, fullerenes C_{60} , nanotubes, nanodiamonds, nanosize products of the modification of the natural carbonaceous rock (shungites), is highly promising [30].

The problem of the nanoparticles inoculation into the melt may be simplified due to the preliminary production of rich nanocomposite alloys in the liquid-solid state with their further incorporation into the melts.

Special attention is given to the innovative development of cast and wrought MMNCs industry – the superdeep penetration (SDP) phenomenon. It may be regarded as the new physical instrument to affect the existing materials. The new concept of the physical phenomenon of the SDP is based on the consequent implementation of the complex of the physical effects, such as higher energy density (accumulation) in the local zones of the barrier material due to shutdown of the system, creation of dynamically stable local zones of high pressure, and the level of the latter sufficient to implement the dynamic phase transition. The use of SDP allows to incorporate into the volume of the solid body the alloying elements tens millimeters deep at an interval of 10^{-3} – 10^{-7} s. In the volume of the solid body the fibrous elements, obtaining specific nano- and microstructures, allowing producing the materials with unique properties, are created [31-33]. Nowadays SDP is used for the solid-state processes; however, there is a reason to believe that complex technologies would make it possible to use SDP for the liquid phase methods of metallomatrix nanocomposite production.

As a rule, the foundry specialists are concerned with the production of the shaped castings out of the casting alloys by various casting methods. However, the development of the thixoforming (thixocasting, thixoforging) processes proves the effectiveness of the cooperation of the foundry specialists and the specialists in the field of the forging processes. The field of mutual cooperation may include the production of sheets and shapes out of nanocomposites using the methods of the ingotless rolling.

At present the granular technologies develop rapidly, especially the new material science branch of nanostructure granular composites, combining the advantages of the metallurgy of granules and the principles of producing the volumetric composite out of granules [34]. As a rule, uniform (isostatic), hydrostatic or gas-static pressing is used for the compaction. Considering the experience of the foundry specialists in the field of suspension casting, the possibility of the use of the nanostructure granules for the inoculation of the nanoparticles into the melt, the cooperation of the foundry specialists with the specialists of the metallurgy of granules in the field of the development of the hybrid processes, capable of providing the production of the shapes out of the new class of nanocomposites, is highly promising.

3. Conclusions

1. Metal matrix micro- and, especially, nanostructural composites provide a number of advantages as compared to traditional matrix alloys, MMCs and MMNCs based on the aluminium and magnesium alloys are the promising materials for the various branches of industry due to low unit weight and higher, in comparison with the matrix alloy, level of the properties (wear resistance, hardness, local strength, bearing capacity, heat resistance, damping, antifriction, transport, and other properties).

2. The problems of nanocomposite article production using liquid phase technologies require the system approach to the solving of the whole complex of the occurring problems, involving specialists in various fields (thermodynamics, physics and chemistry of the melt and solid state, fracture mechanics, technologies of the production and treatment of the alloys in the liquid and two-phase state, etc.)

3. The promising technologies are the complex technologies of MMNCs production, implementing the

external influence (UST, MHD) on the liquid and crystallizing matrix alloy with incorporation of the reinforcing particles along with the thixoforming of the finished article production.

References

- [1] Prusov E., Panfilov A. and Kechin V.: Russ. Foundryman, 2011, **12**, 35.
- [2] Zheng Q., Wu B., Reddy R.: Adv. Eng. Mat., 2003, **5**, 167.
- [3] Amosov A., Borovinskaya I. and Merzhanov A.: Poroshkovaya Technologia Samorasprostraniushegosia Vysokotemperaturnogo Sinteza Materialov. Mashinostroenie-1, Moskva 2007.
- [4] Herling D., Grant G. and Hunt W., Jr.: Adv. Mat. & Proc., 2001, July, 37.
- [5] Szajnar J., Stawarz M., Wróbel T. and Sebzda W.: J. Achievem. in Materials and Manufacturing Eng., 2009, **34**, 95.
- [6] Sazonov M., Chernishova T. and Rohlin L.: Constr. i Funct. Mat., 2010, **2**, 3.
- [7] Cai Y., Tana M., Shen G. and Su H.: J. Mater. Sci. Eng. A, 2000, **282**, 232.
- [8] Hassan S. and Gupta M.: J. Mater. Sci., 2002, **37**, 2467.
- [9] Kalashnikov I., Bolotova L. and Chernyshova T.: Tsvetnye Metally, 2010, **9**, 67.
- [10] Zhou W. and Xu Z.: J. Mater. Proc. Techn., 1997, **63**, 368.
- [11] www.taloncomposites.com
- [12] Elagin V.: Tsvetnye Metally, 2009, **6**, 103.
- [13] Kondratenko A. and Golubkova T.: Konstr. Composit. Mat., 2009, **1**, 24.
- [14] Koch C.: Nanostructured Materials: Processing, Properties and Potential Applications. Noyes Publications, New York 2002.
- [15] El-Mahallawi I., Shash Y., Eigenfeld K. et al.: Mat. Sci. & Techn., 2009, **26**, 10.
- [16] Petrunin A., Panfilov A.V. and Panfilov A.A.: Liteinoye Proizvodstvo, 2009, **10**, 17.
- [17] Kosnikov G. and Kolesov S.: Russ. Foundryman, 2007, **4**, 28.
- [18] de Cicco M., Tung L.-S., Li X.-C. and Perepezko J.: [in:] Hirt G., Rassili A. and Buhig-Polaczek A. (Eds.), Proc. 10th Int. Conf. on Semi-Solid Processing of the Alloys and Composites S2P 2008. Aachen, Germany and Liege, Belgium, September 16-18, 2008, 814.
- [19] Ji S., Qian M. and Fan Z.: Metallurg. & Mat. Transact. A., 2006, **37A**, 779.
- [20] Ivanchev L., Camagut S. and Govender G.: J. Solid State Phenomena, 2013, **192-193**, 61.
- [21] Jones R., Pitt S., Hui D. and Brunner A.: Composite Structures, 2013, **99**, 375.
- [22] Kosnikov G. and Kolesov S.: Works of VII Congress of Russian Foundrymen. Novosibirsk 2005, **1**, 298.
- [23] Kosnikov G., Baranov V., Petrovich S. and Kalmykov A.: Liteinoye Proizvodstvo, 2012, **2**, 4.
- [24] Abramov O.V. and Prikhod'ko V. (Eds.): Moschniy Ultrazvuk v Metallurgii i Mashinostroenii. Yamus-K, Moskva 2006.
- [25] Zhang L., Eskin D., Miroux A. and Katgerman L.: Light Metals, 2012, 999.

- [26] Chen Y.-J., Hsuand W.-N. and Shih J.-R.: Mat. Transact., 2009, **50**, 401.
- [27] Kosnikov G., Figovsky O., Eldarkhanov A. et al.: Sci. Israel-Techn. Adv., 2013, **15**, 93.
- [28] Yao L., Hao H., Shouhua L. et al.: Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 2011, **21**, 1241.
- [29] Alba-Baena N., Pabel T., Villa-Sierra N. and Eskin D.: Mat. Sci. Forum, 2013, **765**, 271.
- [30] Prokhorov V., Blank V., Pivovarov G. and Solovyeva L.: Mezhdunar. Conf. "Novye Perspektivnye Materialy i ih Izgotovlenie (NPM-2004). Russia, Volgograd 2004, 124.
- [31] Figovsky O. et al.: J. Techn. Physics, 2008, **49**, 3.
- [32] Figovsky O., Usherenko S. and Usherenko Yu.: Sozdanie Metallicheskih Compozicionnykh Materialov. Fizika i Technika Vysokoenergeticheskoy Obrobotki Materialov. Art-Press Dnepropetrovsk 2007.
- [33] Usherenko S., Figovsky O. and Usherenko Y.: Sci. Israel-Techn. Adv., 2007, **9**, 28.
- [34] Moskvichev U., Panin V., Ageev S. et al.: Actual Conf., 2011, **70**, 44.

МЕТАЛО-МАТРИЧНІ МІКРО- ТА НАНОСТРУКТУРНІ КОМПОЗИТИ (ОГЛЯД)

Анотація. Розглянуто рідкофазні технології виробництва метало-матричних мікро- і наноструктурних композитів. Запропоновано комплексне використання магнітогідродинамічного переміщення, ультразвукового оброблення розплаву в рідкому та рідинно-твердому стані та тисколіття.

Ключові слова: метало-матричні композити, рідкофазна технологія, магнітогідродинамічне переміщення, ультразвукове оброблення, тисколіття.

EXAMPLE PROBLEM 16.1**Property Determinations for a Glass Fiber-Reinforced Composite—Longitudinal Direction**

A continuous and aligned glass fiber-reinforced composite consists of 40 vol% of glass fibers having a modulus of elasticity of 69 GPa (10×10^6 psi) and 60 vol% of a polyester resin that, when hardened, displays a modulus of 3.4 GPa (0.5×10^6 psi).

- (a) Compute the modulus of elasticity of this composite in the longitudinal direction.
- (b) If the cross-sectional area is 250 mm^2 (0.4 in.^2) and a stress of 50 MPa (7250 psi) is applied in this longitudinal direction, compute the magnitude of the load carried by each of the fiber and matrix phases.
- (c) Determine the strain that is sustained by each phase when the stress in part (b) is applied.

Solution

(a) The modulus of elasticity of the composite is calculated using Equation 16.10a:

$$\begin{aligned} E_{cl} &= (3.4 \text{ GPa})(0.6) + (69 \text{ GPa})(0.4) \\ &= 30 \text{ GPa} \quad (4.3 \times 10^6 \text{ psi}) \end{aligned}$$

(b) To solve this portion of the problem, first find the ratio of fiber load to matrix load, using Equation 16.11; thus,

$$\frac{F_f}{F_m} = \frac{(69 \text{ GPa})(0.4)}{(3.4 \text{ GPa})(0.6)} = 13.5$$

or $F_f = 13.5 F_m$.

In addition, the total force sustained by the composite F_c may be computed from the applied stress σ and total composite cross-sectional area A_c according to

$$F_c = A_c \sigma = (250 \text{ mm}^2)(50 \text{ MPa}) = 12,500 \text{ N} \quad (2900 \text{ lb}_f)$$

However, this total load is just the sum of the loads carried by fiber and matrix phases; that is,

$$F_c = F_f + F_m = 12,500 \text{ N} \quad (2900 \text{ lb}_f)$$

Substitution for F_f from the preceding equation yields

$$13.5 F_m + F_m = 12,500 \text{ N}$$

or

$$F_m = 860 \text{ N (200 lbf)}$$

whereas

$$F_f = F_c - F_m = 12,500 \text{ N} - 860 \text{ N} = 11,640 \text{ N (2700 lbf)}$$

Thus, the fiber phase supports the vast majority of the applied load.

(c) The stress for both fiber and matrix phases must first be calculated. Then, by using the elastic modulus for each [from part (a)], the strain values may be determined.

For stress calculations, phase cross-sectional areas are necessary:

$$A_m = V_m A_c = (0.6)(250 \text{ mm}^2) = 150 \text{ mm}^2 (0.24 \text{ in.}^2)$$

and

$$A_f = V_f A_c = (0.4)(250 \text{ mm}^2) = 100 \text{ mm}^2 (0.16 \text{ in.}^2)$$

Thus,

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A_m} = \frac{860 \text{ N}}{150 \text{ mm}^2} = 5.73 \text{ MPa (833 psi)}$$

$$\sigma_f = \frac{F_f}{A_f} = \frac{11,640 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 116.4 \text{ MPa (16,875 psi)}$$

Finally, strains are computed as

$$\epsilon_m = \frac{\sigma_m}{E_m} = \frac{5.73 \text{ MPa}}{3.4 \times 10^3 \text{ MPa}} = 1.69 \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_f = \frac{\sigma_f}{E_f} = \frac{116.4 \text{ MPa}}{69 \times 10^3 \text{ MPa}} = 1.69 \times 10^{-3}$$

Therefore, strains for both matrix and fiber phases are identical, which they should be, according to Equation 16.8 in the previous development.

Керамик, шиша ва боғловчи материаллар таркиби ва хоссалари.

| TABLE 16.2 Elastic Constants of Selected Polycrystalline Ceramics (20°C) | | | | | |
|--|--------------|-------------|---------|-------|-----------|
| Material | Crystal type | μ (GPa) | B (GPa) | ν | E (GPa) |
| Carbides | | | | | |
| C | Cubic | 468 | 416 | 0.092 | 1022 |
| SiC | Cubic | 170 | 210 | 0.181 | 402 |
| TaC | Cubic | 118 | 217 | 0.270 | 300 |
| TiC | Cubic | 182 | 242 | 0.199 | 437 |
| ZrC | Cubic | 170 | 223 | 0.196 | 407 |
| Oxides | | | | | |
| Al ₂ O ₃ | Trigonal | 163 | 251 | 0.233 | 402 |
| Al ₂ O ₃ -MgO | Cubic | 107 | 195 | 0.268 | 271 |
| BaO-TiO ₂ | Tetragonal | 67 | 177 | 0.332 | 178 |
| BeO | Tetragonal | 165 | 224 | 0.204 | 397 |
| CoO | Cubic | 70 | 185 | 0.332 | 186 |
| FeO-Fe ₂ O ₃ | Cubic | 91 | 162 | 0.263 | 230 |
| Fe ₂ O ₃ | Trigonal | 93 | 98 | 0.140 | 212 |
| MgO | Cubic | 128 | 154 | 0.175 | 300 |
| 2MgO-SiO ₂ | Orthorhombic | 81 | 128 | 0.239 | 201 |
| MnO | Cubic | 66 | 154 | 0.313 | 173 |
| SrO | Cubic | 59 | 82 | 0.210 | 143 |
| SrO-TiO ₂ | Cubic | 266 | 183 | 0.010 | 538 |
| TiO ₂ | Tetragonal | 113 | 206 | 0.268 | 287 |
| UO ₂ | Cubic | 87 | 212 | 0.319 | 230 |
| ZnO | Hexagonal | 45 | 143 | 0.358 | 122 |
| ZrO ₂ -12Y ₂ O ₃ | Cubic | 89 | 204 | 0.310 | 233 |
| SiO ₂ | Trigonal | 44 | 38 | 0.082 | 95 |
| Chalcogenides | | | | | |
| CdS | Hexagonal | 15 | 59 | 0.38 | 42 |
| PbS | Cubic | 33 | 62 | 0.27 | 84 |
| ZnS | Cubic | 33 | 78 | 0.31 | 87 |
| PbTe | Cubic | 22 | 41 | 0.27 | 56 |
| Fluorides | | | | | |
| BaF ₂ | Cubic | 25 | 57 | 0.31 | 65 |
| CaF ₂ | Cubic | 42 | 88 | 0.29 | 108 |
| SrF ₂ | Cubic | 35 | 70 | 0.29 | 90 |
| LiF | Cubic | 48 | 67 | 0.21 | 116 |
| NaF | Cubic | 31 | 49 | 0.24 | 77 |
| Other halides | | | | | |
| CsBr | Cubic | 8.8 | 16 | 0.26 | 23 |
| CsCl | Cubic | 10 | 18 | 0.27 | 25 |
| CsI | Cubic | 7.1 | 13 | 0.27 | 18 |
| KCl | Cubic | 10 | 18 | 0.27 | 25 |
| NaBr | Cubic | 11 | 19 | 0.26 | 28 |
| NaCl | Cubic | 15 | 25 | 0.25 | 38 |
| NaI | Cubic | 8.5 | 15 | 0.27 | 20 |
| RbCl | Cubic | 7.5 | 16 | 0.29 | 21 |

Note: All values were calculated from single-crystal data.

TABLE 21.6 Approximate Composition (wt%) of Some Commercial Glasses

| Glass | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | BaO | Na ₂ O | K ₂ O | SO ₂ | F ₂ | ZnO | PbO | B ₂ O ₃ | Se | CdO | CuO |
|-------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|-----|-------------------|------------------|-----------------|----------------|------|------|-------------------------------|-----|-----|------|
| Container flint | 72.7 | 2.0 | 0.06 | 10.4 | | 0.5 | 13.6 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | | | | | | |
| Container amber | 72.5 | 2.0 | 0.1 | 10.2 | | 0.6 | 14.4 | 0.2 | S-0.02 | 0.2 | | | | | | |
| Container flint | 71.2 | 2.1 | 0.05 | 6.3 | 3.9 | 0.5 | 15.1 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | | | | | | |
| Container flint | 70.4 | 1.4 | 0.06 | 10.8 | 2.7 | 0.7 | 13.1 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | | | | | | |
| Window green | 71.7 | 0.2 | 0.1 | 9.6 | 4.4 | | 13.1 | | | 0.4 | | | | | | |
| Window | 72.0 | 1.3 | | 8.2 | 3.5 | | 14.3 | 0.3 | 0.3 | | | | | | | |
| Plate | 71.6 | 1.0 | | 9.8 | 4.3 | | 13.3 | | 0.2 | | | | | | | |
| Opal jar | 71.2 | 7.3 | | 4.8 | | | 12.2 | 2.0 | | 4.2 | | | | | | |
| Opal illumination | 59.0 | 8.9 | | 4.6 | 2.0 | | 7.5 | | | 5.0 | 12.0 | 3.0 | | | | |
| Ruby selenium | 67.2 | 1.8 | 0.03 | 1.9 | 0.4 | | 14.6 | 1.2 | S-0.1 | 0.4 | 11.2 | | 0.7 | 0.3 | 0.4 | |
| Ruby | 72.0 | 2.0 | 0.04 | 9.0 | | | 16.6 | 0.2 | | Trace | | | | | | 0.05 |
| Borosilicate | 76.2 | 3.7 | | 0.8 | | | 5.4 | 0.4 | | | | | 13.5 | | | |
| Borosilicate | 74.3 | 5.6 | | 0.9 | | 2.2 | 6.6 | 0.4 | | | | | 10.0 | | | |
| Borosilicate | 81.0 | 2.5 | | | | | 4.5 | | | | | | 12.0 | | | |
| Fiber glass | 54.5 | 14.5 | 0.4 | 15.9 | 4.4 | | 0.5 | | | 0.3 | | | 10.0 | | | |
| Lead tableware | 66.0 | 0.9 | | 0.7 | | 0.5 | 6.0 | 9.5 | | | | 15.5 | 0.6 | | | |
| Lead technical | 56.3 | 1.3 | | | | | 4.7 | 7.2 | | | | 29.5 | 0.6 | | | |
| Lamp bulb | 72.9 | 2.2 | | 4.7 | 3.6 | | 16.3 | 0.2 | 0.2 | | | | 0.2 | | | |
| Heat absorbing | 70.7 | 4.3 | 0.8 | 9.4 | 3.7 | 0.9 | 9.8 | 0.7 | | Trace | | | 0.5 | | | |

TABLE 26.4 Base Compositions and Applications of Transparent Glass-Ceramics Based on Quartz Solid Solutions

| Material | Composition, wt% | | | | | | | | | | | | | | Commercial application |
|----------|------------------|--------------------------------|-----|-------------------|------------------|-----|--------------------------------|-------------------|-----|-------------------------------|-----|------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | ZnO | Fe ₂ O ₃ | Li ₂ O | BaO | P ₂ O ₅ | F | TiO ₂ | ZrO ₂ | As ₂ O ₃ | |
| Vision | 68.8 | 19.2 | 1.8 | 0.2 | 0.1 | 1.0 | 0.1 | 2.7 | 0.8 | — | — | 2.7 | 1.8 | 0.8 | Transparent cookware |
| Zerodur | 55.5 | 25.3 | 1.0 | 0.5 | — | 1.4 | 0.03 | 3.7 | — | 7.9 | — | 2.3 | 1.9 | 0.5 | Telescope mirrors |
| Ceran | 63.4 | 22.7 | u | 0.7 | u | 1.3 | u | 3.3 | 2.2 | u | u | 2.7 | 1.5 | u | Black infrared transmission cooktop |
| Narumi | 65.1 | 22.6 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | — | 0.03 | 4.2 | — | 1.2 | 0.1 | 2.0 | 2.3 | 1.1 | Rangetops; stove windows |

u = unknown

Table 15.7 Properties of ceramics

| Ceramic | Cost (UK£ (US\$) tonne ⁻¹) | Density (Mg m ⁻³) | Young's modulus (GPa) | Compressive strength (MPa) | Modulus of rupture (MPa) | Weibull exponent m | Time exponent n | Fracture toughness (MPa m ^{1/2}) | Melting (softening) temperature (K) | Specific heat (J kg ⁻¹ K ⁻¹) | Thermal conductivity (W m ⁻¹ K ⁻¹) | Thermal expansion coefficient (MK ⁻¹) | Thermal shock resistance (K) |
|--|--|-------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------|--|-------------------------------------|---|---|---|------------------------------|
| Glasses | | | | | | | | | | | | | |
| Soda glass | 700 (1000) | 2.48 | 74 | 1000 | 50 | Assume 10 in design | 10 | 0.7 | (1000) | 990 | 1 | 8.5 | 84 |
| Borosilicate glass | 1000 (1400) | 2.23 | 65 | 1200 | 55 | | 10 | 0.8 | (1100) | 800 | 1 | 4.0 | 280 |
| Pottery, etc. | | | | | | | | | | | | | |
| Porcelain | 260–1000 (360–1400) | 2.3–2.5 | 70 | 350 | 45 | | — | 1.0 | (1400) | 800 | 1 | 3 | 220 |
| High-performance engineering ceramics | | | | | | | | | | | | | |
| Diamond | 4 × 10 ⁸ (6 × 10 ⁸) | 3.52 | 1050 | 5000 | — | | — | — | — | 510 | 70 | 1.2 | 1000 |
| Dense alumina | Expensive at present | 3.9 | 380 | 3000 | 300–400 | 10 | 10 | 3–5 | 2323 (1470) | 795 | 25.6 | 8.5 | 150 |
| Silicon carbide | | 3.2 | 410 | 2000 | 200–500 | 10 | 40 | — | 3110 | — | 1422 | 84 | 300 |
| Silicon nitride | Potentially | 3.2 | 310 | 1200 | 300–850 | — | 40 | 4 | 2173 | — | 627 | 17 | 500 |
| Zirconia | 350–1000 | 5.6 | 200 | 2000 | 200–500 | 10–21 | 10 | 4–12 | 2843 | — | 670 | 1.5 | 500 |
| Sialons | (490–1400) | 3.2 | 300 | 2000 | 500–830 | 15 | 10 | 5 | — | — | 710 | 20–25 | 510 |
| Cement, etc. | | | | | | | | | | | | | |
| Cement | 52 (73) | 2.4–2.5 | 20–30 | 50 | 7 | 12 | 40 | 0.2 | — | — | 1.8 | 10–14 | <50 |
| Concrete | 26 (36) | 2.4 | 30–50 | 50 | 7 | 12 | 40 | 0.2 | — | — | 2 | 10–14 | |
| Rocks and ice | | | | | | | | | | | | | |
| Limestone | Cost of mining and transport | 2.7 | 63 | 30–80 | 20 | — | — | 0.9 | — | — | — | 8 | ≈ 100 |
| Granite | | 2.6 | 60–80 | 65–150 | 23 | — | — | — | — | — | — | 8 | |
| Ice | | 0.92 | 9.1 | 6 | 1.7 | — | — | 0.12 | 273 (250) | — | — | — | |

Темир, алюминий, никель металлар ва қотишмалар таркиби ва хоссалари.

Table 1.1 Generic iron-based metals

| <i>Metal</i> | <i>Typical composition (wt%)</i> | <i>Typical uses</i> |
|--------------------------------|--|--|
| Low-carbon ("mild") steel | Fe + 0.04 to 0.3 C (+ \approx 0.8 Mn) | Low-stress uses. General constructional steel, suitable for welding. |
| Medium-carbon steel | Fe + 0.3 to 0.7 C (+ \approx 0.8 Mn) | Medium-stress uses: machinery parts – nuts and bolts, shafts, gears. |
| High-carbon steel | Fe + 0.7 to 1.7 C (+ \approx 0.8 Mn) | High-stress uses: springs, cutting tools, dies. |
| Low-alloy steel | Fe + 0.2 C 0.8 Mn 1 Cr 2 Ni | High-stress uses: pressure vessels, aircraft parts. |
| High-alloy ("stainless") steel | Fe + 0.1 C 0.5 Mn 18 Cr 8 Ni | High-temperature or anti-corrosion uses: chemical or steam plants. |
| Cast iron | Fe + 1.8 to 4 C (+ \approx 0.8 Mn 2 Si) | Low-stress uses: cylinder blocks, drain pipes. |

Table 1.4 Generic aluminium-based metals

| <i>Metal</i> | <i>Typical composition (wt%)</i> | <i>Typical uses</i> |
|-------------------------------------|----------------------------------|---|
| 1000 Series unalloyed Al | >99 Al | Weak but ductile and a good electrical conductor: power transmission lines, cooking foil. |
| 2000 Series major additive Cu | Al + 4 Cu + Mg, Si, Mn | Strong age-hardening alloy: aircraft skins, spars, forgings, rivets. |
| 3000 Series major additive Mn | Al + 1 Mn | Moderate strength, ductile, excellent corrosion resistance: roofing sheet, cooking pans, drinks can bodies. |
| 5000 Series major additive Mg | Al + 3 Mg 0.5 Mn | Strong work-hardening weldable plate: pressure vessels, ship superstructures. |
| 6000 Series major additives Mg + Si | Al + 0.5 Mg 0.5 Si | Moderate-strength age-hardening alloy: anodised extruded sections, e.g. window frames. |
| 7000 Series major additives Zn + Mg | Al + 6 Zn + Mg, Cu, Mn | Strong age-hardening alloy: aircraft forgings, spars, lightweight railway carriage shells. |
| Casting alloys | Al + 11 Si | Sand and die castings. |
| Aluminium–lithium alloys | Al + 3 Li | Low density and good strength: aircraft skins and spars. |

Table 1.3 Generic nickel-based metals

| Metals | Typical composition (wt%) | Typical uses |
|-------------|--------------------------------|--|
| Monels | Ni + 30 Cu 1Fe 1Mn | Strong, corrosion resistant: heat-exchanger tubes. |
| Superalloys | Ni + 30 Cr 30 Fe 0.5 Ti 0.5 Al | Creep and oxidation resistant: furnace parts. |
| | Ni + 10 Co 10 W 9 Cr 5 Al 2 Ti | Highly creep resistant: turbine blades and discs. |

Table 1.5 Generic titanium-based metals

| Metal | Typical composition (wt%) | Typical uses |
|-----------------------------------|---------------------------|---|
| α - β titanium alloy | Ti-6 Al 4 V | Light, very strong, excellent corrosion resistance, high melting point, good creep resistance. The alloy workhorse: turbfans, airframes, chemical plant, surgical implants. |

Table 1.6 Properties of the generic metals

| Metal | Cost (UK£ (US\$) tonne ⁻¹) | Density (Mg m ⁻³) | Young's modulus (GPa) | Yield strength (MPa) | Tensile strength (MPa) | Ductility | Fracture toughness (MPa m ^{1/2}) | Melting Temperature (K) | Specific heat (J kg ⁻¹ K ⁻¹) | Thermal conductivity (W m ⁻¹ K ⁻¹) | Thermal expansion coefficient (MK ⁻¹) |
|-------------------|--|-------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------|--|-------------------------|---|---|---|
| Iron | 100 (140) | 7.9 | 211 | 50 | 200 | 0.3 | 80 | 1809 | 456 | 78 | 12 |
| Mild steel | 200-230 (260-300) | 7.9 | 210 | 220 | 430 | 0.21 | 140 | 1765 | 482 | 60 | 12 |
| High-carbon steel | 150 (200) | 7.8 | 210 | 350-1600 | 650-2000 | 0.1-0.2 | 20-50 | 1570 | 460 | 40 | 12 |
| Low-alloy steels | 180-250 (230-330) | 7.8 | 203 | 290-1600 | 420-2000 | 0.1-0.2 | 50-170 | 1750 | 460 | 40 | 12 |
| High-alloy steels | 1100-1400 (1400-1800) | 7.8 | 215 | 170-1600 | 460-1700 | 0.1-0.5 | 50-170 | 1680 | 500 | 12-30 | 10-18 |
| Cast irons | 120 (160) | 7.4 | 152 | 50-400 | 10-800 | 0-0.18 | 6-20 | 1403 | | | |
| Copper | 1020 (1330) | 8.9 | 130 | 75 | 220 | 0.5-0.9 | >100 | 1356 | 385 | 397 | 17 |
| Brasses | 750-1060 (980-1380) | 8.4 | 105 | 200 | 350 | 0.5 | 30-100 | 1190 | | 121 | 20 |
| Bronzes | 1500 (2000) | 8.4 | 120 | 200 | 350 | 0.5 | 30-100 | 1120 | | 85 | 19 |
| Nickel | 3200 (4200) | 8.9 | 214 | 60 | 300 | 0.4 | >100 | 1728 | 450 | 89 | 13 |
| Monels | 3000 (3900) | 8.9 | 185 | 340 | 680 | 0.5 | >100 | 1600 | 420 | 22 | 14 |
| Superalloys | 5000 (6500) | 7.9 | 214 | 800 | 1300 | 0.2 | >100 | 1550 | 450 | 11 | 12 |
| Aluminium | 910 (1180) | 2.7 | 71 | 25-125 | 75-135 | 0.1-0.5 | 45 | 933 | 917 | 240 | 24 |
| 1000 Series | 910 (1180) | 2.7 | 71 | 28-165 | 75-180 | 0.1-0.45 | 45 | 915 | | | 24 |
| 2000 Series | 1100 (1430) | 2.8 | 71 | 200-500 | 300-600 | 0.1-0.25 | 10-50 | 860 | | 180 | 24 |
| 5000 Series | 1000 (1300) | 2.7 | 71 | 40-300 | 120-430 | 0.1-0.35 | 30-40 | 890 | | 130 | 22 |
| 7000 Series | 1100 (1430) | 2.8 | 71 | 350-600 | 500-670 | 0.1-0.17 | 20-70 | 890 | | 150 | 24 |
| Casting alloys | 1100 (1430) | 2.7 | 71 | 65-350 | 130-400 | 0.01-0.15 | 5-30 | 860 | | 140 | 20 |
| Titanium | 4630 (6020) | 4.5 | 120 | 170 | 240 | 0.25 | | 1940 | 530 | 22 | 9 |
| Ti-6 Al 4 V | 5780 (7510) | 4.4 | 115 | 800-900 | 900-1000 | 0.1-0.2 | 50-80 | 1920 | 610 | 6 | 8 |
| Zinc | 330 (430) | 7.1 | 105 | | 120 | 0.4 | | 693 | 390 | 120 | 31 |
| Lead-tin solder | 2000 (2600) | 9.4 | 40 | | | | | 456 | | | |
| Diecasting alloy | 800 (1040) | 6.7 | 105 | | 280-330 | 0.07-0.15 | | 650 | 420 | 110 | 27 |



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Prof Enrico Bernardo
Advanced Ceramics and
Glasses group
Via Marzolo, 9
35131 Padova

tel. +39 049 8275510
fax +39 049 8275505
enrico.bernardo@unipd.it

CF 80006480261
P.IVA 00742430263

Administrative Office
via Gradenigo 6/a
35131 Padova
www.dii.unipd.it

tel. +39 049 8277500
fax +39 049 8277599
segreteria@dii.unipd.it

Padova, May 4th, 2016

To whom it may concern

*Expert Review on the Education Module "Innovative Technology of Composite Materials",
prepared for the "Chemical technology" specialization on teachers retraining and educational courses*

Based on the proposed program, the Module "Innovative Technology of Composite Materials" is effectively devoted to the study of modern technologies in the production of composites. The module studies materials for matrices and fillers, with their properties and applications. Also the production technologies for polymer-matrix, ceramic-matrix and metal-matrix composites are included. Interestingly, I note that a special attention is paid to carbon-carbon composites and non-traditional composite materials such as Self-Reinforced composites, Biocomposites and Composites for Structural Design.

Based on the information from colleagues, the Module consists of a theoretical part and practical tasks, includes the case studies for self-study programs, the glossary and the list of references. I agree on the fact that the preparation of a glossary, containing reviews in both Uzbek and English languages, will enhance the assimilation of the program.

I think that the module "Innovative Technology of Composite Materials" can be used for educational purposes on teachers retraining and educational courses.

Yours sincerely,

Enrico Bernardo, PhD
Associate Professor
Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria Industriale
Edificio Ex Fisica Tecnica
Via Marzolo, 9
35131 Padova, Italy
phone +39 049 8275510
fax +39 049 8275505
e-mail enrico.bernardo@unipd.it
web <http://www.dii.unipd.it/bernardo>