

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

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

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ
МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

“ИЛҒОР ФУНКЦИОНАЛ МАТЕРИАЛЛАР”

модули бўйича

ЎҚУВ-УСЛУБИЙ МАЖМУА

ТОШКЕНТ – 2017

Мазкур ўқув-услугий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2017 йил 29 августдаги 603-сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув дастур асосида тайёрланди.

Тузувчилар: “Материалшунослик” кафедраси катта
ўқитувчиси А.Х. Расулов
“Материалшунослик” кафедраси мудири
т.ф.д. У.А. Зиямухамедова

Такризчи: Жанубий Корея, Kumoh National institute of
Technology PhD инжиниринг А.И. Абидов

Ўқув -услугий мажмуа Тошкент давлат техника университети Кенгашининг 2017 йил _____даги ____ йиғилишида кўриб чиқилиб, фойдаланишга тавсия этилди.

МУНДАРИЖА

I.	Ишчи дастури.....	5
II.	Модулни ўқитишда фойдаланиладиган интерфаол таълим методлар	13
III.	Назарий материаллар	16
IV.	Амалий машғулот материаллари	89
V.	Кейслар банки.....	115
VI.	Мустақил таълим мавзулари.....	119
VII.	Глоссарий.....	121
VIII	Адабиётлар рўйхати.....	126

I. ИШЧИ ДАСТУРИ

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-сон Фармонидаги 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 мазмуни олий таълимнинг норматив-ҳуқуқий асослари вақонунчилик нормалари, илғор таълим технологиялари ва педагогик маҳорат, таълим жараёнларида ахборот-коммуникация технологияларини қўллаш, амалий хорижий тил, тизимли таҳлил ва қарор қабул қилиш асослари, маҳсул фанлар негизида илмий ва амалий тадқиқотлар, технологик тараққиёт ва ўқув жараёнини ташкил этишнинг замонавий услублари бўйича сўнгги ютуқлар, педагогнинг касбий компетентлиги ва креативлиги, глобал Интернет тармоғи, мультимедиа тизимлари ва масофадан ўқитиш усулларини ўзлаштириш бўйича янги билим, кўникма ва малакаларини шакллантиришни назарда тутди.

«Илғор функционал материаллар» модулидан ишчи ўқув дастури металл ва нometалл материалларнинг ички тузилиши, структураси, хоссаси, ишлатилиши, маркаланиши ва бу катталикларнинг ўзаро алоқасини ҳамда уларнинг турли таъсирлар натижасида ўзгариш қонуниятлари билан боғлиқ бўлган билимларни қамраб олган.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

Модулнинг мақсади – тингловчиларга турли соҳаларда қўлланиладиган ва қўлланилиши режалаштирилган металл ва нometалл материалларнинг турлари, тузилиши, структураси, хоссаси, маркаланиши ва уларга термик, кимёвий – термик ва бошқа ишлов бериш усуллари бўйича йўналиш профилига мос билим, кўникма ва малакани шакллантиришдир.

Модулнинг вазифаси - тингловчиларда металл ва нometалл материалларнинг ички тузилиши, структураси, хоссаси, ишлатилиши ва маркаланиши ҳамда бу катталикларнинг ўзаро алоқаси, уларни турли таъсирлар натижасида ўзгариш қонуниятлари билан боғлиқ бўлган билимларни ҳосил қилишдир.

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

«Илғор функционал материаллар» модулини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

Тингловчи:

- фаннинг долзарб муаммолари;
- илғор материалшунослик ва инжиниринг фани ривожининг тенденцияси;
- материалларнинг назарий ва амалий мустаҳкамлиги;
- пластик деформацияланиши ва дарз кетиш механизми;
- материал ва буюмларни тадқиқот қилиш усуллари ва сифати;
- кристалл панжаралар ва уларнинг турлари;
- кристалл панжарадаги нуқсонлар;
- металл ва қотишмалар ҳақида **билимларга эга бўлиши лозим.**

Тингловчи:

- материалларнинг кристалланиш жараёнларинидан фойдалана олиш;
- материалларни физик, кимёвий, механик, технологик ва эксплуатацион хоссаларини таҳлил қилиш;
- материалларни тадқиқот қилиш усулларида фойдаланиш;
- икки компонентли қотишмаларни ҳолат диаграммаларини аниқлаш **кўникма ва малакаларига эга бўлиши зарур.**

Тингловчи:

- металл ва қотишмаларни олиш жараёни асосларини билиши ва улардан фойдалана олиши;
- машинасозлик соҳаларида ишлатиладиган детал, заготовка, узел ва бошқалар учун материаллар танлаб олиш **компетенцияларига эга бўлиши лозим.**

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

“Илғор функционал материаллар” модули маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Модулни 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 блиц-сўровлар, тест сўровлари, “Ақлий ҳужум”, “ФСМУ”, “Кичик гуруҳларда ишлаш”, “Кейс-стади” ва бошқа интерактив таълим усуллари қўллаш назарда тутилади.

Модулнинг ўқув режадаги бошқа фанлар билан боғлиқлиги ва узвийлиги.

«Илғор функционал материаллар» модули ўқув режадаги қуйидаги фанлар билан боғлиқ: “Материалларни илғор тадқиқот усуллари”, “Илғор материалшунослик ва инжинеринг”.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар материалшунослик соҳаларида қўлланиладиган ва қўлланилиши режалаштирилган металл ва нometалл материалларнинг турлари, тузилиши, структураси, хоссаси, маркаланиши ва уларга термик, кимёвий – термик ва бошқа ишлов бериш усулларни ўрганиш, амалда қўллаш ва баҳолашга доир касбий компетентликка эга бўладилар.

“Илғор функционал материаллар” модули бўйича соатлар тақсимоти

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юклагаси, соат					
		Ҳаммаси	Аудитория ўқув юклагаси				Мустақил таълим
			жами	жумладан			
			Назарий	Амалий машғулот	Кўчма машғулот		
1	Янги замонавий функционал материаллар ва қотишмаларнинг тузилиши.	4	4	2	2		
2	Полимер ўтказувчан материаллар. Керамик материаллар. Нometалл материаллар. Термоэлектрик материаллар.	8	6	2	4		2
3	Кукун усулида олинган кукун асосли материаллар. Нанотехнология асосида ишлаб чиқарладиган маҳсулотлар.	12	12	4	4	4	
4	Турли шароитларда ишлатиладиган буюм ва деталлар учун материаллар. Термохромик материаллар	6	4	2	2		2
	Жами:	30	26	10	12	4	4

НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-мавзу: Янги замонавий функционал материаллар ва қотишмаларнинг тузилиши. Диффузия ва унинг турлари ва механизмлари. Хотирага эга бўлган замонавий функционал қотишмаларнинг тузилиши.

Янги замонавий функционал материаллар ва қотишмаларнинг тузилиши. Қаттиқ жисмлар яъни металллар, керамика ва полимерлар. Бундай бўлинишнинг модданинг атомлар таркиби ва кимёвий тузилишига асосланганлиги. Кўпгина материалларни у ёки бу гуруҳга бирдай киритиш мумкинлиги. Бундан ташқари келтирилган икки ёки учта гуруҳга таълуқли материаллар таркибида композитлар мавжудлиги. Турли хилдаги материаллар, замонавий *махсус материаллар* (advanced), уларнинг *юқори технологияли* (high-tech) соҳаларда қўллаш учун яратилиши, яримўтказгичлар, биологик материаллар, нанотехнологияларда ишлатилувчи “*ақли*” (smart) материал ва моддалар.

Диффузия ва унинг турлари. Диффузиянинг механизмлари. Фикнинг биринчи қонуни. Фикнинг иккинчи қонуни-нотурғун диффузия. Диффузия вакансиялари. Ўзаро боғланган диффузия. Нотурғун диффузияни вақтини ҳисобланиш. Диффузияга таъсир этувчи факторлар. Диффузияловчи моддани табиати. Хотирага эга бўлган замонавий функционал қотишмаларнинг тузилиши. Механик хоссалари. Никелид титан (нитинол)нинг қўлланилиши. Хотирага эга бўлган замонавий қотишма. Нитинолнинг физик хоссаси. Иссиқлик таъсири натижасида ўзининг аввалги ҳолатига қайтиши. Никелид титан юқори коррозиябардош ва мустаҳкамликлиги.

2-мавзу: Полимер ўтказувчан материаллар. Керамик материаллар.

Нометалл материаллар. Термоэлектрик материаллар.

Полимер ўтказувчан материаллар. Керамик материаллар. Нометалл материаллар. Термоэлектрик материаллар. Пластмассалар ва резиналар полимерларга кириши.. Уларнинг кўпчилиги углерод, водород ва бошқа нометалл элементлар (O, N ва Si) асосидаги органик аралашмаларлиги. Бундан ташқари уларнинг табиатан асосий занжири углерод атомидан ташкил топган занжирли макромолекуляр тузилишга элиги. Энг кўп тарқалган ва машҳур полимерлар. Полиэтилен (ПЭ), полиамид (ПА) (найлон), поливинилхлорид (ПВХ), поликорбонат (ПК), полистирол (ПС) ва кремний органикли каучук. Электр ўтказувчи полимерлар ҳақида

маълумотлар. Полимер хоссалари. Диэлектрик, ярим ўтказгичли, электр ўтказувчи полимерлар. Керамик материаллар. Керамик материалларнинг хоссалари. Кислородсиз ва кислородли керамик материаллар. Уларни таркиби, хоссалари, таркиби ва структураси. Керамик материаллар олиш технологияси. **Керамик материаллардан тайёрланган оддий маҳсулотлар.** Термоэлектрик материаллар ҳақида маълумотлар. Термоэлектрик материалларнинг хоссалари ва структураси. Зеебек эффекти. Термоэлектрик материаллар табиати. Иссиқликни, электр токини, ҳароратни ўлчовчи термоэлектрик материаллар.

3-мавзу: Кукун усулида олинган кукун асосли материаллар.

Нанотехнология асосида ишлаб чиқарладиган маҳсулотлар. Углерод асосли материаллар.

Кукун усулида олинган кукун асосли материаллар. “Нанотехнология” терминининг биринчи марта япон олими Н. Танитучи томонидан 1974 йилда ишлатилиши. Наноматериаллар – булар моддалар ва моддалар композицияси. Наноматериалларни олиш усуллари. Нанотехнология асосида ишлаб чиқарладиган маҳсулотлар. Углерод - графит материаллари ҳақида умумий маълумотлар. Углерод – графит материалларининг асосий хоссалари. Уларни фан ва техника соҳаларида қўланилиши. Углерод – графит материалларни ишлаб чиқариш технологияси. Ишлаб чиқаришда қўланиладиган асосий хомашёлар ва хомашёларга қўйиладиган асосий талаблар.

4-мавзу: Турли шароитларда ишлатиладиган буюм ва деталлар учун материалларни танлаш. Термохромик материаллар.

Турли шароитларда ишлатиладиган буюм ва деталлар учун материалларни танлашни ўрганиш. Термохромик материаллар. Зангбардош-коррозиябардош пўлатлар. Мартенситли пўлатлар. Оловбардош пўлатлар. Материалларнинг қаттиқ ҳолатдаги фаза ўзгаришларининг умумий қонуниятлари. Иссиқбардош пўлатлар. Термодинамикаси, кинетикаси. Гомоген ва гетероген фазаларнинг ҳосил бўлиши. Легирловчи элементлар. Легирловчи элементларнинг фазалар трансформациясининг критик нуқталарига таъсири. Аустенитнинг ҳосил бўлиш механизми ва уни совутишдаги ўзгаришлар.

АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАЗМУНИ

Янги замонавий функционал материаллар ва қотишмаларнинг тузилиши. Диффузия ва унинг турлари ва механизмлари.

Янги замонавий функционал материаллар ва қотишмаларнинг тузилишини ўрганиш. Қаттиқ жисмлар яъни металллар, керамика ва полимерларни ўрганиш. Модданинг атомлар таркиби ва кимёвий тузилиши. Икки ёки учта гуруҳга таълуқли материаллар таркибида композитлар мавжудлиги. Турли хилдаги материаллар, замонавий *махсус материаллар* (advanced), уларнинг *юқори технологияли* (high-tech) соҳаларда қўллаш учун яратилиши, яримўтказгичлар, биологик материаллар, нанотехнологияларда ишлатилувчи “*ақлли*” (smart) материал ва моддаларни ўрганиш.

Фикнинг биринчи қонуни формуласини ўрганиш. Фикнинг иккинчи қонуни-нотурғун диффузияни кўриб чиқиш. Диффузия вакансияларини ўрганиш. Ўзаро боғланган диффузия ва нотурғун диффузияни вақтини ҳисобланиш. Диффузияга таъсир этувчи факторларни аниқлаш. Диффузияловчи моддани табиатини кўриб чиқиш. Модда атомлари текисликлари бўйича материалларнинг тури, ҳисоб-китобларини мавжуд жадваллар билан солиштириш. Модда атом текисликлари оралиғи бўйича унинг турини аниқлаш.

2-амалий машғулот:

Полимер ўтказувчан материаллар. Керамик материаллар. Нометалл материаллар. Термоэлектрик материаллар

Полимер ўтказувчан материаллар. Керамик материаллар. Нометалл материаллар. Термоэлектрик материаллар. Пластмассалар ва резиналар полимерларга кириши.. Уларнинг кўпчилиги углерод, водород ва бошқа нометалл элементлар (O, N ва Si) асосидаги органик аралашмаларлиги. Уларнинг табиатан асосий занжири углерод атомидан ташкил топган занжирли макромолекуляр тузилишга эглиги. Энг кўп тарқалган ва машхур полимерлар. Полиэтилен (ПЭ), полиамид (ПА) (найлон), поливинилхлорид (ПВХ), поликорбонат (ПК), полистирол (ПС) ва кремний органикли каучук. Алюминий оксиди асосли керамик материалларнинг микроструктураларини таҳлил қилиш ҳамда у орқали керамик материалларни сифатига баҳо бериш.

3-амалий машғулот:

Кукун усулида олинган кукун асосли материаллар. Нанотехнология асосида ишлаб чиқарладиган маҳсулотлар. Углерод асосли материаллар

Углерод-графит материалларининг структура-фазавий таркиби. Структура-фазовий таркибнинг материал хоссаларига таъсири. Углерод-гафит материалларининг структура-фазовий таркибини ўрганиш усуллари.

4-амалий машғулот:

Турли шароитларда ишлатиладиган буюм ва деталлар учун материалларни. Термохромик материаллар.

Турли шароитларда ишлатиладиган буюм ва деталлар учун материалларни танлашни ўрганиш. Термохромик материаллар. Зангбардош-коррозиябардош пўлатлар. Мартенситли пўлатлар. Оловбардош пўлатлар. Материалларнинг қаттиқ ҳолатдаги фаза ўзгаришларининг умумий қонуниятлари. Иссиқбардош пўлатлар. Термодинамикаси, кинетикаси. Гомоген ва гетероген фазаларнинг ҳосил бўлиши. Легирловчи элементлар. Қотишмани фазалар трансформацияси критик нуқталарига легирловчи элементларнинг таъсири мавзусидаги амалий иш материаллардаги, жумладан пўлатлардаги фазалар ўзгариши трансформациясининг критик нуқтасини аниқлаш усуллари билан танишиш ва унда критик нуқтани жойлашишига қараб легирловчи элементларнинг таъсирини ўрганиш.

Кўчма машғулот мазмуни

Модул бўйича кўчма машғулотлар ТДТУ хузуридаги “Тармоқ машинашунослиги муаммолари” илмий текшириш марказида олиб бориши кўзда тутилган.

Таълимни ташкил этиш шакллари

Таълимни ташкил этиш шакллари аниқ ўқув материали мазмуни устида ишлаётганда ўқитувчини тингловчилар билан ўзаро ҳаракатини тартиблаштиришни, йўлга қўйишни, тизимга келтиришни назарда тутати.

Модулни ўқитиш жараёнида қуйидаги таълимнинг ташкил этиш шаклларидан фойдаланилади:

- маъруза;
 - амалий машғулот;
 - мустақил таълим.
- Ўқув ишини ташкил этиш усулига кўра:
- жамоавий;
 - гуруҳли (кичик гуруҳларда, жуфтликда);
 - яқка тартибда.

Жамоавий ишлаш – Бунда ўқитувчи гуруҳларнинг билиш фаолиятига раҳбарлик қилиб, ўқув мақсадига эришиш учун ўзи белгилайдиган дидактик ва тарбиявий вазифаларга эришиш учун хилма-хил методлардан фойдаланади.

Гуруҳларда ишлаш – бу ўқув топшириғини ҳамкорликда бажариш учун ташкил этилган, ўқув жараёнида кичик гуруҳларда ишлашда (2 тадан – 8 тагача иштирокчи) фаол роль ўйнайдиган иштирокчиларга қаратилган таълимни ташкил этиш шаклидир. Ўқитиш методига кўра гуруҳни кичик гуруҳларга, жуфтликларга ва гуруҳларора шаклга бўлиш мумкин. *Бир турдаги гуруҳли иш* ўқув гуруҳлари учун бир турдаги топшириқ бажаришни назарда тутди. *Табақалашган гуруҳли иш* гуруҳларда турли топшириқларни бажаришни назарда тутди.

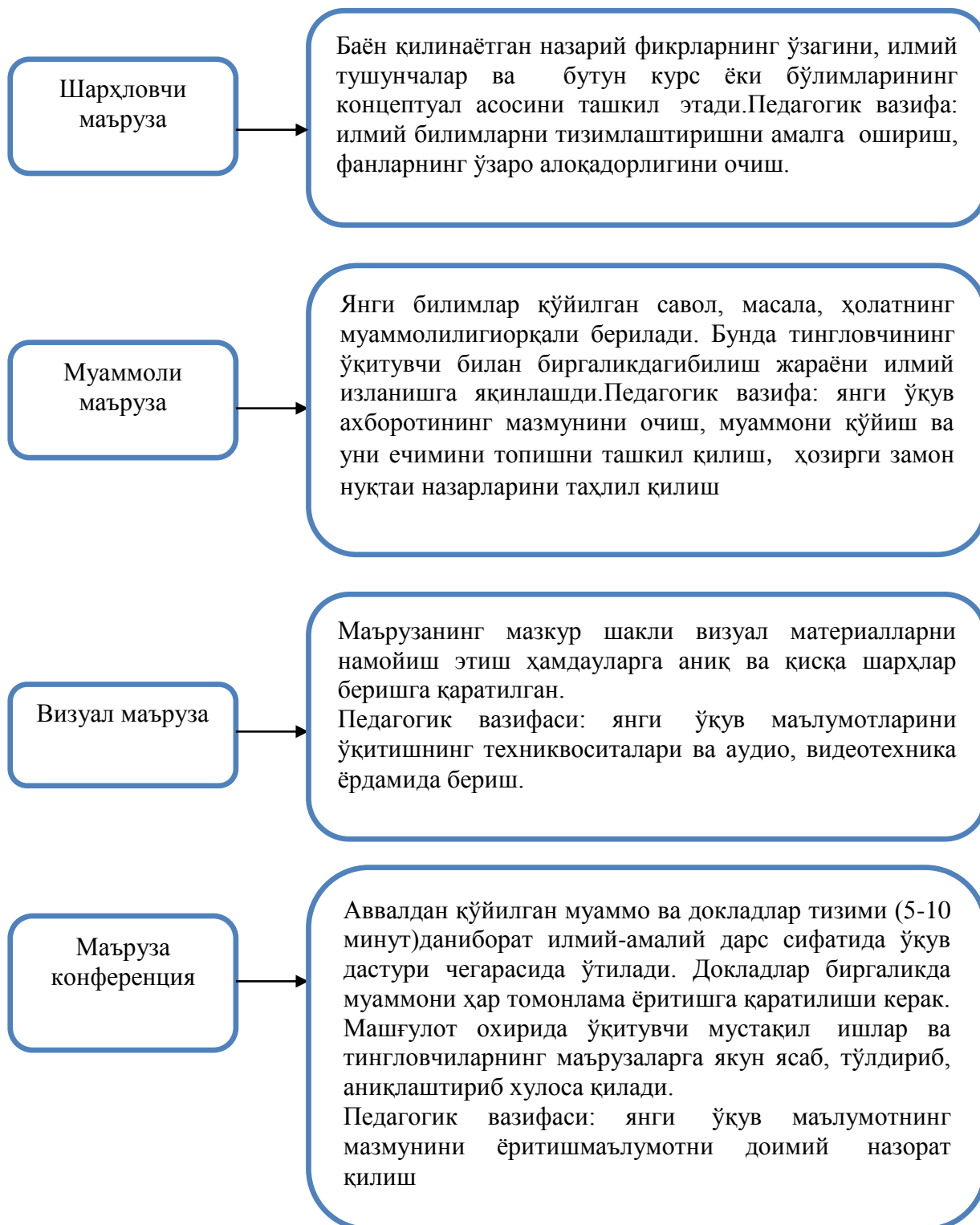
Якка тартибдаги шаклда - ҳар бир таълим олувчига алоҳида- алоҳида мустақил вазифалар берилади, вазифанинг бажарилиши назорат қилинади.

Баҳолаш мезонлари

№	Баҳолаш турлари	Балл	Максимал балл
1.	Ассисмент тест	1,5	2,5
2.	Назарий саволлар	1,0	

II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ.

Маъруза машғулоти ташкил этишнинг шакл ва хусусиятлари



“АҚЛИЙ ҲУЖУМ” МЕТОДИ

“АҚЛИЙ ҲУЖУМ” МЕТОДИ - Ғояларни генерация қилиш усули. Қатнашчилар бирлашган ҳолда қийин муаммони ечишга шунингдек, ўқитувчи томонидан берилган муаммоли саволларга жавоб беришга ҳаракат қиладилар. Ўз шахсий ғоя ва фикрларини илгари сурадилар.

Методнинг ўқув жараёнига татбиқ этилиши “Ақлий ҳужум” методи учун саволлар

1. Пўлат листни коррозиядан сақлаш учун қандай технологияларни таклиф этасиз?
2. Металл сиртини металл бўлмаган қайси моддалар билан қоплашда қандай инновациялардан фойдаланиш мумкин?
3. Солиштирама ҳажм детанда нимани тушунасиз ва буни изоҳлаб беринг.
4. Конвертлаш нима?
5. Металлургияк шлак таркибидаги асосий элементларни қайси йўл билан аниқлаш мумкин?

ФСМУ технологияси

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

Методнинг ўқув жараёнига татбиқ этилиши “ФСМУ” методи учун келтирилган фикр

Фикр: Мартесит ўзгаришлар содир бўлиш жараёни ҳароратини қайтиши қанчалик юқори бўлса, материалнинг шаклини сақлаш эффеќти даражаси шунчалик паст бўлади.

Ф – фикрингизни баён этинг.

С – фикрингиз баёнига бирор сабаб кўрсатинг.

М – Кўрсатилган сабабни исботловчи мисол келтиринг.

У – фикрингизни умумлаштиринг.

“Кичик гуруҳларда ишлаш” методи

Ушбу метод таълим олувчиларни фаоллаштириш мақсадида уларни кичик гуруҳларга ажратган ҳолда ўқув материални ўрганиш ёки берилган топшириқни бошқаришга қаратилган. Метод қўлланилганда таълим олувчи кичик гуруҳларда ишлаб, ўз фикрларини ифода этиши, бир-биридан ўрганиши, турли нуқтаи-назарларни инобатга олиш имконига эга бўлади. Мураббий томонидан вақт белгиланади. Таълим берувчи томонидан бир вақтнинг ўзида барча таълим олувчиларни мавзуга жалб эта олади ва баҳолайди. Амалий машғулотларни ўзлаштириш даврида “Кичик гуруҳларда ишлаш” методидан фойдаланилади. Гуруҳни кичик гуруҳларга ажратиб, мавзу юзасидан топшириқлар берилади. Гуруҳлар белгиланган вақт оралиғида топшириқни бажарадилар ва қоғозга ёзадилар. Белгиланган вақт тугагандан сўнг, бажарилган вазифалар гуруҳ вакили томонидан тақдимот қилинади. Ҳар бир тақдимотчи таълим берувчи ва тингловчилар томонидан баҳолашиб борилади. Барча тақдимотдан сўнг муҳокама бўлиб ўтади.

Мезонлари	баллар			
	2	3	4	5
Мазмуни				
Гуруҳнинг фаол иштироки				
Белгиланган вақтга риюя этилганлиги				
Тақдимоти				

Баҳолаш меъёрлари: Юқори балл-20 балл

18-20 баллгача -“АЪЛО” ;

15-17 баллгача -“ЯХШИ” ;

12 - 14 баллгача -“ҚОНИҚАРЛИ”;

12 дан паст балл - “ҚОНИҚАРСИЗ”

III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР

1-мавзу: Янги замонавий функционал материаллар ва қотишмаларнинг тузилиши. Диффузия ва унинг турлари ва механизмлари. Хотирага эга бўлган замонавий функционал қотишмаларнинг тузилиши.

Режа:

1. Янги замонавий функционал материаллар ва қотишмаларнинг тузилиши
2. Қаттиқ жисмлар яъни металллар, керамика ва полимерларни ўрганиш.
3. Диффузия ва унинг турлари
4. Диффузиянинг механизмлари
5. Фикнинг биринчи қонуни.
6. Фикнинг иккинчи қонуни-нотурғун диффузия

***Таянч сўзлар:** Янги замонавий функционал материаллар, қаттиқ жисмлар, металллар, керамика, полимерлар, диффузия, қотишма, диффузия механизмлари, турлари, Фикнинг қонунлари, мустақкамлик, нотурғун диффузия, турғун диффузия, кимёвий таркиби.*

Материаллар бизнинг ҳаётимизда кўпчилик ўйлагандан кўра чуқурроқ ўрин эгаллайди. Кундалик ҳаётимиздаги зарур элементлар транспорт, уй-жой, алоқа воситалари, озиқ овқат ишлаб чиқариш буларнинг барчаси у ёки бу даражада керакли материалларни танлашга боғлиқ. Тарихдан маълумки жамоатчиликнинг юксалиши ва ривожланиши инсонларнинг мавжуд талабларини қондириш учун материалларни ишлаб чиқариш ва қайта ишлаш билан боғлиқ. Аввалги даврлар хаттоки инсонлар ишлатишни ўрганган материаллар номлари билан номланган – тош даври, бронза даври, темир даври¹.

Инсоният пайдо бўлишининг эрта даврларида инсонлар жуда кам сонли материаллардан фойдаланганлар. Булар табиатда мавжуд таъбий материаллар эди – тошлар, дарахт, лой, ҳайвон териси ва бошқалар. Вақт ўтиб одамлар таъбий маҳсулотларни ўрнини босувчи материалларни ишлаб чиқаришни ўргандилар. Булар керамика ва турли металллар яъни янги материаллар эди. Кейинчалик аниқланишича материалларнинг таркибида термик ишлаш натижасида ёки турли қўшимчалар қўшилиши натижасида ўзгариш юзага келар экан. У вақтларда матреиаллар жуда кам миқдорда ишлатилиш мақсади ва уларнинг сифатига кўра аниқланган. Олимларнинг таъкидлашича таркибий элементлар ва материал ташкил этувчилар орасида боғлиқлик мавжуд. Ушбу қарашлар тахминан 100 йил аввал вужудга келган бўлиб, бунинг натижасида инсонлар материаллар тавсифини баҳолашни ўргандилар. Бунинг бари минглаб махсус таркибли материаллар вужудга келишига олиб келди ва энг мураккаб замон талабларининг қондирилишига сабаб бўлди. Бизнинг даврда ҳам фойдаланилаётган материаллар сирасига металллар, полимерлар, шиша ва тола киради.

Хаётимизни яхшилашга хизмат қилаётган замонавий технологияларнинг равнақи мавжуд материалларга боғлиқ. Материал турини аниқлаш янги технологияларнинг ривожланишига хизмат қилади. Масалан, автомобилсозлик саноати пўлатлар ва шу каби бошқа материалларнинг қайта ишланишисиз вужудга келмас эди. Бизнинг давримизда кўп сонли мураккаб электрон қурилмалар, ярим ўтказгич материалдан фойдаланилган компонентлар ишлатилиши хисобига ривожланмоқда.

“Структура” ушбу босқичда келтирилган атама бир мунча ноаниқ бўлиб, уни чуқурроқ чунтириб ўтиш талаб этилади. Қисқача айтганда материал структураси деб унинг ички элементлар жойлашиш характерига айтилади.

Субатом структураси – бу электронга эга ядро билан ўзаро алоқадор ягона атом. Структуранинг атомар даражаси атом ёки молекулаларнинг ўзаро таъсири орқали аниқланади. Кейинги бўлимларда атомларнинг катта гуруҳлари хақида сўз боради. Натижада агрегатлар юзага келади, бундай структура “микроскопик” деб аталади, яъни микроскоп орқали тўғридан тўғри кузатиш орқали ўрганилади. Кўз билан кўриш мумкин бўлган структуралар “макроскопик” деб аталади.

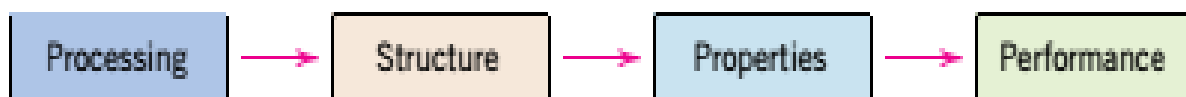
“Хосса” атамаси муфассал кўриб чиқилиши керак. Барча материаллар ишлатилиш жараёнида ташқи таъсирга учрайди, бунинг натижасида бир қатор реакциялар юзага келади. Агар наъмунага куч таъсир этирилса бунинг натижасида деформация юзага келади. Агар силлиқланган металл юзага нур йўналтирилса у холда у қайтади. Материал таркиби – бу унинг ўзига хослиги ва ташқи таъсирга нисбатан бардошлилигидир. Умумий қилиб айтганда материал тузилиши, унинг ўлчами ва махсулот шаклига нисбатан мустақил бўлиши керак.

Назарий жихатдан қаттиқ материалларнинг барча асосий хоссаларини олтига гуруҳга бўлиш мумкин, булар – *механикавий, электрикавий, термик магнитли, оптик хоссалар ва материалнинг узоқ муддатли тургунлиги*.

Хар бир материал таркиби белгиланган кўрсаткичларга эга, бунда унинг ташқи таъсирга қаршилиқ кучи характерланади. *Механик хосса* деб куч таъсирида юзага келадиган деформациялар боғлиқлиги асосан таранглик ва мустахамлик чегараси тушунилади. *Электрик хосса* – бу электр ўтказувчанлик ва диэлектрик доимийликдир, материал қаршилигини чақирувчи фактор эса электр майдон хисобланади. Қаттиқ жисмларнинг *термик хоссаси* иссиқлик ўтказувчанлик ва иссиқлик сифими коэффициентлари орқали характерланади. *Магнит хоссаси* материалнинг магнит майдонида юзага келган реакцияларни аниқлайди. *Оптик хоссалар* электромагнит нурланиш ёки нур оқими таъсирида аниқланади, синиш кўрсаткичи эса ушбу хоссанинг характеристикаси хисобланади. *Материалнинг узоқ муддатли тургунлиги* – унинг устунлиги кимёвий реагентларга қаршилиқ кўрсаткичидир.

Юқорида келтирилган “структура” ва “хосса” атамаларига кўшимча равишда яна иккита материал тавсифи фан ва муҳандислик кўрсатмаларида муҳим ўрин эгаллайди. Булар “*Қайта ишлаш технологияси*” (*processing*) ва “*Фойдаланиш тавсифи*” (*performance*). Агар келтирилган барча тушунчалар бирлаштирилса унда материал хоссаси махсулот тайёрлаш (қайта ишлаш) технологиясига боғлиқ бўлади. Фойдаланиш характеристикаси материал

таркибига боғлиқ. Шу ўринда *технологиклик, тузилиш, хосса* ва *фойдаланиш* характеристикаси ўртасидаги ўзаро боғлиқликни 1.1 расмда келтирилган схемада кўриш мумкин.



Расм 1.1. Материалшунослик ва материаллар қўллаш технологиясида мавжуд предметларнинг тўртта асосий ташкил этувчилари

Материалшуносликда келтирилган тўртта хосса – *қайта ишлаш технологияси, таркиб, тузилиш* ва *фойдаланиш коэффиценти* орасидаги боғлиқликни акс эттириш учун 1.2 расмда учта ингичка дисклар сурати келтирилган.



Расм. 1.2. Алюмин оксиддан тайёрланган учта ингичка дисклар сурати

Дисклар ёзув бетига уларнинг оптик хоссаларини фарқлаш учун жойлаштирилган. Чапдаги диск – шаффоф (у ўзига тушаётган нурнинг хаммасини ўтказди). Марказдаги диск – ярим шаффоф. Бу шуни англатадики у тушаётган нурни қисман қайтаради. Ўнгдаги диск – бутунлай шаффоф эмас. Унга тушаётган нур оқими қайтарилади. Оптик характердаги кўрсатилган фарқлар диск тайёрлаш учун белгиланган технологияда ишлатилувчи материал таркибининг тадқиқ қилиш натижаси ҳисобланади. Наъмуналарни P.A.Lessing тайёрлаган, суратлар S.Tanne га тегишли.

Кўриниб туриптики ушбу учта дискнинг оптик хоссаси (нур ўтказувчанлиги) турлича. Чап тарафда жойлаштирилган диск жуда ҳам шаффоф (унга йўналтирилган нур оқими тўлалигича дискдан ўтади). Шу вақтнинг ўзида марказдаги диск – ярим шаффоф, ўнг тарафдагиси – умуман шаффоф эмас. Учала дискнинг бари бир хил алюминий оксиди материалдан тайёрланган. Фақатгина чапдаги наъмуна биз монокристал деб атовчи материалдан тайёрланган шу сабабли ушбу хосса унинг шаффофлигини

таъминлайди. Марказдаги диск кўпгина майда монокристаллардан тайёрланган ва бир бутун қилиб йиғилган. Майда кристаллар орасидаги чегара ёзув бетидаги нур оқимининг бир қисмини ўтказиши. Бундан кўриниб турибдики ушбу диск жилосиз ёки яримшаффоф бўлади. Ва ниҳоят ўнг тарафда кўрсатилган намуна ҳам катта бўлмаган кристаллардан тайёрланган аммо унда катта миқдорда бўшлиқ ва ғоваклар мавжуд. Ушбу ғоваклар жадал равишда нурни тарқатади айнан шу сабабли диск шаффофлигини йўқотади. Шу сабабли кристаллар ва тешиқлар чегараси орқали аниқланувчи материал шаффофлиги келтирилган уч хил намунада турличадир. Бундан ташқари ушбу уч хил намуна турли технологияларда тайёрланган. Натижада дискларнинг фойдаланиш характеристикаси, материалнинг оптик хоссаларига кўра ишлаш шароитини аниқлаш бўйича улар турличадир.

МАТЕРИАЛЛАР ТАСНИФИ

Қаттиқ жисмлар одатда учта асосий гуруҳга бўлинади. Булар металллар, керамика ва полимерлар. Бундай бўлиниш модданинг атомлар таркиби ва кимёвий тузилишига асосланади. Кўпгина материалларни у ёки бу гуруҳга бирдай киритиш мумкин. Бундан ташқари келтирилган икки ёки учта гуруҳга таълуқли материаллар таркибида композитлар мавжудлигини ҳам айтиб ўтиш лозим. Қуйида турли хилдаги материаллар хақида қисқача маълумот ва уларнинг солиштирма таснифлари келтирилган.

Материалларнинг яна бир тури замонавий *махсус материаллар (advanced)* бўлиб, улар *юқори технологияли (high-tech)* соҳаларда қўллаш учун яратилади буларга яримўтказгичлар, биологик материаллар, нанотехнологияларда ишлатилувчи *“ақлли” (smart)* материал ва моддалар киради.



Ушбу расмда пўлатдан тайёрланган тишли ғилдиракни устки қатлами пухталанган, ташқи юза қатлами юқори хароратда термик ишлов бериш танланиб пухталанган, шу вақтда углерод атофдаги атмосферадан юзага диффузия бўлади. Бу ходиса тишли ғилдиракни қораташқи обод сегментида кесилган кўринишида пайдо бўлади кўрсатилган. Ушбу углеродни миқдори ошиши қаттиқлигини оширади, ўз навбатида тишли ғилдиракни ейилишга бардошлигини ошишига олиб келади. Бундан ташқари, қолдиқ сиқилишга кучланишларни пухталанган жойига киради, тишли ғилдиракни ишлаш жараёнида толиқиб синишга қаршилигини оширади.

Пухталанган пўлат тишли ғилдираклар автомобилларни трансмиссиясида ишлатилади, расми тишли ғилдиракни қуйидаги кўрсатилган билан ўхшаш.



Нимага диффузия ўрганилади?

Материалларни барча турлари одатда хоссаларини яхшилаш мақсадида термик ишлов берилади. Ушбу ходисада термик ишлов бериш пайтида деярли хар доим атомлар диффузиясини ўз юзага келади ва унга боғлиқ. Тез-тез диффузия даражасини ошиши кутилади, камайтириш хам амалга оширилади.

Термик ишлов бериш температуралари ва вақтлари ёки совутиш даражалари тез-тез тўғри келадиган математик диффузия ва диффузия константаларига қараб қўланилади. Пўлатдан тайёрланган тишли ғилдирак қисмида кўрсатилган пухталанган, қаттиқлик ва синишга бўлган толиқиш бўлган қаршилиги ошиши углерод ёки азотни тишли ғилдиракни ташқи юза қатламига диффузиясига боғлиқ.

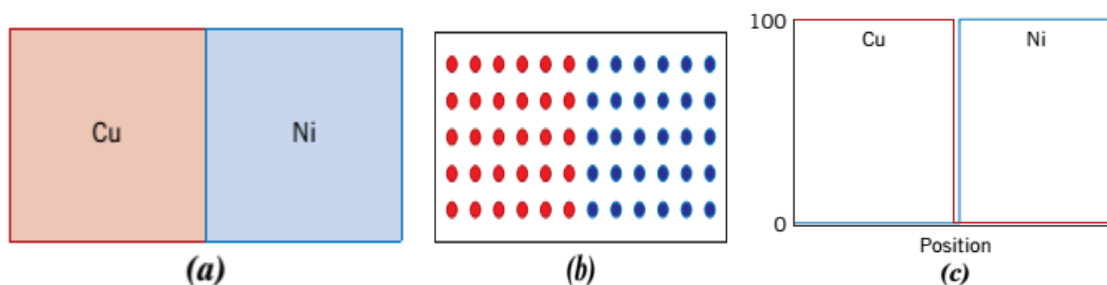
Ўқитишдан мақсад:

Ушбу мавзунини ўргангандан сўнг, сиз қуйидагиларни бажара оласиз:

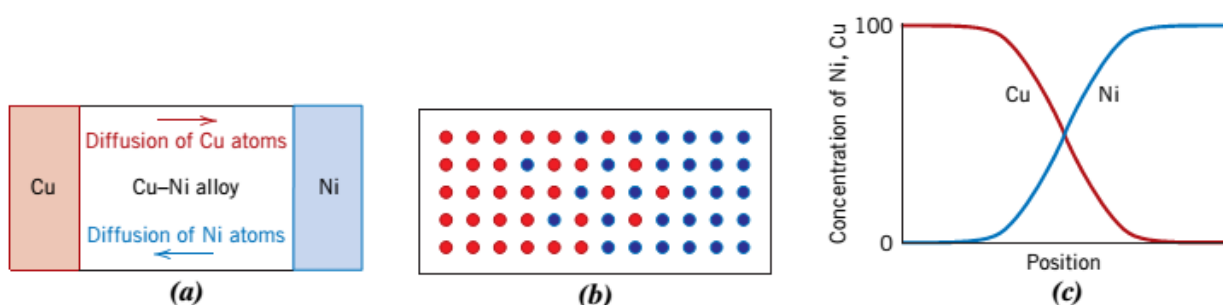
1. Икки атомли диффузия механизминини номи ва тушунтирилиши
2. Стационар ва ностационар диффузияни фарқига тушунтириш беринг
3. (а) Фикни биринчи ва иккинчи қонунлари тенгламаларини кўринишини ёзиш ва барча параметрларини аниқланиши.
(б) Диффузияни қайси бир тури ушбу тенгламалар учун одатда қўлланилади.
4. Фикни иккинчи қонуни учун диффузия ярим ноаниқ қаттиқ жисм учун ечимини ёзинг, диффузия концентрациялари юза учун ўзгармас қилиб олинг. Ушбу тенгламани барча параметрларни аниқлаштиринг.
5. Диффузия коэффициентларини материал учун берилган температурада хисобланг, берилган диффузия константаларига қараб.

¹Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (140-149 pages.)

Кўп реакциялар ва жараёнлар материалларга ишлов беришда муҳим ҳисобланади, қаттиқ жисм ичидаги массани ёки суюқ, газ ёки бошқа қаттиқ фазадан кўчишига асосланади (одатда микроскопик даражада юзага келади). Бу диффузия юзага келишида зарур омил ҳисобланади, материални атом ҳаракатини ўтказиш ходисасини керак бўлади, Ушбу дарсда атом механизмлари диффузия пайдо бўлиши, диффузиянинг математикаси, температура ва диффузия маълум даражаси тўғрисида муҳокама қилинган. Диффузия ходисаси диффузия жуфтларини кўрсатиши мумкинки уни қўллаган ҳолда, икки хар хил метал бўлакни биргаликда улашда икки юза билан контактда; бу мис ва никель (Расм 1.3) кўрсатилган, атом жойлашуви ва композицияси чегараси схематик кўринишни ўз ичига олади. Бу жуфтни узоқ вақт давомида ва белгиланган ҳароратда қиздирилади (лекин икки металнинг эриш температурасидан пастроқ даражада) ва хона ҳароратида совутилади. Кимёвий таҳлил кўрсатадики 1.4 расмдаги шароитга ўхшаш кўрсатилган, тоза мис ва



Расм 1.3 (a) Мис-никель диффузия жуфтлари юқори ҳароратда термик ишлов беришдан олдин (b) Схематик Cu ташкил этувчилари (қизил айланалар) ва Ni (кўк айланалар) атом жойлашувлари диффузия жуфтлари билан (c) Мис ва никельни концентрациялари жуфтлари функцияси.



Расм 1.4 (a) Мис-никель диффузия жуфтлари юқори ҳароратда термик ишлов беришдан сўнг, қотишмани диффузия зонаси кўрсатяпти. (b) Cu (қизил айланалар) and Ni (кўк айланалар) ташкил этувчилари жуфт жойлашуви. (c) Мис ва никель концентрациялари жуфт жойлашуви функция сифатида кўрсатади.

Никель икки жуфтини, қотишма алоҳида регионидида жойлашади. Икки металнинг концентрациялари 1.4c. расмда жойлашишини ўзгаришини кўриш мумкин. Натижада мис атомлари миграциясини ёки никельга диффузиясини кузатилади, ва никель мисга диффузия бўлганини кўрсатади. Ушбу жараёнда атомлар бир металдан бошқа металга диффузия ички диффузия деб айтилади, ёки қолдиқ диффузия деб аталади. Ички диффузияни макроскопик кўринишдаги ўзгаришлардан концентрациясини вақт давомида содир бўлишини тушуниб олиш мумкин бўлади, мисол учун Cu–Ni диффузия жуфти.

Диффузия тоза металлларда содир бўлиши мумкин, лекин барча атомлар алмашинув ўтиши бир хил турда бўлади; бу ўзини–ўзидиффузияси деб аталади. Албатта, ўзини–ўзидиффузияни таркибидаги ўзгаришларига қараб кузатиб бўлмайди.

ДИФФУЗИЯ МЕХАНИЗМЛАРИ.

Атомар кўринишдан, диффузия атомларни бир кристаллик панжарадан бошқа атомни кристаллик панжарасига миграциясига айтилади. Аслида, қаттиқ жисмлардаги атомлар тўхтовсиз ҳаракатда бўлади, тезда ўзларини жойларини ўзгартиради. Атом шундай тарзда ҳаракатланиши учун, икки шарт бажарилиши керак: (1) яқин вакант жойлар бўлиши керак (2) атом етарли даражада энергияга эга бўлиши керак, қўшни атомлар билан боғларни узиш учун, кристаллик панжарадаги нуқсонга олиб келиши мумкин. Бу энергия вибрацияли табиатан. Маълум бир температурада, бир қанча микдордаги атомлар борки, диффузион ҳаракатланадиган яъни юқори магнитудаларга эга вибрация энергиялари. Ушбу атомларнинг қисмлари ҳарорат ошиши билан кўпаяди. Турли-хил турдаги атомлар ҳаракатини моделларини таъкидлаш мумкин; шулардан иккитаси металллар диффузиясида муҳим роль касб этади.

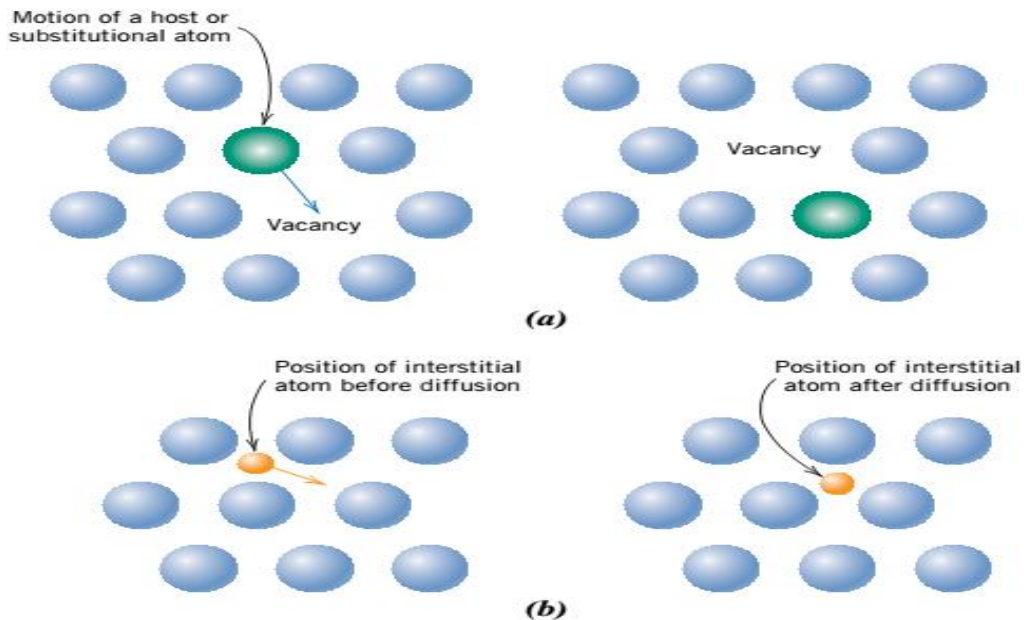
Диффузияни вакансиялари.

Биринчи механизм ички алмашинувини ўз ичига олади, нормал панжара жойлашувидан атомга яқин вакант панжарага жойига ёки вакансиясига, Расм 1.5а. схемада кўрсатилган. Бу механизмга тўғри келади вакансия диффузияси деб аталади.

Албатта, бу жараённинг муҳимлиги вакансиялар бўлиши, ва оралиғида вакансия диффузияси пайдо бўлиши, функцияси бу дефект сонларини мавжудлиги, аниқ концентрацияларини вакансиялари юқори температураларда металда бўлиши мумкин. Чунки атомлар диффузияси ва вакансияларни алмашинув позициялари, атомлар диффузияси бир йўналишда вакансияларни ҳаракатига қарама-қарши йўналишда жавоб беради. Иккала ўз ўзини диффузияси ва ички диффузия механизмларни содир бўлиши жараённинг тугаши, қолдиқ атомлар меҳмон атомларни ўрнини алмаштириши керак.

Ўзаро боғланган диффузия

Иккинчи турдаги диффузия атомларни ўзаро боғланган жойидан қўшни бўш атоммиграциясини ўз ичига олади. Бу механизм ички диффузия ташкил этувчиларда топилган водород, углерод, азот, and кислород каби элементларни атомлари етарлича кичик тўғри келадиган ўзаро боғланган позицияларга эга. Вақтинча ёки алмаштирувчи қолдиқ атомлар ноодатий ўзаро боғ шаклда бўлади ваненормал диффузия механизми орқали бўлмайди.



Расм 1.5 Схематик кўриниши (a) вакансия диффузияси (b) ўзаро боғланган диффузия

Бу ходиса ўзаро боғланган диффузия тўғри келади ва деб аталади (Расм 1.5b). Кўп метал қотишмаларда, ўзаро боғланган диффузия вужудга келиши вакансия тарздагидан бир мунча тезроқ рўй беради, чунки ўзаро боғланган атомлар кичикроқ ва мобилроқ (харакатланувчан) ҳисобланади. Бундан ташқари, жуда кўп бўш ўзаро боғ жойлашувлар вакансияларга қараганда кўпроқ бўлади; ўзаро боғланган атом ҳаракатланиши вакансия диффузияга қараганда кўпроқ бўлади.

1.3 ФИКНИНГ БИРИНЧИ ҚОНУНИ.

Диффузия вақтга боғлиқ жараён бўлиб макроскопик тарзда, элемент миқдорини бошқа элементга вақт ўтишига айтилади. Одатда қанча тез диффузия юзага келишини билиш, ёки масса ўтишини билиш зарур. Бу даража одатда диффузия ўзгарувчиси орқали ифодаланади (J) массани аниқлаш (ёки эквивалент, атомлар сони) M диффузия орқали ва перпендикуляр кўндаланг кесим юзасини вақтга нисбатига тенг. Математика кўринишида, ушбу ифода орқали кўриниши мумкин.

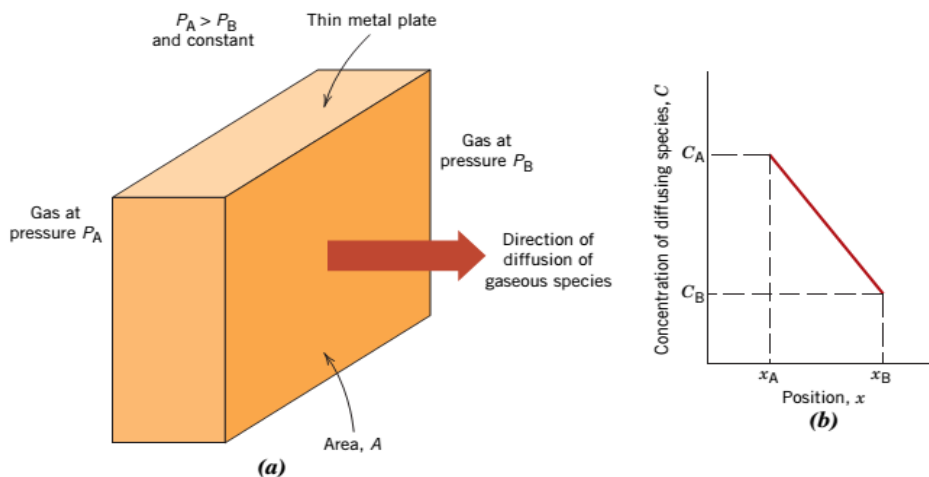
$$J = \frac{M}{At} \quad (1.1)$$

А бу ерда диффузия содир бўлувчи кўндаланг майдон бўлиб, ва t диффузия ўтган вақт

Ўлчов бирлиги J килограмм ёки атомларни метр квадрат секунд нисбати билан ифодаланади. ($\text{кг}/\text{м}^2\text{с}$ ёки $\text{атомлар}/\text{м}^2\text{с}$).

Математик турғун диффузия ягона (x) йўналишда нисбатан оддий бўлади, ундаги флюс концентрация градиентига пропорционал, dc/dx орқали ифодаланади.

$$J = -D \frac{dC}{dx} \quad (1.2)$$



Расм 1.6(a) Юпқа пластина орқали ўтувчи турғун диффузия шакли. (b) Диффузия шароитида чизиқли концентрация профили (a).

Ушбу тенглама одатда Фикнинг биринчи қонуни деб аталади. Константани $D_{га}$ пропорционалликдиффузия коэффициентидеб аталади, $m^2/сек$ орқали ифодаланади. Ифодадаги манфийлик белгиси диффузияни пастдаги концентрация градиентини йўналишини билдиради, баланддан паст концентрациясигача.

Фикни биринчи қонуни атомларни диффузиясида қўлланиши мумкин бўлади, газ юпқа метал пластина орқали концентрацияси (ёки босимлари) диффузияни маълум иккила юзаларда ўзгармас қолади, Расм 1.6a. схемали кўрсатилган. Ушбу диффузия жараёни оқибатида диффузия оқими вақт ўтиши билан ўзгармайди, диффузия массасини пластинани устига юқори босим тарафига тенг паст босимдаги юзадан-масса чиқиб кетиши, маълум диффузияни аккумуляция тўри йўқлиги учун. Ушбу мисол, турғун шаклдаги диффузия нимага ундай аталишини тушунишимиз мумкин. C концентрацияни жойлашувини (ёки масофани) каттиқ жисмхорқали, га қарама-қарши чизилган, қийшиқ чизиқни натижада концентрация профили деб аталади; бунга қўшимча қилиб, **концентрация градиентини** қийшиқ чизиқни нуктасида кўрсатилган. Хозирги ишлов беришда, концентрация профилини чизиқли деб фараз қилиш мумкин, 1.6b расмда кўрсатилганидек, ва

$$\text{concentration gradient} = \frac{dC}{dx} = \frac{\Delta C}{\Delta x} = \frac{C_A - C_B}{x_A - x_B} \quad (1.3)$$

Диффузия муаммолари, баъзида концентрацияни қулай тарзда маълум диффузия массаси каттиқ жисм орқали ифодалаш мумкин (kg/m^3 ёки g/cm^3).¹ Одатда юритувчи куч, контексти реакция содир бўлади. Диффузия реакциялари, бир қанча кучлар бўлиши мумкин, лекин диффузия 1.3 тенгламага кўра, юритувчи куч концентрация градиенти орқали ифодаланади. Яна бир амалий мисол қилиб турғун шаклдаги диффузияни водород газини тозалашда топилган. Юпқа листни бир тарафи палладиум метал газлар билан ташкил этувчи водород, ва бошқа азот, кислород, ва сув пари. Водород лист орқали қарама қарши тарафга диффузия бўлади, константа ва водородни паст босимлари танланади.

1. Концентрацияни айлантириш оғирлик фоиздан массани хажмга нисбатини($\text{кг}/\text{м}^3$) 1.2. тенгламани қўллаш мумкин
2. Бошқа юритувчи куч фаза ўзгаришларига жавоб беради. Фаза ўзгаришлари мавзулари бошқа бобларда муҳокама қилинган.

МУАММО МИСОЛ 1.1

Диффузия ўзгаришлар ҳисобланиши

Темир пластинани цементация қилиш, яъни углерод билан тўйинтириш (углеродга-бой) атмосфера бир тарафида углеродсизлантириш (углерод танқис) муҳитдан бошқа тарафга ўтказиш керак, 700C (1300F) температурада. Агар турғун ҳолатда, диффузия ўзгаришини углерод орқали пластинага диффузия бўлса, агар концентрациялари жойлашуви 5 ва 10 мм ($5 \cdot 10^{-3}$ ва 10^{-2}м) цементацияси мос равишда 1.2 ва $0.8 \text{ кг}/\text{м}^3$, ташкил этади. Фараз қилайлик, диффузия коэффициентини $3 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ ушбу ҳароратда ташкил этади.

Ечими

Фикни биринчи қонунига кўра, 1.2 тенгламадан, диффузия оқими қуйидагича аниқланади. Алмашинувчи қийматлар ифодада берилган.

$$J = -D \frac{C_A - C_B}{x_A - x_B} = -(3 \times 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}) \frac{(1.2 - 0.8) \text{ кг}/\text{м}^3}{(5 \times 10^{-3} - 10^{-2}) \text{ м}}$$

$$= 2.4 \times 10^{-9} \text{ кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$$

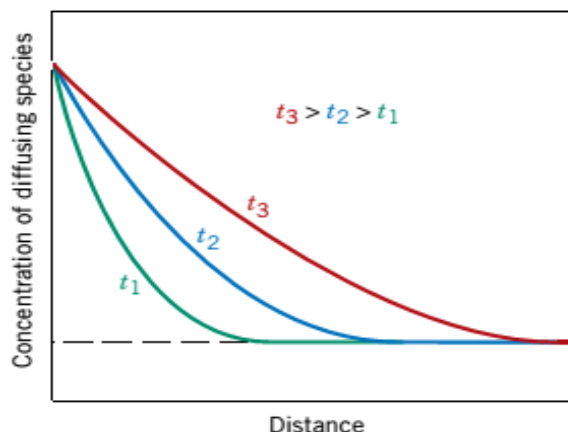
1.4 ФИКНИ ИККИНЧИ ҚОНУНИ—НОТУРҒУН ДИФФУЗИЯ

Амалиётда кўп ҳолларда диффузия нотурғун тарзда бўлади, диффузия оқими ва концентрация градиентлари қаттиқ жисмларда оддий нуқтадан вақт бўйича ўзгаради, маълум диффузияловчи тоза аккумуляция ёки камайиши содир бўлади. Расм 1.7 кўрсатилишича, учта диффузия вақтида концентрация профиллари кўрсатилган. Нотурғун шароитидаги диффузияда, 1.2 тенгламани қўлланиши ноқулай, ўрнига қисман дифференциал тенгламага тушинилади.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (1.4a)$$

Фикни иккинчи қонуни деб аталувчи ушбу тенглама қўлланилади. Агар диффузия коэффициентини таркибидан мустақил бўлади (хар бир конкрет ҳодиса учун текширилиши лозим), 1.4a тенглама соддалаштирилиб ёзилади

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (1.4b)$$



Расм 1.7 Нотурғун шаклдаги диффузияни концентрация профиллари уч турли вақтларда берилган t_1 , t_2 , and t_3 .

Ифодани ечими (концентрация икки жойлашув ва вақтга қаралганда) агар физикавий қиймат чегара шароитини берилган бўлса. Комплекс коллекциялар Crank ва Carslaw ва Jaeger (Адабиётларга қаранг).

Амалий бир муҳим ечими ярим ноаниқ қаттиқ жисмни юза концентрация ўзгармас (константа) бўлиб қолади. Кўпинча, маълум бир диффузия манбаиси газ фазасида, парциал босим эса ўзгармас қийматга етади. Бунга қўшимча қилиб, қуйидаги гипотезалар ишлаб чиқилган:

1. Диффузиядан олдин, қаттиқ жисмдаги диффузияланаётган атомларни эриган элементлари бир текисда C_0 концентрациясига тарқалади.
2. X қийматлари юза қисмида нольга тенг ва қаттиқ модда билан масофаси ошиб боради.
3. Вақтни нольга тенг қилиб оламиз диффузия жараёни бошланишидан бироз олдин танланади.

Бошланғич ҳолати

$$t = 0, C = C_0 \quad 0 \leq x \leq \infty$$

$$t = 0, C = C_x \text{ (юза концентрацияси ўзгармас) учун } x = 0 \text{ га тенг}$$

Боғланган ҳолатлар учун

$$t > 0, C = C_x \text{ (юза концентрацияси ўзгармас) учун } x = 0 \text{ га тенг}$$

$$t > 0, C = C_x \text{ х} = \infty$$

1.4b тенгликнинг қўлланиладиган шартларини ечими қуйидагича

$$\frac{C_x - C_0}{C_s - C_0} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) \quad (1.5)$$

бу ерда C_x концентрация чуқурлиги x , t вақт ўтгандан сўнг. $\operatorname{erf}(x/2\sqrt{Dt})$ ифода Гаусс хатоси функцияси бўлиб, математик қийматлари $x/2\sqrt{Dt}$ турли хил қийматлари жадвалда берилган, уларни қисман рўйхати эса, 1.1 жадвалда берилган. Концентрация параметрларини 1.5 тенгламадан келиб чиқади, 1.8-Расмда таъкидлаб ўтиш мумкин, концентрация профили эса маълум вақт давомида олинган. 1.5 тенгламани концентрация, жойлашув, вақт билан боғлиқликни кўрсатади C_x деб номланади, x/\sqrt{Dt} ўлчовсиз параметри бўлиб, бирор бир вақт ва жойлашувини аниқлаши мумкин, C_0 , C_x , ва D билан маълум. Фараз қилайлик, хоҳлаган маълум эритмани концентрациясига етишиш, C_1 ,

$$\frac{C_1 - C_0}{C_s - C_0} = \text{constant}$$

3 Қаттиқ жисм стержень учун яри чексиз ҳисобланади, агар ҳеч қайси диффузияланаётган атомлар стерженни тагига диффузия бўлаётган вақт давомида етиб борса. Стержень узунлиги l ярим чексиз ҳисобланади агар $l > 10\sqrt{Dt}$.

4 Гаусс хатоси функцияси қўйидаги ифода билан аниқланади

$$\text{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-y^2} dy$$

Бу ерда $x/2\sqrt{Dt}$ ўзгарувчиси алмаштирилган

z	$\text{erf}(z)$	z	$\text{erf}(z)$	z	$\text{erf}(z)$
0	0	0.55	0.5633	1.3	0.9340
0.025	0.0282	0.60	0.6039	1.4	0.9523
0.05	0.0564	0.65	0.6420	1.5	0.9661
0.10	0.1125	0.70	0.6778	1.6	0.9763
0.15	0.1680	0.75	0.7112	1.7	0.9838
0.20	0.2227	0.80	0.7421	1.8	0.9891
0.25	0.2763	0.85	0.7707	1.9	0.9928
0.30	0.3286	0.90	0.7970	2.0	0.9953
0.35	0.3794	0.95	0.8209	2.2	0.9981
0.40	0.4284	1.0	0.8427	2.4	0.9993
0.45	0.4755	1.1	0.8802	2.6	0.9998
0.50	0.5205	1.2	0.9103	2.8	0.9999

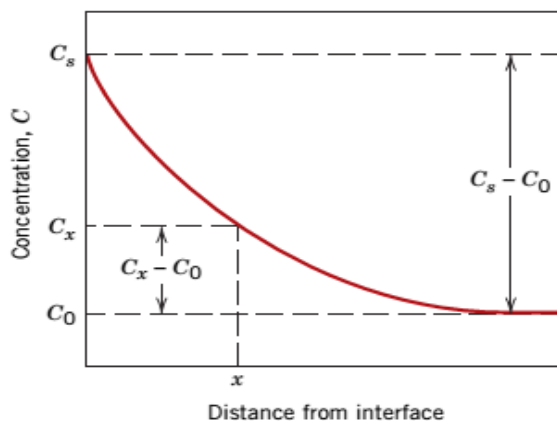
Бу ҳолатда, 1.5 тенглик ўнг тарафи ҳам ўзгармас бўлса, ваоқибатда

$$\frac{x}{2\sqrt{Dt}} = \text{constant} \quad (1.6a)$$

ёки

$$\frac{x^2}{Dt} = \text{constant} \quad (1.6b)$$

Диффузия ҳисоблашлари асосини муносабатлар ёрдам беради, 5.3 муаммоли мисолда кўрсатилган.



Расм 1.8 Нотурғун диффузия учун концентрация профиллари; концентрация профиллари 5.5 тенгликга боғлиқ.

МУАММОЛИ МИСОЛ 1.2

Нотурғун Диффузияни Вақтини Хисобланиши I Бир қанча қўлланиш сохаларда, пўлат юзасини пухталаш (ёки темир-углерод қотишмаларда қаттик юза хосил қилиш) ички қисмига қараганда юқорироқ қаттиқлига эга бўлиши зарур. Унинг бир йўли юза қисмидаги углерод миқдорини оширишни бажариш мумкин, бу жараён **цементация** деб номланади; пўлатбўлакни, юқори температурада, углеводородга бой газ атмосферада, (CH_4) қиздирилади. Бир шундай қотишмани, 0.25%(оғирлик) углерод концентрациясига эга булган қотишмани, 950C(1750F) қиздирилади. Агар юзадаги углерод концентрацияси 1.20%(оғирлик) кескин тарзда олиб келинса, бизга қанча вақт керак бўлади углерод миқдорини 0.80%(оғирлик) ва уни 0.5мм юза қисмидан ичига кириши (диффузия) бўлиши учун? Ушбу температурада углеродни темирдаги диффузия коэффициентини $1.6 \cdot 10^{11} \text{ м}^2/\text{с}$; деб оламиз, тассавур қилайлик пўлат бўлаги жуда катта.

Ечими

Ушбу нотурғун диффузия муаммоси учун берилган, чунки юза миқдори ўзгармас қолади, 1.5 тенгликда қўлланилган. Ифодадаги барча параметрлари учун қийматлари t вақтдан ташқари ушбу муаммода маълум ва қуйидагича:

$$\begin{aligned} C_0 &= 0.25 \text{ wt\% C} \\ C_s &= 1.20 \text{ wt\% C} \\ C_x &= 0.80 \text{ wt\% C} \\ x &= 0.50 \text{ mm} = 5 \times 10^{-4} \text{ m} \\ D &= 1.6 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

Шундай қилиб,

$$\frac{C_x - C_0}{C_s - C_0} = \frac{0.80 - 0.25}{1.20 - 0.25} = 1 - \operatorname{erf} \left[\frac{(5 \times 10^{-4} \text{ m})}{2\sqrt{(1.6 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s})(t)}} \right]$$

$$0.4210 = \operatorname{erf} \left(\frac{62.5 \text{ s}^{1/2}}{\sqrt{t}} \right)$$

Биз 1.1 жадвалдан z қийматини хато функцияси 0.4210 деб олиб, аниқлаштиримиз зарур.

Қўшимча қилиш зарур,

z	$\operatorname{erf}(z)$
0.35	0.3794
z	0.4210
0.40	0.4284

$$\frac{z - 0.35}{0.40 - 0.35} = \frac{0.4210 - 0.3794}{0.4284 - 0.3794}$$

Ўқиз= 0.392

$$\frac{62.5 \text{ s}^{1/2}}{\sqrt{t}} = 0.392$$

Шу сабабли,

ватечимини топамиз.

$$t = \left(\frac{62.5 \text{ s}^{1/2}}{0.392} \right)^2 = 25,400 \text{ s} = 7.1 \text{ h}$$

МУАММОЛИ МИСОЛ 1.3

Нотургун Диффузияни Вақтини Хисобланиши II

Алюминийдаги мис диффузия коэффициентини 500С ва 600С мос равишда $4.8 \cdot 10^{-14}$ ва $5.3 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2/\text{с}$ тенг. Диффузия ишлаб чиқарадиган натижасини тахминий вақтни 500С температурада (Cu концентрациясини Al маълум бир нуқтасида) 10 соат 600С термик ишлов берилган деб олсак.

Ечими

Ушбу диффузия муаммоси 1.6b тенгликда иш бериши мумкин. Чунки ккала температурада ҳам 500С ва 600С таркиби ўзгармай бир хил холатда қолади, x_0 деб номланади, 1.6b тенглик қуйидагича ёзилиши мумкин.

$$\frac{x_0^2}{D_{500}t_{500}} = \frac{x_0^2}{D_{600}t_{600}}$$

натижада⁵

$$D_{500}t_{500} = D_{600}t_{600}$$

ёки

$$t_{500} = \frac{D_{600}t_{600}}{D_{500}} = \frac{(5.3 \times 10^{-13} \text{ м}^2/\text{с})(10 \text{ h})}{4.8 \times 10^{-14} \text{ м}^2/\text{с}} = 110.4 \text{ h}$$

1.5 ДИФФУЗИЯГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ ФАКТОРЛАР.

Диффузияловчи моддани табиати

D диффузия коэффициентини характерловчи катталиқ, атомларни диффузия даражасини кўрсатади. Диффузиялановчини тури ва диффузия бўлаётган материални коэффициентига таъсир кўрсатади. Масалан, ўз-ўзини диффузия тури билан 500С углеродни α -темирдаги ички диффузия тури билан катта ахамиятли фарқи бор, D қиймати углерод билан ички диффузиясида кўпроқ бўлади ($3.0 \cdot 10^{-21}$ қарши $1.4 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$). Ушбу таққослаш вакансия орқали диффузия даражаларини ва ўзаро боғланган турдаги диффузия билан фарқини кўрсатади, олдинги мавзуларда муҳокама қилинган. Ўз-ўзидан диффузия вакансия механизми билан содир бўлади, углерод темирдаги ўзаро боғланган вакансияларига диффузия бўлади.

Харорат

Диффузия коэффициенти ва даражасига харорат катта таъсир кўрсатади. Масалан, ўз-ўзидан диффузия учун Fe ни α -Fe, температурани 500С дан 900С гача оширилиши, диффузия коэффициенти тахминан олти ўнлик даражага кўтарилади. ($3 \cdot 10^{-21}$ дан $1.8 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2/\text{с}$ гача). Хароратни диффузия коэффициенти га боғлиқлиги.

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q_d}{RT}\right) \quad (1.8)$$

Буерда

D_0 = температурадан мустақил кўрсаткичли ($\text{м}^2/\text{с}$)

Q_d = диффузия учун активация энергияси (Дж/моль ёки эВ/атом)

R = газ константаси, $8.31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$ ёки $8.62 \cdot 10^{-5} \text{ эВ/атом} \cdot \text{К}$

T = абсолют температура (К)

Назорат саволлари:

1. Янги замонавий функционал материаллар ва қотишмаларнинг тузилиши тўғрисида маълумот беринг.
2. Диффузия ҳақида маълумот, турлари ва механизмлари тўғрисида маълумот беринг.
3. Тиббиётда қўлланилаётган янги композицион материаллар санаб ўтинг ?

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Callister William D., Materials science and engineering, Wiley and Sons UK, 2014

2-мавзу: Полимер ўтказувчан материаллар. Керамик материаллар. Нометалл материаллар. Термоэлектрик материаллар.

Режа:

1. Ўтказувчи полимерлар. Уларнинг қўлланилиши, хоссалари ва структураси
2. Керамика. Керамик материаллар ҳақида умумий маълумотлар
3. Пластмассалар ва резиналар
4. . Кислородли ва кислородсиз керамика
5. Термоэлектрик материаллар

Таянч сўзлар: ўтказувчи, пластмасса, резина, нометалл, хотира, функционал, қотишма, полимер, хосса, шакл, эффект, мустаҳкамлик, никелид, титан, мартенсит, керамик, таркиб, панжара, термик, печ, деформация, биокерамика, ҳарорат, термоэлектрик

2.1. Ўтказувчан полимерлар. Уларнинг қўлланилиши, хоссалари ва структураси

Полимер ўтказувчан материаллар. Пластмассалар ва резиналар полимерларга кириши. Уларнинг кўпчилиги углерод, водород ва бошқа нометалл элементлар (O, N ва Si) асосидаги органик аралашмаларлиги. Уларнинг табиатан асосий занжири углерод атомидан ташкил топган занжирли макромолекуляр тузилишга эглиги. Энг кўп тарқалган ва машхур полимерлар. Полиэтилен (ПЭ), полиамид (ПА) (найлон), поливинилхлорид (ПВХ), поликорбонат (ПК), полистирол (ПС) ва кремний органикли каучук.

Металларни полимерлардан фундаметал хусусияти – электр ўтказувчанлиги билан фарқланади. Ўз навбатида металлар юқори ўтказувчанлик, яъни 10^4 дан 10^6 Ом⁻¹ см⁻¹ диапазонда, полимерлар эса, асосан изоляторлар, уларда

ўтказувчанлик 10^{-14} Ом⁻¹ см⁻¹ дан ортмайди. Металлардан электрон қурилмаларнинг асосий қисм деталлари тайёрланса, полимерлардан эса изоляторлар ёки диэлектриклар тайёрланади.¹

Бундан 10 йил аввал Э.Дж. Хайгер, Э.Г. Мак-Диармид ва К Шарикова нинг Пенсильвания университетидида полимерларда ўтказилган тадқиқотлар натижасида уларнинг ички ўтказувчанлигини аниқладилар. Бойитилган полимерлардан ўлароқ, ўтказувчи полимерлар уларга ўтказувчи элементларни физик йўл билан эмас, балки кимиёвий усул билан қўшиш ёки лигерлаш билан амалга оширилади. Бу қўшимчалар ўтказувчан эмас. Бу материалларни хоссаларини ўрганиш уларни қўллашни улкан потенциалларини кўрсатиб бермоқда. Кўпгина имкониятлар реал кўриниш тусини олмоқда. Масалан: Германиянинг «Варта» ва BASF ҳамда Япониянинг «Шова денко» фирмалари ўтказувчи полимерлардан батареялар ишлаб чиқармоқда. Охирги пайтда BASF фирмасида Х. Наарман бошчилигидаги группа тадқиқотчилари полиацетилен асосидаги полимерда темир ва платинадан юқори ўтказувчанликка эришдилар.

Бу материалларни кенг қўллашдан аввал бу ажойиб хусусият қаердан пайдо бўлди деган саволга жавоб излаш зарур бўлади. Аввал айтиб ўтганимиздек ташқи юқори ўтказувчанлик полимер таркибига ўтказувчи элементлар, яъни металл чанглари кўшиш билан эришилади. Бу қўшимчалар ўтказувчанлиги 10^{-6} ом⁻¹ дан 10 ом⁻¹ см⁻¹ атрофида бўлади. Бу ташқи ўтказувчи полимерларни қўллашнинг электроника билан чамбарчас боғланган. Бойитилган полимерлар микротўлқинларни сингдиришда қўлланиши мумкин.

Одатдаги электрўтказувчи полимер материаллар (ЭОМ) оз таркибига ҳар хил полимерларни олади, (термо ва реакторлар, резиналар электр ўтказувчи тўлдирувчи элементлар (кўмир, графит, углеродли, металл, металлалашган толлалар, металл пудра) ва антистатик ишланмалар фойдаланилади.

Электромагнитли ҳимоя қобиғи, юқори омли регистрлар электрик нометалл қиздирувчилар ток ўтказувчи лак, гель.

Бирламчи электрик хоссаларига кўра электр ўтказувчи деб ҳисобланади. Электр ўтказувчи материаллар кичик материаллар ҳисобланади. 10^6 ом·см ўтказувчанлик катта $< 10^3$ ом·см ўтказувчанлиги уқ 10^3 - 10^{10} ом⁻¹ см⁻¹ яримўтказгичлар $y > 10^{-10}$ ом⁻¹ х см⁻¹ диэлектриклар.ЭПМ ўз ўтказувчанлиги билан (полиацетелин, полиолимен, полипарафин) электроўтказувчан бўлиб

¹Е.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (250 p.p.)

охир оқибат кимёвий ўзаро таъсирланиш электрон доналар билан ёки электр акцептрларга пантефтамид, мышьяк, A_5F_5 тетротианетилен ўтказувчанлиги ЭПМни ўтказувчанлиги етиб бориши мумкин.

Молекуляр электроника 2 турга бўлинади электроактив полимер материаллари ўтказувчанлиги билан 10^9 дан $100 \text{ ом}^{-1} \times \text{см}^{-1}$ га. Электроактив полимерларнинг ишлатилиши (пластик материаллар, синтетик материаллар материаллар) бирикмалар туташуви, ярим ўтказувчанлик хусусияти оқибатида орбитал ёпилиши стимуляция учун электр ўтказувчанлиги полимерлардан фойдаланиш Молекулаларнинг реакциясидан кейин юкни полиэтилен плёнка қобик шаклидан **шинага** айланади мисол учун $\text{NaBH}_4 + \text{CO}(\text{NO}_3)_2$ 80°C кейин 30°C атмосферага ²

Плёнка ташқаридан алюминий фольгани эслатади эластиклиги полиэтилен. Металлик катодизаторлар қийин ўтказувчанлик Р-типидаги мусбат заряд трилион марта катталаштирилганда ток ўтказувчанлиги мышьяк, хлор, бромлар ўтказувчанлиги ортади.

Калий ва натрий ASFS (1% дан кўп тез ўтказувчанлиги полимер листлар полиэтилен билан тўйинтирилганлар куёш энергиясини электр энергиясига айлантиради ва ФИК юқори ва кремний куёш панелари билан тенглаша олади. Термокатодизатордан кенг ўтказувчанлик $10^5 \text{ ом}^{-1} \times \text{см}^{-1}$) га етади. Ацетилендан фарқли ўлароқ перрол тошқўмирлардан смола ТКИК 130°C полимерланувчи католик системалари.

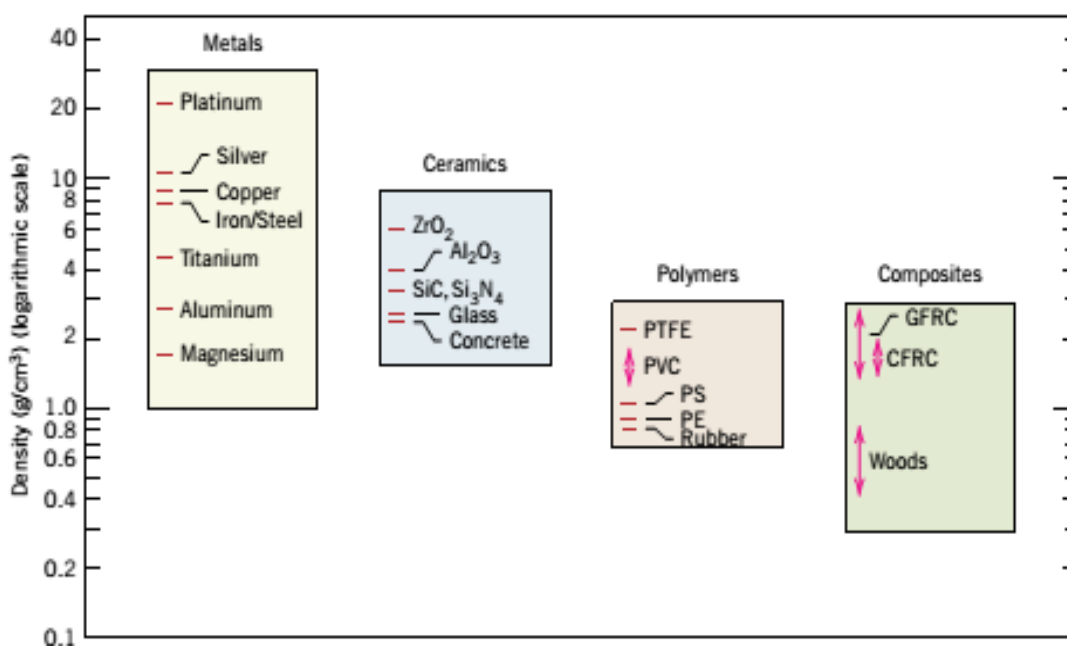
2.2.Керамика. Керамик материаллар, ҳақида умумий маълумотлар.

Керамика – бу металл ва нометалл элементлар орасидаги ораликни эгалловчи материаллар гуруҳи. Керамика синфига оксидлар, нитридлар ва карбидлар киради. Масалан, бирмунча машхур керамика турларидан айримлари оксид алюминий (Al_2O_3), кремний диоксиди (SiO_2), кремний нитриди (Si_3N_3)дан ташкил топган. Бундан ташқари кўпчилик анъанавий керамик маҳсулот деб атовчи моддалар сирасига турли хилдаги лойлар (хусусан чинни ишлаб чиқариш учун ишлатилинувчи) шунингдек бетон ва шиша киради. Керамиканинг механик хоссалари – бу металл характеристикаси билан тенг равишдаги қаттиқ ва мустаҳкам материаллардир. (2.1. ва 2.2. расмга қаралсин). Бундан ташқари керамиканинг жуда қаттиқ оддий тури. Аммо керамика жуда хам мўрт материал (пластикликининг мавжуд эмаслиги) ва парчаланишга

²E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (260-265 p.p.)

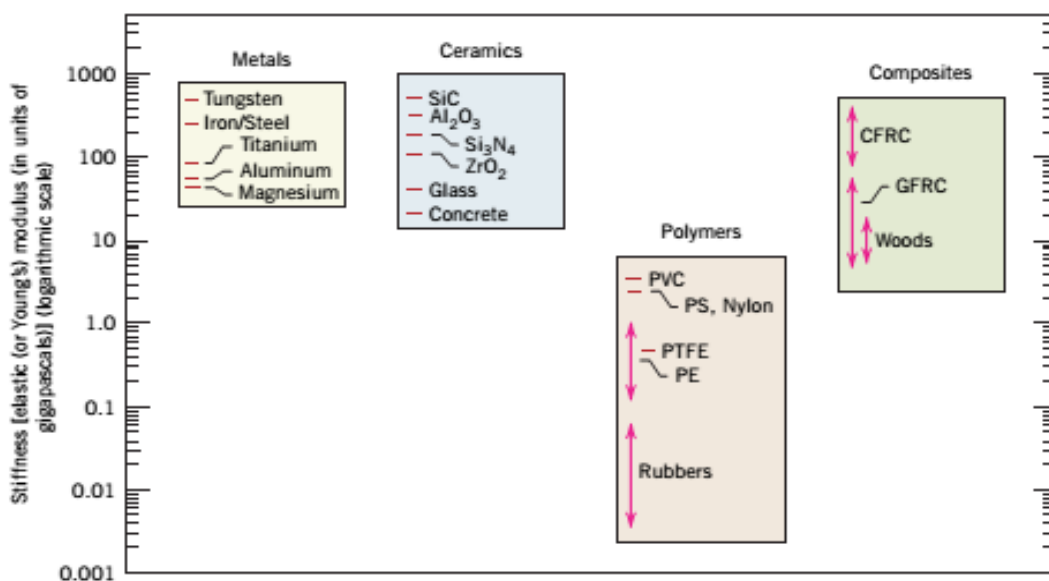
қаршилиги ёмон (1.6. расм). Керамиканинг барча турлари иссиқлик ва электр токини ўтказмайди (электр ўтказувчанлиги жуда ҳам паст

Нометалл керамик материаллар деб юқори температураларгача қиздириш йўли билан олинган ноорганик минерал материалларга айтилади. Ноорганик материалларни 1200–2500°C ҳараоратларгача қиздириш натижасида керамиканинг майда кукун заррачалари бир– бири билан ёпишиб материалнинг ички фазовий структурасини ҳосил қилади, бунинг натижасида эса кукун материал бир бутун ўзига хос физик–механик хоссаларга эга бўлган керамик материалга айланади.



Расм 2.1. Турли металлларнинг зичлигини хона ҳароратида солиштириш.

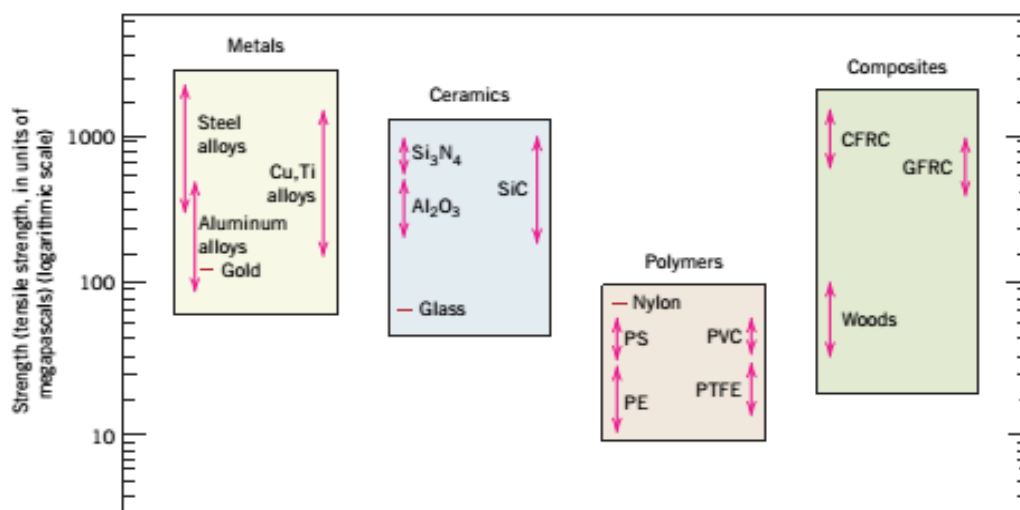
Керамика, полимер ва композицион материаллар



Расм 2.2 Турли металлларнинг эластиклик модулини хона ҳароратида солиштириш. Керамика, полимер ва композицион материаллар

Техник керамика ўзида ҳар–хил кимёвий бирикма ва фазовий таркибга эга бўлган сунъий олинган керамик материаллардан ташкил топган, у ўзига хос комплекс хоссаларга эга. Бундай керамик материаллар ўз таркибида минимал миқдорда лой ёки умуман лойсиз бўлиши мумкин. Керамик материалларнинг асосий таркибини оксидлар ва металлларнинг кислородсиз бирикмалари ташкил этади. Ҳар қандай керамик материал кўп фазали таркибга эга бўлиб, унда кристаллик, шиша ва газ–ҳаво фазалари бўлиши мумкин.

Керамик материаллардаги кристаллик фазаларни, асосан химёвий бирикма ёки қаттиқ қотишмалар ҳосил қилади. Бу фазалар керамик материалнинг асосини ташкил этиб унинг физик–механик ва кимёвий ҳамда махсус хоссаларини белгилаб беради.³



Расм 2.3. Турли металлларнинг мустаҳкамлиги (парчаловчи кучланиш)ни хона ҳароратида солиштириш. Керамика, полимер ва композицион материаллар

Керамик материалнинг структурасидаги шиша фазалар, эса материални ташкил этувчи заррачалар оралиғида жойлашган бўлиб, уларни бир бирига қисман боғловчи вазифасини ўтайди. Ҳар қандай керамик материал таркибида 1–10% гача шиша фазаси бўлиши мумкин. Материалда шиша фазасининг кўпайиши бир томондан уни механик мустаҳкамлигини пасайтирса, иккинчи томондан унинг технологик хоссаларини оширади.

³E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (260-270 p.p.)

1. Materials science and engineering (An Introduction) William D, Callister, Jr David G, Rethwisch 1 БОБ, 1.4 бўлим, 9 бет

Керамик материалдаги газ – ҳаво фазаси материалнинг заррачалар оралиғидаги бўш коваклариди бўлади. Шунга кўра керамик материал ғоваксиз ёки ғовакли керамик материалларга бўлиниши мумкин. Ғоваксиз керамик материал таркибида газ – ҳаво фазаси ёпиқ ҳолда бўлади. Керамик материалдаги ҳаттоки ёпиқ газ – ҳаво фазасини бўлиши материалнинг механик хоссаларини кескин пасайтиради. Айрим ҳолларда керамик материалда махсус равишда ғоваклар қолдиришади, бу унинг товуш ва иссиқлик изоляцисини хоссаларини оширади.

Аксарият техник керамик материаллар умуман ғовакликга эга бўлишмайди уларни махсус технология ёрдамида ишлаб чиқаришади.

Керамиканинг юқори ҳароратга ва ташқи муҳитнинг зарарли таъсирларига қаршилиги бир мунча юқори. Оптик хоссаларига кўра керамика шаффоф бўлмаслиги мумкин. Айрим оксидлар масалан темир оксиди (Fe_2O_3) магнит хоссаларга эга. Керамикадан тайёрланган айрим маҳсулотлар 2.4. расмда келтирилган. Керамиканинг таснифи, асосий турлари ва ишлатилиш келтирилади.



Расм 2.4. Керамик материаллардан тайёрланган оддий маҳсулотлар – қайчи ушлағичи, чой учун чашка, қурилиш ғишти, таглик ва шиша ваза.

Соф оксидли керамик материаллар Керамик материалларини ишлаб чиқариш жараёнида асосан қуйидаги соф металллар оксидлари қўлланилади: Al_2O_3 , ZrO_2 , MgO , CaO , BeO , TiO_2 бундай керамик материалларнинг асосий таркиби бир фазали бўлиб у полукристаллик структурага эга. Ундаги жуда кам миқдордаги қўшимчалар газ – ҳаво ва шиша фазаларда қисман намоён бўлади. Соф оксидларнинг эриш температураси 2000°C шунинг учун улар юқори

иссиқбардош материаллар сафига киради. Албатта барча керамик материаллар сиқилишга юқори бардош бўлиб улар эгилиш ва чўзилишга суи қаршилиқ кўрсатишади. Майда донали кристалл керамик материаллар йирик кристалли керамик материалга нисбатан анча муиасхам бўлади. Чунки йирик кристалларнинг бир – бири билан бириқиш жойларида ички қолдик энергия ички зўриқиш кучланишларини ҳосил қилади.

Ҳарорат ўзгариши билан аксарият керамик материалларининг муиасхамлиги пасайиб боради.

2.3. Плаиасмалар ва резиналар

Барчага маълум плаиасмалар ва резиналар полимерларга киради. Уларнинг кўпчилиги углерод, водород ва бошқа нометалл элементлар (O, N ва Si) асосидаги органик аралашмадир. Бундан ташқари уларнинг табиатан асосий занжири углерод атомидан ташкил топган занжирли макромолекуляр тузилишга эга. Энг кўп тарқалган ва машхур полимер бу полиэтилен (ПЭ), полиамид (ПА) (найлон), поливинилхлорид (ПВХ), поликорбонат (ПК), полистирол (ПС) ва кремнийорганикли каучук. Одатда бу материалларда зичлик паст механик хоссалар эса керамик ва металл материалларга қараганда бутунлай бошқача. Полимерлар икки турдаги материаллар каби қаттиқлик ва муиасхамликка эга эмас. Шунга қарамасдан зичлик даражаси камлиги туфайли уларнинг муиасхамлик ва қаттиқлик массаси кўпгина металллар ва керамика билан тенглаштирилади. Кўшимчасига айрим полимерлар жуда хам пластик ва эгилувчандир бу шуни англатадики уларни турли шаклларга келтириш осон. Улар кимёвий жихатдан инерт ва кўпгина мухитларда реактивликка эга эмас. Полимерларнинг камчилигига юмшаш хоссаси ёки нисбатан паст хароратда парчаланиши ва бунинг натижасида уларни қўллашнинг чегараланишини келтириш мумкин. Бундан ташқари полимерлар паст электр ўтказувчанликка эга. 2.5 расмда полимердан тайёрланган бир қанча таниш махсулотлар сурати кўрсатилган. Полимерлар тузилиши, хоссалари, ишлатилиши ва полимерларни қайта ишлаш каби саволлар кейинги мавзуларда ёритилган.



© William D. Callister, Jr.

Расм 2.5. Полимер материаллардан тайёрланган оддий махсулотлар – пластик ошхона жихозлари (қошиқ, санчқи ва пичоқ), бильярд шари, велосипед шлеми, иккита ўйин кубики, ўт ўриш ускунаси ғилдираги (пластмассали диск ва резинали шина) ва пластик идиш.

2.4 Кислородли ва кислородсиз керамика

Кислородли керамиканинг эгилишдаги мустаҳкамлиги.

Керамик материалларнинг афзаллик томонларига уларнинг оксидловчи ёки агрессив муҳитларда қиздирилганда хоссаларини йўқотмаслиги ва ҳаводаги кислород таъсирида оксидланмаслиги киради. Оксидли керамик материаллар одатда кислородга эга бўлганликлари учун улар очик ҳавода юқори температураларгача хоссаларини сақлаб қоладилар.

Алюминий оксиди Al_2O_3 асосли керамик материаллар. Алюминий оксиди юқори мустаҳкамликга, кимиёвий турғунликга ва ажойиб электр изоляция материали ҳисобланади. Алюминий оксиди механик мустаҳкамлигини юқори температураларгача сақлаб қолади. Корунд материали температура ўзгаришларга бардоши сустроқ. Ҳозирги пайтда алюминий оксиди асосли конструкцион материаллар кўплаб соҳаларда ишлатилмоқда жумладан ундан: металлларга ишлов берувчи кескичлар, қолиплар, филерлар, юқори температураларда ишловчи печлар деталлари, печ конвейрларининг подшипниклари, насос деталлари ва автомобил свечалари ишлаб чиқарилмоқда. СМ – 332 Карунддан материали хоссалари бўйича бошқа асбобсозлик материалларидан устун туради, унинг зичлиги 3960 кг/м^3 , сиқилишдаги

мустаҳкамлиги 5000 МПа, қаттиқлиги 92–93 НРА, иссиқлик бардошлиги эса 12000 Сташкил этади.⁴

Цирконий оксиди (ZrO_2) Корундга нисбатан инерт табиатга эга бўлган оксид бўлиб у асосан 2000–2200° С температураларгача ишлай олади. Цирконий оксидидан асосан металлларини эритиш учун тигеллар, кимёвий реакцияларни ўтказиш учун реакторлар, иссиққа бардош деталар ва қопламлар қоплашда қўлланилади.

Калций ва магний оксиди асосли керамик материаллар. Бу керамик материаллар ҳар–хил металлларнинг шлакларига кимёвий турғун материал бўлиб иссиқликга бардоши бошқа керамик материаллардан пастроқ. Юқори температураларда магний оксиди учини хоссаларин калций оксиди эса нам ва сувни ютиш хоссаларини намоён қилади. Бундай керамик материалрдан асосан тигиллар ва футировкалар тайёрланилади.

Бериллий оксиди асосли керамик материаллар. Нисбатан иссиқлик ўтказувчилиги яхши материал бўлгани учун унинг иссиққа бардошлиги юқори, лекин механик мустаҳкамлиги пастроқ материал ҳисобланади. Бериллий оксиди асосли керамик материал юқори энергияли ионлашган нурларни ёйиб сўндириш, иссиқ нейтронларни сўндириш коэффиценти юқори хусусиятига эга. Ундан асосан соф металлларни эритиш тигиллари, вакуум ускуналарининг керамик деталлари ва термоядровий реакцияўтказувчи реакторлар ишлаб чиқаришда қўлланилади. Уран ва тори оксиди асосли керамик материаллар. Бу оксидлар жуда юқори эриш температурасига эга материаллар бўлиб улар жуда юқори зичликка ва радиактив нурларни чиқариш хусусиятига эга. Бундай керамик материаллар асосан радий, платина, иридий ва шунга ўхшаш металлларни эритиш учун тигиллар ишлаб чиқарилади.

Соф оксидли керамик материалларнинг асосий хоссалари жадвалда келтирилган.

Кислородсиз керамик материаллар бирикмаларга асосан қийин эрийдиган металлларнинг MeC_x ва нометалларнинг углерод билан бириккан HoC_x карбидлари, бор билан бириккан MeV_x баридлари, кремний билан бириккан $MeSi_x$ силсидлари ҳамда олтингугурт билан бириккан MeC_x сульфидлари киради. Бундай бирикмалар жуда юқори иссиққа бардошлиги (2500 – 3500°С), қаттиқлиги ва ейилишга бардошлиги билан аҳамиятга

⁴Е.Мачлин, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (285 p.p.)

сазордирлар. Уларнинг асосий камчилиги уларнинг мўртлигида. Карбид ва боридларнинг оксидлашга бардошлиги 900 –1000°C ташкил қилса нитридларники 800°C силисидлар эса 1300–1700°C гача қиздирилганда ҳам оксидланмайди.

Карбидлар. Карбидлар ишлаб чиқаришда кенг тарқалган материал бўлиб, улардан асбобсозлик материали, ейилишга бардош қопламалар олишда кенг қўлланилади. Ишлаб чиқаришнинг деярли барча соҳасида қўлланиладиган карбидларга Си мисол бўла олади. Ундан қаттиқ образив материал сифатида жилвирлаш тоши ва қоғози ишлаб чиқаришади. У жуда қаттиқ ва кислоталарга бардош материал ҳисобланади ундан печларнинг қиздиргичлари стерженга ўхшатиб ишлаб чиқаришади.⁵

Боридлар. Бу бирикмалар қисман металл хоссаларни намоён қилишади. Улар яхши электр ўтказувчан, ейилишга бардош, қаттиқ ва оксидланишга бардош материал ҳисобланади. Техникада қийин эрийдиган металллар боридлари кенг қўлланилади (масалан ЗрБ2 ва бошқалар). Уларни кремний ёки силисид билан лигерлаш орқали агрессив муҳитларда иссиққа бардошлигини 2000°C етказиш мумкин Церкони бариди лигерлангандан кейин эриган алюминий, мис, пўлат ва чўянларга бардош материал бўлади. Ундан асосан 2000°C да ишлайдиган кимёвий саноат реакторлар қозонини, ҳарорат ўлчаш термодараларни титан эритиш қозонларини ишлаб чиқаришда ишлатишади.

Нитридлар. Нометалл нитридлар асосан юқори температурали материал ҳисобланади улар паст иссиқлик ва электр ўтказувчанликка эга, оддий ҳароратда унинг электр қаршилиги жуда юқори бўлса юқори ҳароратда ярим ўтказгич хоссаларини намоён қиладилар. Ҳарорат ортиши билан уларнинг кенгайиш коэффициентини ва иссиқлик сиғим коэффициентини ортиб боради. Нитридларнинг қаттиқлиги ва мустаҳкамлиги карбид ва боридларнинг қаттиқлигидан бироз пастроқ. Улар вакуум шароитида қиздирилганда секин асталик билан парчаланган бошлайдилар. Нитридлар эриган металлларнинг таъсирига бардош ҳисобланади.

Бор нитриди. Оқ кукун материали бўлиб техникада «оқ графит» номи билан таниш. У ?– БН кристалл модификациясига эга бўлиб, гексоганал графит кристалл панжарасига ўхшаб қат–қат жойлашган бўлиб графит каби

⁵E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (290-295 p.p.)

жуда юмшоқ материал. У барча оксидловчи, қайтарувчи ва нейтрал муҳитларга бардош кукун материал бўлиб иссиқбардош кукун сифатида қўлланилади. Унинг кукунидан қиздириб пишириш орқали олинган материаллар диелектрик бўлиб 1800°C ҳароратда кислородсиз жойда ишлайди. Юқори тозаликда олинган нитрид йердан космосга учирадиган. Нитрид борнинг бошқа кристалл модификацияси ? – БН бўлиб, у алмосифат куб нитрид бори деб аталади. Уни техникада «эльбор» номи билан танишади. Эльборни юқори босим ва 1360°C температурагача қиздириш ёғли билан каттализатор орқали олишади. Бу материалнинг зичлиги 3450 кг/м³ га тенг эриш температураси эса 3000°C. У олмос материали билан рақобатлаша оладиган материал бўлиб ҳавода 2000°C оксидланмайди. Бу хоссаси билан олмосдан устун туради. (олмос 800°C температурада оксидлана бошлайди).

Кремний нитриди. Si_3N_4 – кимёвий формулага эга бўлиб бошқа нитрид бирикмаларига қараганда 1600°C қиздирилганда ҳам ҳавода ва бошқа оксидловчи муҳитга анча турғун ҳисобланади. Иссиққа бардошлиги ва арзонлиги билан у иссиққабардош пўлатлардан устун туради. Кремний нитрид деярли 10 баробар иссиққабардош пўлатлардан арзон. У мустаҳкам, ейилишга бардош иссиққа бардош материал бўлиб ундан асосан ички ёнув двигателларининг поршен қоплами, ковакларини ҳамда ейилишга, иссиқликга бардош қоплама сифатида қўлланилади.⁶

Силитсидлар. Силитсидлар карбидлардан ва боридлардан фарқли ўларок ярим ўтказгич хоссаларини намоён қилишади, улар кислота ва ишқорларга турғун. Уларни 1300 – 1700°C температураларда қўллаш мумкин бўлиб, улар 1000°C гача қиздирилганда эриган кўрғошин, қалай ва натрий билан киришишмайди. Улардан юқори 1700°C гача температураларда ишловчи электр қаршилик қиздиргичлар ишлаб чиқарилади. Масалан MoSi_2 молибден силсид кукунидан ҳар–хил шароитларда ишловчи газ турбина парраклари, автомобил вкладышлари, сирпаниш подшипниклари ва қаттиқ мойлаш материаллари сифатида қўлланиши мумкин. Бундан ташқари унинг кукунидан иссиққа бардош, ейилишга бардош, ҳар–хил кислота ва ишқорларга бардош қопламалар қоплашда кенг фойдаланилади

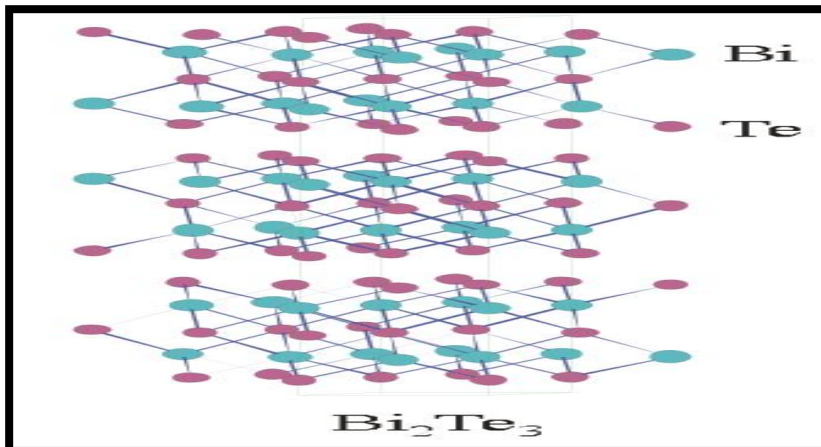
Сулфидлар. Сулфидли бирикмалардан ишлаб чиқариш ва техникада фақат молибденнинг дисулфиди кенг қўлланилади. Унинг кукун асосан

⁶E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (265 p.p.)

ишқаланишга қарши кўрсатувчи материал сифатида турли мақсадларда қўлланиладиган минерал ва синтетик мойларга солинади. Бундан ташқари у антифрикцион хоссаларини ҳавода – 150 дан 435°C ҳароратда ҳам сақлай олади. Вакумда эса у 1540°C температурада ҳам антифрикцион хоссаларга эга бўлади. Молибденнинг дисулфиди электр токини ўтказувчи магнитлашмайдиган кукун материали бўлиб у ҳавода 450°C қиздирилганда ўзидан олтингугуртни чиқариб оксидлана бошлайди. Аксарият нормал шароитларда у сувга, барча минерал ва синтетик мойларга ҳамда кислота ва ишқорларга турғун.

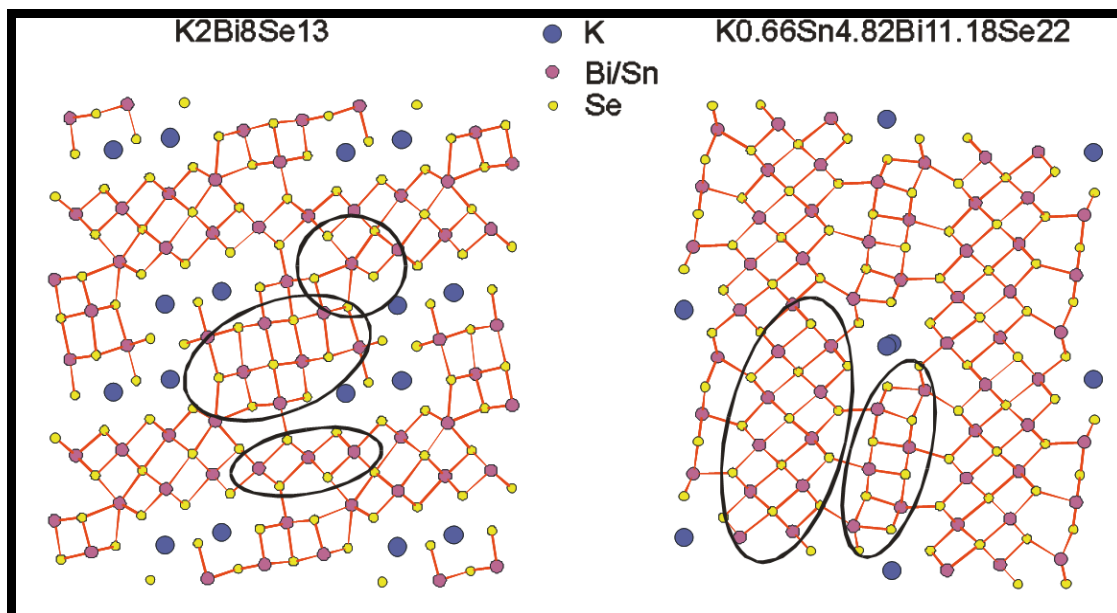
2.5. Термоэлектрик материаллар.

Замонавий термоэлектрик материаллар 1950 йилларда яратилган бўлиб, уларнинг асосини Bi_2Te_3 ташкил этиб унга Sb, Pb, I қўшиш билан олинади. Улар $160\text{K} < T < 350\text{K}$ ҳароратда ишлатилиши мумкин. Бу материалларни кристалл панжараси қуйидагича кўринишда бўлиши мумкин.

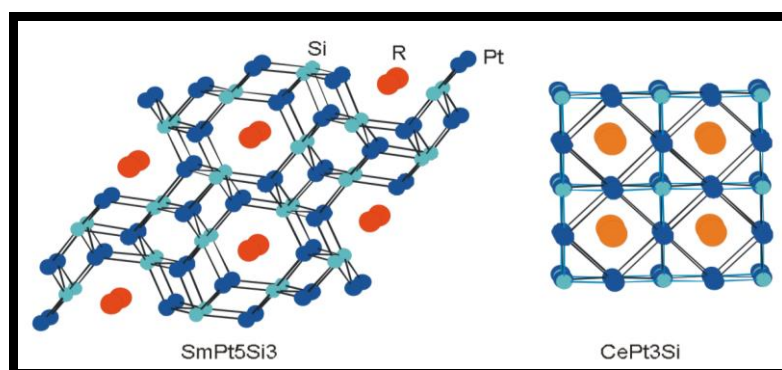


Термоэлектрик материаллар ИК-детекторларни соғутишда, РС – процессорларда, соғутиш сумкаларида, компрессори ва фреони йўқ соғутгичларда, микротўлқинли печларда, қўлланишга мумкин. ⁷

⁷Е.Мachlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (460 p.p.)



Кондо эффектли интерметаллид структураси



Супермолекуляр архитектуралар

Термоэлектрик материаларни супермолекуляр архитектуралар ичидан излаш «Фонон ойнаси-электрон кристалл» концепсиясида ташкил топган. Унинг янги номи «Нанохужайрали материалар» дейилади.

Фонон шишаси, электрон кристалл.

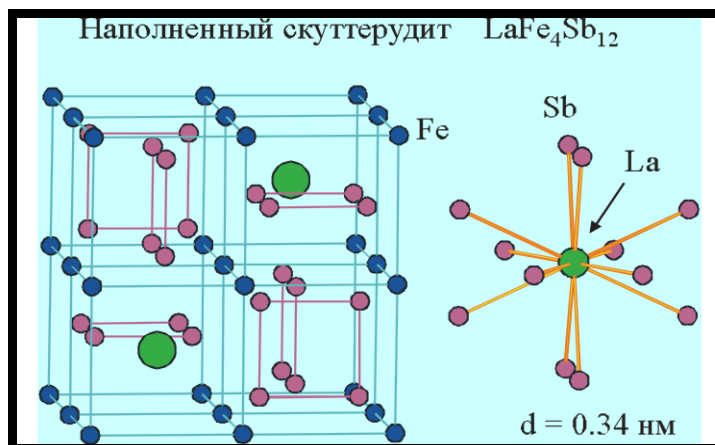
Кристалл ўтказувчи каби электр яхши ўтказиш қобилиятига эга бўлган моддалар, иссиқликни эса шишага ўхшаб яхши ўтказмаган моддалар (Слек 1995).

Чекланган ҳажмда тебраниш ва эркин айланиш қобилиятига эга бўлган кучсиз боғланган атомлар ва молекулялар, иссиқликни ўтказишни камайтириш учун ишлатилади. Бу ҳол фононларни эффектив тарзда тарқатиш ҳисобига электр ўтказувчанлигига таъсир кўрсатмайди. Чунки электр ўтказувчанлик ковалент боғланган каркас билан боғлиқ.

Мустақил оптималлаштириш

Электр ўтказувчанлик ва иссиқлик ўтказувчанлик.

Супрамолекуляр скуттерудитлар- минерал таркиби CoAs_3 , умумий формулага эгадир- AM_4E_{12} .



Скуттерудитлар хоссалари:

Юқори кўрсаткичлар:

ZT қ 1.4 да 298 К и $ZT \approx 2$ да 600 К

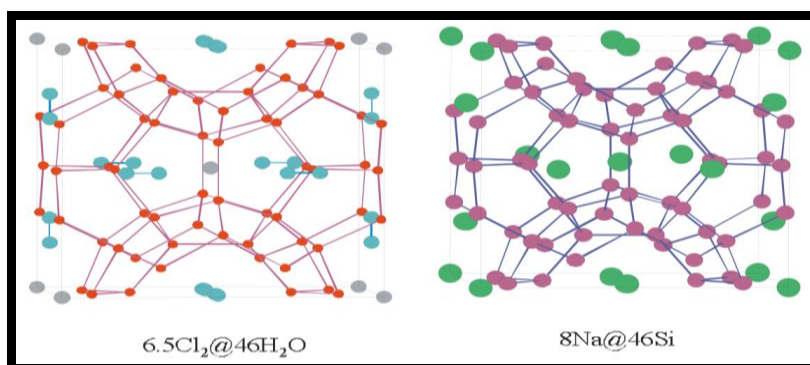
учун $\text{RFe}_4\text{-xCo}_x\text{Sb}_{12}$, бунда R қ La, Ce ёки Yb

- Совутиш чекланиши $\approx 150 \text{ К}$
- $T < 77 \text{ К}$ да ишлатиш мумкин эмас
- янги оптимизация йўллари номаълум

Клатратлар

Клатратларда боғланишлар мавжуд. Уларда битта таркибига кирувчи бошқаси билан кучли боғламасиз ўралган. Клатрат – газ гидратлари 1810 йилдан бери маълум.

Клатратларнинг структура



Назорат саволлари:

1. Ўтказувчи полимерлар, уларнинг қўлланилиши, хоссалари ва структураси ҳақида тушунча беринг.
2. Керамик материалларга таъриф беринг.
3. Кислородли ва кислородсиз керамикани қиёсланг.
4. Термоэлектрик материалар нима?

- Материаллар ишлатилишида аниқланувчи олти хил турли синфлар мавжуд: *механик, электрик, иссиқлик, магнит, оптик* ва *ёмонлашиш*.
- Материалшуносликнинг яна бир жихати материал тузилиши ва хоссалари орасидаги муносабатларни ўрганиш хисобланади. Бу таркибга кўра материал айрим ички моддалардан ташкил топган. Шу нуқтаи назардан элементлар *субатом, атом, микроскопик* ва *макроскопик ўлчамлар* (кенгайтириш билан) ни ўз ичига олади.
- Материаллардан фойдаланиш, қайта ишлаш ва уларнинг дизайнига кўра уларни ўрганишнинг тўртта элементи мавжуд булар – қайта ишлаш, таркиб, тузилиш ва материал характеристикаси. Материалнинг ишчи характеристикалари унинг хоссаларига ва ўз ўрнида унинг тузилишига ҳам боғлиқ; бундан ташқари таркиб материалнинг қандай қайта ишланиши орқали аниқланади.
- Хизмат қилиш шартларига кўра материал танлашда дуч келадиган учта асосий мезонлар мавжуд. Ишлатилиш жараёнида хар қандай материал хоссаларининг ёмонлашиши, иқтисод ёки қиймати.
- Кимё ва атом тузилишига кўра материаллар учта асосий тоифага бўлинади: *металлар* (металл элементлар), *керамика* (металл ва нометалл элементлар орасидаги боғлиқлик) ва *полимерлар* (углерод, водород ва бошқа нометалл элементлар орасидаги боғлиқлик). Бундан ташқари композицион материаллар камида иккита тоифадан иборат материаллардан ташкил топган.
- Материалларнинг яна бир тоифаси юқори технологик дастурларда фойдаланилувчи *илғор материаллардир*, буларга *яримўтказгичлар* (ўтказгич ва изолятор орасидаги электр ўтказувчанликка эга), *биоматериаллар* (тана тўқималари билан мос бўлиши керак), *ақилли материаллар* (аввалдан белгиланган усуллар ёрдамида атроф мухит ўзгаришларини хис қилувчи ва муносабат билдирувчи) ва *наноматериаллар* (айримлари атом молекуляр даражада ишлаб чиқилган ва нанометр таркибий хусусиятларига эга бўлган) киради.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Inagaki & Kang, Materials Science and Engineering of Carbon: Fundamentals, 2nd Edition, Elsevier 2014
2. Callister William D. , Materials science and engineering, Wiley and Sons UK, 2015
3. T Fischer, Materials Science for Engineering Students, 1st Edition, Elsevier 2008
4. E Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007
5. Kostorz, Gernot., Phase transformation in materials, Wiley-VCH 2005

3-мавзу: Кукун усулида олинган кукун асосли материаллар.

Нанотехнология асосида ишлаб чиқарладиган маҳсулотлар Углерод асосли материаллар

Режа:

1. Кукун асосли материаллар
2. Нанотехнология асосида ишлаб чиқарладиган маҳсулотлар
3. Графит ва унинг структураси
4. Углеграфит материалларнинг қўлланилиши
5. Углерод асосли материалларни ишлаб чиқариш технологияси

Таянч сўзлар: хотира, функционал, қотишма, полимер, хосса, шакл, эффект, мустаҳкамлик, никелид, титан, мартенсит, керамик, таркиб, панжара, термик, печ, деформация, биокерамика, ҳарорат, термоэлектрик

3.1 Кукун асосли материаллар

Дунёда саноат соҳаларида қийин эрийдиган металлларнинг кукунларидан махсус механик, технологик и физик хоссаларга эга бўлган қаттиқ қотишмали асбобларни олишга бўлган талаб ортиб бормоқда. Буюмларни сифатини яхшилаш, асбобларнинг умрибоқийлигини, ишончилигини ва ишловчанлигини оширишнинг комплекс муаммоларини ечишда янги материалларни яратиш ёки мавжудларини физик-механик хоссаларини яхшилаш муҳим вазифалардан бири бўлиб қолмоқда.

Мамлакатимиз мустақилликка эришгач бозор иқтисодиёти маҳаллий хомашёдан қийин эрийдиган металлларнинг юқоридисперс кукунларини олишнинг янги технологияларини яратиш ва олинган кукунлардан янги қаттиқ қотишмали асбоблар яратишга алоҳида эътибор қаратилди.

Бугунги кунда кўрсатилган вазифаларни ечиш учун Ўзбекистон Республикаси минерал-хомашё захираларини қайта ишлаш орқали экспортга мўлжалланган янги қотишма ва кукун материаллардан қаттиқ қотишмали асбоблар тайёрлаш ва кўпгина янги турдаги тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш зарурияти туғилди. Бу борада юқори технологик

усуллар билан олинган, шунингдек юқоридисперс ҳолатидаги материаллардан, янги қотишмалар ва кукун материаллардан қаттиқ қотишмали асбобларни ишлаб чиқариш ва жорий этиш муҳим илмий-амалий аҳамият касб этади.

Махсус технологик, кимёвий ва физикавий хоссаларга эга бўлган қаттиқ қотишмали асбобларни қийин эрийдиган металлларнинг юқоридисперс кукунлари асосида янги қотишмалардан олишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар жуда муҳим долзарб вазифа ҳисобланади. Бу йўналишда илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, А.А. Байков номидаги металлургия ва машинасозлик институтида (Россия), РФА кимё институтининг урал бўлимида (Россия), Япония металлургия институти (Япония), Америка фан ва технологиялар университети (АҚШ), Нагоя университети (Япония), Англия технологиялар университети (Англия), Белоруссия Миллий техника университети (Белоруссия), И.Н. Францевич номидаги материалшунослик муаммолари институти (Украина), Тошкент давлат техника университети (Ўзбекистон) томонидан олиб борилмоқда.

Юқорида кўрсатиб ўтилган тадқиқотлар натижасида қийин эрийдиган металлларнинг юқоридисперс кукунларини (ЮДК) олиш ўзлаштирилди ва улардан сифати ва турғунлиги мавжудларидан устун бўлган асбоблар тайёрланди. XXI асрда фан, техника ва технологияларнинг интенсив ривожланиши янги қотишмалардан қаттиқ қотишмали асбобларни ишлаб чиқаришни кўпайтиришни талаб қилмоқда. Саноатда самарали юқори технологикликни таъминлаш учун ишлатиш жараёнида уларнинг ишончилиги ва рақобатбардошлигини ҳам ички ҳам ташқи бозорда кафолатлайдиган талаб қилинган хоссали буюм ва деталлар ишлаб чиқариш.

Жадвал

Ҳар хил материаллардан тайёрланган СПЦ-2, 300 - стани кириш қутиси роликларининг турғунлигини таққослаш таҳлили

№ п/п	Буюмнинг номланиши	Диаметр, мм	Ролик шакли	Материал	Иш ресурси/ прокат миқдори, (т)	Тадқиқотларни ўтказиш вақти, йиллар
1	23 клетки ролиги	80	ромб	Сталь 65Г	320	2008 г.
2	- // -	80	овал	Сталь 20ХН	230	2010 г.
3	- // -	80	овал	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	3250	2009 г.
4	- // -	80	ромб	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	3790	2009 г.
5	- // -	80	овал	Чугун	500	2010 г.
6	- // -	80	овал	ВК 6	24000	2011 г.
7	- // -	80	ромб	Сталь 65Г	200	2008 г.
8	- // -	80	ромб	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	3950	2009 г.
9	- // -	80	овал	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	4800	2009 г.
10	- // -	80	овал	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	6270	2014 г.
11	- // -	80	ромб	Сталь 65Г	150	2008 г.
12	- // -	80	ромб	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	1030	2009 г.
13	- // -	80	овал	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	1300	2009 г.

14	- // -	65	овал	ВК15 йиғилган	20000	2012 г.
15	25 ролиги	65	овал	Сталь ШХ15	180	2016 г.
16	- // -	65	овал	Mo-TiC-Ni-W-Fe системали котишма	12 277 синов давом этмоқда	2017 г.

Тадқиқот натижаларига кўра Мо-TiC-Ni-W-Fe системали пиширилган молибденли қотишма қуйидаги физик-механик ҳоссаларга эга эканлиги аниқланди:

чизикли кенгайиш коэффициенти, град⁻¹ – $6,0 \times 10^{-6}$;

зичлик, г/см³ – 5,5 – 6,0;

қаттиқлик, HRC – 83 – 84;

эгилишга мустаҳкамлик, МПа – 1150.

Пиширилган молибденли қотишманинг ҳоссаларини баҳолашнинг яна бир муҳим жиҳати уни буюмларни якуний ўлчамларини олиш учун ишланувчанлигидир.

Ўтказилган тадқиқотлар асосида пиширилган янги молибденли қотишма учун подшипникларга ишлов бериш, жилвирлаш ва йиғиш билан шуғулланадиган «SPZ-BEARINGS» кўшма корхонаси шароитида, тозалаб жилвирлашнинг қуйидаги параметрлари тақлиф қилинди:

1 - босқич. а) 63С16ПСМ16К маркали жилвирлаш тошининг характеристикалари;

б) жилвирлаш тартиби: $v=25$ м/мин; $t=0,03$ мм/дв.ход.

2 – босқич. а) АСР 125/100 Б2 100% маркали олмос тошининг характеристикаси;

б) сайқаллаш тартиби: $v=20$ м/мин; $t=0,0015$ мм/дв.ход.

«SPZ-BEARINGS» кўшма корхонаси подшипниклар ишлаб чиқаришга ихтисослаштирилган бўлиб мавжуд стандарт ўлчаш асбоблари ва жиҳозлари билан таминланган. Корхонада ишлаб чиқарилган маҳсулотни синаш учун техник назорат бўлими (ТНБ), ихтисослаштирилиб сертификатлаштирилган лаборатория мавжуд.

3.2 Нанотехнология асосида ишлаб чиқариладиган маҳсулотлар



© RapidEye/Sindphoto

(b)



© William D. Callister, Jr.

(a)

3.2.1. Наноматериаллархақида умумий тушунча

“Нанотехнология” термини биринчи марта япон олими Н. Танитучи томонидан 1974 йилда ишлатилган.

“Нано” сўзи миллиардан бир қисм, миллиардни бир қисми дегани ва $(\text{НМ})=10^{-9}$ м. дегани. Эслатамиз, ангстрем $=10^{-8}$ см (1 миллиметр $=10^{-3}$ м, 1 микрометр $=10^{-6}$ м). Демак, нано бу узунлик бирлиги. Буни “сезиб” таққослаш учун, шуни айтиш керакки инсон сочининг қалиндлиги-диаметри тахминан 50000 нанометрга тенг.

Нанотехнология асосида қонструкция материалларга мияга (хаёлга) келган хоссаларни бериш мумкин. Хозирда нанотехнологияга йилига 9-10 миллиард доллар сарф қилиняпти: АҚШ да 4-5 миллиард, Японияда 2-3 миллиард. Лекин нанотехнологиядан келадиган фойдани 2015-2020 йиллар давомида бир неча триллион долларга етиши кутиляпти.цц

Нанотехнология саноатда 1994 йилдан бошлаб қўлланила бошлаган.

Наноматериаллар – булар моддалар ва моддалар композициясидир, қайсиларки, суний ёки табиий тартибга солинган ёки солинмаган цнанометрик характеристикали ўлчамли базовий элементлар тизими – системасидир. Буларда нанометрик ўлчамли элементларни кооперация қилганда (бирлаштирганда-йикқанда) уларни ўзаро физикавий ва химиявий таъсири алохида (махсус) намоён бўлади. Буларнинг хаммаси материаллар ва системаларда илгари маълум бўлмаган хоссаларни пайдо бўлишини таъминлайди: механик, химик, электрофизик, оптик, теплофизик ва х.



Хозирги пайтда наноматериалларни (молекуляр ўлчамли ёки унга яқин даражада структуралаштирилган) хар-хил перспектив-истикбол усулларидан фойдаланилади. Усулларни нанообъект юзага келиш принцига қараб асосан икки группага бўлинади. 1) Материаллар юзаларида наноструктура ҳосил қилиш: нейтрон атомлар, ионлар электронлар тутамлари билан цишлаш плазма билан хурушлаш (“травление”) ва бошқа усуллар билан ишлаш. 2) Нанообъектни-наноматериални атомма-атом ёки молекулама-молекула йиғиш. Нанообъектларни икки усулда олинади.

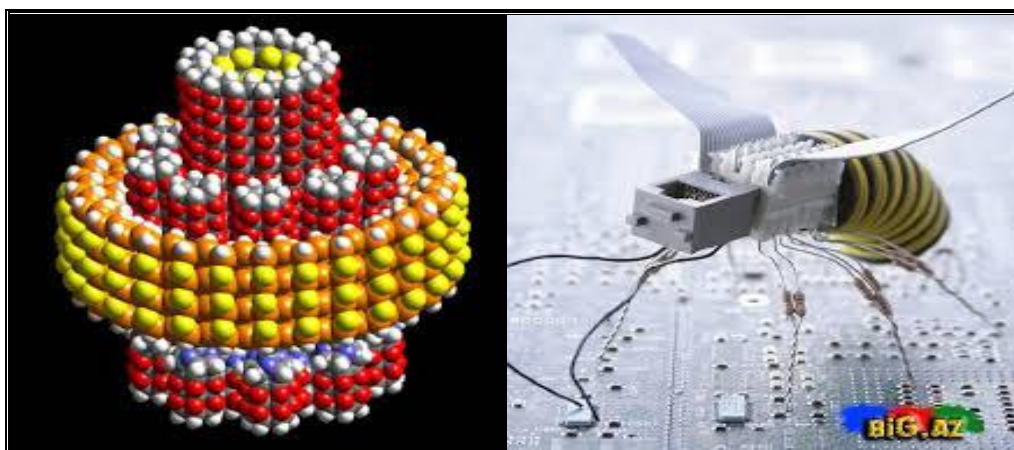
2.Материалшунослик Умаров Э.О. , Чўлпон номидаги НМИУ, 2014 йил.



Хаётимизни ёритувчи наноматериаллардан тайёрланган лампочкалар

1) **Сунъий тусуллар:** олинаётган нанообъект характериға қараб хар хил усуллар қўлланилади; физикавий, химиявий, биологик ва бошқалар. Баъзи ҳолларда бир нечтаси биргаликда. Нанообъектларни ўта ваакум шароитида, суюқ мухитда ёки газ атмосферасида олиш мумкин.

2) **Ўз – ўзидан йиғилиш:** Бунга нанотехнологияда ката эътибор берилади. Ўз-ўзидан йиғилиш молекулаларни хама вақт энергияси кам сатхга ўтишга интилиш принципиға асосланган.



Ўз – ўзидан йиғилишда наноконструктор юзага ёки олдиндан йиғилган наноконструкцияға маълум атомлар ёки молекулалар киритилади. Сўнгра молекулалар ўзларини маълум ҳолатда текислайдилар-тўғрилайдилар, баъзан кучсиз боғланиш хосил қилиб, баъзан кучли ковалент боғланиш қилиб.

Ўз – ўзидан йиғилишнинг яна бир тури – бу кристалларни ўстиришдир. Кристалларни эритмадан ўстириш мумкин, дастлабки (муртак, хомила) кристалдан фойдаланиб. Бунда катта эмас кристалл таркибида ўзи материали кўп бўлган мухитга (кўпроқ эритмага) жойлаштирилади. Сўнгра бу компонентларга кичкина кристалл ёки муртакка-хомилага тақлид (“имитация”-ўхшаш) қилишга рухсат қилинади. Микрочипларни яратишда ишлатиладиган кремнийли блоклар шу тарзда ўстирилади.

Наноструктураларни табиий ҳосил бўлиши. Бу ходиса кўпроқ рудаларни ҳосил бўлишиға тегишли. Анъанавий ёндошиш бўйича кристалланиш қуйидаги йўллар билан амалға ошади.

-моддоларни конденсациясидаги (энергия йиғишдаги) ҳосил бўлган парлардан.

-эритмалардан, уларни совиб-қотишидан.
-эритмалардан, эриган моддани чўкиши натижасида.
-қаттиқ ҳолатдаги диффузион ўзгаришларидан.
Булар тоғ жинсларини барчасига, шу билан бирга олтинга ҳам тегишли.

3.2.2. Наноматериалларни қўлланилиши

Ҳозирда наноматериаллар жуда кўп соҳаларда қўлланилади; саноатда, наноэлектроникада, нанооптикада, нанобиологияда, наноспектроскопияда, наномедицинада, наноэлементларда ва х.к.

Наноматериалларни саноатда қўлланилиши алоҳида аҳамиятга эга. Бу материалларнинг хоссалари принципиал фарқ қилгани учун саноатни кўп соҳаларида ишлатилади.

Албатта биринчи навбатда наноматериалларни қўллаш юқори механик хоссали янги конструкцион материалларни яратишга имкон беради. Наноструктурали моддадан ясалган резбали маҳсулот (деталь) юқори мустаҳкам бўлади. Масалан авиа ва автомобильсозликда ишлатиладиган титандан ясалган маҳсулот наноструктурали қилиб олинса, унинг чидамлилиги узок умр кўриши (долговечность) 1,5 марта ошади, резбани ясаш меҳнат сиғими камаяди.



Наноструктурали алюминий қотишмаларидан мураккаб формадаги енгил маҳсулотларни юқори тезликда ўта пластик деформациялаб (босим билан ишлаб) деталлар ясаш мумкин. Бу шароитда штампли барча тешик, бурчак ва х.к. лари тўлиқ тўлади, деформация кучи пасаяди, форма хосил қилиш ҳарорати пасаяди (450°C дан 350°C гача). Бупулку! Ҳозирда бу усул билан ички ёнар двигатели поршенлари (мураккаб формадаги) ясалади.

Нитридли легирланган керамик наноструктурали моддалардан тузилган материал оловбардош бўлади ва улардан ички ёнар двигателлар, газ турбиналари, кескич пластинкалари ясалади.

Металлургияда эса наноматериалдан ясалган ўтга бардош материал-керамика қўлланилади.

Ҳозирда нанопарошоклар кўпфункционали кўшича сифатида жуда кенг қўлланилади: мотор, трансмиссия ва индустриал ёғларга, пластик мойларга, босим остида ишлайдиган жараёнларда ишлатиладиган технологик мойларга,

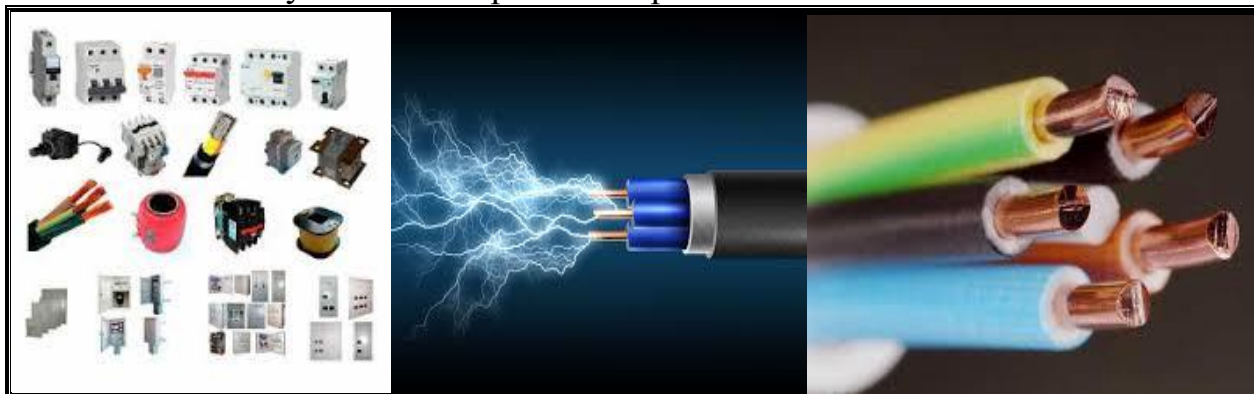
металларни қирқишдаги мойловчи-совитувчи суюқликларга, сайқаллашдаги (доводогно-притиричные) паста ва суспензияларга қўшилади.

Таркибида пластмасса ва полимерлар бўлган композицион материалларга металлнинг нанокункларини қўшиш анча истиқболли йўналишдир. Бу йўл билан пластик магнит, электр ўтказадиган резина, ток ўтказадиган краска ва клей ва х.к. хоссали композицион материаллар олиш мумкин. Металларни нанокунклари қўшиб ёнмайдиган полимерлар олинади.

Умуман, наноматериалли қопламалар бир текисда, бир хил қалинликда, бир хил зичликда етади, оловбардош бўлади.

АҚШнинг Йелекий универститети олимларига медицинада наноматериалларни (технологияни) қўллашни ўрганишга 6,5 млн. доллар хажмида пул ажратилган.

Олимлар инсонларнинг тирик тўқималарига имплуатация қилинадиган биомиметик наноўтказгични яратяптилар.



Бундан буёқ қуёш энергиясидан фойдаланиш энергетика соҳасидаги долзарб масала бўлиб қолаверади. Нанотехнология асосида яратилган мис-индий-диеселенид-галлий (CIGS-плёнка) плёнкасини фотоэлектрик эффекти (самарадорлиги) ҳозирги замон қуёш элементлариникидан 20% га кўпроқ.

3.2.3. Наноўлчамли материалларни олиш усуллари.

Наноматериалларни олиш усулларига бўлиш негизида наноматериални синтез бўлиш жараёни ётади. Шу нуқтаи назардан олиш усуллари қуйидаги турларга бўлинади: механикавий, физикавий, химиявий ва биологик.

Механикавий усул материалларга катта деформацияловчи куч таъсирга асосланган: босим, эгиш, вибрация, ишқалаш, кавитацион жараёнлар ва х.к. Физикавий усуллар асосида физикавий ўзгаришлар ётади: буғланиш, конденсация, тоблаш, термоцикллаш ва бошқалар. Химиявий усуллар химиявий реакцияларга асосланган: электролиз, қайтарилиш, термик парчаланиш. Биологик усул оқсил таначаларида ўтадиган биологик жараёнларга асосланган.

2. Материалшунослик Умаров Э.О. , Чўлпон номидаги НМИУ, 2014 йил.

1. Майда заррачаларга бўлишни (дисперслашни) механик усуллари. Ўз цнавбатида бу наноматериалларни олиш усуллари қуйидаги гуруҳларга

бўлинади: механикавий майдалаш, шиддат жадал билан деформациялаш, хар хил мухитларни механикавий таъсирида.

2. Наноматериалларни механикавий майдалаш билан олиш. Бу усул майдаланаётган қаттиқ материалларга катта урилиш кучи ва катта ишқаланиш таъсирига асосланган. Бунда механик таъсири пульсли бўлиши керак. Механик таъсир заррачанинг маълум бир жойига-нуктасига (локально) таъсир қилади. Куч импульсли ва локаль бўлганидан кичкина вақтда нисбатан катта куч таъсир қилади.

Механикавий майдалаш хар-хил қурилма ва мосламаларда олиб борилади: шаровий, планетар, вибрацияли, гирдоб (вихрь), гироскопик, оқимли тегирмонларда бажарилади, аттриторли қурилмаларида бажарилади. Тегирмонларни ичида энг соддаси ва кенг тарқалгани бу шаровий тегирмонидир.

Тегирмон цилиндр бўлиб, ичида майдаловчи жисм бўлади: кўпинча пўлат ёки қаттиқ қотишмали шарлар. Цилиндр айланганда бу шарлар айланиш бўйича барабан бўйлаб кўтарилиб, энг тепасига чиққанда ўз оғирлиги билан пастга отилиб тушиб, майдаланувчи материални уриб, майдалаб деформациялайди. Майдаланиш тезлиги барабаннинг айланиш тезлигига боғлиқ. Майдаланган заррача формаси-синик (осколочный), ғадир-будир.

Аттриторли қурилмалар, шаровий тегирмонларнинг бир туридир

3. Наноўлчамли парожокларни йиғиш усуллари. Наноматериаллар олиш усуллари кўпчилигини натижавий махсулоти бу-парожок. Баъзи материалларни наноструктураларини катта хажмда яратиш қийин, баъзан эса мумкин эмас. Нанопарожоклардан хажмий материаллар олиш учун, биринчи навбатда, хар-хил пресслаш жараёни вариантлари қўлланилади. Жипслашган буюм олиш учун, пресслашни, пиширишни (“спекание”), прокатлашни хар-хил технологик жараёнларини қўлланилади.

Амалиёт кўрсатадики, материални дисперслиги ортиши билан жипслашишлиги камаяди.

Пресслаш-бу парожокка босим таъсирида форма бериш-формалаш. Натижада талаб қилинган форма, ўлчам ва зичлик олинади. Пресслаш статик ва динамик группаларга бўлинади. Буларнинг хар бири яна гурухларга бўлинади:

1. Пресслаш хароратига қараб: совиқ ва иссиқ пресслаш.

2. Қўйилган куч характерига қараб: бир ўкли, иккиўкли, хар томонлама.

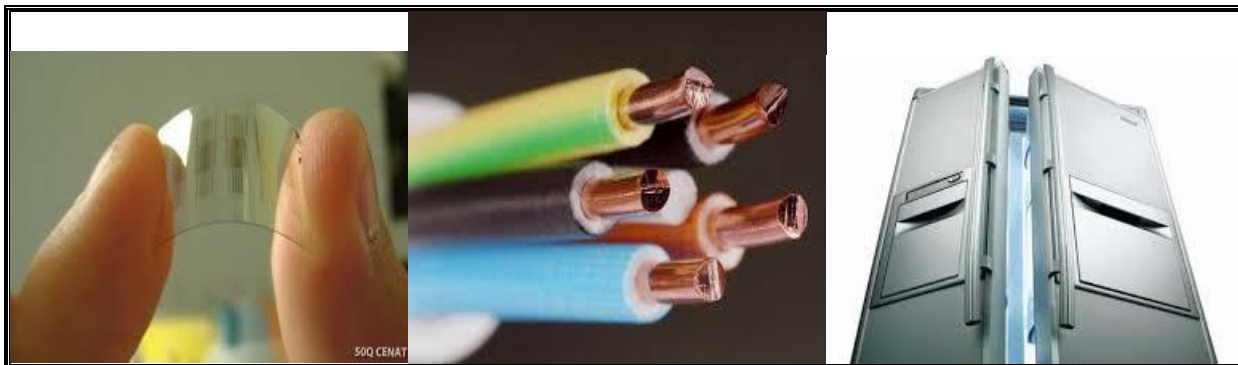
Парожок пресс формага жойлаштирилади. Наноматериаллар прессланганда жараён вакуум камерасида олиб борилади.

Бу усул билан қуйидаги нанопарожоклар $Du_2O_3+TiO_2$ аралашмаси компаклаштирилган-прессланган.

Агар буюм баландлигини кўндаланг кесим ўлчамига нисбати бирдан катта бўлса, икки ўкли прессланади, камроқ куч сарфланади.

Хар томонлама қисиб прессланганда куч кам сарфланиб, сифати юқори бўлади. Бунга мисол гидростатик пресслаш. Қаттиқ материалларни олишда магнит-импульсли пресслаш ишлатилади. Импульсли магнит майдонидан ”проводник“ ни отилиб чиқишига асосланган.

Диамагнит магнит майдонидан итарилиб чиққан каби. Индукторни импульсли магнит майдони билан концентратор юзасини ўзаро таъсири натижасида механикавий импульс кучи пресс-формада йиғилади. Электр занжир уланганда концентратор магнит майдони зонасидан итариб чиқарилади ва парашок прессланади. Импульс бир неча микросекунд давом этади: босим $P=1-2$ ГПа.



Дастлабки материал юқловчи мосламадан бир-бирига қарши айланаётган жўвалар орасига йўналтирилади. Ишқаланиш кучлари билан парашок эргаштирилиб полосага-лентага зичланади.

Бу усул билан хар-хил қатламлар олинади ва диффузион пайвандланади.

Мундштукли форма бериш қийин прессладиган материаллар(қийин эрийдиган материаллар ва қотишмалар, қаттиқ қотишмалар) га қўлланилади. Парашок маълум форма ваўлчамдаги тешикдан қисиб цчиқарилади.

Назоратсаволлари :

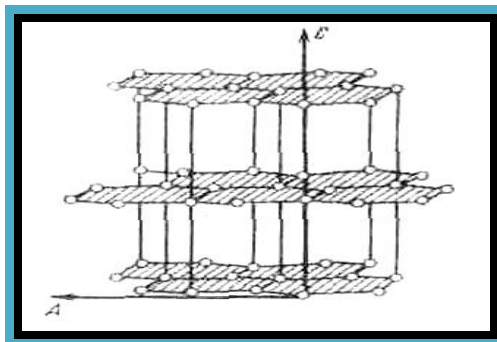
1. Нано ўлчами нимага тенг?
2. Нано ўлчамли материаллар қандай олинади?
3. Дисперсли тизим нима?
4. Гел қандай тизим?
5. Заррачаларни квалификация қилиш турлари?

3.3. Графит ва унинг структураси

Графит углероднинг аллотропик турларидан бири бўлиб у қатламли (иккита кетма-кет такрорланувчи) кристаллик тузилишга эга материал. Унинг кристалли паралел равишда жойлашган гексоганал ячейкадан иборат. Ячейканинг тугунларида жойлашган углерод атомларининг орасидаги масофа 0,143 нм бўлиб улар бир-бири билан мустаҳкам ковалент боғланган. Параллел қатламлар орасидаги масофа 0,335 нм бўлиб, улар Ван-дер-Вальс кучлари таъсирида жуда саёз боғланган. Графит структурасининг қатламли тузилиши

оқибатида кристаллнинг бир-бирига қарама-қарши перпендикуляр йўналишларда барча хоссаларининг анизатропияси келиб чиққан.

Кристаллнинг параллел жойлашган пластинкалари орасида эркин электронлар бўлиб улар материалга электр ўтказувчанликни ҳамда металлларга ўхшаш ялтроқлик хусусиятини беради. Графит структурасидаги ҳар-бир қатлам яъни панжара қалинлиги графит атомининг диаметрига тенг. 4.1 - расмда графит структурасининг атом боғланишлар схемаси тасвирланган.



4.1 - расм. Графит кристалл панжарасининг тузилиши

Умуман олганда графитда икки турдаги кристалл панжара ҳосилқилиш имконияти мавжуд: гексоганал ва ромбейдирик. Иккала тур панжараларда ҳам асосий элемент текис қатламҳисобланади. Бу панжараларни ҳар-хил жойлашувидан турли турдаги панжараларни ҳосилқилиш мумкин бўлиб уларнинг хоссалари бир-биридан кескин фарқ қилувчи графит материалларини олиш имкониятини беради. Бундан ташқари битта графит материалда бир вақтнинг ўзида икки хил кристалл панжара бўлиши ҳам мумкин.

Графитнинг физик-механик хоссалари. Графитнинг физик-механик хоссалари материалнинг келиб чиқиши ҳамда уни ишлаб чиқариш турига боғлиқ бўлиб бунда уни ишлаб чиқаришда қўлланган (агар у сунъий ишлаб чиқарилган бўлса) ясалган хомашё муҳим аҳамиятга эга.

Графит жуда осонлик билан кристалл қатлампанан ажралади. Унинг қаттиқлиги пастроқ бўлиб НВ 150-250 атрофида. Ҳовакликка эга бўлган графит зичлиги 200-1200 кг/см³ оралиғида бўлиши мумкин. Аксарият конструкцион мақсадларда қўлланиладиган графит материалининг зичлиги эса 1500-1850 кг/см³ ва унданда юқори бўлиши мумкин.

Пирограит материалининг зичлиги табиий графит зичлигига яқин бўлиб у 1950-2200 кг/см³ ташкил этади.⁸

⁸Е.Мачлин, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (280 p.p.)

Пиролитик графит. Бу кукун материал асосан углерод мавжуд бўлган газсимон хомашёлардан олинади. У 1000-1200° С гача қиздирилган керамик материал юзасига чўктирилган металл газининг пиролиз маҳсулоти ҳисобланади. Бунда чўктирилган пирографитдан турли мақсадларда ишлатиладиган графит материали ёки ундан ҳосил қилинган ҳимоя қатламларини олиш мумкин.

Техник графит материалларининг сифати ва хоссаларини яхшилаш мақсадида рекристаллик қиздириш амалга оширилади бунда пирографит 50 МПа босим остида 2500° С температурагача қиздирилади бунинг натижасида графит материалнинг зичлиги ортади. Графит материалнинг зичлиги ортиши натижасида унинг механик хоссалари кескин ортиши кузатилади. Бундай технология билан ишлаб чиқарилган графит материали юқори температураларда эксплуатация қилиниши мумкин.

Ҳозирги пайтда кукун металлургия корхоналарида қуйидаги маркали графит ва углеграфит материаллари ишлаб чиқарилмоқда: ПРОГ- нефт кокси асосида ишлаб чиқариладиган графит материали; ПГ-50 –пирографит асосида ишлаб чиқарилганғовак графит материали. Бу графит материалларининг асосий хоссалари 4.1- жадвалда келтирилган.

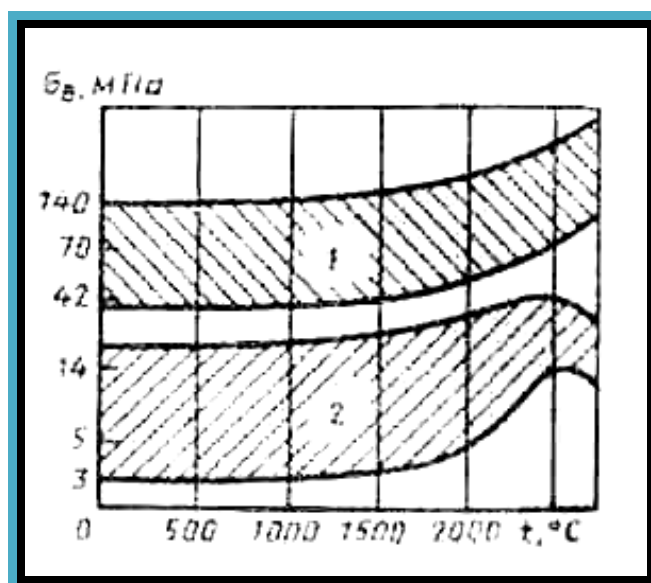
Графит қисман мўрт материал ҳисобланиб унинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги эгилишдаги мустаҳкамлигидан юқори. Металл материаллардан фарқли ўлароқ графит материалларга хос хусусиятларидан бири, шундаки улар қиздирилганда мустаҳкамлиги ва бикрлик модули ортиб боради, масалан техник графит 2200-2400°С гача қиздирилса унинг мустаҳкамлиги 50-60% ортади, ундан юқориҳароратларда эса унинг мустаҳкамлиги кескин тушиб кетади.

Графит материаллари 1700° С ҳараоратгача қиздирилганда унинг оқувчанлиги пайдо бўлади. Температура ортиши билан графит материалларнинг мустаҳкамлик чегарасининг ўзгаришини кўрсатувчи диаграмма 4.1 - расмда келтирилган.

Графит материалларининг асосий хоссалари

Графит тури	Зичлиги, кг/м ³	Ғоваклиги, %	Мустаҳкамлик чегараси, МПа			Бикрлик модули, ГПа	Иссиқлик ўтказувчанлиги, Вт/(м·К)	Кенгайиши, $\alpha \cdot 10^{-6}$
			чўзилишга	сиқилишга	эгилишга			
ПРОГ	1640	24	10	50	17	8	3	1,9-5
ПГ-50	1020	52	3,8	11,6	7,5	1,7	-	-
Пирогр афит	2000	1,5	114	105	105	112	1,16	23,5

Графит иссиқликни яхши ўтказди μ қ 1,16 — 3,5 Вт/(м · К) шунинг учун б материални ҳамиссиққабардош материал сифатида ишлатиш мумкин. Бундан ташқарибошқа материаллар ичида унинг иссиқдан кенгайиш коэффициентини жуда кичик бўлгани учун улар иссиққабардош зичлагич ёки антифрикцион материал сифатида юқори температураларда ишлайдиган деталларни ясашда жуда қўл келади.



4.1 - расм. Графит материаллар мустаҳкамлик чегарасининг температураларга боғлиқлиги.

Графит материали асосан кукун ҳолда жуда антифрикцион материал ҳисобланади. Шунинг учун ундан ишқаланишга қарши подшипник ёки втулкалар ишлаб чиқарилади. Унинг ишқаланиш коэффициенти f қ 0,28 га тенг. Графит материалларидан ясалган подшипниклар юқори ёки жуда паст температураларда мойсиз ишлайди.

Графит материалнинг асосий камчиликларидан бири бу - улар юқори температураларда ҳаводаги кислород билан кимёвий реакцияга киришиб аста-секин газ ҳолатида ажралиб куя бошлайди. Шунинг учун кислородли муҳитларда ишлайдиган графит материалларининг юзалари бошқа материаллар билан қопланади.

3.4 Углеграфит материалларининг қўлланиши.

Графит ёки углеграфит материаллари ҳозирги кунда техника ва технологиялар жараёнида кўплаб ишлатиладиган материаллар туркумига кириб унинг барча соҳаларда қўлланилиши кундан кунга ортиб бормоқда. Масалан графит материали ўзидан электр токини ўтказиш қобилиятига эга бўлгани учун ундан турли электротехник материаллар ишлаб чиқарилса, унинг антифрикцион хоссалари улардан сирпаниш подшипники ишлаб чиқаришга имконият яратади.

Графит материаллари қўлланилишига кўра қуйидаги материалларга бўлинади: Электротехник ва электрод материаллари; антифрикцион материаллар; конструкцион материаллар; кимёвий турғун материаллар ва шунга ўхшаган материалларга бўлинади.⁹

Электротехник ва электрод материаллар. Электротехник ва электрод материаллари деб асосан ўзидан электр токини ўтказишга мўлжалланган материаллар туркумига айтилади. Бунда электрод материалнинг бир учидан ток жўнатилиб иккинчи учидан уни ишлаш жойига узатишдан иборат бўлади. Шунга асосланган ҳолда ундан: электр щеткалар, металлларни эритишда (электр дуга) печларининг электродлари, термик ёки кимёвий термик ишлов бериш учун турли печларнинг қиздиргичлари ва шунга ўхшаш деталлар ишлаб чиқарилади.

Электрод материалларини ишлаб чиқарувчи корхоналарда бу материалнинг тўртта тури ишлаб чиқарилади. Бундай материаллар қуйидагигуруҳларга бўлинади:

1. Углерод электрод материаллари
2. Кокс электрод материаллари
3. Графит электрод материаллари
4. Графитланган электрод материалларига бўлинади.

⁹E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (450 p.p.)

Углеродли электрод материаллари асосан углероднинг антрацит деб номланадиган туридан ишлаб чиқарилади. Бу турдаги материаллар кимёвий таркибида ҳар-хил турдаги қўшимчалар миқдори кўп бўлиб, ультра юқори электр қаршиликга ва паст иссиқлик ўтказувчанликка эга материал ҳисобланади.

Кокс электрод материаллари таркибида нисбатан қўшимчалар миқдори камроқ бўлиб уларнинг электр ўтказувчанлиги яхши аммо иссиқлик ўтказувчанлиги ёмон материал ҳисобланади. Кокс электродлари асосан иссиққабардош материаллар бўлиб улар металл эритишда жуда қўл келадилар

Графит электродлари асосан табиий ёки сунъий графит материалларидан ясалган бўлиб улар барча хоссаларига кўра бошқа турдаги электрод материалларидан хоссалари яхши материал ҳисобланади. Графит электродлари кокс кукунларидан ишлаб чиқарилган бўлиб улар графитлашув технологик жараёнидан ўтказилган бўлади.

Углеграфит материаллари саноатда кенг қўлланилади, ундан сифатли пўлат, алюминий ва бошқа рангли металл ҳамда уларнинг қотишмаларидан тайёрланган материалларини ишлаб чиқаришда ва ҳар-хил абразив материалларни ишлаб чиқаришда қўлланилади.

Углеграфит электрод материалларини кўплаб, йилига бир нечта минг тонналаргача ишлатадиган корхоналар металлургия, алюминий ишлаб чиқариш ва кимёвий ишлаб чиқариш корхоналари киради. Бунда пўлат ишлаб чиқаришга электр ёйини ҳосилқиладиган электрод ҳисобланса, алюминий ишлаб чиқаришда графит катод вазифасини ўтайди.

Агрессив муҳитларга бардошли углеграфит материаллари. Оддий атроф-муҳит ва унчалик юқорибўлмаган температураларда углеграфит материаллари деярли барча кислота ва ишқорларга турғун материал ҳисобланади.

Графит материали ўзига хос ажойиб физик- механик хоссалардан ташқарикўпчилик муҳитларда коррозиябардош материал ҳисобланади. Шунинг учун ундан кимёвий корхоналарда ишлатиладиган асбоб-ускуна ишчи деталларини ишлаб чиқаришда кенг фойдаланилади.

Бунда асосий эътибор графит материалнинг ишлов берилаётган материал ёки агрессив кимёвий суюқликлар билан мутлақо таъсирлашмаслиги инобатга олинади. Барча турдаги графит материаллари турли материалларга ишлов

берувчи дастгоҳларда ишлов бериш имконияти бўлгани учун ундан конструкцион деталлар ишлаб чиқишда қўл келади.

Графит материалдан агрессив муҳитларда ишловчи насос роторлари, зичловчи ҳалқалар, иссиққабардош торецли зичлагичлар, реактор камералари, кислота ва ишқорларни ҳайдовчи қувурлар ва шунга ўхшаган деталлар ишлаб чиқарилади.

Графит материалнинг кимёвий турғунлиги улардан турли моддаларни пуркаш учун саплолар, фарсункалар, филлерлар, плиталар ва турли реакторлар деталларини ишлаб чиқаришда ишлатилади.

Антифрикцион углеграфит материаллари. Маълумки кўпчилик корхоналарида ишлатиладиган дастгоҳ ва қурилмаларда мойлаш чегараланган ёки мутлақо таъқиқланган бўлади. Бундай ҳолларда шарикли думаланиш подшипникларни ишлатиш ёки уни у ерга лойиҳалаб жойлаштириш имконияти чекланган бўлгани учун антифрикцион сирпаниш подшипниклари ишлатилади.

Антифрикцион подшипниклар асосан ишқаланиб ишлагани учун шарик подшипникларга қараганда тезда ишдан чиқиб қолади. Бунинг асосий сабабларидан бири ишқаланиб ейилиш ҳисобланади. Ишқаланиб ейилишга бардош бўлиши учун материалларнинг ўзига хос табиий хоссалари бўлиши керак бундай хоссаларга антифрикцион хосса деб аталади. Графит материаллари барча материалларга қараганда антифрикцион хоссалари жуда юқори ҳисобланади шунинг учун ундан сирпаниш подшипниклари ишлаб чиқарилади. Буни устига графит материалнинг ўзи мойловчи материаллар туркумига киради. Демак, графит материалдан ишлаб чиқарилган сирпаниш подшипниклари ишлаш жараёнида ўз-ўзини мойлаб туриш хусусиятига эга экан шунинг учун улар шарикподшипник материаллари каби узоқ муддат ишлаб туриши мумкин.¹⁰

Ҳозирги пайтда бундай материалларни ишлаб чиқариш ва корхоналарда қўллаш жуда жадаллик билан ривожланаяпти. Ишлаб чиқаришда ишлатиладиган углеграфит асосли антифрикцион материаллар марклари ОГ-600, АОГ-1000 ва АОГ-1500 материаллари ҳисобланади. Бу материаллар антифрикцион хоссалага эга материаллар ҳисобланади

¹⁰E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (230-240 p.p.)

3.5 Углерод асосли материалларни ишлаб чиқариш технологияси

Углерод асосли материаллар асосан кукун металлургиясининг технологик усуллари ёрдамида ишлаб чиқарилади. Углерод асосга эга бўлган электротехник материал ишлаб чиқариш технологиясини кўриб чиқамиз. 75 кВ қувватига эга бўлган электрмашинани учун «Г» сирпаниш контакт материаллини маҳаллий хомашёдан ишлаб чиқариш технологик босқичлари ва жараён параметларини кўриб чиқамиз. Г –маркали графит сирпаниш контакт материаллини ишлаб чиқариш технологик босқичлари 4.2-расмда схематик равишда келтирилган.



4.2-расм. Г – маркали сирпаниш контакт материаллини ишлаб чиқариш технологияси

Хомашё материаллари ва уларни ишлаб чиқаришга тайёрлаш. Барча турдаги углерографит материалларини ишлаб чиқариш учун асосий хомашё табиий ёкий сунъий равишда олинган углерод материаллар. Табиий углерод материалларга антрацит ва табиий графит киради. Углерографит материалларини ишлаб чиқаришда хомашё таркибини деярли 70-80% сунъий равишда олинган углерод материаллари ташкил этади.

Сунъий углерод материаллари одатда углерод бирикмаларига эга бўлган органик газ ёки суюқликлардан ҳамда қаттиқ моддалардан ишлаб чиқилади. Углерод бирикмаларининг газ ҳолатдаги материалларни қайта ишлаш натижасида турли маркаларга эга бўлган сажа (углерод кукуни) ишлаб чиқарилади, суюқ бирикмалардан эса- нефт кокси ишлаб чиқарилади. Хомашё материалларининг физик-механик ва бошқа махсус хоссалари улардан ишлаб чиқарилган материалнинг физик-механик хоссаларини белгилаб беради. Чунки,

ишлаб чиқарилган материал билан уни ишлаб чиқаришда қўлланган хомашёнинг физик-механик хоссалари бир-бири билан чамбарчас боғлиқ бўлади. Углеграфит материалларини ишлаб чиқариш учун зарур бўладиган хомашёларни шартли равишда икки гуруҳга бўлиш мумкин: қаттиқ кукун углерод хомашёлари, боғловчи углерод хомашё материаллари ва қўшимча легирловчи кукун материаллари.

Графит материалларини ишлаб чиқаришда у ёки бу турдаги хомашёни танлаш юқорида айтиб ўтилганидек ишлаб чиқарилаётган материалга қўйилган талабга боғлиқ равишда танланилади. Чунки ҳар бир углерод хомашё материаллари ўзига яраша физик-механик хоссаларга эга бўлиб улар материалнинг бўлғуси хоссаларини белгилаб беради, мисол: сирпаниш контакт материалларида графит кукун деярли 80-90% ни ташкил этиши керак. Бундай бўлиши материалнинг электр ўтказувчанлиги билан боғлиқ. Графит материалларнинг электр ўтказувчанлиги углерод материалларнинг электр ўтказувчанлигидан анча яхши. Аммо ишлаб чиқарилаётган материал таркибида графит материалнинг ортиб кетиши унинг мустаҳкамлигига салбий таъсир кўрсатади, чунки графит одатда юмшоқ бўлиб углерод материалларга қараганда мустаҳкамлиги паст. Шунинг учун материалнинг барча хоссалари бир-бири билан уйғунлашган ҳолда унга хомашё рецептураси танланади.¹¹

Антрацит - бу углеграфит материалларини ишлаб чиқаришдаги асосий хомашё бўлиб уни электротехник, электрод, иссиққабардош ва металлларни эритиш учун ишлаб чиқариладиган тигил графит ва шунга ўхшаган материалларини олишда асосий материал таркибига қўшилади. Антрацит қўшилиши, ишлаб чиқарилаётган материалнинг электр ўтказувчанлигини ва иссиққабардошлигини оширади. Коксдан фарқли ўларок антрацит қўшилган графит материалнинг механик хоссалари бироз юқори кўрсаткичга эга бўлади. Бу эса мустаҳкам графит блокларини ишлаб чиқаришга имконият яратади.

Хомашё сифатида қўлланиладиган антрацит қуйидаги талабларга жавоб бериши керак: юқори электр ўтказувчан, юқори механик мустаҳкамлик, иссиқбардошли, кам қўшимчали бўлиб унда олтингугурт миқдори бўлмаслиги талаб этилади.

Антрацит материалнинг асосий камчилиги шундаки, улар қиздирилганда иссиқликдан дарзлар ҳосил қилишга мойил бўладилар, унинг бу

¹¹E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (450-455 p.p.)

хусусияти қиздириш тезлигига боғлиқ бўлиб қиздириш тезлиги ортиши билан дарзлар сони ортади. Атрацитнинг бундай хусусияти ундаги кристалл ўзгаришлари билан боғлиқ. Шунинг учун рецел таркибида унинг фоиз миқдори чегараланган қийматларда бўлади.

Графит - кукун материали деярли барча углеграфит материалларини ишлаб чиқаришда қўлланилади (айниқса электротехник материалларда). Графит кукун углеграфит материалларини ишлаб чиқаришда турли мақсадларда қўшиш мумкин бўлиб улардан энг асосий материалга юқори электр ўтказувчанлик бериш ва материални антифрикцион хоссаларини ошириш. Қўшилган графит материали ишлаб чиқарилаётган углеграфит материалнинг механик хоссаларига таъсир қилиб уни бироз бўлсада пасайтиради. Бундан ташқари графитнинг бошқа углерод материалларига қўшилиши натижасида кукун аралашмасини пресслаб ишқалланишига яхши таъсир кўрсатади. Бунинг учун кокс ва бошқа компонентлардан иборат бўлган хомашё материалга 4-6% графит кукунни қўшилади.

Графит кукун материалнинг асосий кўрсаткичларига ундаги бегона қўшимчалар миқдори ва кукун заррача ўлчамларининг бир-хиллиги ҳисобланади. Табиий қазиб олинган графит хомашё материалларида қўшимчаларнинг бўлишлиги табиий бўлиб, улар қай жойдан қазиб олинганлиги билан изоҳланади. Табиий графит таркибида ҳамма вақт селикатлар, кварц ва калцит бўлади. Аммо буларнинг миқдори графит қазиб олинган жойга боғлиқ. Графит материалнинг таркибидаги қўшимчалар унинг барча хоссаларига ёмон таъсир кўрсатади бу эса ундан ишлаб чиқарилган материалнинг хоссаларида ўз изини қолдиради.

Кокс – бу углеграфит материалларини ишлаб чиқариш учун энг зарур хомашё материали бўлиб уни икки турда бўлиши мумкин: биринчи тури нефт кокси бўлиб нефт маҳсулотларини қайтаюқори температурада ҳайдалишидан ҳосил бўлган қолдиқ бўлиб унга нефт кокси дейилади; иккинчи тури бу тошкўмирни ҳавосиз жойда қайтақиздириб ҳайдалишидан ҳосил бўлган тошкўмир печининг чиқинди маҳсулоти, унга тошкўмир печ кокси дейилади.

Нефт коксининг хоссалари уни ишлаб чиқаришда қўлланилган нефт хомашёсининг таркиби ва турига боғлиқ. Шунинг учун нефт кокси икки турга бўлинади: крекинг ва пиролиз нефт кокси. Бундан ташқари уларни қайта ишлашда қўлланиладигандастгоҳ ва технологик параметрларга кўра улар ҳам бир нечта турга бўлинилади. Бу эса углеграфит материалларинг хоссаларига

таъсир кўрсатади. Крекинг ва пиролиз кокслари микроструктураси ишлаб чиқарилаётган углеграфит материалнинг хоссаларига таъсир кўрсатиб уларни эксплуатацион хоссаларини белгилаб беради.

Тошқўмир смоласи. Углеграфит материалларини ишлаб чиқаришда боғловчи материал сифатида асосан юқори температураларда қиздирилган пайтда кокс ҳосилқилувчи суяқ ёки 70-80° С қиздирилганда суяқладиган материаллар ишлатилади. Бу материаллар таркиби углероднинг органик ёки ноорганик бирикмалари бўлиши шарт, чунки бундай бирикмалар юқори темпреатураларгача қиздириш жараёнида кокс ҳосилқилиб майда кукунлардан ташкил топган материални бир бири билан мустаҳкам боғланишини таъминлайди.

Ҳозирги пайтда барча турдаги углеграфит материалларини ишлаб чиқариш учун асосан тошқўмир смоласи қўлланилади. Тошқўмир смоласи қиздирилганда суяқланиш температурасига қараб ҳар хил турларга бўлинади. Углеграфит материалларини ишлаб чиқариш учун асосан тошқўмир смоласининг 50 -70 °С да суяқланадиган туридан фойдаланилади. 2.1-жадвалда Г – маркали сирпаниш контакт материални ишлаб чиқариш учун зарур бўлган хомашё материаллар турлари ва уларнинг шихта таркиби келтирилган.

2.1-жадвал

Г – маркали сирпаниш контакт материалнинг шихта таркиби

Кукун хомашё материаллари	Сифат талаби	Рухсат этилган олтингугурт миқдори, %	85% кукун заррача ўлчами, мкм,	Шихтадаги миқдори, %
Графит	ГОСТ7478-75	-	30	75
Кокс	ТУ 1234-786	0,035	15	7
Антрацит	ГОСТ 3457-81	-	15	7
Смола	ТУ 1567-056	0,055	-	3
Мис	ГОСТ 4960-75	-	15	8

Хомашё материалларини ишлаб чиқаришга тайёрлаш. Кукун материаллари корхона омборхоналарида талабга жавоб берадиган шароитларда

сақланиши керак бўлиб улар узоқвақт давомида сақлангани боис ўзига намлик ютиб олиши ва бунинг натижасида кукунлар бир бирига ёпишиб қолиши ва шунга ўхшаш нуқсонларга эга бўлиб олишади. Бу нуқсонлар ишлаб чиқарилаётган материалнинг физик-механик хоссаларига кучли салбий таъсир кўрсатади. Шунинг учун ҳарқандай кукун хомашё материални сақланиш муддатидан қатъий назар бир қатор ишлаб чиқаришга тайёрлаш технологик жараёнларидан ўтказишади. Кукун хомашё материалларига бериладиган тайёрлов технологик жараёнлар ва уларнинг асосий параметрлари 2.2-жадвалда келтирилган¹²

2.2-жадвал

Кукун материалларни ишлаб чиқаришга тайёрлаш технологик операциялар турлари ва уларнинг режимлари

Кукун турлари	Тайёрлаш технологик операцияси	Технологик операция режимлари
Мис кукуни	Элакдан ўтказиш	Элак сеткасининг рақами 009
	Қайта тиклаб қуритиш	Водород муҳити, қиздириш ҳарорати 600-730°C, ушлаб туриш вақти 0,5 – 2 соат
Графит, кокс ва антрацит кукуни алоҳида	Майдалаш	Шарли тегирмонларда, 150 ай/мин, 24-44 соат
	Элакдан ўтказиш	Элак сеткасининг рақами 016-0045
	Қуритиб юмшатиш	Водород муҳити, қиздириш ҳарорати 1000-1100°C ушлаб туриш вақти 1-2 соат
Тошқўмир смоласи	Аралаштириш	Ўз идишида 60-70 °C қиздириб тез-тез 1-2 соат давомида чайқатиш

Ишлаб чиқариш турига кўра кукун хомашё материалларини ишлаб чиқаришга тайёрлашдаги қуритиш жараёни тўхтамасдан ишловчи печлардан

¹²E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (450-455 p.p.)

фойдаланиш мумкин. Бу печлар ичидаги муфели ўз ўқи атрофида айланиб туради ва ундаги қиздириш температураси 1000-1100 °С бўлиб бу кукун материалларни қуритиш учун кифоя ҳисобланади.

Кукун материаллар қуритилгандан кейин улар керакли даражада фракцияларга ажратилади. Фракцияларга ажратиш асосан механик тебраниб турувчи элакларда амалга оширилади. Бунда ҳар-хил ячайкаларга эга бўлган элаклар бўлиб, улар кукун ўлчамларига биноан фракцияланади ҳар бир фракция ўз идишларига қуйилиб йирик заррачалар майдалаш бўлимасига элакдан ўтган кукунлар шихта тайёрлаш бўлималарига жўнатилади.

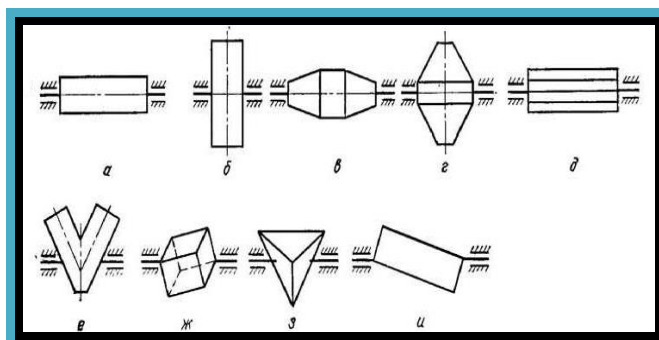
Кукун хомашё материалларини аралаштириб шихта тайёрлаш. Кукун материалларини бир-бири билан аралаштириш технологик жараёни муҳим жараёнлардан бири бўлиб, унинг тўлиқ бажарилиши турли кукунларни бир-бири билан аралаштириш даражаси билан аниқланади. Кукунларнинг бир-бири билан юқори даражада аралаштириш усули ва аралаштириш вақти билан аниқланади. Кукун материалларни бир-бири билан аралаштириш усуллари жуда кўп бўлиб, шулардан кукун металлургиясида кенг тарқалган турларига: шарли тегирмонларда аралаштириш, катта идишларда чайка шоркали аралаштириш, ёпик идишларни планетар ҳаракат орқали аралаштириш ва яна бир қатор шунга ўхшаш турларга бўлинади.

Шихта материалнинг таркибига кўра аралаштириш: бир маротаба (фақат қуриқ кукунлар) ёки икки маротаба (суёқлик хоссага эга бўлган компонент) аралашти. Агар шихта таркиби фақат кукун материаллардан ташкил топган бўлса бир маротаба аралаштириш кифоя ҳисобланади, аммо кўпхолларда кукун компонентдан ташқарисуюқ компонент ҳам киритилади. Бундай ҳолларда олдин кукун компонентлар бир-бири билан аралаштирилади кейин эса улар суёқ компонент билан аралаштирилади.

Бирламчи аралашмани тайёрлаш. Бирламчи аралашмани тайёрлаш деганда асосан фақат кукун материалларни бир-бири билан аралаштириш тушунилади. Графит материалларини ишлаб чиқаришда (2.1-жадвалга қаранг) олдин кукун материаллар: графит, кокс, антрацит ва мисс кукунлари бир-бири билан аралаштирилади.

Контакт ишлаб чиқаришда бирламчи аралаштириш асосан катта идишларда чайқаш орқали амалга оширилади. Чайқаш жараёнида кукун солинган идишлар шакли турлича бўлиши мумкин (2.2-расм). Идишлар ўз ўқи атрофида маълум тезлик атрофида айлантирилади. Буни натижасида идишнинг шакли қанча

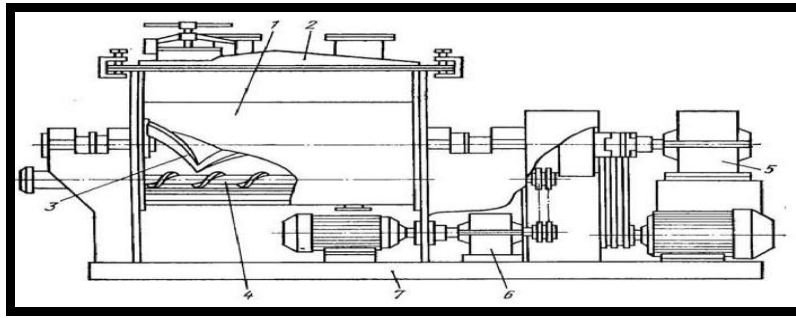
мураккаб бўлса, идиш ичидаги кукунларнинг аралаштириш ҳаракати шунча мураккаб бўлади. Агар идишлар оддий шаклга эга бўлса (2.2-расм, а ва д) идишнинг ичига аралаштрувчи жисмлар киритилади. Бундай жисмлар шар, квадрат ёки цилиндр шаклида бўлиши мумкин. Улар кукунларни бир-бири билан аралаштиришни таъминлайди.



2.2-расм. Аралаштириш идишларининг геометрик шакллари.

Аралаштириш жараён параметрлари, аралаштириш тезлиги ва аралаштириш вақти ҳисобланади. Кукун материалларин аралаштириш вақти энг кам бўлган 12 соат бўлиши мумкин, аксарият ҳолларда аралаштириш вақти 24 соатдан 75 соатгача боради. Аралаштириш тезлиги унча катта бўлмаслиги керак бу аралаштириш эффеқтини пасайтиради шунинг учун аралаштириш жараёнида барабан ёки конуснинг ўз ўқи атрофида айланишлар сони камида 100 айл/мин кўпи билан 200 айл/мин бўлиши керак.

Иккиламчи аралаштириш. Иккиламчи аралаштириш деганда бир-бирига аралаштириб тайёрланган кукун материалларга суюқлик яъний боғловчи модда билан аралаштириш тушунилади. Бунда иккинчи компонент хоссасидан келиб чиққан ҳолда жараён қиздирилиб ёки хона ҳароратида олиб борилиши мумкин. Графит материалларини ишлаб чиқаришда суюқ компонент сифатида тошкўмир смоласи киритилади. Бу компонент 60-70 °С ҳароратгача қиздирилганда жуда суюқҳолатга ўтади, аммо хона ҳароратида кам ҳаракатланувчан қовушқоқ модда. Шунинг учун кукунларни у билан аралаштириш учун аралаштириш 70-80 °С ҳароратларда қиздириб олиб борилади. Суюқ компонентларни кукун компонентларга аралаштириш қурилмаси 2.3-расмда кўрсатилган



2.3-расм. Шнекли аралаштириш ускунаси

Шнекли аралаштириш қурилмаси махсус қиздириш системасига эга бўлиб у пар ёрдамида ишлайди. Бунда унинг ҳарорати 200 – 250 °С гача кўтарилиши мумкин.¹³

Аралашмани майдалаш. Аралашма тайёр бўлгач махсус идишларга шнекли аралаштириш ускунасидан чиқариб юборилади. Аралашма таркибидаги суюқ ҳолдаги тошкўмир смоласи атроф муҳит ҳароратигача совигандан кейин аралашма кукунлари бир-бирига ёпишиб қисман қотиб қолади. Шунинг учун улар яна шарли тегирмонларда қайта майдаланади ва керакли кукун заррача ҳосил бўлгандан кейин элакларда эланиб шихта кукунлари тайёр бўлади. Элакдан ўтмаган кукунлар яна майдалашга қайтариб юборилади. Элакдан ўтган фракция шакллаш жараёнига жўнатилади. Г – маркали сирпаниш контактларини ишлаб чиқаришда шихта материални тайёрлашдаги технологик параметрлар 2.3-жадвалда келтирилган

2.3-жадвал

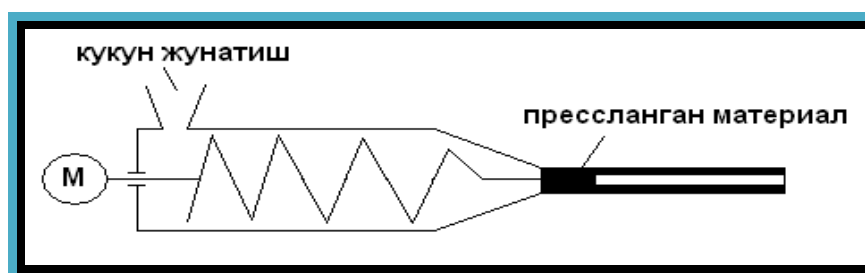
Шихта тайёрлаш технологик параметрлари

Аралаштириш тури	Ускуна модели	250 кг. Аралашма		Аралаштириш тезлиги, ай/мин	Қиздириш ҳарорати, °С	Аралаштириш вақти, соат
		таркиби, %	массаси, кг			
Бирламчи аралаштириш	Куб идишли СК250/10 -150	Графит - 75	187,5	100	-	24
		Антрацит - 7	17,5			
		Кокс - 7	17,5			
		Мис - 8	20			

¹³E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (445-450 p.p.)

Иккаламчи аралаштириш	Шнекли СШ250/1 0-20	Куқунлар -73	242,4	10	80	24
		Тошқўми р смоласи - 7	7,6			
Шарли тегирмонд а майдалаш	Шарли тегирмон ШМ250/1 00-300	Аралашма	250	100	-	24
Элакдан ўтказиш	Элак №009	Аралашма	250	100	-	-

Аралашмани шакллаш. Г – маркали сирпаниш контактини ишлаб чиқариш учун шихта куқун материалдан прессланиб шакллаш усулида блоклар ясалади. Блокнинг кўндаланг кесими сирпаниш контактининг кўндаланг кесимига тенг қилиб шаклланади. Блокларни пресслаб шакллаш махсус мундштуклаш пресс-ускуналарида олиб борилади. Блокларни пресслаб шакллаш схемаси 2.4-расмда келтирилган. Пресслаб шакллаш жараёни жуда муҳим жараёнларидан бўлиб унда шихта куқун материали детал шаклига келтирилади. Бунда асосий талаб ҳосил бўлган пресс-брикет бошқа технологик жараёнларни, қиздириб пишириш печига транспортировка этиш ва унга жойлаштириш операцияларида ўз шаклини йўқотмайдиган даражада мустаҳкам бўлишлиги ва қолдик ғоваклик миқдори 25-30% дан катта бўлмаслиги талаб этилади.



2.4-расм. Блокларни тўхтамасдан шакллаш ускунаси

Шакллаш технологик жараён параметрлари: шакллаш босими ва шакллаш тезлиги. Шакллаш босими олдиндан ҳисобланган бўлиб у материалнинг қай даражада руҳсат этилган ғоваклигига боғлиқ. Мутлақо ғовакликга эга бўлмаган пресс-брикет олиш учун жуда юқоришакллаш босими талаб этилади. Жуда яхши шаклланадиган куқунлар учун шакллаш босими 10-

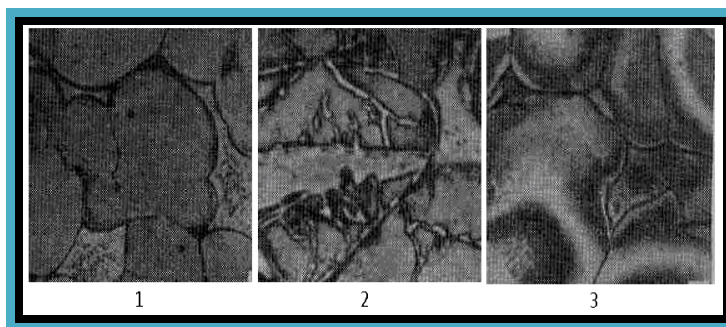
15 т\см²ташқил этиб босимнинг катталигидан прессс-қолиплар тез таъмирлашга келиб қолади. Бундан ташқари тўхтамасдан шакллаб блоклар олишда босим қийматини катта бўлишлигини таъминлаб бўлмайди. Чунки катта босимда (2.4-расм) ускуна шинекини ҳаракатлишини тўхтатиб қўяди.

Блокларни тўхтамасдан шакллашда босим меъёрлари 4-5 т/см² атрофида танланилади, бунда қолдиқ ғовақлик 25-30% ташқил этади.

Қиздириб пишириш, шимдириш ва графитлаш. Қиздириш жараёнида пресс-брикет блоклари материалдан кутилаётган асосий физик-механик хоссаларга эга бўлиб олади. Бу технологик жараёнда энг муҳими қиздириш температураси, қиздириш вақти ва қиздириш муҳити.

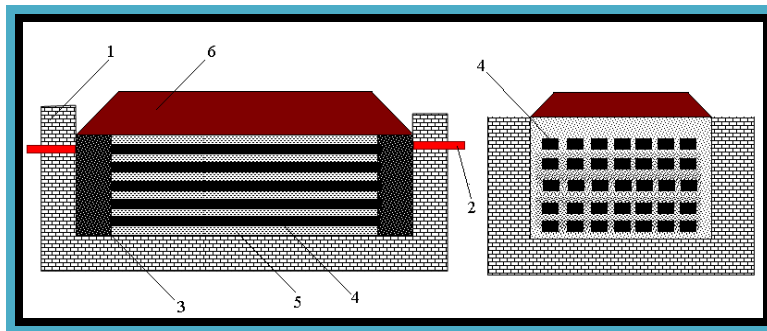
Углерод материалларини ишлаб чиқариш учун қиздириш температураси ками билан 1500 °С кўпи билан 2200 °С оралиғида бўлиши мумкин. Прессс-брикетларни қиздириш натижасида ундаги боғловчи тошқўмир смоласи кокс ҳолига келиб мустаҳкам кукунлар аро боғ ҳосилқилади. Ҳарорат кўтарилган сари кокс ва антрацит аста секин графитлаша бошлайди. Бунда турли компонентлардан ташқил топган шихта материали хоссалари бир-бирига яқин яхлит битта материалга айлана бошлайди. Унинг таркибига кирган металл компонентлар асосий материалнинг доналар чегарасида мустаҳкам боғланиб бошлайди.

Қиздириб пишириш, шимдириш ва графитлаш жараёнидан ўтган Г – сирпаниш контакт материалнинг микроструктураси 2.6-расмда келтирилган.



2.5-расм. Қиздириб пишириш (1), шимдириш (2) ва графитлаш жараёнидан ўтган Г – маркали сирпаниш контакт материалнинг микроструктураси, х500

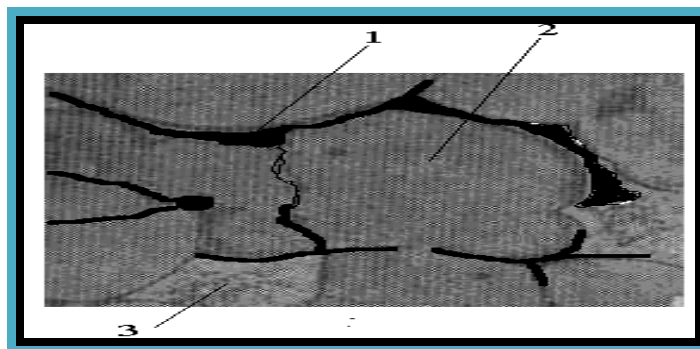
Қиздириб пишириш. Углерод материалларини қиздириб пишириш жуда юқориҳароратли 1500 °С жараён бўлиб, махсус печларда амалга оширилади. Печни қиздириш эса хомаки шакланган блокнинг электр қаршилиқ ҳисобига амалга оширилади, чунки прессбрикет электр ўтказувчи материаллардан ташқил топган. Блокларни печга жойлаштириш ва қиздириб пишириш жараёнини ўтказиш схемаси 2.6-расмда келтирилган



2.6-расм. Қиздириб пишириш ванна печи: 1 – иссиққабардош ғиштдан ясалган ванна; 2 – юқори ток кучини киритиш контактлари (мисдан); 3 – электр ўтказувчи кукун (пресс-брикетлар билан боғланган); 4 – пресс-брикетлар; 5 – электр ўтказмайдиган кукун; 6 – пресс-брикетларни атмосферадан ҳимояловчи кукун.

Печнинг контактларига (2.6-расм, 2) юқори кучга 250-500 А ток ва кичик кучланиш 15-30 В берилганда ток олдин (2.6-расм, 3) кукун орқали пресс-брикетларга ўтади, бунинг натижасида пресс-брикетлар аста секин қизий бошлайди ва 5-7 соатнинг ичида уларнинг ҳарорати 1500 °С гача кўтарилади. Шу температурада яна 3-5 соат ушлаб турилади. Юқори температура таъсирида тошкўмир смоласи аста-секин кокслана бошлайди ва материалга бошланғич физик-механик хоссаларни беради. Печ манбадан ўзилгандан кейин 7-8 соат давомида совийди. Совиган материнли эҳтиёткорлик билан печ ваннанинг ён тамонидаги ғиштларни бузиб блоклар печдан олинади.¹⁴

Илк бор қиздирилиб пиширилган блоклар юқори ғовакликга 25-30% эга бўлиб уларнинг эксплуатацион хоссалари ҳалитўликшаклланмаган бўлади. шунинг учун улар шимдириш жараёнига жўнатилади. 2.7-расмда илк бора қиздириб пиширилган углеграфит блокининг микроструктураси келтирилган.

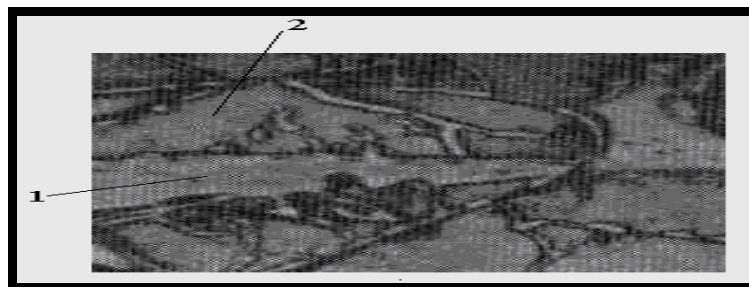


2.7-расм. Илк бора қиздириб пиширилган углеграфит микроструктураси, х250:
1 – ғоваклик (қора доғлар); 2 – графит заррачаси; 3 - коксга айланган тошкўмир смоласи;

¹⁴E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (490-500 p.p.)

Шимдириш. Илк бора қиздириб пиширилган углеграфит материалларига юқори физик механик ва эксплуатацион хоссаларни бериш учун энг аввало уларга керакли даражадаги зичликни бериш керак. Шунинг учун ғовак материал қиздириб суюқлантирилган тошкўмир смоласига шимдирилади. Шимдириш жараёни тўлиқлигини таъминлаш мақсадида шимдириш технологик параметрлари танланилади. Бу параметрларга шимдириш температураси ва шимдириш вақти киради. Шимдириш температураси шимдирилаётган тошкўмир смоласининг эриш температурасига боғлиқ бўлиб у 60-70 °С атрофида бўлади. шимдириш вақти эса 10 – 15 соат давом этиши мумкин.

Шимдириш жараёни пўлатдан ясалган ванналарда амалга оширилади. Бунда пўлат ванна кўш деворли бўлиб буғ ёрдамида қиздирилади. Қиздирилган ваннадаги тошкўмир смоласи суюқҳолга келгандан кейин унга блоклар ботирилиб кўйилади. Ҳозирги пайтда суюқ тошкўмир смоласига ультратовуш таъсирида шимдириш жараёнини тезлатишга эришилган бўлиб у 3-4 соат давом этади. Шимдириш жараёнидан ўтган углеграфитнинг микроструктураси 2.8–расмда кўрсатилган.



2.8-расм. Шимдириш жараёнидан ўтган блокнинг микроструктураси, х250: 1 – тошкўмир смоласи; графит ва кокс кукунлари

Графитлаш. Графитлаш технологик жараёни қиздириб пишириш жараёнидан фақатҳарорати ва ушлаб туриш вақти билан фарқланади. Графитлаш жараёнида барча углеродга эга бўлган тошкўмир смоласи, антрацит ва кокс юқорихарорат таъсиридан кристалл панжараларини ўтгартириб графитлаша бошлайди. Графитлаш ҳарорати хомашёнинг таркибига боғлиқ бўлиб қўшимчалар миқдори ошиши билан графитлаш ҳарорати кўтарилади. 2.4–жадвалда турли қўшимчаларга эга бўлган хомашёнинг графитлашув ҳарорати келтирилган.

Углеродли хомашёнинг таркибидаги кўшимчалар миқдори ва графитлашиш ҳарорати

Кўшимчалар турлари	Тозаланмаган хомашё		Тозаланган хомашё 3000 °С
	2500 °С	2800-3000 °С	
Кремний	$9,4 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Темир	$3,1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Ванадий	$3 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Титан	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Алюминий	$4 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$
Кальций	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	-
Бор	$5 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-4}$

2.4-жадвалдан кўринадики баъзи элементлар углерод материалларни графитлашув жараёнига ижобий таъсир этади, мисол углерод материалда темирнинг миқдори 0,031% дан 0,001% камайиши унинг графитлашув ҳароратини 2500 дан 3000 °С га оширади. Бундан ташқари юқори ҳароратларда графитлашиш жараёнидан ўтган графит материалларнинг электро-физик хоссалари юқори бўлади. Қиздириб пишириш, шимдириш ва графитлаш технологик жараёни учун аниқланган технологик кўрсаткичлар 2.5-жадвалда келтирилган.

Қиздириб пишириш, шимдириш ва графитлаш технологик жараён параметрлари

Технологик жараён босқичлари	Ускуна номива модели	Жараён ҳарорати, °С	Жараён давомлиги, соат	Материал ғоваклиги, %
Қиздириб пишириш	Тўғри қиздиришпеч ванна ППН4.1,5/1000-3000	1500	24	25-30
Шимдириш	Буғ пўлат ваннаси ППВ4.1,5/40-250	80	24	-
Графитлаш	Тўғриқиздириш печ ваннаси ППН4.1,5/1000-3000	2800	48	Кўпи билан 0,1 гача

Механик ишлов бериш. Графитлашув жараёнидан ўтган блокларнинг кўндаланг ўлчами сирпаниш контакт кўндаланг ўлчами билан тенг бўлиб узунлиги 4,0 м ташкил этади. Шунинг учун ундан сирпаниш контактларини кесиб олишади ва уланиш симни жойлаштириш учун унга тешик очилади. 2.6–жадвалда сирпаниш контактининг механик ишлов бериш технологик картаси келтирилган.

2.6-жадвал

Сирпаниш контактини механик ишлов бериш технологик жараёни

		<p>Г – маркани контакт кесмаси ва эскизи: 1 – графит; 2 – улагич; 3 – мис сим</p>
<p>Механик ишлов тури</p>	<p>Жараён схемаси</p>	<p>Ишлов бериш дастгоҳ модели</p>
<p>1. Блокларни бўлаклаш</p>		<p>Горизонтал фрезалаш ФСГ457 1 – блок; 2 – фреза; 3 – контакт бўлаклари</p>
<p>2. Пармалаш</p>		<p>Вертикал пармалаш агрегати ВСА6-45 1 – парма; 2 – контакт бўлаги</p>
<p>3. Симни улаш</p>		<p>Симни улаш Пяльник Э100 1 – контакт; 2 – эриган қотишма; 3 - сим</p>

Сим улаш. Сирпаниш контакти ташқи электр манбаига уланиши учун контакт танасига мисдан ясалган кўндаланг кесим юзаси 15 мм² узунлиги 100 мм бўлган мисдан ясалган сим уланади (2.6-жадвал, 3). Симни контакт танасига улаш учун унда махсус тешик бўлиб унга сим уланувчи қотишмаси билан бирга жойлаштирилади ва махсус қиздиригич ёрдамида симдаги қотишма эригунча қиздирилади. Эриган қотишма графитга сингиб қотади ва симни жойда маҳкам ушланиб қолишини таъминлайди. Уланувчи қотишма сифатида аксарият

ҳолларда эриш температураси 700-850 °C га яқин бўлган қотишмалар танланади. Бу қотишмаларга кўйиладиган асосий талаб у графит билан намланиш даражасига эга бўлиши ва графит билан кимёвий киришмаслиги керак.¹⁵

Назорат саволлари:

1. Графит ва унинг структураси қандай тузилган?
2. Углеграфит материалларни қўланилиши сохаларини санаб ўтинг ?;
3. Углерод асосли материалларни ишлаб чиқариш технологияси қандай амалга оширилади ?

Фойдаланган адабиётлар:

1. Inagaki & Kang, Materials Science and Engineering of Carbon: Fundamentals, 2nd Edition, Elsevier 2014
2. Callister William D. , Materials science and engineering, Wiley and Sons UK, 2015
3. T Fischer, Materials Science for Engineering Students, 1st Edition, Elsevier 2008
4. E Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007
5. Kostorz, Gernot., Phase transformation in materials, Wiley-VCH 2005

4-мавзу: Турли шароитларда ишлатиладиган буюм ва деталлар учун материалларни танлаш. Термохромик материаллар.

Режа:

1. Қаттиқ ҳолатда фаза ўзгаришларининг умумий қонуниятлари
Фаза ўзгаришлар термодинамикаси.
2. Фаза ўзгаришларда фазалараро чегараларнинг роли
3. Гомоген ва гетероген фазаларнинг ҳосил бўлиши
4. Фаза ўзгаришларининг кинетикаси
5. Легирловчи элементларнинг фазалар трансформациясининг критик нуқталарга таъсири. Аустенитнинг ҳосил бўлиш механизми
6. Совутишдаги ўзгаришлар. Аустенитнинг парчаланиши

Таянч сўз ва иборалар: эркин энергия, фаза, фазалар ўзгариши, фазанинг ички энергияси, температура, иссиқлик гистерезиси, фазалараро чегаралар: когерент; ярим когерент ва когерент бўлмаган, гомоген ва гетероген фазалар, фазалар ўзгаришларининг кинетикаси, фазалар трансформациясининг критик

¹⁵E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (480-490 p.p.)

нуқталар, аустенит, аустенитнинг ҳосил бўлиш механизми, легирловчи элементлар, совутишдаги ўзгаришлар, аустенитнинг парчаланиши, аустенитнинг изотермик парчаланиши диаграммаси.

4.1. Қаттиқ ҳолатда фаза ўзгаришларининг умумий қонуниятлари. Фаза ўзгаришлар термодинамикаси

Маълумки, доимий температура ва ҳажмда системада ўзи рўй берадиган ҳамма жараёнлар эркин энергиянинг камайиши томонга қараб кетади. Мувозанат ҳолат эркин энергиянинг минимал қиймати билан характерланади. Эркин энергия (ёки изоҳора-изотермик потенциал) системанинг характерлайдиган функцияси бўлиб, у қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$F \text{ қ } U - T \cdot S,$$

Бу ерда, U – ички энергия; S – энтропия; T – абсолют температура.

Металл қотишмаларда қаттиқ ҳолатда фаза ўзгаришлари нисбатан унча катта бўлмаган ҳажмни ўзгариши билан рўй беради. Термодинамиканинг биринчи ва иккинчи қонунларининг умумлаштирилган тенгламаларидан $(\delta F/\delta T)_v$ қ- S ва $(\delta^2 F/\delta T^2)_v$ қ - $(\delta S/\delta T)_v < 0$ кўриниб турибдики, биринчи ва иккинчи ҳосилалар манфий қийматга эга. Бу билан температура ошиши билан ҳар доим ҳам ички энергия камайиши кўрсатилади.

Фазанинг ички энергиясининг температурага боғлиқлигини кўрсатувчи эгри чизиқ температура ўқиға нисбатан эгилганлик ҳолатида бўлади (1 - расм).

Бир компонентли системадаги фаза ўзгаришларини, жумладан металлдаги полиморф ўзгаришларни кўриб чиқамиз.¹⁶

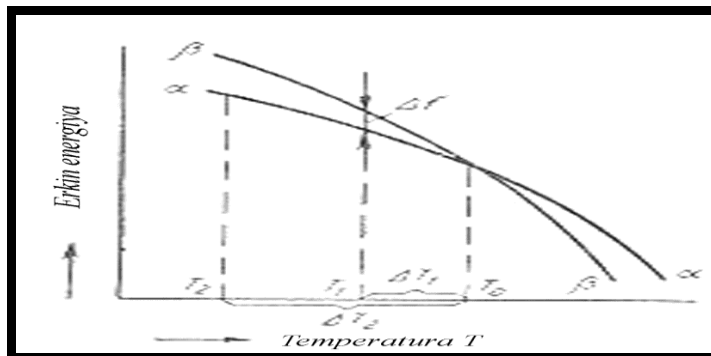
Агар бир компонентли системанинг икки фазаси мувозанат ҳолатида бўлса, бу фазаларнинг эркин энергиялари эгри чизиқлари ўзаро кесишади (1 - расм).

1 – расмдан кўриниб турибдики T_0 температурадан паст температурада α фаза β фазага қараганда кичик эркин энергияга эга бўлади. Бунда система ўзининг эркин энергиясини камайтиришга ҳаракат қилади, совутишда β фаза T_0 температурадан паст температурада α фазага айланади.

Совутишдаги температура ўзгариши қиздиришдаги тескари фаза ўзгаришлари температурасидан пастроқда жойлашган бўлади. Бу ҳодисани **ўзгаришнинг иссиқлик гистерезиси** дейилади. Масалан, оқ қалай кул ранг қалайга фақат кучли совуқликда айланади, лекин қалайнинг оқ ва кул ранг

¹⁶E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (420-430 p.p.)

модификациясининг мувозанат температураси $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$ га тенг. Икки фазанинг мувозанат турғунлиги температураси (T_0) билан совишдаги ҳақиқий ўзгариш температураси орасидаги фарққа **ўта совутиш даражаси** (ΔF) дейилади. Ўта совутиш даражаси совутиш тезлиги ошиши билан ошади.



1 –расм.Икки фазанинг эркин энергиясини температурага боғлиқлиги **4.2**

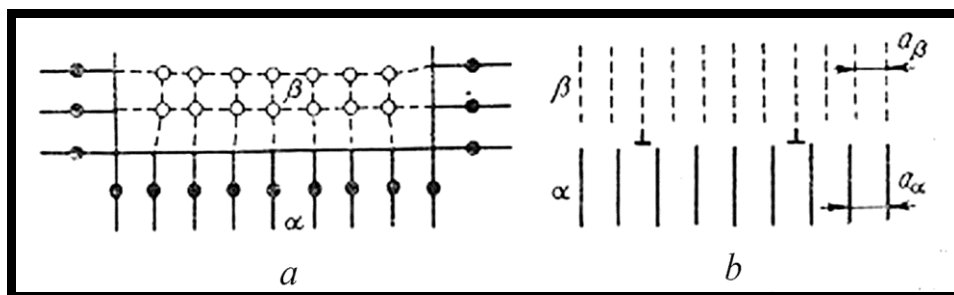
Фаза ўзгаришларда фазалараро чегараларнинг роли

Дастлабки фазанинг доналар куртаги чегарасидаги фазалараро энергия бу чегаралар тузилишига боғлиқ. Фазалараро чегаранинг учта тури мавжуд: **когерент, ярим когерент ва когерент бўлмаган.**

Когерент чегарада битта фазанинг чегараси секин-аста бошқа фаза панжарасига ўтади (2-расм, а): бу чегарада атомлар текислиги узилмайди, фақат бирмунча эгилади. Эластик деформация когерентликни таъминлаб, иккита фаза панжарасини аста-секин яқинлаштиради ва бўларда атомлараро масофа ҳар доим турлича бўлади. Агар янги фаза дастлабки фазадан бикр бўлса, когерент деформация асосан дастлабки фазага мослашади ва бунинг акси бўлиши мумкин. Агар кристаллараро иккита фаза когерент чегарага эга бўлса, у ҳолда иккала фаза ҳам когерент ҳисобланади.

Дона куртагининг ўлчами ошиши билан иккита фаза панжарасининг мос келмаслигининг компенсацияси юзага келган вазиятда фазаларнинг ҳамма бўлиниш текисликлардаги когерент деформацияси натижасида эмас, балки дислокация ҳисобига қисман энергетик жиҳатдан қулай ҳолатга келади (2 - расм, б). Бу дислокацияни структура ёки дислокациялар мос келмаслиги деб аталади. Бу фазаларнинг ораликларида икки фаза панжарасининг когерентлиги сақланади. Бундай тузилишга эга бўлган фазалараро чегара ярим когерент деб аталади. Панжараларнинг мос келмаслик даражаси қанчалик катта бўлса, ярим когерент чегарада дислокациялар зичлиги шунчалик катта бўлади. Икки фаза панжарасининг мос келмаслиги кўп жиҳатдан структураларнинг дислокациялари орасидаги масофани шунчалик камайдики, бунда ҳар бир фаза

ўзининг индивидуаллигини йўқотишгача боради. Бундай фазалараро чегара когерент бўлмаган чегара деб аталади.



2 – расм. α ва β фазалар кристаллар орасидаги когерентли (а) ва яримкогерентли (б) чегараларини тузилиши схемаси

Баҳолаш ҳисобларига муфовиқ, когерент чегаралардаги фазалараро энергия 200 Дж/м^2 , ярим когерент чегаралардаги фазалараро энергия $200\text{-}500 \text{ Дж/м}^2$ ва когерент бўлмаган чегаралардаги фазалараро энергия $500\text{-}1000 \text{ Дж/м}^2$ ни ташкил этади.

Йўналтирилган ўзгаришлар умумий қонуниятларга бўйсунди ва унинг моҳияти кенг маънода **П. Д. Данков** карашларида кўрсатилган бўлиб, уни йўналтирилган ва ўлчамга мос бўлган тамойил деб қаралган. У куйидагича таърифланади: ”каттиқ жисмлар сиртидаги кимёвий ўзгаришлар шу тариқа ривожланиб рўй бериши керакки, бунда дастлабки каттиқ фаза ва янги каттиқ фаза атомларининг конфигурацияси сақланиши лозим”. Кўрсатилган жараёнда янги фаза кристалл панжараси дастлабки фаза кристалл панжараси билан параметрлари бир - биридан минимал фарқ қиладиган ўхшаш кристалл текисликлар яқинлашади. Термодинамика нуқтаи назаридан икки фазани қонуниятли йўналиши сабаби анизотроп муҳитда “эски ва янги фазалар ўзаро яқинлашган, тўқнашган томонларда жойлашган максимал ўхшаш атомлар минимум сиртки энергияни таъминлаб беради ” (**С.Т. Конобеевский**).

Йўналтирилган ва ўлчамга мос бўлган тамойил ёки қисқача структурага мослик, яна бу **Данков – Конобеев тамойили** деб ҳам аталади, когерент фаза ҳосил бўлишида аниқ кўринади, лекин у йўналиш ва когерент бўлмаган дона куртагини аниқлаб беради. Бу ердаги қонуниятли йўналиш когерент бўлмаган чегарадаги энергияни камайтиради.

Структурага мослик тамойили янги фазада қонуниятли йўналган чўзилган кристалларни ҳосил бўлишини тушунтириб беради. Шлифларда булар бир иккинчисига параллел ҳолда ёки маълум бурчак остида жойлашган бўлади. Ушбу структурани видманштеттен структура деб аталиб, австриялик тадқиқотчи

А.Видманштеттен шарафига 1808 йил биринчи бўлиб кузатганлиги учун қўйилган.¹⁷

4.3. Гомоген ва гетероген фазаларнинг ҳосил бўлиши

Дастлабки фазани ҳажмининг турли жойларида тасодифий равишда янги фазаларни ҳосил бўлишига **гомоген фазаларни** ҳосил бўлиши дейилади.

Гомоген фазаларни ҳосил бўлиши механизмларидан бири критик куртакларни флуктуацион пайдо бўлиши ҳисобланади. Флуктуациядаги энергия ва миқдор хаотик иссиқлик ҳаракати натижаси бўлиб, унинг дастлабки фазанинг турли жойларида ҳосил бўлиши эҳтимоллик ҳарактерига эга. Шунинг учун бундай флуктуациялар базасида юзага келадиган дастлабки фазалар куртаклари ҳам ҳажм бўйича тақсимланиши ҳам тасодифийдир.

Доналарни гомоген ҳосил бўлишнинг классик назарияси буғ конденсацияси ва суюқларни кристалланишига нисбатан ривожланган. Бу ҳол авваламбор маълум бўлганки, юқорида қайд этилган жараёнлар идиш ёки қолипнинг асосан деворларида рўй беради.

Суюқ қотишмаларда одатда, ҳар доим жуда кичик кимёвий таҳлил ёрдамида назорат қилиб бўлмайдиган қўшимчалар – оксидлар, нитридлар, карбидлар, сульфидлар ва бошқалар бўлади. Жуда кўп миқдордаги “бегона” қўшимчалар пилик вазифасини ўтайди ва шунинг учун одатдаги шароитларда тоза суюқ қотишманинг ички ҳажмида доналарни гомоген ўз ҳолича пайдо бўлиши жараёнлари билан эмас, балки бошқа фазалар билан сирт бўлинишига эга бўлган доналарни ҳосил бўлиш жараёни билан иш кўради. Шунинг учун доналар, фазаларнинг бундай ҳосил бўлишига **гетероген ҳосил бўлиш** дейилади.

Фазаларнинг гетероген ҳосил бўлиши доналарнинг критик ҳосил бўлишининг классик флуктуацион назариясига зид эмас. Қўшимчаларга эга бўлган дона куртакларининг чегарасидаги сирт энергияси суюқ эритмани чегарасидаги сирт энергиясидан кичик бўлса, у ҳолда доналарни критик ҳосил бўлишига кетган иш кичик бўлади.

Қаттиқ ҳолатда доналарни мумкин қадар ҳосил бўлиши маълум бир жойларда қулай бўлиб, бунда дастлабки фазанинг жуда кўп жойларида юқори эркин энергияга эга бўлади ва у ўзгаришларга имконият яратади. Бу жойларга дастлабки фазанинг донаси ва субдонаси орасидаги чегаралар, бошқа

¹⁷E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (480-485 p.p.)

фазаларнинг дисперс қўшимчалари, дислокациялар ва упаковка нуқсонлари киради.

4.4 .Фаза ўзгаришларининг кинетикаси

Қаттиқ ҳолатда кристалланиш жараёнларини кинетикаси иккита параметр, яъни ўзгаришлар бўладиган марказларнинг ҳосил бўлиш тезлиги ва бу марказларнинг чизиқли ўсиш тезлиги билан аниқланади. Юқорида кўриб ўтганимиздек, кристалланишнинг иккал ҳам параметри ўта совутиш даражасига ёки ўта қизишга боғлиқ.

Маълум ўта совутиш ёки ўта қизишда фаза ўзгаришларининг кинетикасини кинетик эгри чизиқ орқали тасвирлаш мумкин, бу эгри чизиқ вақт бўйича янги структура ташкил этувчилар сонини ўсишини кўрсатади (3 - расм).

Совутишда рўй берадиган ўзгаришларнинг кинетик эгри чизиғи қуйидагича қурилади. Намунани фазалар мувозанати нуқтасидан юқори температурагача қиздирилади. Бундай температурада намуна узоқ муддат дастлабки фаза ҳолатида бўлади. Сўнгра, намунани зудлик билан фазаларнинг муозанат ҳолатидан паст температурага эга бўлган термостатга ўтказилади, яъни термостатдаги температура маълум ўта совутиш даражасига мос келади. Термостат бўлиб, тузли ёки мойли ванна ҳамда эриган металллар ваннаси ҳам хизмат қилиши мумкин.¹⁸

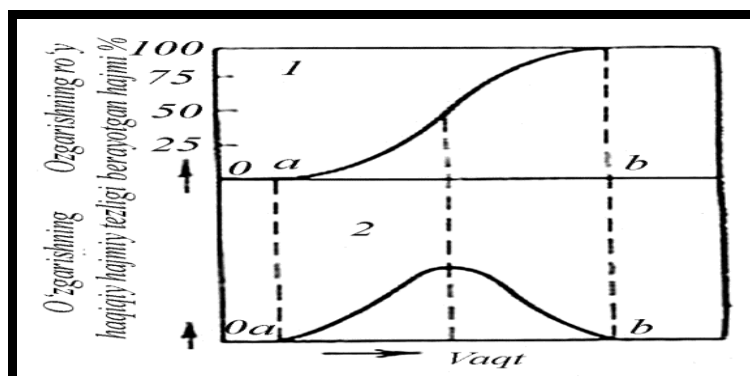
Намуна жуда юпқа, кичик бўлиши керак, чунки намуна термостат температурасини тезда олиши керак. Термостатда жойлашган намунанинг ўзгариш даражасини унинг қандайдир хоссасини, масалан магнит ёки электр хоссаларини ўғариши орқали кузатиш лозим. Яна, термостатдаги намуна маълум бир вақт оралиғидан кейин тоблаш ва унинг хоссасини ўлчаш ёки хона температурасида тобланган намунани микроструктурасини ўрганиш мумкин.

Қиздиришда рўй берадиган ўзгаришлардаги кинетик эгри чизиқ аналогик йўл билан қурилади. Бу ҳолатда, дастлабки температурага, яъни фазаларнинг мувозанат нуқтасидан паст температурага эга бўлган намуна зудлик билан маълум бир ўта қизиш даражасига мос келадиган температурага эга бўлган термостатга жойлаштирилади.

Ҳамма изотермик кристалланиш жараёнлари қуйидаги кинетика орқали ҳарактерланади (3 - расм).

¹⁸E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (540-550 p.p.)

Дастлаб, ўзгариш рўй бераётган ҳажм тезлашган ҳолда ўсади, ўзгаришнинг охирида эса ушбу ҳажм зудлик билан секинлашади. Шундай қилиб, доимий температурада ўзгаришнинг ҳақиқий ҳажмий тезлиги ўз ҳолича ўзгаришлар жараёнида ўзгаради. Ҳар бир вақт моменти бўйича ўзгаришнинг ҳақиқий ҳажмий тезлиги график йўл билан яъни, тангенс бурчакни кинетик эгри чизикқа уринма қиялик бурчаги орқали аниқланади.



5. 3 - расм. Доимий температурада фазалар ўзгариши кинетикаси:

1 – кинетик эгри чизик; 2 – ҳақиқий ҳажмий ўзгариш тезлигининг изотермик ушлаб туриш вақтига боғлиқлиги; $0a$ – инкубацион давр; ab – тўлиқ ўзгариш вақти

Бошланғич даврда кичик ҳажмий тезликка эга бўлиши унча катта бўлмаган ўзгаришлар марказлари сонини ҳосил бўлиши ва янги структура ташкил этувчиларнинг кичик юзага эга эканлиги билан тушунтирилади. Сўнгра, аста-секин марказлар сони ошиб боради, янги ташкил этувчиларнинг ўлчамлари ва кристалланишнинг жамланган юза fronti ошади, шунинг учун ўзгаришнинг ҳажмий тезлиги бу сиртнинг юзасига пропорционал бўлиб, ошади.

Лекин, бу тезлик вақт ўтиши билан узлуксиз ўсиши мумкин эмас, изотермик ушлаб туриш даркор. Жараённинг секинлашиши айниқса, ўзгаришнинг охирида яққол кўринади, бу ҳол ўсаётган кристаллар бир - бири билан ўзаро тўкнашиб, тўкнашган жойида кристаллар ўсишдан тўхтади.

Фазалар ўзгаришининг кинетикасини А.Н. Қолмогоров ва И.Л. Миркин томонидан математик таҳлил натижасида марказлар ҳосил бўлиш тезлиги (n) ва қайта кристалланишнинг чизиқли тезлигининг (c) доимий қийматларида ўзгарган ҳажмни ўзгариш вақтига τ нисбатан қуйидаги боғлиқ олинган:

$$V(\tau) \approx V_0 - [1 - \exp(-1/3 \cdot \pi \cdot n \cdot c^3 \cdot \tau^4)],$$

Бу ерда V_0 – дастлабки фазанинг бошланғич ҳажми.

Бу формула 3 –расмдаги 1 эгри чизиқни характериға мос келади. Формуланинг хулосаси шундан иборатки, янги фаза кристаллари бири иккинчиси билан тўқнашмагунча сферик шаклга эга бўлади.

Изотермик ушлаб туриш вақтининг энг бошланғич даврида ўзгаришлар кузатилмайди (3 – расм, оа – кесма).

Бу даврни **инкубацион давр** дейилади. Инкубацион даврда ҳосил бўлган янги кристаллар сони шунчалик камки, ўзгаришлар одатдаги тадқиқотлар усуллари билан қайд қилиб бўлмайди. Инкубацион даврнинг охирини (3 – расмдаги а нукта) – тадқиқот қилиш усуллари билан қайд қилиниши мумкин бўлган ҳолатдир.

4.5 Легирловчи элементларнинг фазалар трансформациясининг критик нуқталарга таъсири. Аустенитнинг ҳосил бўлиш механизми

Қотишмаларни, жумладан пўлатларни юмшатиш термик ишлов бўлиб, бунда бош жараён аустенитлаш ва кейинги перлитли ўзгаришлар ҳисобланади.

Аустенит ҳосил бўлишдан аввал дастлабки структура α фаза ва карбиддан иборат аралашмадан ташкил топади. Углеродли пўлатларда аустенит A_1 нуқтадан юқори температурада 0,8 % С га эга бўлади, бу вақтнинг ўзида феррит дастлабки структурада 0,02 % С га эга бўлади. Эксперимент натижалари асосида аустенитнинг ҳосил бўлиш механизми қуйидагича: биринчи босқич – $\alpha \rightarrow \gamma$ полиморф ўзгариши силжиш механизми орқали метастабил кам углеродли аустенит ҳосил бўлади; иккинчи босқичда ҳосил бўлган аустенитда углерод миқдорини ошириш, яъни уни карбид заррачаларини аустенитда эриши туфайли мувозанат ҳолатига яқинлаштириш жараёни кечади.

Аустенит куртаклари ҳосил бўлишида панжарани $\alpha \rightarrow \gamma$ га полиморф ўзгаришининг юзага келтирувчи силжиш механизми қуйидаги фактларни кўрсатади: шлифнинг полировка қилинган юзаларида γ фазанинг дастлабки участкаларида нинасимон шаклга эга бўлган аустенит рельефини ҳосил бўлиши ва $\alpha \rightarrow \gamma$ полиморф ўзгаришда дислокациянинг субструктурасини “наследорлиги” аниқланади.¹⁹

Аустенит куртаклари феррит доналари чегарасида ҳосил бўлади. Донали перлит структурасига эга бўлган пўлатларда аустенит куртаклари феррит доналари чегараларида жойлашган карбид заррачалари яқинида ҳосил бўлади.

¹⁹E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (580-585 p.p.)

Эвтектоидгача бўлган пўлатларда аустенитнинг дастлабки участкалари ортиқча феррит доналари ва субдоналари ва перлит колониялари чегараларида ҳосил бўлади.

20 маркали пўлатдан тайёрланган намунани 730 °C температурагача қиздириб, 1 соат ушлаб тургандан кейинги ҳолатдаги автордиография натижалари асосида углероднинг тўғри чизиқ бўйлаб тақсимланиши кўрсатилган. Ушлаб туриш вақтини ошиши билан аустенит участкаларини таркиби аниқ GS чизиғи бўйича мувозанат ҳолатига яқинлашиб боради. Аустенит доналари куртакларини ўсишининг иккита ҳолатини тасаввур қилиш мумкин. биринчи ҳолатда аустенит куртаклари феррит ва карбид доналари билан ўзаро контактда бўлиб, у бевосита ўсувчи аустенит доналари томонидан ютилиб, сингиб боради. Иккинчи ҳолатда аустенит доналари феррит доналари билан тўлиқ ўралган бўлиб, γ / α чегараси карбид заррачасига мос келмагунча карбид ферритда эрийди. Иккала ҳам ҳолатда юқори вольтли электрон микроскоп колоннасида тўғридан-тўғри кузатиш перлит-аустенитли ўзгаришларнинг жадаллашишини қайд қилади.

Аустенит ҳосил бўлиш марказларининг жуда кўп бўлиши туфайли $\alpha \rightarrow \gamma$ полиморф ўзгаришларнинг охирида кичик аустенит донаси шаклланади. Бу аустенит донаси одатда бошланғич аустенит донаси деб аталиб, унинг ўлчами 10-20 мкм атрофида бўлади.

Температура ошиши билан аустенит куртаклари марказлари ҳосил бўлиши тезлиги унинг чизиқли ўсиш тезлигига нисбатан кўпроқ ошади ва ўз навбатида аустенитнинг бошланғич донаси кичикроқ бўлади. Ўз навбатида, юқори температурагача тез қиздириб ва жуда қисқа муддатда ушлаб туриш натижасида кичик доналар аустенитни олиш мумкин, бу эса катта тезликда қиздириб термик ишлов беришда жуда муҳимдир.

Аустенитлашни тугалланиши билан аустенит донаси ўсишга мойил бўлади ва уни ҳарактланувчи кучи доналар чегарасидаги энергиялар ҳисобланади. Температура ошиши билан аустенит донасини ўсиши тезлашади. Аустенит донасини бир текисда ва нотекис ҳолатда ўсиши мумкин. Бу жараёнларни аслида иккиламчи қайта кристалланиш деб аташимиз мумкин.

Совутилганда аустенит бошқа фазаларга ўзгаради, айланади ва унинг ўлчами пўлатларнинг жуда муҳим тавсифномаси ҳисобланади. Бу ҳолат секин ва тез совутишда пўлатларнинг структура ташкил этувчилари ҳар бир аустенит донаси меъёрида шаклланади. Қанчали аустенит донаси кичик бўлса, ортиқча

ферритнинг тўри унинг чегараси бўйлаб кичик бўлади ва ўз навбатида перлит колониялари ўлчамлари ва кейинчалик ҳосил бўладиган мартенсит кристаллари ўлчамлари ҳам кичик бўлади. Шунинг учун аусте-нит йўқ бўладиган температураларда аустенитнинг кичик ўлчамли донаси кичик кристалли синишга, аустенитнинг катта ўлчамли донаси эса катта кристалли синишга мойил бўлади. Аустенитнинг турли ўлчамдаги донаси зарбий қовушқоқликка ўта сезувчан бўлиб, унинг ўлчами катталашishi билан у камайиб кетади. Совуқликдан синиш температураси аустенит донаси ўлчамини ошиши билан ошади.²⁰

Углероднинг гамма эритмадаги миқдори ошиши аустенит донаси ўлчамини ошишига олиб келиши мумкин. Аустенитда ўта катта миқдорда углерод миқдорини ошиши аустенит донаси ўлчамини ўсишига қаршилик кўрсатади ва бу цементит заррачасини тормозлаш таъсирга эга эканлиги билан тушунтирилади.

Деярли ҳамма легирловчи элементлар аустенит донаси ўлчамини ўсишини тормозлайди. Фақат бундан марганец мустасно бўлиб, аустенит донаси ўлчамини ўсишини тезлаштиради. Аустенит донаси ўлчамини катталашishiга кучли таъсир қиладиган элементларга қуйидагилар киради: V, Ti, Al, Zr, W, Mo ва Cr. Ni ва Si эса юқоридаги жараёнга кучсиз таъсир қилади.

Легирловчи элементларнинг аустенит донаси ўлчамларининг ўсиши таъсир қилиш сабаблари аустенитда қийин эрийдиган карбидлар, нитрид-лар ва бошқа фазаларнинг ҳосил бўлиши аустенит донасининг ўсишига қаршилик кўрсатувчи барьерлар вазифасини ўташи билан тушунтирилади. Бу фазаларнинг дисперслиги ва уларнинг тақсимланиши на фақат пўлатни эритиш ва унга иссиқ ҳолда ишлов бериш шароитига балки дастлабки термик ишлов беришга (юмшатишга) ҳам боғлиқдир. Ўз навбатида қиздирил-ганда пўлат донасини ўсишига мойиллиги унинг асосий компонент-ларини таркиби, металлургик сифати, ишлаб чиқариш технологиясидан ташқари дастлабки термик ишлов бериш ҳолатига ҳам жуда катта боғлиқ бўлади. Ана шундан келиб чиқиб, наслдорлиги катта донали ва наслдорлиги кичик донали бўлган пўлатлар мавжуд.

²⁰E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (520-530p.p.)

Наслдорлиги катта донали бўлган пўлатларда температура A_{C3} нуктадан юқори температурага нисбатан унча катта бўлмаган микдорда ошганда дона интенсив равишда ошиб боради. Наслдорлиги кичик донали бўлган пўлатларда кичик донали аустенит донасини A_{C3} нуктадан $930-1100^{\circ}\text{C}$ гача температураларнинг кенг диапазонада оламиз. Бундай температуралар диапазонидан ўтган наслдорлиги кичик донали бўлган пўлатни ўта қизишига олиб келади. Ўта қизиш деганда аустенит донаси ўлчамини интенсив катталлашиши оқибатида зарбий қовушқоқликни пасайиб кетиши тушунилади.

Пўлатларни қиздиришда аустенит донасини ўсишига алюминий кучли таъсир қилади. Наслдорлиги кичик донали бўлган пўлатлар печдан ковшга қуйишдан суяқ пўлатга $0,05\%$ Al қўшиб олинади. Алюминий оксидлари ва нитридларининг кичик ўлчамли зарралари аустенит доналари ўлчамлари ўсишини тормозлайди. Наслдорлиги кичик донали бўлган пўлатларда $950-1100^{\circ}\text{C}$ температурадан юқори температурада аустенит донаси ўлчамини интенсив ошиши барьер ҳосил қилувчи заррачаларни эриши ва коагуляция билан тушунтирилади.

Пўлатларда доналар ўлчамини ошишига мойиллиги стандарт техноло-гик проба орқали аниқланади. Бунинг учун эвтектоидгача бўлган пўлатдан олинган намунани 930°C температурада 8 соат мобайнида цементациялаб, сўнгра кичик тезликда совутамиз. Дона ўлчамини аустенит доналари чегарасида ҳосил бўладиган карбид тўри ёрдамида аниқланади. Эвтектоиддан кейинги пўлатлар 930°C гача температурада қиздириб ва сўнгра 3 соат мобайнида ушбу температурада ушлаб туриб ҳамда секин совутамиз. Бунда дона ўлчами аустенит доналари чегарасида ажралиб чиқадиган иккиламчи карбидлар тўри ёрдамида аниқланади. Дона ўлчамини аниқлашнинг бошқа усулига пўлатдан тайёрланган шлифни 930°C температурада оксидловчи муҳитда қиздириб сўнгра 3 соат мобайнида ушбу температурада ушлаб туриб совутилган намунани аустенит донаси чегарасида ҳосил бўладиган оксидлар тўри ёрдамида аниқлаш киради. Жуда кўп маркали пўлатларга турли турдаги термик ишлов беришда қиздириш температураси 930°C дан ошмайди. Ана шу мақсадда 930°C температура қиздириш температураси деб қабул қилинган.

Аустенит донаси ўлчами тахминан 40 мкмдан дан кичик бўлганларни кичик донали ва ундан катта бўлганларни эса катта донали деб аталади.

Шундай қилиб, аустенитни наслдорлигига боғлиқ бўлган донаси ва ҳақиқий донаси мавжуд. Наслдорлигига боғлиқ бўлган дона стандарт шароитда

технологик пробалар ёрдамида олинади ва у пўлат донаси ўлчамини ўсишига мойиллиги билан тушунтирилади. Ҳақиқий дона эса термик ишлов бериш операциясининг у ёки бу тури натижасида ҳосил бўладиган донадир. Бу донанинг ўлчами наслдорлиги кичик ёки катта бўлган донанинг ўлчамидан термик ишлов беришда 930⁰С температурадан юқори ёки паст температурада қиздирилганда катта ёки кичик бўлиши мумкин.

4.6 Совутишдаги ўзгаришлар. Аустенитнинг парчаланиши

Ҳамма углеродли ва кўпчилик легирланган пўлатларни совутишда аустенит перлитли, мартенситли ёки бейнитли ўзгаришлар рўй беради. Қайтадан пўлатларни қиздиришда яна қайта маълум бир ўлчамли, шаклли аустенит ҳосил бўлади. Аустенит донасининг кристаллографик йўналиши бирламчи перлитли, мартенситли ёки бейнитли ўзгаришлардан олдинги дастлабки аустенит донасига ўхшаш бўлади. Бундай аустенит донасининг ўлчами, шакли ва йўналиши ирсияти наслдорликдаги структура дейилади. Структурадаги наслдорликни намоён бўлиши пўлатнинг дастлабки структураси ва унинг таркибига ҳамда қиздириш тезлиги ва аустенитланиш температурасига боғлиқ. Агар пўлат қайта қиздириш орқали мартенсит ёки бейнит структурасига эга бўлса, у ҳолда унинг структурасидаги наслдорлик янада ёрқин намоён бўлади. Феррит-перлит структурасига эга бўлган пўлатда дастлабки аустенит донаси одатда наслдорликка ўрганилмайди. Агар олдиндан ана шундай пўлат ўта қиздирилган ва аустенит катта ўлчамли донага эга бўлса, у пўлатни қайта $A_{с3} + (30\div 50)$ температурагача қиздирилса, аустенит кўп жойларда пайдо бўлиб, у майда донали бўлади. Катта донали аустенит донаси дастлабки видманштетатли структурага эга бўлган ҳолда у ўрганилади.

Мартенситли, бейнитли ҳамда видманштетатли структурага эга бўлган пўлатларнинг умумий томони уларнинг кристаллографик тартибланган ҳолати ҳисобланади. Йўқолган аустенит донаси ҳажмида α фаза пластинаси маълум бир кристаллографик йўналишга эга бўлади. Пўлатларни қиздиришда γ фазанинг куртаклари ўз навбатида α фаза пластинасига нисбатан қонуний йўналтирилган бўлиб, натижада дастлабки аустенит донаси ҳажмида A_3 нуктадан унчали катта бўлмаган температурада қиздиришда пўлатда аниқ бир аустенит донаси шаклланиб, уни қайта тикланган дона деб аталади.

Шундай қилиб, пўлатни қайта қиздиришда аустенит донасини қайта тиклаш учун биринчи навбатда совутишда наслдорликни ҳосил бўлиши (ҳар бир дастлабки аустенит донаси ҳажмида α кристалларнинг кристаллографик

тартибланган комплексини ҳосил бўлиши) ва иккинчидан пўлатни кейинчалик қиздиришда наслдорлигини намоён бўлишига (кўрсатилган α кристаллар комплексини бир қайта тикланган аустенит донасига ўтиши) эришишдан иборат.

Агар пўлатни совутишда аустенитда перлитли ўзгариш кечса ва видманштетатли структура ҳосил бўлмаса, ҳосил бўлган ортиқча феррит донаси ва перлит қолонияси дастлабки аустенит донаси панжарасига нисбатан маълум бир аниқ кристаллографик йўналишга эга бўлмайди. Бу ҳолда перлит қолонияси ва ортиқча феррит донаси ҳар бир дастлабки аустенит донаси ҳажмида бир бутун яхлит кристаллографик тартибли комплекс ҳосил қилмайди, кейинчалик пўлатни қиздиришда унинг ичида жуда кўп бир-бирига нисбатан турли йўналган аустенит куртаклари ҳосил бўлади ва унинг донаси дастлабкисига нисбатан майда бўлади.

А₃ нуктадан юқори температурада пўлат қиздирилганда дастлаб аустенитнинг катта доналиги текширилди, кейинчалик температура ва ушлаб туриш вақтини ошиши баъзи ҳолларда қайта тикланган аустенит донаси катталаниши ўрнига майдалашади. Ҳеч қандай фаза ўзгаришлари бўлмайдиган ҳолда температуралар оралиғида бундай донанинг майдаланиши ҳар бир қайта тикланган аустенит донасининг ўрнига жуда кўп сонда янги аустенит доналарининг ҳосил бўлиши оқибатида ҳосил бўлади. Структуранинг қайта кристалланиш жараёни ташқи белгилари, физик моҳияти жиҳатидан қайта кристалланувчан ҳисобланади. Фақат, одатдаги бирламчи қайта кристалланишдан фарқли равишда, доналарнинг керакли ҳолда шаклланиши учун юқори дислокация зичлиги металлни ташқи кучлар таъсирида деформацияланиши натижасида ҳосил бўлади ва кўриб турилган ҳолат учун дислокациянинг юқори зичлиги ички фазаларнинг пухталаниши (наклёпи) орқали вужудга келади.²¹

Фазанинг пухталаниши – фаза ўзгаришлар жараёнида янги фазаларнинг дислокация зичлигининг юқорилигидир. Дислокация зичлигининг юқорилиги у эски ва янги фазаларнинг солиштирма ҳажмининг фарқи натижасида ҳар қандай фаза ўзгаришларда ҳамда мартенсит ўзгаришларда ҳам ҳосил бўлади.

Шундай қилиб, пўлатни структурадаги наслдорлиги намоён бўлгандаги майда донали структурасини шаклланишининг иккита босқичи бор. Биринчи

²¹E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (460-480 p.p.)

босқич – дастлабки аустенит донаси ҳажмида α фаза кристалларининг кристаллографик тартибланган комплексида ташкил топган юқори дислокация зичлигига эга бўлган γ фазанинг қайта тикланган донасининг ҳосил бўлиши бўлса, иккинчи босқич - γ фаза кристалларининг ҳосил бўлиши ва нисбатан ҳар томонлама ўсиши, яъни структурадаги наслдорликни йўқотишга олиб келадиган қайта кристалланиш жараёнини ҳосил бўлиши ҳисобланади.

Фаза ўзгаришларини тугалланиши ва аустенитнинг бирламчи қайта кристалланиши температуралар интерваллари бўйича ўнлаб ва юзлаб градуслар бўйича бўлинади. Масалан, 35Л углеродли пўлатдан тайёрланган қуйма катта донали видманштетатли структурага эга бўлади, уни одатдаги 850°C температурагача қиздирилганда дастлабки аустенит донаси қайта тикланади, агар 900 – 960°C температурагача, яъни A_{c3} дан 100 – 150°C температурагача қиздирилганда дона майдаланади ва дастлабки қуйма ҳолатдаги структуранинг наслдорлиги йўқотилади. Агар пўлатда феррит пластинасининг видманштетатли структураси қанчалик кўп бўлса, структурали қайта кристалланиш температураси шунчалик катта бўлади.

Легирланган пўлатларнинг структурадаги наслдорлигини бартараф этиш учун углеродли пўлатларга нисбатан қиздириш температураси A_{c3} дан айтарли даражада катта бўлиши лозим. Масалан, 20Х13Л маркали пўлатдан тайёрланган қуймадаги катта донали структурани тўғрилаш учун бу пўлат маркасини 1100 – 1150°C температурагача, яъни A_{c3} дан тахминан 300°C температурагача юқори температурада қиздирилади.

Дастлабки аустенит донаси унчали катта бўлмаган қиздириш тезлигида (градусни минутга нисбатида) яъни одатдаги печда қиздиришда ўрганилади. Қиздиришни тезлаштириш билан дастлабки аустенит донасини тадқиқ қилиш бўшашади. ²²

Назорат саволлари:

1. Қаттиқ ҳолатда фаза ўзгаришларининг умумий қонуниятлари ҳамда фаза ўзгаришлар термодинамикасини изоҳлаб беринг .
2. Фаза ўзгаришларда фазалараро чегараларни тузилишининг ролини тушунтиринг.
3. Гомоген ва гетероген фазаларнинг ҳосил бўлиши қандай амалга оширилади.

²² E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (540-570 p.p.)

4. Фаза ўзгаришларининг кинетикаси тушунтириб беринг.
5. Легирловчи элементларнинг фазалар трансформациясининг критик нуқталарга таъсири. Аустенитнинг ҳосил бўлиш механизми асослаб беринг .

Фойдаланган адабиётлар:

1. Inagaki & Kang, Materials Science and Engineering of Carbon: Fundamentals, 2nd Edition, Elsevier 2014
2. Callister William D. , Materials science and engineering, Wiley and Sons UK, 2015
3. T Fischer, Materials Science for Engineering Students, 1st Edition, Elsevier 2008
4. E Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007
5. Kostorz, Gernot., Phase transformation in materials, Wiley-VCH 2005

IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАТЕРИАЛЛАРИ

1- амалий машғулот:

Хотирага эга бўлган қотишмалар

Ишдан мақсад: Модда атом текисликлари оралиғи бўйича унинг турини аниқлаш

Масалаинг қўйилиши: Фаза атом текисликлари оралиғи бўйича, модда турини топиш.

Ишни бажариш учун намуна:

Ҳар бир фаза ўзининг кристаллик панжарасига эга. Кристалл панжара ўзига таълуқли атом текисликлари оралиғига эга бўлади. Атом текисликлар оралиғи аниқ бўлса, модданинг кристаллик тузилиши турини топиш мумкин. Бу ҳақда адабиётларда керакли малумот берилган. Адабиётларда атом текисликлари оралиғи ҳақидаги малумот $\frac{d_{hke}}{2}$ кўрсаткичнинг камайиб бориши бўйича жадвалларда берилган. Бу ерда "n" бутун сон (1,2,3...) лар бўлиб қайтиш тартиби дейилади. НКЛ индексни сохта атом текислиги сифатида қараса бўлади. У қайтган рентген нурлари интерферентсия чизиқлари индексларини ифодалайди. Бу индекслар атом текислиги индекси (НКЛ) ни қайтиш тартиби "n" га кўпайтирилиб топилади ($H_k n h$; $K_k n k$; $L_k n l$).

Поликристалл моддаларда фазалар таркибини билиш учун атомлар текислиги оралиғини билиш етарли. Бу усул содда бўлиб, кенг ишлатилади. Вулф-Брегг формуласига асосан:

$$n\lambda \approx 2d \sin\theta$$

$$\text{Бундан } \frac{d}{n} = d_{(HKL)} = \frac{\lambda}{2\sin\theta} \quad (1).$$

λ - характерли нурнинг тўлқин узунлиги, маълум қиймат.

тўлқин узунлиги бир қийматли эмаслигини ҳисобга олиш керак. Рентген трубкадан чиққан характерли нурлар, икки хил тўлқин узунлигига эга. Улар K_α , K_β деб белгиланади.

Масалан, темир анодидан чиққан рентген нурлари тўлқин узунлиги:

$$\lambda K_\alpha = 1.9312 * 10^{-1}$$

$$\lambda K_\beta = 1.75653 * 10^{-1} \text{ га тенг.}$$

K_β нурнинг тўлқин узунлиги кичик, аммо интенсивлиги га нисбатан 4-5 марта кам. Шу сабабли фаза таҳлили чизиқлар ёрдамида олиб борилади. Бунда чизиқлар таҳлил қилувчини чалкаштиради. Шу сабабли ва чизиқларни бир - биридан ажратиб олиш зарур.

Агарда кристалл қаттиқ жисмда (НКЛ) текислик, бирламчи рентген нурга қараганда қулай, қайтиш бурчакда жойлашган бўлса:²³

$$\sin\theta_\alpha = \frac{n\lambda_\alpha}{2d_{(hkl)}}; \quad \sin\theta_\beta = \frac{n\lambda_\beta}{2d_{(hkl)}}; \quad (2).$$

$$\text{Демак } \frac{\sin Q_\beta}{\sin Q_\alpha} = \frac{\lambda_\beta}{\lambda_\alpha} = 0,9009 \text{ yoki } \sin Q_\beta = 0,9009 \sin Q_\alpha$$

Амалда рентгенограммада кучли чизиқлар танлаб олинади (О.с., 0., Ср.). Булар α чизиқлари деб тахмин қилинади шу чизиқлар жойлашган бурчак бўйича (2) формуладан $\sin Q$ ҳисобланади. Агарда шу $\sin Q$ га тўғри келган + бурчакда, чизиқ топилса ва унинг интенсивлиги 4-5 бароварга нисбатан кичик бўлса. Демак бу икки чизиқ битта НКЛ текисликда пайдо бўлган. Агарда шундай Q чизиқ топилмаса, демак у шунчалик кучсизки-рентгенограммага чиқмай қолган.²⁴

Q -чизиқлар мавжудлигини топиш учун кўпинча интенсивлиги кучсиз бўлганларининг бир қисми текширилиб олинади.

²³E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (265-270 p.p.)

²⁴E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (270-285 p.p.)

Рентгенограммада энг биринчи чизик кўпинча Q чизик бўлади.

Ишни бажариш тартиби.

3.1. ДРОН-2,0 ёки ДРОН-3 рентген дифрактометри гониометрига текис наъмуна ўрнатилади.

3.2. Дифрактометрда керакли ишлаш режимлари ўрнатилади: "предел измерений"-2, "постоянная времени"-10, тирқишлар (шели)-2-2-1. Ҳисоблагич тезлиги – 8мм/мин, диаграмма қоғози тезлиги - 360 мм/соат.

3.3. Рентгенограмма диаграмма қоғозига олинади.

3.4. Рентгенограмма потенциометрдан керакли узунликда кесиб олинади. Ҳисоблашда ДРОН-2,0 да аноди темирдан (Щм Щм), ДРОН -3.0 да эса кобалтдан (Щм Щм), ясалган трубка борлигини эътиборга олиш зарур. Ҳисоблаш (1) ва (2) формулалар ёрдамида бажарилади. Чизик жойлашган бурчак диаграмма қоғозидан топилади (одатда ёзиш қайси бурчакдан бошланганлиги ва диаграмма билан ҳисоблагич юриш тезлиги маълум).

3.5. Ҳисоблаш натижалари қуйидаги 1.1.-жадвалга ёзилади.

Фазалар атом текислари оралиғини ҳисоблаш натижалари.

Дастлабки малумот. Текширилган намуна темир қотишмаси.

Нур чиқишитемир (ёки кобалт) анодидан.

1-жадвал

Чизилган чизиклар тартид рақами	Интенсивли ги J	Қайти ш бурчаг и θ			Чизи қ лар	Ҳисоблаган да	Жадвалдаг и	Модд а тури
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Илова: Ҳисобланган ва жадваллардан олинган қийматлар фарқ қилиши мумкин.

Чунки жадвалларда жуда тоза фазалар учун маълумот берилган. Фаза таркибида бошқа қўшимча пайдо бўлиши билан бир оз ўзгаради (0,01-10 мм гача).

4. Ҳисоботни ёзиш тартиби.

4.1. Ишни бажаришдан мақсад.

4.2. Рентгенограмма олиш режимлари.

4.3. 1-жадвални тўлдириш.

5. Мустақил тайёрланиш учун саволлар.

- 5.1. Вулф-Брегг формуласига қандай параметрлар киради?
- 5.2. Кристаллография текслиги ва рентген чизиқини индекси деганда нима тушунилади?
- 5.3. Атом текислиги оралиғига асосида, қандай қ илиб модда турини топиш мумкин?²⁵

Назорат саволлари:

1. Қаттиқ ҳолатда фаза ўзгаришларининг умумий қонуниятлар Фаза ўзгаришлар термодинамикасини изохлаб беринг .
2. Фаза ўзгаришларда фазалараро чегараларни тузилишининг роли .
3. Гомоген ва гетероген фазаларнинг ҳосил бўлиши қандай амалга оширилади?
4. Фаза ўзгаришларининг кинетикаси тушунтириб беринг .

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Inagaki & Kang, Materials Science and Engineering of Carbon: Fundamentals, 2nd Edition, Elsevier 2014
2. Callister William D. , Materials science and engineering, Wiley and Sons UK, 2015
3. T Fischer, Materials Science for Engineering Students, 1st Edition, Elsevier 2008
4. E Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007

2-амалий машғулот:

Ўтказувчан полимерлар ва керамика. Термоэлектрик материаллар

Ишдан мақсад:Алюминий оксиди асосли керамик асбобсозлик материаллар микроструктурасининг таҳлили.

Масаланинг қўйилиши: *Алюминий оксиди асосли керамик материалларнинг микроструктураларини таҳлил қилиш қоидалари ва усулларини ўргатиш ҳамда у орқали керамик материалларни сифатига баҳо бериш илмларини эгаллаш.*

Керакли жихозлар:*Металлогрофик микроскоп МИМ-7, илиф тайёрлаш ускунаси, намуналар, реактивлар.*

Ишни бажариш учун намуна:

²⁵E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (250-270 p.p.)

Асбобсозлик керамик материаллар асосан кийин эридиган юқори ейилишга, иссиққа бардош юқорикимёвий турғунлик даражасига эга бўлган кимёвий бирикмалардан олинади. Бундай талабларга жавоб берувчи моддаларга энг аввало алюминий оксиди (Al_2O_3), кремний нитрид (Si_3N_4), ҳамда Si-Me-O-N дан иборат бўлган оксинитридли фазалар кириб, кремний атомини ўрнини Al, Mg, Be, Ti, Zn табиатда кенг тарқалган металл атомлари билан алмаштирилган бўлади.

Бундай кимёвий бирикмалардан ясалган керамик асбобсозлик материаллар оддий керамик материаллардан тозалиги ва ишлаб чиқариш технологияси билан фарқилади. Ҳозирги пайтда асбобсозлик керамик материаллар асосан Япония, АКШ, Германия мамлакатларида кенг ишлаб чиқарилиб, улардан ҳар хил материалларга механик ишлов беришда, ейилишга чидамли, оловга, иссиққа, ҳар хил кимёвий агрессив муҳитга бардош қопламалар қоплашда кенг қўланилмоқда.

Алюминий оксиди – Алюминий оксиди асосан табиатда кенг тарқалган, таркибида алюминий бўлган минераллардан (боксит) олинади. Табиатда алюминий оксидининг турли кристалл модификация турлари мавжуд бўлиб улар: гексаганала, куб β , ва нотурғунд гексагонал, моноклик θ кристалл панжараларга эга. Гидратланган алюминий бирикмаларига гидрагалит ($Al_2(OH)_2$), байерит, кириб улар куритилганда ҳар хил модификацияга эга бўлган алюминий оксидларини ҳосил қилади.

β - Al_2O_3 соф модификацияси бўлмасдан таркибида Al_2O_3 кўп фоизга эга бўлган мураккаб кимёвий тузилишга эга бўлган бирикма. Унинг тахминий кимёвий таркиби $MeO \cdot 8 Al_2O_3$ ва $Me_2O \cdot 11 Al_2O_3$. бу ерда Me-ўрнида CaO, BaO, ZrO ва бошқа элементлар бўлиши мумкин.

Алюминий оксиди боксит таркибида турли модификациялардаги бимит, гидрагалит ва байерит турдаги майда дисперсли гидрооксид шаклида бўлиб у унда бошқа металллар атоми билан кимёвий боғланган ҳолда бўлади. Боксиддаги алюминий оксид миқдори 50 дан 100% гача бўлиши мумкин. Хомашёнинг сифатига қараб уни тозалаш технологияси нам ишқорий ёки қурук ишқорий усулларда олиб борилиши мумкин. Нам ишқорий технология буйича боксит автоуловларда 200-250⁰ С температ, 2,0-2,5 МПа босим остида натрий гидрооксидида ишлов берилиб сувда эридиган натрий алюминат олинади.

Натрий алюминатнинг сувдаги эритмаси филтрдан ўтказилиб барча қаттиқ ва натрий гидрооксидида эримайдиган элементлардан тозаланади.

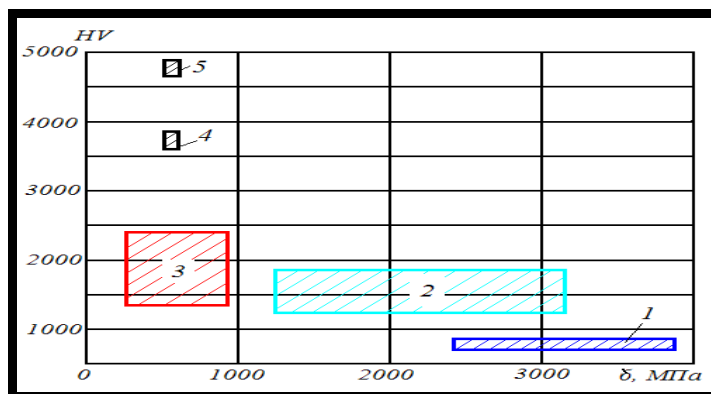
Тозаланган натрий алюминат парчалаб алюминий гидрооксиди чўкмаси ҳосилқилинади. Чўкма оқ рангда бўлиб у яхшилаб ювилади ва 1200°C температурада қурилади[3]. Қурутиш натижасида бир хил таркиб ва кристалл модификациясига эга бўлган алюминий оксиди ҳосилбўлади.

Бундай усулда олинган хомашё таркибида асосан Na_2O бўлиб у материалнинг механик ва бошқа хоссаларига ёмон таъсиркўрсатади шунинг учун Na_2O миқдори 0,1% ортмаслиги талаб этилди[4]. Боксиддан олинган алюминий оксид кукун заррачаларининг ўлчамлари 0,01 мкм ташкил этади.

Алюминий оксидли асбобсозлик материалларининг асосий механик хоссалари

Материалларга механик ёки бошқа турдаги ишлов бериш асбобсозлик материалларда юқори қаттиқлик, эгилиш ва сиқилишда юқоримустаҳкамликка, юқори температураларда ейилишга бардошли бўлишлигини талаб этади.

2.1 – расмда барча турдаги асбобсозлик материалларининг қаттиқлиги ва эгилишдаги мустаҳкамлиги келтирилган диаграмма тасвирланган бўлиб материалнинг қаттиқлиги ортиши билан мустаҳкамлик пасайишини кўриш мумкин.



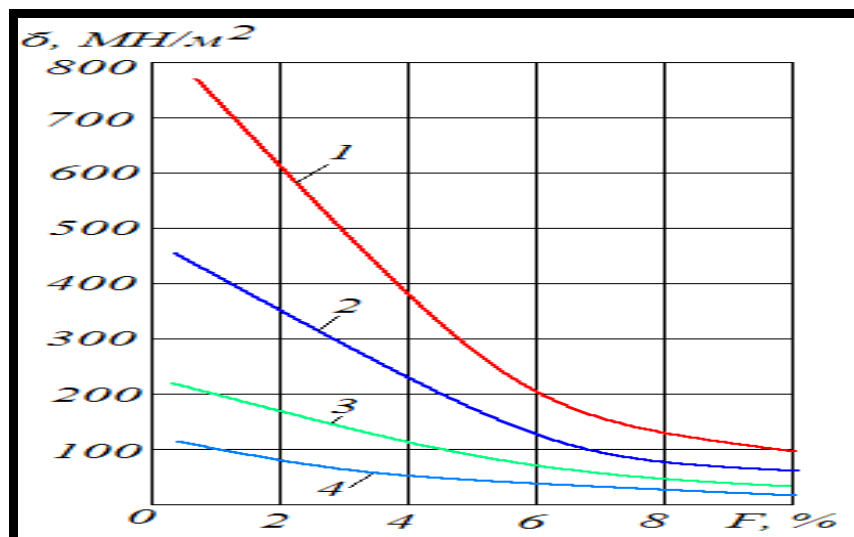
2.1-расм. Қаттиқлик билан мустаҳкамликни кўрсатувчи диаграмма:

1-тезкесар пўлатлар; 2-қаттиққотишмалар; 3-керамик асбобсозлик материаллар; 4-нитрид бор; 5- олмос.

Асбобсозлик материалларда қаттиқлик ҳам мустаҳкамлик ҳам қатта аҳамиятга эга бўлиб у материалнинг эксплуатацияга лаёқатлилигини белгилаб беради. Алюминий оксидини табиий қаттиқлигини сақлаб қолган ҳолда уни мустаҳкамлигини ошириш ҳозирги кунда асосий мақсадлардан бири бўлиб уни амалга оширишнинг турли усуллари мавжуд.

Алюминий оксиди кукун металлургияси усулларида ишлаб чиқарилгани учун унинг структурасидаги ғовақликлар механик хоссаларга кескин

таъсирқилади. 7.2-расмда алюминий оксиди асосли керамик материалғовакликнинг эгилишдаги мустаҳкамликга таъсири кўрсатилган.²⁶



2.2-расм. Материал ғоваклигининг мустаҳкамликка таъсири;
1-кукун ўлчами 2,2 мкм; 2-3 мкм; 3-20 мкм; 4-30 мкм.

Диаграммадан кўришиб турибдики ғоваклик микдори ва кукун заррача ўлчами материалнинг мустаҳкамлигига катта таъсир кўрсатаяпти. Материал ғоваклигини камайтиришнинг энг самарали усулларида бири бу иссиқлайин пресслаш, бўлиб у материалдаги ғоваклик микдорини 1% кичикбўлган қийматларгача камайтиради. Кукун заррачасининг ўлчами хомашёнинг ишлаб чиқариш турига қараб ўзгариши мумкин.

Алюминий оксид кукунлари қиздириб пишириш жараёнида бир бирга бирикиб донани катталашишига олиб келадиган жараёнга жуда мойил бўлади. Бу эса қандай кукунни бўлишлигидан қатъий назар қиздириб пиширилган материал заррачалари яна бир хил катталиқка олиб келади.

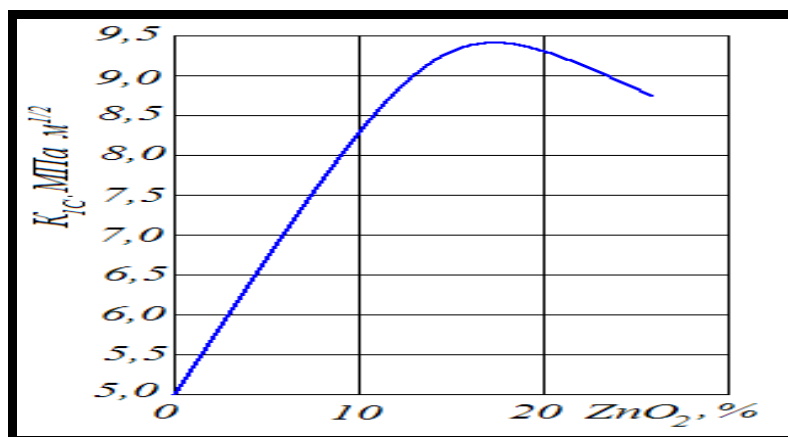
Кукунларни йириклашиб кетишни олдини олиш мақсадида Япон мутахассислари томонидан цирконий оксиди билан легирлаш технологияси ишлаб чиқилган [4]. Цирконий оксиди қиздириб пишириш давомида ҳар бир алюминий оксидини қамраб олиб уни кескин йириклашиб кетишига тўсқинлик қилади ва майда донали материал олишга имкон беради.

Алюминий оксид асосли материалларнинг асосий камчилиги бу уларнинг юқори мўртлиги бўлиб, улар мўрт синишга жуда мойил бўладилар[5]. Материал мўрт синишига асосий сабаб улардаги ички микродарзлар бўлиб улар кичик

²⁶E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (310-315 p.p.)

кучланишлар натижасида транс кристалл дарзларга бирлашади ва материал эксплуатация жараёнида ёки оддий кичик кучлар таъсирида синади.

2.3-расмда цирконий оксидининг миқдори алюминий оксиди асосли материалнинг дарзга бардошлигини ўзгаришини кўрсатувчи диаграмма келтирилган бўлиб унда цирконий оксид миқдори ортиши материалнинг дарзбардошлигини ошириши кўрсатилган.



2.3-расм Цирконий оксид миқдорининг алюминий оксиди асосли материал дарзбардошликга таъсири

Алюминий оксиди асосли материалларнинг асосий механик хоссаларидан ейилишга бардошлиги бўлиб у ундан ясалган асбоб ва деталларнинг ишлаш муддатини белгилаб беради.

Материалларнинг ейилишга бардошлиги деганда жуфт бўлиб бир бирида ишқаланиб ишлаётган материалнинг маълум тезлик, босим ва белгиланган вақт ичида қанча ҳажмда ёки масса бирлигида материал камайганлик миқдори билан белгиланади. 7.2-жадвалда баъзи керамик материалларнинг ейилишга бардошлигини келтирилган [2].²⁷

Жадвал 1.

Керамик материалларнинг ейилишга бардошлиги

Материаллар	Қаттиқлик HV, ГПА	Ейилиш тезлиги 10 ⁻¹⁵ см ³ /Г·см
Олмосли	80	5,55
КОМПОЗИТ	31	3,74
Si2N4	26,7	152,0
SiC	20,0	42,2

²⁷E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (320-325p.p.)

Al ₂ O ₃	17,1	2,04
WC-Co		

Олинган натижаларга кўра материалнинг қаттиқлиги унинг ейилишга бардошлигини белгилаб бермаслигини кўрсатади.

Материалларга механик ёки бошқа турдаги ишлов беришда асбобсозлик материаллари қаттиқликдан ташқари ейилишбардошлиги катта аҳамиятга эга чунки, механик ишлов беришда ишқаланиш содир бўлади у эса ишлаётган ва ишлов бераётган материалнинг тезда ейилишига олиб келади.

Ейилишнинг бир нечта тури бўлиб, улардан асосийси абразив ейилиш ва ишқаланиб сидириш киради. Бу турдаги ейилишлардан кесиш жараёнида сидириш ейилиши кузатилади.

Алюминий оксид асосли материалларнинг ейилишга бардошлигини унинг механик хоссаларига боғлаш аниқ натижаларни бермади [5]. Шунинг учун барча материалшунос олимлар бу муоммаларни устида илмий ишлар олиб бормоқдалар.

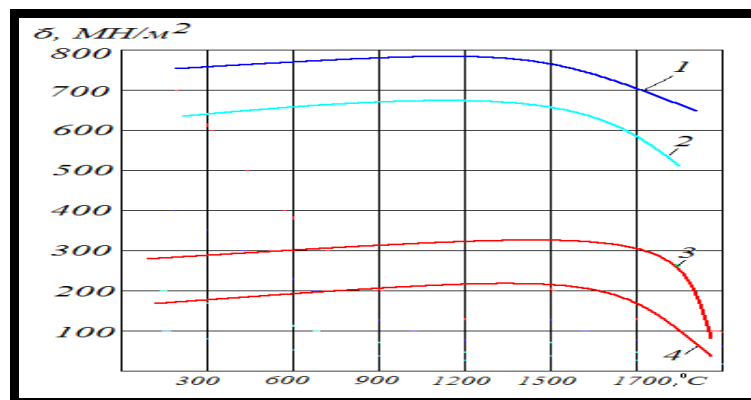
Алюминий оксид асосли асбобсозлик материалларни яратишда асосан амалиёт қонунига риоя этган ҳолда ишлаб чиқарган маъкул.

Алюминий оксид асосли материалларнинг кимёвий хоссаларига асосан материалнинг бошқа элементлар билан реакцияга киришувчалиги киради. Аксарият материалларнинг кимёвий хоссалари ҳарорат кўтарилиши билан сусаяди.

Алюминий оксид асосли материаллар жуда юқорикимёвий хоссаларга эга бўлиб, улар хона, юқори ва жуда юқори температураларгача шу хоссаларини сақлабқолишади.

Асбобсозлик материалларнинг ишчи юзаларига турли эксплуатацион шароитларда катта босим таъсирида бўлади. Ишчи юзаларда ишқаланиш содир бўлиши натижасида жуда катта температура ажралиб чиқади. Буни натижасида асбобсозлик материаллари ишлов берилаётган материал, атроф муҳитдаги ҳаво ёки бошқа газлар билан бевосита кимёвий реакцияга киришиши мумкин. Бунинг оқибатида асбобсозлик материалларининг хоссалари ўзгариши мумкин. 7.4-расмда алюминий оксиди асосли материалнинг қиздириш температураси материал мустаҳкамликга таъсир диаграммаси келтирилган.²⁸

²⁸E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (275 p.p.)



2.4-расм. Температуранинг алюминий оксид материалнинг мустаҳкамликка таъсири: 1-кукун ўлчами 2,2 мкм; 2-3 мкм; 3-20 мкм; 4-30 мкм.

Ишни бажариш тартиби:

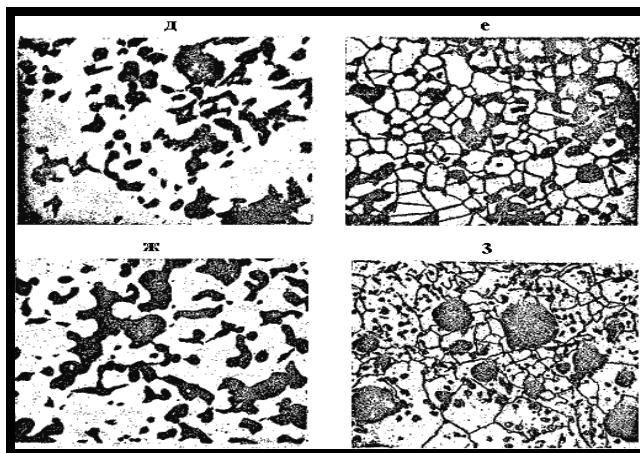
1. Керамик материалдан юзаси 2 см² дан катта бўлмаган намуна кесиб ёки синдириб олинади
2. Намунани кейинги дастгоҳларда ишлов бериш қулайлигини ошириш учун улар дасталанади. Намунани ушлаш учун дасталаш 2.4-расмда кўрсатилгандек амалга оширилади. Намунани дастага маҳкамлаш учун 2.2-жадвалда кўрсатилган материаллардан бирини эритиб даста ва намуна тирқишига қуйилади. Бунда керамик материал намуна юзаси дастадан 1,5 – 2 мм чиқиб туришини таъминлаш керак.
3. Керамик материал намуна юзаси 33803 модели вертикал (доводочной) дастгоҳда текисланиб 3E881 жирвирлаш-полировкалаш дастгоҳида янада силлиқланади
4. Силлиқлаш жараёнида намуна юзасида синишлар ёки майдаланишлар бўлмаслиги учун уларни устидан босиб турган босим 0,6 – 0,8 кгс/см² дан ошмаслигини таъминлаш керак
5. Намуналарни силлиқлаш олдин 3803 модели жилвирлаш дастгоҳида чўян диск устига олдин AM14/28 маркали кейин AM/10 маркали олмос кукуни этил спирти билан ҳосил қилинган супсензияси шиша таёқча ёрдамида бир теккис суркалиб силлиқлаш амалга оширилади
6. Намуна биринчи ва иккинчи силлиқлашдан ўтгандан кейин диск устига фотобумага ёпиштирилиб уни устига олдин AM7/5 кейин AM/2 олмос кукуни сепилиб ўтказилади
7. Қўшимча силлиқлаш яна шу дискда аммо AM1/0 маркали олмос кукунини трансформатор мойи билан аралаштириб диск устига суркалиб амалга оширилади.

8. Силлиқлашдан ўтган намуналарнинг юзалари кўзгу каби ялтроқ бўлиши керак, унда чизиклар бўлмаслиги талаб этилади. У МИМ7 микроскопида $\times 100$ катталаштириб текширилади.

9. Керамик намунани юзаси силлиқлангандан кейин унинг юзаси махсус кислотада ишлов берилади, яъний ортофосфор кислотанинг буғида 40- 60 сек давомида ушлаб турилади. Бунда керамик материалнинг доналар чегараси ва материалдаги ғовакликлар аниқ кўрина бошлайди.

Травит қилишдан олдин микроструктура МИМ7 микроскопи ёрдамда 200 – 1500 мартаба катталаштириб расмга олинади, кейин уларни кислотада травит қилингандан кейин яна микроскоп ёрдамда катталаштирилиб расмга олинади.

2.5-расмда магний оксиди асосида ишлаб чиқарилган керамик материалнинг микроструктураси келтирилган. а, в, д – расмлардаги структура травит қилинмаган ва 10 сек давомида - б, 20 сек давомида – г ва 60 сек давомида травитқилинган – е, ҳамда $MgO \cdot Al_2O_3$ асосли керамиканинг микроструктураси травит қилинмаган – ж ва травит қилинган - з. микроструктура тасвирланган.



2.5-расм. Оксид магний асосли керамик материалнинг микроструктураси²⁹

Назорат саволлари:

1. Алюминий оксидли асбобсозлик материалларининг кимёвий хоссалари қандай?
2. Асбобсозлик материалларнинг ишчи юзаларига турли эксплуатацион шароитларда катта босим таъсир этса қандай ўзгариш содир бўлади?
3. Алюминий оксиди асосли материалларни санаб ўтинг.

²⁹E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (278 p.p.)

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Inagaki & Kang, Materials Science and Engineering of Carbon: Fundamentals, 2nd Edition, Elsevier 2014
2. Callister William D. , Materials science and engineering, Wiley and Sons UK, 2015
3. T Fischer, Materials Science for Engineering Students, 1st Edition, Elsevier 2008
4. E Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007

3-амалий машғулот: Углерод асосли материаллар

***Ишдан мақсад:** Антифрикцион углерод-графитли материалларни ишлаб чиқариш технологияси билан таништириш ҳамда уларни микроструктураларини таҳлил қилиш қоидалари ва усулларини ўргатиш.*

***Масаланинг қўйилиши:** Углерод графитли материалларнинг микроструктураси таҳлили*

***Керакли жиҳозлар:** Антифрикцион углерод-графитли материал, намуна кесиш учун кичик тишли арра, катта ва майда тишли эгов, катта донадан кичрайиб борадиган комплект жилвир қозғозлари, 200 г керамик стаканда конифол, конифолни эритиш учун электр қиздиргич, намунани ушлаш учун пинцет ва металлографик микроскоп.*

Ишни бажариш учун намуна:

Антифрикцион углерод-графитли материалларни асосан кукун металлургияси усуллари билан ишлаб чиқарилади. Кукун металлургиясининг умумий технологик усулларига қуйидагилар киради: кукун материалларининг кимёвий таркибини танлаш ва уларни ишлаб чиқаришга тайёрлаш, уларни аралаштириш, пресслаш ҳамда қиздириб пишириш жараёнларидан ташкил топган.³⁰

Бунда ҳар бир босқичда амалга ошириладиган жараён шу ишлаб чиқарилиши керак бўлган материалларнинг физик-механик хоссаларига катта таъсир кўрсатади. Шу сабабли ҳар бир босқичнинг таъсири, берилган кукун материалларининг хоссасидан келиб чиққан ҳолда белгиланади. Масалан: кукун материалларини тайёрлашда, кукун материаллини керакли температураларда қуритиш керак бўлади. Бу температура кукуннинг физик-

³⁰E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (302-305 p.p.)

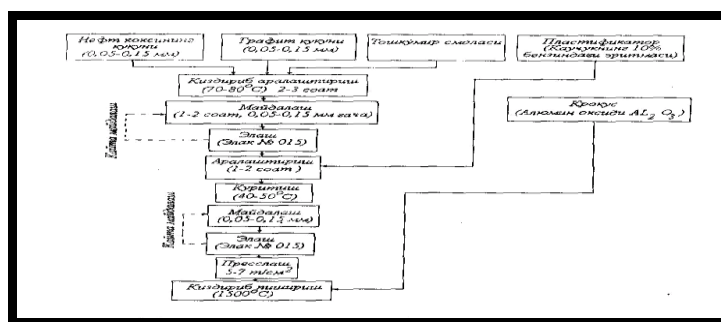
кимёвий хоссаларидан келиб чиққан ҳолда белгиланади. Агарда температура юқори чегараларда белгиланса, унда кукунлар бир-бирига ёпишиб қолиши кузатилади, аксинча паст чегараларда белгиланса, унда кукундаги намлик қолиб кетади ва натижада қиздириб пишириш давомида мақсулотда дарз кетишлар кузатилади.

Углерод-графит материалларини ишлаб чиқариш учун хомашё сифатида асосан нефт, кокс кукуни, графит кукуни, тошкўмир смоласи қўлланилади. Бундан ташқари углерод-графит материалларига у ёки бу хоссасини ошириш учун турли металл ва нометалл кукунлар киритилиши мумкин.

Антифрикцион углерод-графитли материалларини ишлаб чиқаришда хомашё сифатида қўшиладиган нефт коксининг асосий хоссаларидан бири у материалда мустаҳкам каркасҳосил қилиб материалнинг скелетини ҳосил қилади. Бунда унинг доначалар ўлчами ишлаб чиқарилаётган материалнинг механик хоссаларига катта таъсир кўрсатади, кокс кукунининг заррача доначалар қанча кичик бўлса, углерод-графит материалнинг механик хоссалари шунча юқори бўлади.

Углерод-графит материалга киритиладиган тошкўмир смоласи эса материалнинг боғловчи компоненти ҳисобланади. Боғловчи компонент асосий хомашё сифатида киритиладиган материалнинг эгилишдаги мустаҳкамлигини таъминлайди.

6.1-расмда антифрикцион углерод-графитли материални кукун металлургия усулларида ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси келтирилган:



6.1-расм. Углерод-графитли антифрикцион материалларни ишлаб чиқариш технологик схемаси.

Нефт коксини тайёрлаш. Кукун металлургияси корхоналарида углерод-графитли материалларни ишлаб чиқариш учун стандартга жавоб берувчи нефт коксини ишлатилади. 6.1- жадвалда ГОСТ 3278-48 бўйича коксга техник талаблар кўрсатилган.³¹

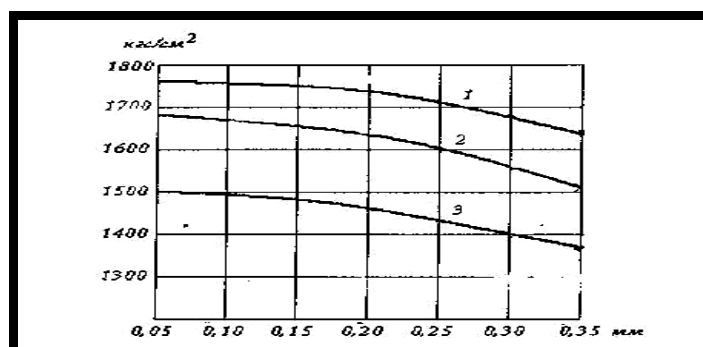
³¹E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (345-346 p.p.)

ГОСТ 3278-48 бўйича нефт коксини қабул қилишдаги техник талаблар			
Курсаткичлар	Электр		
	Электрод учун	Электр шетка учун	Антифрикцион материаллар учун
Намлиги, %	3,0	3,0	3,0
Куллилиги, %	0,3	0,8	0,5
Олтингурут миқдори, %	1,0	1,0	1,5
Учиб чиқувчи моддалар, %	7,0	7,0	6,0
Темир оксиди, %	0,08	-	-
Кремний оксиди, %	0,07	-	-
1300° С қуйдирилгандан кейинги солиштирма оғирлиги, г/см ²	2,08	2,14	2,14

6.1-жадвал

Юқоридаги талабларга жавоб берувчи нефт кокси 1300° С да 5 соат давомида қиздириб қуритилади. Қуритилган нефт коксини кукун заррача ўлчамлари керакли ўлчамга келтириш учун махсус тегирмонларда майдаланади ва майдаланган кокс кукунлари элакдан ўтказиб, фракцияларга ажратиб қуйилади.

6.2-расмда нефт кокс кукун заррача ўлчамининг углерод-графит материалнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига таъсир қилишдиagramмаси келтирилган, бунда пресслаш босим миқдори ошиши ва кукун ўлчамининг ўзгариши билан мустаҳкамлик ўзгариб бориши кузатилган.



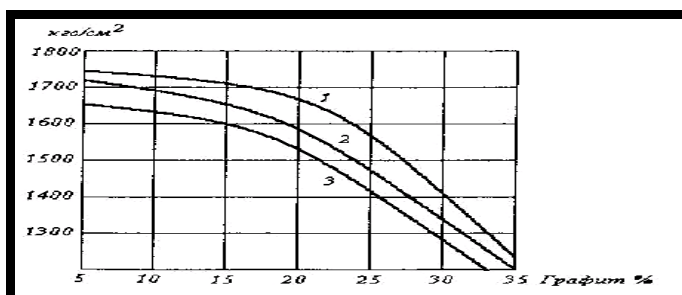
6.2-расм. Нефт кокс кукун заррача ўлчами ва пресслаш босим қийматини углерод-графит материалнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига таъсири: пресслаш босими 1 - 7 т/см²; 2 - 6 т/см², 3 - 5 т/см².

Нефт коксини корхона шароитида кукун заррачасини 0,05 мм ўлчамгача майдалаш мумкин, бундан ташқари унда оз бўлсада 0,05 мм дан катта ўлчамга эга бўлган кукунлар бўлади.

2. Графит кукунини тайёрлаш. Графит кукуни антифрикцион материалларга асосан ишқаланиш коэффициентини кичрайтириш ёки уни электр ўтказиш хоссаларини ошириш мақсадида қўшилади. Графитнинг миқдори материалнинг углерод-графит мустаҳкамлигига катта таъсир қилади.

6.3 - расмда графит кукун миқдорининг углерод-графит материалнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига таъсир қилиш диаграммаси келтирилган.

Графит антифрикцион материалнинг пластиклигини оширади, у кокс каркас қатламларида жойлашиб, углерод-графит антифрикцион материали ишқаланиб ишлаш жараёнида у билан бирга ишқаланиб ишлаётган валнинг юзасига ёпишиб ишқаланиш коэффицентини пасайтиради.



6.3-расм. Графит кукун миқдори ва пресслаш босимининг углерод-графит материалнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига таъсири: пресслаш босими 1 - 7 т/см²., 2 - 6 т/см², 3 - 5 т/см².

6.2-жадвалда антифрикцион углерод-графитли материалларни ишлаб чиқаришда қўлланиладиган графит кукунининг кимёвий таркиби берилган.

6.2-жадвал

Кукун металлургиясида ишлатиладиган графитнинг кимёвий таркиби						
Графит	маркаси	Кимёвий таркиби, % гача				
		кул	олтингурут	Учувчи модалар	темир	намлиги
Тайгинский	ЭУГ-1	2	0,20	0,8	0,8	0,8
«	ЭУГ-11	5	0,20	1,0	1,0	0,8
«	ЭУГ-111	7	0,20	1,0	1,0	0,8
Ногинский	СКЛН	13	1,0	2,0	1,9	2,0
Ботоголский	ТУ38-54	7	0,30	1,4	1,0	1,0

Графит 1300-1500° С температурда куйдириб қуритилади ва элакдан ўтказилиб, фракцияларга ажратилади.

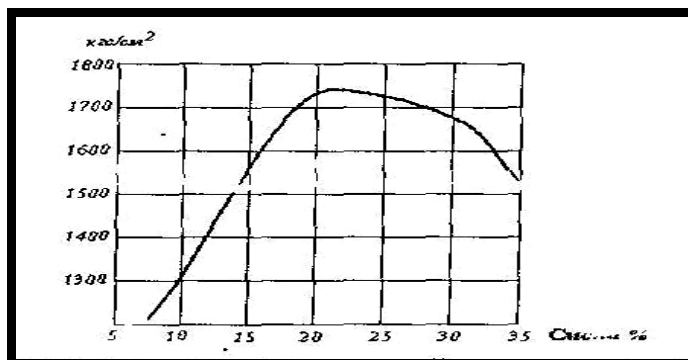
3. Тошқўмир смоласини тайёрлаш. Тошқўмир смоласи, тошқўмирни ҳавосиз муҳитда қиздириб ҳайдаш натижасида олинган хомашё бўлиб, унинг суюқланиш температураси смоланинг келиб чиқишига қараб ҳар-хил бўлиши мумкин. Кукун металлургиясида асосан паст ва ўрта ҳароратларда суюқланадиган тошқўмир смолалари ишлатилади. 6.3-жадвалда ГОСТ 4492-55

стандарт талаблар билан углерод-графит материалларини ишлаб чиқаришда қабул қилинадиган тошқўмир смоласига техник талаблар келтирилган.³²

6.3.-жадвал

ГОСТ 4492-56 стандарт буйича тошқўмир смоласига қўйилган талаблар

Кўрсаткичлар	Миқдори, % гача
Солиштирма вазни	1,15-1,20
Намлиги	4,0
Куллилиги	0,2
Эрмайдиган қолдиқлар	7,0
Олтингугурт	0,8
Нафталин	8,0
Қокс чиқими	16-23



6.4-расм. Тошқўмир смоласининг углерод-графит материалнинг чўзилишдаги мустаҳкамлигига таъсири.

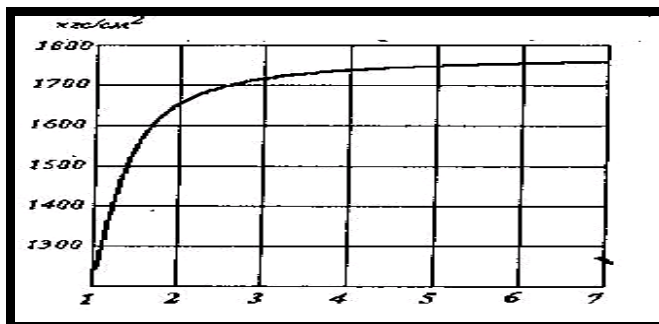
Бундан кўриниб турибдики, максимал мустаҳкамлик углерод-графит антифрикцион материаллар учун тошқўмир миқдори 22-23% бўлганда эриши мумкин, бунинг сабаби, унинг миқдори ошган сари кокс ва графит кукунларинн бир-бирига боғлаш даражаси ҳам ортиб боради ва ниҳоят 22-23% га етгач, мустаҳкамликнинг кескин тушиб кетиши кузатилади.

Тошқўмир смоласи миқдорининг бундай таъсир қилишини қўйидагича тушунтириш мумкин: тошқўмир смоласи материални қиздириб пишириш давомида 1400-1500° С температурада коксга айланади ва кукунларни бир-бирига боғлайди, лекин унинг миқдори ошгач материалнинг ғоваклиги ошиб кетади, натижада мустаҳкамлиги кескин пасаяди.

4. Кукун ва боғловчи моддаларни бир-бирига аралаштириш. Кукун металлургия йўли билан олинадиган материалларнинг аксариятида физик-механик хоссалари айнан аралаштириш сифатига қараб белгиланади. Боғловчи модданинг аралашishi ва кукунларни қоплаб олиши, аралаштириш даражасига боғлиқ. Боғловчи модданинг қўлланиш хусусияти смолани қиздиришдаги ҳарорати ошиши билан ортади, шунинг учун тошқўмир смоласи кукунлар

³²E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (315-3180 p.p.)

билан бирга 70-80° С температурада қиздириб аралаштирилади. Бундан ташқари аралаштириш вақти ҳам катта аҳамиятга эга. 2-24 соат давомида аралаштирилган материалларнинг хоссалари бир-бири билан катта фарқ қилиши мумкин, қанча кўп аралаштирилса материалнинг физик-механик хоссалари шунча кўтарилиб боради. 6.5-расмда кукун материалининг боғловчи мода-тошқўмир смоласи билан аралаштириш вақтини материалнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига таъсири кўрсатилган.



6.5-расм. Кукун материалларни боғловчи моддалар билан аралаштириш вақтини материалнинг сиқилишдаги механик мустаҳкамлигига таъсир диаграммаси

5. Аралашмаларни майдалаб элакдан ўтказиш. Маълумки боғловчи мода, яъни тошқўмир смоласи кукун материаллари билан аралаштирилгандан кейин совиш натижасида, қотиб қолади. Уни яна кукун ҳолига келтириш учун майдалаш керак. Бунинг учун аралашма махсус қирғич, майдалаш ва элаш жараёнларидан ўтказилади, бунда у яна кукун ҳолига қайтади. Элаш жараёнида ажралиб чиққан катта кукун заррачалари яна майдалашга қайтарилади.

6. Пластификатор қўшиш. Маълумки прессланган кукун материали мустаҳкамлиги жуда кичик бўлади. Прессланган материални қиздириб пишириш учун, у печларга, яъни пишириш цехларига жўнатилади, шу технологик жараёнларда прессланган материал ўз шаклини сақлаб туриши учун, уни мустаҳкамлигини ошириш керак бўлади. Шу мақсадларда прессланиши керак бўлган ярим маҳсулотга пластификатор қўшилади.

Пластификатор сифатида: парафин, глицерин, техник крахмал ва каучук эритмалари солинади. Пластификаторларга қуйиладиган асосий талаб: қиздириб пишириш давомида материал билан кимёвий реакцияга киришмаслиги ва 300-500° С температураларда парчаланиб, материални тарк этиши киради. Пластификатор миқдори материалларда яна қўшимча ғоваклик бўлишига олиб келади, шу сабабли унинг миқдори иложи борича, камрок,

бўлишлиги талаб этилади, одатда, масалан 10% каучукнинг бензиндаги эритмаси 5-8% фоиздан ошмайди.

7. Кукун ярим маҳсулотларни қуришти. Тайёрланаётган кукун ярим маҳсулотларга учувчи моддаларни, жумладан бензини чиқдириб юбориш мақсадида, кукун ярим маҳсулотлар қуришти жараёнидан ўтиши керак, бунда температура ва вақт ярим маҳсулотлар таркибидаги аралашган моддаларнинг суюқланиш ва парчаланиш температурасидан келиб чиққан ҳолда белгиланади.

Антифрикцион углерод-графитли материалларда ярим кукун маҳсулот таркибида тошқўмир смоласи бор, у 60-70° С температурада суюқланади, шуни инобатга олган ҳолда қуришти температураси 45—50° С деб белгиланади, температура унчалик катта бўлмаганлиги боис қуришти вақти 10-15 соат деб белгиланади. Агар қуришти сифатсиз амалга оширилса, унда прессланган углерод-графит материалларини қиздириб пишириш жараёнида паст 60-150° С температураларда ажралиб чиқаётган буғлар материалда дарз келтириб чиқаради.³³

8. Пресслаш. Кукун металлургиясида ишлаб чиқариладиган материалларга пресслаш йўли билан шакл берилади, бунда пресслаш бир нечта усулларда амалга оширилиши мумкин, улардан энг оддийси ва арзони бу махсус пресс-қолипларда 1 ёки 2 томонлама пресслашдир.

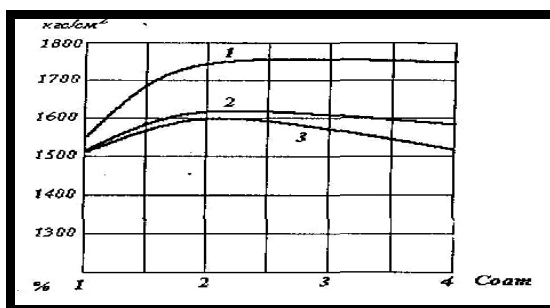
Пресслашда материалнинг ўлчамлари катта аҳамиятга эга, маҳсулот ўлчами қанча кичик бўлса, уни пресслаш шунча осон бўлади, негаки пресслашда маҳсулотнинг ўлчами катта бўлса, пресслаш босими унинг барча ҳажмий нуқталарига бир хил етиб бормайди, натижада битта деталда ҳар хил зичлик ва механик хоссалар мавжуд бўлиб қолади. Пресслаш босими қанча катта бўлса, механик хоссалар шунча катта бўлади, буни сабаби шундан иборатки, пресслаш босими материалдаги ғовакликка катта таъсир кўрсатади ва у қанча катта қийматда бўлса, ғоваклик шунча кам бўлади. Лекин босим миқдори пресс-қолип, пресслаш ускунаси ва кукун прессланиш кўрсаткичларига қарабмаксимал қиймати белгиланади.

Антифрикцион материалларни ишлаб чиқаришда оддий пресслаш амалга оширилади, бунда унинг босими 5-7 т/см² қилиб белгиланади ва пресс-қолиплар шу босимга узок, муддат бардош берувчи қилиб ясалади.

³³E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (350-365 p.p.)

9. Қиздириб пишириш. Қиздириб пишириш куқун металлургия усулларининг энг муқим босқичларидан бири бўлиб, бунда прессланган ярим маҳсулотга физик- механик хоссалар берилади.

Углерод-графитли антифрикцион материаллар 3 зонали печларда пиширилади, бундай печлар асосан графит материалдан ясалган қиздириш қурилмасига эга бўлади. 3 та зонадан иборат бўлган печ 1-зонасида 400°C , 2-зонасида 700°C , 3-зонасида 1500°C температураларда қизиб туради, натижада печга жойлаштирилган ярим маҳсулот аста-секин қизий бошлади. Бундан мақсад маҳсулотларни ички ва ташқи дарз кетишини олдини олишдан. иборат. 4.6-расмда углерод-графитли антифрикцион материалларни пишириш температура ва пишириш вақтининг давомининг углерод-графит материалининг сиқилишдаги мустақкамдигига таъсири кўрсатилган.



4.6-расм. Қиздириб пишириш температура ва вақтининг материалнинг механик хоссасига таъсири: 1- 1500°C , 2- 1800°C , 3- 2000°C .

Қиздириб пиширишда ҳарорат кўтарилгани билан углерод-графитли материалларнинг мустақкамлиги пасаяди, бунинг сабаби у $1500-2000^{\circ}\text{C}$ температураларда материал таркибидаги кокс куқунлари графитлаша бошлади ва вақт ўтиши билан бу жараён янада тезлашади.

Коксининг графитлашиши материалнинг антифрикцион хусусиятини яхшилади ва пластиклигини оширади, пластиклиги ошгач, унинг мустақкамлиги тушади. 1500°C эса тошқўмир смоласи кокслана бошлади ва вақт ўтгач кокс миқдори ортиб боради ва мустақкамлик ошади 2,5 - 3 соат вақт ўтгач мустақкамликка таъсир этмай кўяди, чунки тошқўмир смоласи батамом коксга ўтиб бўлади.

Антифрикцион углерод-графитли материалларни микроструктура таҳлили. Антифрикцион углерод-графитли материалларни микроструктураларини текширишдан мақсад ундаги камчиликларни аниқлашдан иборат. Углерод-графитли материалларни микроструктурасини тадқиқот қилиш учун намуна шлифлари тайёрланади ва металлографик микроскоплар ёрдамида 50 - 2000 мартагача катталаштириб, уни ички

тузилиши тахлил қилинади. Тадқиқот қилиш учун намуналар қуйидаги тартибда тайёрланади:

1. Антифрикцион материалдан керакли (қўлда ушлаб ишлов бериш имконини берувчи) ўлчамларда намуна қирқиб ёки синдириб олинади;

2. Намуна қиздириб эритилган конифолга солиб, ғовак тешиклари тўлгунча (12-24 соат) шимдиришга қўйилади;

3. Конифол шимдириб намуна совитилгандан кейин, намунанинг танланган текис юзаси жилвир қоғозларда олдин катта, кейин кетма-кет кичрайиб борувчи жилвир қоғозларда силлиқланади;

4. Намунанинг жилвир қоғозларда силлиқланган юзаси бахмал мато ўралган дискда хром уч оксидидан сепилиб ялтирагунча силлиқланади;

5. Намунанинг ялтиратилган юзаси металлографик МИМ-7 ёки ММУ-3 микроскопида 200-1500 марта катталаштирилиб структураси текширилади.

Структурани текшириш натижасида қуйидагиларни аниқлаш мумкин:

1 - намунадаги ғовакликлар ва микро дарзликлар (сарик, конифол рангида бўлади) борлигини;

2 - кокс ва графитнинг аралашганлик даражаси;

3 - графит ва кокс доначалари ўлчамлари;

4 - бегона қўшимча оксидлар ва бошқа камчиликлар борлиги аниқланади.

Ишни бажариш тартиби³⁴

Тингловчи амалий ишини бажариш учун антифрикцион углерод-графитли материалдан 5x20x30 мм ўлчамда майда тишли арра ёрдамида шлиф учун намуна кесиб олади. Кейин олдиндан электрқиздиргичда қиздириб эритилган конифолга намунани пинцет ёрдамида 12 соатга шимдиришга ташлайди. Шимдирилган намунани назарий қисмда айтилганидек шлиф тайёрлайди ва микроскоп ёрдамида структурасини текширади.

Кузатилган структурани фотокамера ёрдамида расмини ёки фотосурати микроскоп окуляридан тушириб олинади ҳамда ҳисобот дафтарига чизиб олгандан сўнг материални ишлаб чиқаришдаги технология босқичда йўл қўйилган камчиликларни топиб, уларни ҳисобот дафтарига ёзади.³⁵

Назорат саволлари:

1. Пластик деформатсия; ланишга қайси тушунчаларни киритиш мумкин

³⁴E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (370 p.p.)

³⁵E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (345-365 p.p.)

2. Қандай юкланиш натижасида толиқиш оқибатидаги синиш пайдо болади?
3. Фазаларни қайта кристалланиши қонуниятларини таҳлил қилишда қандай параметрдан фойдаланилади ?
4. Гомогенловчи (диффузияли) юмшатиш асосан қандай ҳолатдаги қотишмалар учун қўлланилади?
5. Совутишдаги температура-тура ўзгариши қиздиришдаги тескари фаза ўзгаришлари температурасидан пастроқда жойлашишда рўй берадиган ҳодисага нима дейилади?

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Inagaki & Kang, Materials Science and Engineering of Carbon: Fundamentals, 2nd Edition, Elsevier 2014
2. Callister William D. , Materials science and engineering, Wiley and Sons UK, 2015
3. T Fischer, Materials Science for Engineering Students, 1st Edition, Elsevier 2008
4. E Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007

4- амалий машғулот:

Фазаси ўзгарувчан материаллар. Термохромик материаллар.

Ишдан мақсад: *пўлатлардаги фазалар ўзгариши трансформациясининг критик нуқтасини аниқлаш усуллари билан танишиш ва унда критик нуқтани жойлашишига қараб легировчи элементларнинг таъсирини ўрганиш.*

Масаланинг қўйилиши: *Фазаси ўзгарувчан материаллар. Қотишмани фазалар трансформацияси критик нуқталарига легировчи элементларнинг таъсири ўрганиш*

Керакли жиҳозлар: *Қиздириш печи, намуналар, реактивлар, металлографик микроскоп МИМ-7, шлиф тайёрлаш учун ускуна.*

Ишни бажариш учун намуна:

Фазаси ўзгарувчан материалларга машинасозлик ва бошқа соҳаларда қўлланилади-диган жуда кўп қотишмалар мисол бўла олади. Фазаси ўзгарувчан материалларга энг яхши мисол бўладиган материалларга – пўлатлар кирази.

Пўлатларни қиздириш ва совутишда фазалар ўзгаришлари трансформацияси рўй берадиган критик нуқталар температурасини билиш

пўлатларга термик ишлов беришда режимларни тўғри аниқлаш учун жуда муҳимдир.

Пўлатлардаги фазалар ўзгаришининг критик нуқтасининг ҳолати асосан, пўлатнинг кимёвий таркиби билан аниқланади. 1-расмда легирловчи элементларни пўлатнинг фазалар трансформациясининг критик нуқтасига А1 га таъсири тасвирланган.

Пўлатлардаги фазалар ўзгаришининг критик нуқтасини аниқлаш учун кўпинча қуйидаги усуллардан фойдаланилади: 1) пробали тоблаш; 2) термик таҳлил; 3) дилатометрик таҳлил.

Ҳар бир усулни атрофлича изоҳлаб ва асослаб беринг.

2. Қотишмани фазалар трансформацияси критик нуқталарига легирловчи элементлар – никель, марганец ва хромнинг таъсирини аниқлаш усули.

Ушбу амалий ишнинг асосий вазифаси - пўлатлардаги фазалар ўзгариши трансформациясининг критик нуқтасини аниқлаш усуллари билан танишиш ва уни критик нуқтани жойлашишига легирловчи элементларни таъсирини ўрганишдир.

Легирловчи элементларни фазалар трансформациясидаги критик нуқталарга таъсири 25Н3А, 21Н5А, 35Г, 40Г2, 20Х3 ва бошқа маркали пўлатларда ўрганилади.

Амалий иш диаметри 15 – 25 мм бўлган ва баландлиги 10 – 15 мм бўлган цилиндр кўринишдаги намуналарда пробали тоблашдан кейин ўтказилади.³⁶

Ҳар бир пўлат маркасидан намуналар 675 дан то 950⁰С гача 25⁰С интервалда сувда тобланади. Ҳамма ҳолларда ҳар бир намунанинг қиздириш вақти намунани ўлчамига қараб 20-30 минутни ташкил этади. А_{с1} ва А_{с3} критик нуқталарга мос равишдаги температуралар соҳасида кўрсатилган нуқталарни жойлашиш ҳолатини аниқлаштириш учун намуналарни тоблаш ҳар 10⁰ С да амалга ошириш мақсадга мувофиқ бўлар эди.

Ҳаммаси бўлиб, 6-8 та термик ишлов берилган намуналар керак бўлади. Ҳар бир намунанинг микроструктураси ўрганилади ва қаттиқлиги топилади. Ҳар бир пўлатнинг қаттиқлигини тоблаш учун мўлжалланган қиздириш температурасини ўзгаришига боғлиқ равишда график қурилади. Қаттиқлик

³⁶E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (350 p.p.)

эгри чизиғи ва микроструктура орқали пўлатлардаги фазалар трансформацияси критик нуқтаси аниқланади. Натижалар 1-жадвалга киритилади.³⁷

1 – жадвал

Пробали тобладан сўнг турли маркали пўлатлардан тайёрланган намуналарни қаттиқлиги (HRC)

Тоблаш температураси, °С	25Н3А	21Н5А	40Г2	20Х3	20ХН3А

Топшириқ: Ҳар бир пўлатдан тайёрланган намуналарни тоблаш температурасига қараб, қаттиқлиги ўзгаришини мотор асослаб беринг.

Назорат саволлари:

1. Икки фазанинг мувозанат турғунлиги температураси (T_0) билан совишдаги ҳақиқий ўзгариш температураси орасидаги фарққа нима деб айтилади?
2. Изотермик ушлаб туриш вақтининг энг бошланғич даврида ўзгаришлар кузатилмайдиган даврга нима деб айтилади?
3. Ҳамма ҳодисалар ичида энг кичик температурада пухталанган металлни нисбатан мувозанат ҳолатига ўз-ўзидан ўтиш билан боғлиқ бўлган жараён нима?
4. Пўлатни фаза ўзгаришлардан юқорироқ температурагача қиздириш, бу температурада ушлаб туриш, сўнгра тез совитишдан иборат бўлган жараён нима?

Фойдаланилган адабиётлар:

- 1 Inagaki & Kang, Materials Science and Engineering of Carbon: Fundamentals, 2nd Edition, Elsevier 2014
- 2 Callister William D. , Materials science and engineering, Wiley and Sons UK, 2015

³⁷E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (495-496 p.p.)

- 3 T Fischer, Materials Science for Engineering Students, 1st Edition, Elsevier 2008
- 4 E Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007

V.КЕЙСЛАР БАНКИ

“Кейс-стади” методи

«Кейс-стади» - инглизча сўз бўлиб, («case» – аниқ вазият, ҳодиса, «stadi» – ўрганмоқ, таҳлил қилмоқ) аниқ вазиятларни ўрганиш, таҳлил қилиш асосида ўқитишни амалга оширишга қаратилган метод ҳисобланади. Мазкур метод дастлаб 1921 йил Гарвард университетида амалий вазиятлардан иқтисодий бошқарув фанларини ўрганишда фойдаланиш тартибида қўлланилган. Кейсда очиқ ахборотлардан ёки аниқ воқеа-ҳодисадан вазият сифатида таҳлил учун фойдаланиш мумкин. Кейс ҳаракатлари ўз ичига қуйидагиларни камраб олади: Ким (Who), Қачон (When), Қаерда (Where), Нима учун (Why), Қандай/ Қанақа (How), Нима-натижа (What).

1-КЕЙС: Тоз суягининг сунъий эндопротези инсон танасига жойлаштирилди. Лекин, эндопротез жойлаштирилгандан кейин тоз суяги атрофида кучли оғриқ кузатилди, беморнинг аҳволи оғирлаша бошлади. Қайта операция қилиш орқали тоз суягининг снъий эндопротези олиб ташланди ва уни ишлаб чиқишда сунъий тоз суяги компонентлари учун қўлланиладиган учта асосий металл қотишмаларининг механик хоссалари ва коррозияланиш даражаси тўғри аниқланмаганлиги маълум бўлди.

Савол: Нима учун юқорида келтирилган хатоликка йўл қўйилди? Тоз суягининг сунъий эндопротезини ишлаб чиқишда қандай муҳим хусусиятлар инобатга олинмаган.

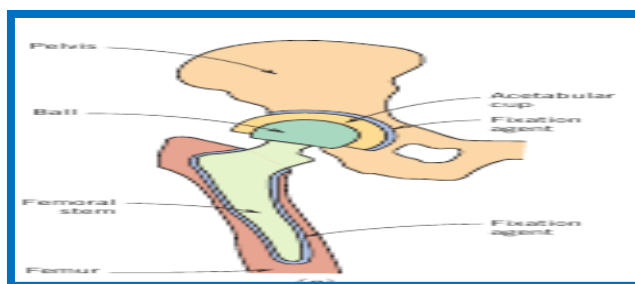
! Топшириқларни кетма-кетликда бажаринг ва кейс ечимини топинг

Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар

Босқичлар	Бажарилиши кўзда тутилган топшириқлар
1-босқич	Кейс билан танишинг муаммони келтириб чиқарган сабабларни аниқланг.
2-босқич	Тоздаги болдр суяги ўрнига қўйиладиган сунъий мослама учун нисбий материалларнинг биологик жихатдан тўғри келадиган олтига боғлиқлик комионентларини аниқланг.
3-босқич	Тоздаги болдр суяги учун ихтиро қилинган сунъий

	эндопротезлашнинг тўртта компоненти учун муҳим талабларга жавоб берадиган махсус материалларни келтиринг ва таҳлил қилинг
4-босқич	Сунъий тоз суягининг компонентларини йиғилишининг кетма-кетлигини белгиланг ва улар учун қўлланиладиган учта асосий металл қотишмаларининг механик хоссалари ва коррозияланиш даражасини таснифланг.
5-босқич	Содир этилган хатоликка нима сабаб бўлганлигини аиқланг ва муаммо ечимини топинг.
6-босқич	Кейс ечимига оид фикр-мулоҳазаларни билиринг.

Қуйидаги расмда сунъий тоз суягининг компонентларини йиғилишининг кетма-кетлиги кўрсатилган (қисмларга бўлинган ҳолда). Бу компонентлар (чапдан ўнга қараб) қуйидаги тартибда йиғилади: болдр қисми, копток қисми, айланиш учун қўйиладиган чашка қисми ва охирида айланувчи чашка қисми.



3-РАСМ. Тоз суягининг сунъий эндопротези

Жадвал-1 Инсонларнинг узун суякларининг параллел ҳамда перпендикуляр ўқ

Хоссаси	Параллел суяк учун	Перпендикуляр суяк учун
Таранглик модули, ГПа	17.4	11.7
Чўзилишга мустаҳкамлик чегараси, МПа	135	61.8
Сиқилишга мустаҳкамлик чегараси, МПа	196	135
Синишда нисбий узайиши, %	3-4%	-

бўйича механик хоссаларининг таснифи



РАСМ. Тоз суягининг схематик кўриниши

Сунъий тоз суяги компонентлари учун қўлланиладиган учта асосий металл қотишмаларининг механик хоссалари ва коррозияланиш даражаси таснифи					
Қотишма	Таранглик модули, ГПа	Чўзилишга мустаҳкамлик чегараси, МПа	Синишда нисбий узайиши, %	Толиқишга кўрсатадиган мустаҳкамлик чегараси, МПа	Коррозияланиш даражаси, 1мкм/йилига
316L зангламайдиган пўлат	200	862	12	383	0.001-0.002
Co-28Cr-Mo	210	772	8	300	0.003-0.009
Ti-6Al-4V	120	896	10	580	0.007-0.04

2-КЕЙС: Метилен хлорид кимёвий моддаси билан олиб борилаётган лаборатория жарёнида кимёвий муҳофаза учун ишлаб чиқилган қўлқоп эриб кетиши оқибатида лаборантнинг қўллари куйиш жароҳатини олди. Лаборатория ходимларининг ҳолат юзасидан ўтказган текширувлари қўлқопни ишлаб чиқишда кимёвий муҳофаза қилиш кийими материаллини таъсир этиш вақти, диффузия коэффициенти ва материал қалинлигини ҳисобга олинмаган деган хулоса берилди.

Савол: Хулоса тўғри берилдими, бу ҳолатга яна қандай факторлар сабаб бўлиши мумкин?

Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар

Босқичлар	Бажарилиши кўзда тутилган топшириқлар
1-босқич	Кейс билан танишинг муаммони келтириб чиқарган сабабларни аниқланг.
2-босқич	Кимёвий муҳофаза қилиш кийими учун нисбатан тўғри келадиган ва 2та муҳим факторларга жавоб берувчи қандай материаллар танланишини аниқланг. Метилен хлорид

	кимёвий моддасига бардошли материалларни аниқланг.
3-босқич	Метилен хлорид кимёвий моддасидан сақланадиган махсус қўлқопларга материални таъсир этиш вақти, диффузия коэффиценти ва материал қалинлиги қай даражада бўлиши кераклигини илова жадвалида келтирилган 7 та махсус қўлқопларнинг таснифлари билан қиёслаган ҳолда аниқланг ҳамда метилен хлорид кимёвий моддасига бардошли қўлпоқ ишлаб чиқинг
4-босқич	Муаммо келтириб чиқарган сабабларни аниқланг ва кейс ечимини топинг.
5-босқич	Кейс ечими юзасидан тақдимотни амалга оширинг.

Материал	Диффузия коэффиценти, $D(10^{-8}\text{см/с})$	Қўлқоп қалинлиги, $L(\text{см})$	Таъсир этиш вақти, $t(\text{соат})$	Юза концентрацияси $S_A(\text{г/см}^3)$	Таъсир этиш даражаси (г/соат)	Нархи (USD \$)
Кўпқатламли	0.0095	0.007	24	11.1	0.43	4.19
Поли(винил алкоголь)	4.46	0.075	5.8	0.68	1.15	24
Витон резина	3.0	0.025	0.97	0.10	0.35	72
Бутил резина	110	0.090	0.34	0.44	15.5	58
Неопрен резина	92	0.075	0.28	3.53	125	3.35
Поли (винил хлорид)	176	0.070	0.13	1.59	115	3.21
Нитрил резина	157	0.040	0.05	2.68	303	1.56

VI. МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ МАВЗУЛАРИ

Мустақил ишни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Мустақил таълим “Илғор функционал материаллар” модули бўйича ишлаб чиқилган топшириқлар асосида ташкил этилади ва унинг натижасида тингловчилар битирув иши (лойиха иши) ни тайёрлайди.

Битирув иши (лойиха иши) талаблари доирасида ҳар бир тингловчи ўзи дарс бераётган фани бўйича электрон ўқув модулларининг тақдимотини тайёрлайди.

Электрон ўқув модулларининг тақдимоти қуйидаги таркибий қисмлардан иборат бўлади:

Кейслар банки;

Мавзулар бўйича тақдимотлар;

Бошқа материаллар (фанни ўзлаштиришга ёрдам берувчи қўшимча материаллар: электрон таълим ресурслари, маъруза матни, глоссарий, тест, кроссворд ва бошқ.)

Электрон ўқув модулларини тайёрлашда қуйидагиларга алоҳида эътибор берилади:

- тавсия қилинган адабиётларни ўрганиш ва таҳлил этиш;
- соҳа тараққиётининг устувор йўналишлари ва вазифаларини ёритиш;
- мутахассислик фанларидаги инновациялардан ҳамда илғор хорижий тажрибалардан фойдаланиш.

Мустақил иш мавзулари:

1. Материалларда содир бўладиган мартенсит ўзгаришлари буюм материаллини шаклини сақлаш эффекти таъсири.
2. Хотирага эга бўлган функционал материаллар таркиби, хоссалари, структураси ва уларни ишлаб чиқариш.
3. Хотирага эга бўлган функционал материалларнинг саноатда ва халқ хўжалигида ишлатилиши.
4. Хотирага эга бўлган функционал материаллар тиббиётда ишлатилиш истиқболлари.
5. Хотирага эга бўлган янги функционал композицион материаллар
6. Углероднинг электрон – атом тузилиши ва ундаги гибридланиш
7. Углероднинг аллотропик шакл ўзгаришлар ва уларнинг содир бўлиш шароитлари
8. Углерод материалларнинг классификацияси
9. Графитнинг кристалл структураси
10. Хомашё материалларини ишлаб чиқаришга тайёрлаш технологияси
11. Боғловчи материалларга қўйиладиган асосий талаблари
12. Тўлдирувчи материалларга қўйиладиган асосий талаблар

13. Аралаштириш ва аралаштириш қурилмалари
14. Шакллаш, шакллаш турлари ва шакллаш қурилмалари
15. Шаклланган хомашё материалларга қўйиладиган асосий талаблар
16. Бошланғич шаклларга термик ишлов бериш турлари
17. Углерод материалларини ишлаб чиқаришда қўланиладиган термик печлар
18. Углерод материалларини графитлаш ва графитлаш қурилмалари
19. Углерод толалари ва уларнинг асосий физик-механик хоссалари
20. Углерод тола – керамик матрицага эга бўлган композициялар
21. Углерод тола – метал матрицага эга бўлган композициялар
22. Углерод тола – полимер матрицага эга бўлган композициялар
23. Углерод толага эга бўлган композицион материалларни қўлланиши
24. Углерод толаларини ишлаб чиқариш технологияси
25. Углерод толаларини ишлаб чиқаришдаги хомашё ва унга қўйиладиган талаблар
26. Углерод нанотрубкалари ва уларни ишлаб чиқаришда қўллаш
27. Синтетик олмос ва унинг асосий хоссалари

VII. ГЛОССАРИЙ

(маъруза матнида учрайдиган асосий тушунчаларнинг ўзбек ва инглиз тилларидаги шарҳи)

Термин	Ўзбек тилидаги шарҳи	Инглиз тилидаги шарҳи
Ликвидус	Ликвидус чизиғидан юқорида қотишма буткул суюқ ҳолатда бўлади.	On a binary phase diagram, the line or boundary separating liquid- and liquid solid-phase regions. For an alloy, the liquidus temperature is the temperature at which a solid phase first forms under conditions of equilibrium cooling.
Феррит	Углероднинг α - темирга сингдирилган қаттиқ эритмаси	Ceramic oxide materials composed of both divalent and trivalent cations (e.g., Fe_2 and Fe_3), some of which are ferrimagnetic.
Аустенит	Углероднинг γ – темирга сингдирилган қаттиқ эритмаси	Face-centered cubic iron; also iron and steel alloys that have the FCC crystal structure.
Перлит	Таркибида 0,8 % углерод мавжуд бўлган феррит ва цементитнинг механик аралашмаси	A two-phase microstructure found in some steels and cast irons; it results from the transformation of austenite of eutectoid composition and consists of alternating layers (or lamellae) of α -ferrite and cementite.
Мартенсит	Углероднинг α - темирдаги ўта тўйинган сингдирилган қаттиқ эритмаси	A metastable iron phase supersaturated in carbon that is the product of a diffusionless (athermal) transformation from austenite.
Амморф структура	Аниқ элементга тўғри келадиган атомларнинг	Having a noncrystalline structure.

	фазода нотўғри тартибсиз жойлашуви	
Антифрикцион графит	Жуда кичикишқаланиш коэффициентига эга бўлган графит	A phenomenon observed in some materials(e.g., MnO): complete magnetic moment cancellation occurs as a result of antiparallel coupling of adjacent atoms or ions. The macroscopic solid possesses no net magnetic moment.
Аллотропия, полиформизм	Металларда температура таъсирида кристалл панжарасининг ўзгариши	Exhibiting different values of a property in different crystallographic directions.
Изотропия	Хоссаларнинг ҳар хил юналишда бир хиллиги	Having identical values of a property in all crystallographic directions.
Анизотропия	Хоссаларнинг турли йўналишларда бир хил эмаслиги	Exhibiting different values of a property in different crystallographic directions.
Адгезия	Юзалари тегиб турган турли жисмларнинг ўзаро бирикиб қолиши	substance that bonds together the surfaces of two other materials (termed adherends).
Дислокация	Металлнинг атомлар силжиган (сирпанган) сохаси билан силжимаган сохаси орасидаги чегара	A linear crystalline defect around which there is atomic misalignment. Plastic deformation corresponds to the motion of dislocations in response to an applied shear stress. Edge, screw, and mixed dislocations are possible.
Диффузия	Тўйинтирувчи элементларни детал сиртидан ичкарига кириши	Mass transport by atomic motion.
“Наноматериал”	Элементларни шу ўлчамли заррачалари	A composite composed of nanosize particles (i.e.,

	асосида олинган материал	nanoparticles) embedded in matrix material. Nanoparticle types include nanocarbons, nanoclays, and nanocrystals. The most common matrix materials are polymers.
Энергетиксиғим ENERGY CONTENT	Маълум миқдордаги ёнилғининг энергияси миқдори.	Amount of energy for a given <i>weight</i> of fuel.
Энергия зичлиги ENERGY DENSITY	Ёнилғининг маълум ҳажми учун энергия миқдори.	Amount of energy for a given <i>volume</i> of fuel.
Эффективлик EFFICIENCY	Ҳақиқий натижа билан назарий кутилаётган натижалар нисбати.	The ratio between an actual result and the theoretically possible result.
Атом рақами (Z)	Кимёвий элементнинг атом ядросидаги протонлар сони.	For a chemical element, the number of protons within the atomic nucleus
Биполяр транзистор	Электр сигналларни кучайтирадиган п-р-п ёки	For semiconductors and insulators, the energies that lie between the valence and conduction bands; for intrinsic materials, electrons are forbidden to have energies within this range.
Бронза	Таркибини асосан мис ва қалай ташкил этган қотишма; бронзалар таркибида алюминий кремний, никель ва ҳ.к. бўлиши мумкин.	A copper-rich copper-tin alloy; aluminum, silicon, and nickel bronzes are also possible.
Вакансия	Одатда кристалл панжарадан атом ёки ион чиқиб кетган жой.	A normally occupied lattice site from which an atom or ion is missing.
Валентли электронлар	Атомлар аро боғланишларни ҳосил қилишда иштирок	The electrons in the outermost occupied electron shell, which participate in interatomic

	этадиган юқори энергияли электронлар	bonding
Вандерваальс боғланишлар	Қўшни диполлар орасида молекулалар аро доимий ёки хосил қилинадиган иккиламчи боғланишлар.	A secondary interatomic bond between adjacent molecular dipoles that may be permanent or induced.
Винтсимон дислокация	Параллель текисликлар бир бирига нисбатан спираль хосил қилиб силжиши натижасидаги кристалларнинг чизиқли нуқсони.	The ratio of the magnitude of an applied shear stress to the velocity gradient that it produces—that is, a measure of a noncrystalline material’s resistance to permanent deformation.
Витрификация	Узликсиз матрицани хосил қилиб керамик махсулотни юмшатиш жараёнида совутилишда суюқ фазанинг хосил бўлиши.	During firing of a ceramic body, the formation of a liquid phase that, upon cooling, becomes a glass-bonding matrix.
Водородли мўртланиш	Водород атомларини материалга диффузия қилиши натижасида металл қотишмаларни тўлиқ пластиклигини йўқотиши ёки уни пасайиши.	The ratio of the magnitude of an applied shear stress to the velocity gradient that it produces—that is, a measure of a noncrystalline material’s resistance to permanent deformation.
Деградация (деструкция)	Полимер материалларни емирилиш жараёнини ифодалайдиган термин.	Used to denote the deteriorative processes that occur with polymeric materials, including swelling, dissolution, and chain scission.
Деформацион пухталаниш	Рекристалланиш ҳароратидан паст ҳароратда пластик деформациялаш натижасида юмшоқ материалларни мустаҳкамлиги ва бикрлигини ошириш	The quantity of mass diffusing through and perpendicular to a unit cross-sectional area of material per unit time.
Диполь	Бир биридан катта	A pair of equal and opposite

(электрик)	бўлмаган ораликда жойлашган, қарама қарши знакли тенг электр зарядлар жуфтлиги.	electrical charges separated by a small distance.
Дислокация	Атомларни тартибли жойлашиши бўлмаган кристаллдаги чизиқли нуқсон. Пластик деформация бу дислокацияларни таъсир этувчи кучланишлар натижасида силжиши. Дислокациялар чеккали, винтсимон ва аралашма бўлиши мумкин.	A linear crystalline defect around which there is atomic misalignment. Plastic deformation corresponds to the motion of dislocations in response to an applied shear stress. Edge, screw, and mixed dislocations are possible.
Дифракция (рентген нурлари)	Кристалл атомларини рентген нурлари оқимини интерференцияси	Constructive interference of x-ray beams scattered by atoms of a crystal.
Диэлектрик	Электризацияловчи материаллар гуруҳига тегишли ҳар қандай модда.	Any material that is electrically insulating.
Допишлаш	Бу ярим ўтказгичларга чегараланган миқдорда мақсадли равишда донор ва акцепторли легирловчи қўшимчаларни киритиш.	The quantity of mass diffusing through and perpendicular to a unit cross-sectional area of material per unit time.
Атом рақами (Z)	Кимёвий элементнинг атом ядросидаги протонлар сони.	For a chemical element, the number of protons within the atomic nucleus
Биполяр транзистор	Электр сигналларни кучайтирадиган п-р-п ёки	For semiconductors and insulators, the energies that lie between the valence and conduction bands; for intrinsic materials, electrons are forbidden to have energies within this range.

<p>Бронза</p>	<p>Таркибини асосан мис ва қалай ташкил этган қотишма; бронзалар таркибида алюминий кремний, никель ва ҳ.к. бўлиши мумкин.</p>	<p>A copper-rich copper–tin alloy; aluminum, silicon, and nickel bronzes are also possible.</p>
<p>Вакансия</p>	<p>Одатда кристалл панжарадан атом ёки ион чиқиб кетган жой.</p>	<p>A normally occupied lattice site from which an atom or ion is missing.</p>
<p>Валентли электронлар</p>	<p>Атомлар аро боғланишларни ҳосил қилишда иштирок этадиган юқори энергияли электронлар</p>	<p>The electrons in the outermost occupied electron shell, which participate in interatomic bonding</p>
<p>Вандерваальс боғланишлар</p>	<p>Кўшни диполлар орасида молекулалар аро доимий ёки ҳосил қилинадиган иккиламчи боғланишлар.</p>	<p>A secondary interatomic bond between adjacent molecular dipoles that may be permanent or induced.</p>

VIII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

Махсус адабиётлар:

1. Fuel Economy in Road Vehicles Powered by Spark Ignition Engines. John C. Hillard, George S. Springer. New York and London, Plenum Press, 2001.
2. Guzzella Lino | Onder Christopher. Introduction to Modeling and Control of Internal Combustion Engine Systems. Springer, 2013. ISBN: 978-3-642-10774-0
3. Hua Zhao. Advanced direct injection combustion engine technologies and development. Volume 1: Gasoline and gas engines. USA. Woodhead Publishing Limited, 2010.
4. Hua Zhao. Advanced direct injection combustion engine technologies and development. Volume 2: Diesel engines. USA. Woodhead Publishing Limited, 2010.
5. Maximino Manzanera. Alternative Fuel. Croatia. InTech, 2011.
6. The Renewable Energy Home Handbook: Insulation & energy saving, Living off-grid, Bio-mass heating, Wind turbines, Solar electric PV generation, Solar water heating, Heat pumps, & more. Lindsay Porter. 2015, Veloce Publishing
7. Richard Folkson, Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance. Woodhead Publishing Limited, 2015.
8. Базаров Б.И. Экологическая безопасность автотранспортных средств. – Ташкент: Chinor ENK, 2012. – 216 с.
9. Базаров Б.И., Калауов С.А., Васидов А.Х. Альтернативные моторные топлива. – Ташкент: SHAMS ASA, 2014. – 189 с.

Интернет ресурслари:

1. <http://www.ziyonet.uz>
2. <http://www.edu.uz>
3. <http://www.infocom.uz>
4. <http://www.press-uz.info>
5. <http://www.fueleconomy.gov>