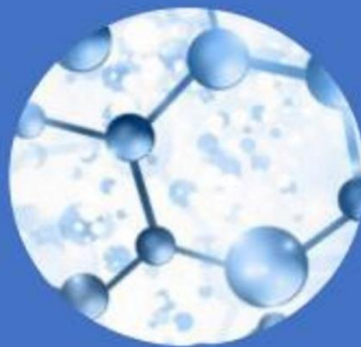


ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

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

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВАМАЛАКАСИНИ ОШИРИШ
ТАРМОҚ МАРКАЗИ



КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ
(органик моддалар ишлаб
чиқариш бўйича)
йўналиши

TOSHKENT
KIMYO-TEKNOLOGIYA
INSTITUTI

**“ОРГАНИК МАҲСУЛОТЛАР ИШЛАБ ЧИҚАРИШДА
РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР”**

модули бўйича

ЎҚУВ-УСЛУБИЙ МАЖМУА

ТОШКЕНТ – 2021 й.

Мазкур ўқув-услубий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 7 декабрдаги 648-сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув режа ва дастур асосида тайёрланди.

Тузувчи: **Р.А.Хабибуллаев** – Тошкент кимё-технология институти “Целлюлоза ва ёғочсозлик технологияси” кафедраси доценти, т.ф.н.

Такризчи: **А.М.Бочек**–Россия Фанлар Академияси Юқори молекулали бирикмалар институти Федераль фан муассасалари табиий полимерлар лабораторияси (Россия, Санкт-Петербург), етакчи илмий ходим, к.ф.д., профессор.

Ўқув-услубий мажмуа Тошкент кимё-технология институти Илмий-услубий Кенгашининг 2020 йил 30 декабрдаги 4-сонли қарори қарори билан наирга тавсия қилинган.

МУНДАРИЖА

1. Ишчи дастур	4
2. Модулни ўқитишда фойдаланиладиган интерфаол таълим методлари	8
3. Маъруза матнлари	166
4. Амалий машғулотлар учун материаллар, топшириқлар ва уларни бажариш бўйича тавсиялар	50
5. Битирув ишлари учун мавзулар	109
6. Кейслар банки	110
7. Глоссарий	114
8. Адабиётлар рўйхати	122
9. Мутахассис томонидан берилган тақриз	126

1. Ишчи дастур

Кириш

Дастур ривожланган мамлакатлардаги хорижий тажрибалар асосида “Кимёвий технология (органик маҳсулотлар ишлаб чиқариш бўйича)” қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналиши бўйича ишлаб чиқилган ўқув режа ва дастур мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у замонавий талаблар асосида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг мазмунини такомиллаштириш ҳамда олий таълим муассасалари педагог кадрларининг билимини ва касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади.

Қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишининг ўзига хос хусусиятлари ҳамда долзарб масалаларидан келиб чиққан ҳолда дастурда тингловчиларнинг махсус фанлар доирасида органик ишлаб чиқариш соҳасида саноатида қўлланиладиган полимер аддитив технологиялар, 3D-печать технологиялари, рақамли-дастурли бошқариладиган (ЧПУ) жиҳозлар ва уларни дастурлаш асосларининг ўзига хос хусусиятларига оид билим, кўникма ва малакаларини янгилаб боришга қаратилган муаммолари баён этилган.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

“Кимёвий технология (органик маҳсулотлар ишлаб чиқариш бўйича)” йўналиши бўйича олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш курсининг ўқув дастурининг махсус фанлар блокига киритилган «Органик маҳсулотлар ишлаб чиқаришда рақамли технологиялар» фани ишчи дастурининг мақсади – мутахассислик фанларидан дарс берувчи профессор ўқитувчиларни органик ишлаб чиқариш соҳасида қўлланиладиган композицион ва наноматериалларнинг турлари, Ўзбекистон Республикасида органик моддалар ишлаб чиқариш замонавий корхоналари, замонавий истиқболли импорт ўрнини босувчи ва экспортга йўналтирилган технологиялари тўғрисида назарий ва касбий тайёргарликни таъминлаш ва янгилаш, касбий компетентликни ривожлантириш асосида

таълим-тарбия жараёнларини самарали ташкил этиш ва бошқариш бўйича билим, кўникма ва малакаларни такомиллаштиришга қаратилган.

“Органик маҳсулотлар ишлаб чиқаришда рақамли технологиялар” фанининг вазифаси - тингловчиларни соҳага илдам кириб келаётган полимер аддитив технологиялар, 3D-печать технологиялари, рақамли-дастурли бошқариладиган (ЧПУ) жиҳозлар ва уларни дастурлаш асослари билан таништириш; “Кимёвий технология (органик маҳсулотлар ишлаб чиқариш бўйича)” йўналишида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг фан ва ишлаб чиқариш билан интеграциясини таъминлашдир.

Модул бўйича тингловчиларнинг билим, кўникма, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар

«Органик маҳсулотлар ишлаб чиқаришда рақамли технологиялар» фани бўйича тингловчилар қуйидаги янги билим, кўникма, малака ҳамда компетенцияларга эга бўлишлари талаб этилади:

Тингловчи:

- полимер аддитив технологияларни;
- 3D-печать технологияларини;
- 3D-принтерларнинг тузилиши ва ишлаб принципини;
- рақамли-дастурли бошқариладиган (ЧПУ) станокларни;
- VicStudioTM дастурини;
- координаталар тизими, дастурлаш асослари, дастур ёзиш тартибларини *билиши керак.*

Тингловчи:

- полимер аддитив технологиялардан фойдаланиш;
- 3D-печать технологияларини қўллаш;
- рақамли-дастурли бошқариладиган станоклардан фойдаланиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш *кўникмаларига* эга бўлиши лозим.

Тингловчи:

- 3D-печать технологиялари: суюлтирилган ипни ётқизиш усулида моделлаштириш (FDM), лазерли стереолитография (SLA), лазерда танлаб пишириш (SLS), буюмларни қатламли ламинациялаб яшаш (LOM), кўп

оқимли моделлаштириш (МММ), Polyjet технологияси, оқимли 3D-печать технологияси (3DP), суюқ юзаларни узлуксиз шакллантириш (CLIP)дан **фойдаланиш**;

- 3D-принтерлар ва рақамли-дастурли бошқариладиган станокларни дастурий таъминлаш **малакаларига эга бўлиши** лозим.

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

“Органик маҳсулотлар ишлаб чиқаришда рақамли технологиялар” курси маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

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

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

Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги

«Органик маҳсулотлар ишлаб чиқаришда рақамли технологиялар» модули қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишини бўйича ўқув режадаги бошқа мутахассислик фанлари билан узлуксиз боғлиқ бўлиб, ушбу фанларни ўзлаштиришда амалий ёрдам беради. «Органик маҳсулотлар ишлаб чиқаришда рақамли технологиялар» фанини тўлиқ ўзлаштириш ва амалий вазибаларни бажаришда юқори блоклардаги фанларга қисман боғлиқдир.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар Кимёвий технология (органик моддалар ишлаб чиқариш бўйича) – органик моддалар ишлаб чиқаришларининг замонавий усулларини ўрганиш, амалда қўллаш ва баҳолашга доир касбий компетентликка эга бўладилар.

Модул бўйича соатлар тақсимоти

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юкلامаси, соат			
		Ҳаммаси	Аудитория ўқув юкلامаси		
			Жами	жумладан	
			назарий	амалий	
1.	Полимер аддитив технологиялар	6	6	2	4
2.	Рақамли-дастурли бошқариладиган станоклар	4	4	2	2
	Жами:	10	10	4	6

НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-мавзу: Полимер аддитив технологиялар.

1. Полимер аддитив технологияларнинг ўзига хослиги.
2. Аддитив технологияларда қўлланиладиган полимер материаллар.
3. Полимер аддитив технологиялар.

2-мавзу: Рақамли-дастурли бошқариладиган станоклар.

1. Рақамли-дастурли бошқариладиган (ЧПУ) станокларнинг конструкцияси, функциональ механизмлари ва станокни бошқариш.
2. VicStudio™ дастури.
3. Координаталар тизими.

АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-амалий машғулот. 3D-печат бўйича FDM, SLA, SLS, CLIP технологияларини ўрганиш.

1. FDM — суюлтирилган ипни ётқизиш усулида моделлаштириш.
2. Лазерли стереолитография (SLA).
3. Лазерда танлаб пишириш (SLS).
4. Суюқ юзаларни узлуксиз шакллантириш (CLIP).

2-амалий машғулот. 3D-печат бўйича LOM, MJM, PolyJet, 3DP технологияларини ўрганиш.

1. Буюмларни қатламли ламинациялаб яшаш (LOM).
2. Кўп оқимли моделлаштириш (MJM).
3. PolyJet технологияси.
4. Оқимли 3D-печат технологияси (3DP).

3-амалий машғулот: Рақамли-дастурли бошқариладиган станоклар учун дастур ёзиш.

1. Дастурлаш асослари.
2. Дастур ёзиш.

Ўқитиш шакллари

Мазкур модул бўйича қуйидаги ўқитиш шаклларидан фойдаланилади:

- маърузалар, амалий машғулотлар (маълумотлар ва технологияларни англаб олиш, ақлий қизиқишни ривожлантириш, назарий билимларни мустаҳкамлаш);
- давра суҳбатлари (кўрилаётган лойиҳа ечимлари бўйича таклиф бериш қобилиятини ошириш, эшитиш, идрок қилиш ва мантиқий хулосалар чиқариш);
- баҳс ва мунозаралар (лойиҳалар ечими бўйича далиллар ва асосли аргументларни тақдим қилиш, эшитиш ва муаммолар ечимини топиш қобилиятини ривожлантириш).

2.Модулни ўқитишда фойдаланиладиган интерфаолтаълим методлари

“SWOT-таҳлил” методи.

Методнинг мақсади: мавжуд назарий билимлар ва амалий тажрибаларни таҳлил қилиш, таққослаш орқали муаммони ҳал этиш йўллари топишга, билимларни мустаҳкамлаш, такрорлаш, баҳолашга, мустақил, танқидий фикрлашни, ностандарт тафаккурни шакллантиришга қаратилган.



Намуна:Полимер аддитив FDM технологиясини SWOT таҳлил қилинг.

S	Кучли томонлари	<ul style="list-style-type: none"> • дунёда энг кўп тарқалган 3D-печат тури; • турли полимерлар ва паст температурада суюқланадиган бошқа материаллар билан ишлайди; • кенг оммалашган ABS пластиклари билан ишлайди; • механизми нисбатан содда ва тушунарли; • маҳсулотлари юқори даражада мустаҳкам ва қайишқоқ.
W	Кучсиз томонлари	<ul style="list-style-type: none"> • иш тезлиги юқори эмас; • аниқлиги жуда юқори эмас; • моделни иш столига маҳкамлаш муаммолари мавжуд; • осилиб турувчи элементлар учун тутиб турувчи мослама зарур бўлади; • баъзан қўлда якуний ишлов бериш зарур бўлади.
O	Имкониятлари (ички)	<ul style="list-style-type: none"> • иккинчи печатловчи каллакни ўрнатиш мумкин; • пластик ипни бўяб рангли деталлар олиш мумкин.
T	Тўсиқлар (ташқи)	<ul style="list-style-type: none"> • полимернинг термик кичрайиши (термоусадка) детал ўлчамларининг совугандан кейин ўзгаришига сабаб бўлади; • чиқиндисиз ишлаб чиқариш эмас, ушлаб турувчи модда кўп сарф бўлади.

“LINK”методи

Бу метод билим олувчига интернет ҳавола тақдим қилиш орқали унинг ҳаволадаги материални ўрганишини таъминлайди.

Ушбу метод m-learning таълим усулини ташкил қилиш учун жуда қулай восита бўлиб, билим олувчи ўз шахсий мобил қурилмаси орқали билим ва кўникмаларни ўзлаштиришини таъминлайди.

Ушбу методнинг ўзига хос жиҳатларидан бири билим олувчининг жавобининг чекланишидир. Билим олувчи жавобини матн орқали ифодалайди (масалан, 30-40 сўз), бу биринчидан, билимга эга талаба учун ортиқча муаммо пайдо қилмайди, иккинчидан, билим олувчи жавобни синтез қилиб ўз сўзлари билан ифодалайди ва шу орқали унинг плагиатдан фойдаланишининг олди олинади. Сўзларнинг чекланиши ўқитувчининг вақтини анча тежайди, таълим платформасининг ортиқча юкланишининг олдини олади.

Бу усулда билим олувчига манбадан фойдаланган ҳолда, катта ҳажмдаги ахборотни сиқиб, ўз сўзлари билан ифодалайди. Шу сабабли билим олувчи маълумотни Блум таксономияси бўйича синтез даражасида ўзлаштиради.

Билим олувчининг билимини баҳолашда турли мезонлардан фойдаланилади: жавобнинг тўғрилиги ва тўлиқлиги, аниқ ва қисқалиги, сўзлар ҳажмининг мос келиши, имло хатолари йўқлиги, жаргон ишлатилмаслиги, жавобнинг манбадаги материалга мос келиши ва ҳ.к..

Плагиат ва нотўғри таълим олишнинг олдини олиш учун билим олувчининг мобил қурилмаси электрон таълим тизимига қайд қилиб қўйилиши лозим.

Намуна:

Савол: “FDM-принтерларда ишлатиладиган полимер материаллар ҳақида 20-30 сўз орқали маълумот беринг”.

Жавоб (28 сўз): “FDM-принтерларда асосан ABS (акрилонитрил, бутадиен ва стирол сополимери) ва PLA(полилактид) полимерлари ишлатилади. ABS яхши бўялади, зарарсиз, зарбга чидамли материал. PLA биопарчаланувчан, биомослашувчан полиэфир, унинг мономерлари сут кислотасидир”.

Савол: “FDM-принтерларда ишлатилган полимер материаллар ҳақида 20-30 сўз орқали маълумот беринг”.

Жавоб (28 сўз): “FDM-принтерларда асосан ABS (акрилонитрил, бутадиен ва стирол сополимери) ва PLA (полилактид) полимерлари ишлатилади. ABS яхши бўялади, зарарсиз, зарбга чидамли материал. PLA биопарчаланувчан, биомослашувчан полиэфир, унинг мономерлари сут кислотасидир”.

“Review” методи

Мазкур метод билим олувчини илмий фикрлаб жавоб ёзишга ундайди. Бунда билим олувчи махсус атамаларни қўллаши, матнда боғловчи сўз ибораларини ишлатиши, мантиқли жавоб бериши, қиёсий усулда, намуна келтириб жавоб бериши, белгиланган структура бўйича ва чекланган ҳажмда матн ёзиши талаб этилади. Сўзларнинг чекланиши ўқитувчининг кўп вақтини тежайди, таълим платформасининг ортиқча юкланишининг олдини олади.

Намуна:

Савол: “Берилган намуна асосида SLIP-технологиясини 40-50 сўз билан таърифланг” (ўзига хослиги, механизми).

Жавоб (46 сўз): “SLIP-технологиясининг ишлаб чиқариш унуми бошқа 3D-технологиялариникидан деярли 100 баравар юқори. Буюм юзаси 10 микрон аниқликда шаклланади. Жуда майда деталларни яшаш мумкин.” [ўзига хослиги].

Янги буюм гўёки йўқдан бор бўлгандек, суюқликдан кўтарилиб чиқади. Фотополимер УБ нур (полимерланиши учун) ва кислород (ингибитор) таъсири натижасида қотиб буюм узлуксиз тарзда шаклланиб боради.”[механизми].

Савол: “Берилган намуна асосида CLIP-технологиясини 40-50 сўз билан таърифланг” (ўзига хослиги, механизми).



Жавоб (46 сўз): “CLIP-технологиясининг ишлаб чиқариш унуми бошқа 3D-технологиялариникидан деярли 100 баравар юқори. Буюм юзаси 10 микрон аниқликда шаклланади. Жуда майда деталларни яшаш мумкин.” [ўзига хослиги].

Янги буюм гўёки йўқдан бор бўлгандек, суюқликдан кўтарилиб чиқади. Фотополимер УБ нур (полимерланиши учун) ва кислород (ингибитор) таъсири натижасида қотиб буюм узлуксиз тарзда шаклланиб боради.” [механизми].

“Q/A” методи

Мазкур метод ўқитувчининг унга берилган саволларга жавоблари тарзида ташкил қилинади. Бунда билим олувчилар ўзлари хоҳлаган саволни танлаб жавоб ёзишлари мумкин. Жавоб ёзишда плагиатнинг олдини олиш учун жавоб ҳажми чеклаб қўйилади (масалан, 20-30 сўз), сўзларнинг чекланиши ўқитувчининг текшириш учун кўп вақтини олмайди ва бу ҳолат таълим платформасининг ортиқча юкланишига олиб келмайди. Ушбу усул билим олувчининг ўқув материални ўзлаштиришини таъминлашда юқори самара беради. Саволларнинг ўқув материалда келтирилган кетма-кетликда берилиши материалнинг тез ўзлаштирилишини яхшилайтиди. Ушбу метод ўзлаштиришни баҳолашдан кўра, кўпроқ ўқув материални ўзлаштиришга ёрдам берувчи инструмент ҳисобланади.

Намуна:

Савол: “Нима деб ўйлайсиз, 3D-принтерлар қайси соҳаларда яхши самара беради? Жавобингизни 20-30 сўз ҳажмида ифодаланг”.

Жавоб (22 сўз): “3D-принтерлар бошқа технологияларда олиш қийин бўлган майда буюмларни ўта аниқликда ишлаб чиқаришда яхши самара беради (тиббиёт, ювелир буюмлари, электротехника, космик технологиялар, машинасозлик).

Савол: “Нима деб ўйлайсиз, 3D-принтерлар қайси соҳаларда яхши самара беради? Жавобингизни 20-30 сўз ҳажмида ифодаланг”.



Жавоб (22 сўз): “3D-принтерлар бошқа технологияларда олиш қийин бўлган майда буюмларни ўта аниқликда ишлаб чиқаришда яхши самара беради (тиббиёт, ювелир буюмлари, электротехника, космик технологиялар, машинасозлик).

“FAQ” методи

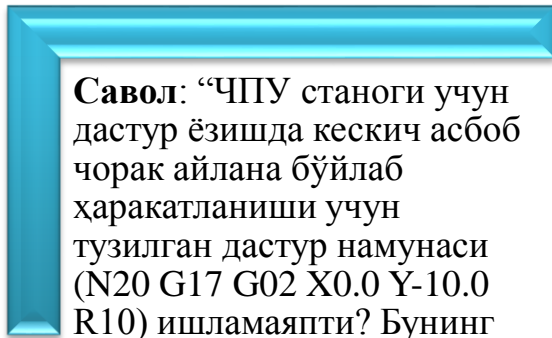
Мазкур метод модуль бўйича энг кўп сўраладиган саволларни ва уларнинг жавобларини йиғиб, жамлаб, интерактив электрон қўлланма шаклига келтириш учун самарали восита ҳисобланади. Бунда билим олувчилар ўқитувчига ўзларини ўйлантирган саволлар билан мурожаат қилишади, амалий ишни бажаришда юзага келган муаммоларни изоҳлаб ва уларни бартараф қилиш бўйича маслаҳатлар олишади. Ушбу савол-жавоблар базаси кейинчалик кенг жамоатчиликка тақдим этилиши сабабли, ўқитувчи саволларни саралаб олиши, таҳрирлаши ва синфлаши, жавобларни эса асосли ҳужжатларга таяниб тайёрлаши лозим. FAQ методи жорий ўқув жараёнида билим олувчининг ўзлаштиришини баҳолаш учун қўлланилаётган бўлса ҳам, аслида у келгусида e-learning, m-learning муҳитини шакллантиришда қимматбаҳо инструмент ҳисобланади. Бу усулнинг яна бир ўзига хослиги шундаки, бунда ўқитувчи билим олувчининг қай даражада савол

берганлигини баҳолаши керак бўлади. Бу эса ҳали педагогикада оммалашмаган назорат тури ҳисобланади. Шу сабабли, ўқитувчи баҳолаш мезонларини жорий қилишда билим олувчининг фанга қанчалик киришганини, саволларининг қалбаки эмаслиги, ҳақиқий муаммога боғлиқ эканлигини асос қилиб олиши мақсадга мувофиқ. Бунда албатта, ўқитувчи ўта сергак бўлиши ва билим олувчиларнинг ўқув-услубий мажмуадаги саволларни бермаслигини назорат қилиб бориши лозим.

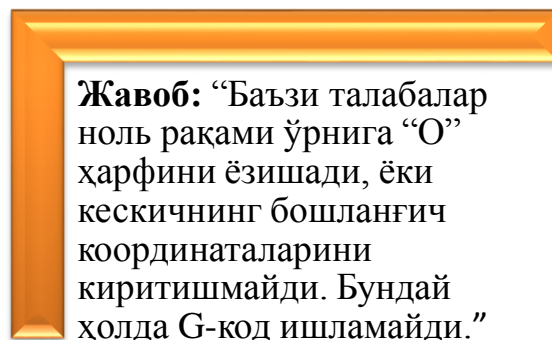
Намуна:

Савол: “ЧПУ станогини учун дастур ёзишда кескич асбоб чорак айлана бўйлаб ҳаракатланиши учун тузилган дастур намунаси (N20 G17 G02 X0.0 Y-10.0 R10) ишламаяпти? Бунинг сабаби нимада бўлиши мумкин?”

Жавоб: “Баъзи талабалар ноль рақами ўрнига “O” ҳарфини ёзишади, ёки кескичнинг бошланғич координаталарини киритишмайди. Бундай ҳолда G-код ишламайди.”



Савол: “ЧПУ станогини учун дастур ёзишда кескич асбоб чорак айлана бўйлаб ҳаракатланиши учун тузилган дастур намунаси (N20 G17 G02 X0.0 Y-10.0 R10) ишламаяпти? Бунинг сабаби нимада бўлиши мумкин?”



Жавоб: “Баъзи талабалар ноль рақами ўрнига “O” ҳарфини ёзишади, ёки кескичнинг бошланғич координаталарини киритишмайди. Бундай ҳолда G-код ишламайди.”

"Венн диаграммаси" методи

Методнинг мақсади: Бу метод график тасвир орқали ўқитишни ташкил этиш шакли бўлиб, у иккита (учта, тўртта ва ҳ.к.) ўзаро кесишган айлана тасвири орқали ифодаланади. Мазкур метод турли тушунчалар, асослар, тасавурларнинг анализ ва синтезини икки аспект орқали кўриб

чиқиш, уларнинг умумий ва фарқловчи жиҳатларини аниқлаш, таққослаш имконини беради.

Методни амалга ошириш тартиби:

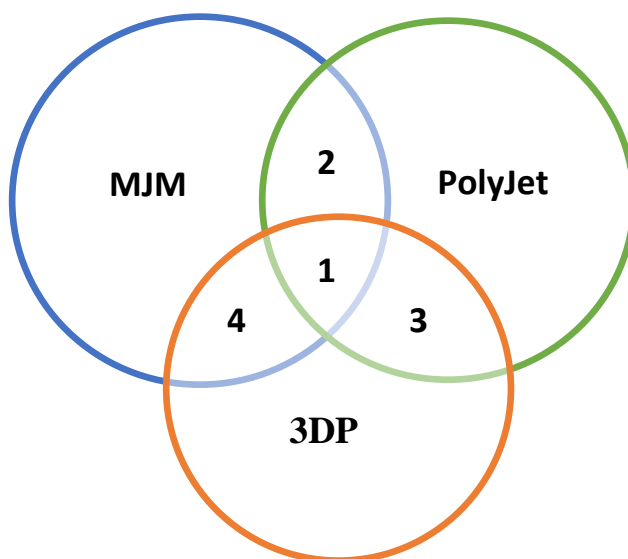
- иштирокчилар икки кишидан иборат жуфтликларга бирлаштириладилар ва уларга кўриб чиқиладиган тушунча ёки асоснинг ўзига хос, фарқли жиҳатларини (ёки акси) доиралар ичига ёзиб чиқиш таклиф этилади;

- навбатдаги босқичда иштирокчилар тўрт (3-5) кишидан иборат кичик гуруҳларга бирлаштирилади ва ҳар бир жуфтлик ўз таҳлили билан гуруҳ аъзоларини таништирадилар;

- жуфтликларнинг таҳлили эшитилгач, улар биргалашиб, кўриб чиқиладиган муаммо ёхуд тушунчаларнинг умумий жиҳатларини (ёки фарқли) излаб топадилар, умумлаштирадилар ва доирачаларнинг кесишган қисмига ёзадилар.

Намуна:

Савол: MJM, PolyJet, 3DP технологияларининг умумий ва ўзига хос жиҳатларини Венн-диаграммаси орқали ифодаланг.



1 – Барча технологиялар 3D-печать технологиялари ҳисобланади, барчасидасуюқлик оқимлари ишлатилади, лазер ишлатилмайди.

2 – MJM ва PolyJet технологияларининг иккаласида ҳам фотополимер ишлатилади.

3 – PolyJet ва 3DP технологияларида ушлаб турувчи компонент қўшилади.

4 – MJM ва 3DP технологиялари 1, 2, 3 дан фарқ қилувчи умумий ўхшашликка эга эмас.

MJM – фотополимерни пуркаш орқали ундан қуйиш учун мўлжалланган, қуйдириладиган ёки суюлтириладиган мастер-моделлар ясалади.

PolyJet– суюқ фотополимер ультрабинафша нур орқали қотирилади. Бу технологияда прототипларни олиш учун силлиқ юзали мастер-моделлар ясалади.

3DP– оқимли уч ўлчамли печать, полимерни қатламлаб узатади. модельнинг контури елимловчи материал ва кукунни узатувчи печать қилувчи каллак томонидан шакллантирилади.

3. Маъруза матнлари

1-маъруза: Полимер аддитив технологиялар.

Режа:

- 1.1. Полимер аддитив технологияларнинг ўзига хослиги.
- 1.2. Аддитив технологияларда қўлланиладиган полимер материаллар.
- 1.3. Полимер аддитив технологиялар.

Таянч иборалар: аддитив технологиялар; компьютер модели; полимер аддитив технологиялар; пластмасса турлари; FDM технология; SLA технология; SLS технология; LOM технология; MJM технология; PolyJet технология; 3DP технология; CLIP технология.

1.1. Полимер аддитив технологияларнинг ўзига хослиги

Аддитив технологиялар ёки қатламли синтез технологиялари бугунги кунда “рақамли” ишлаб чиқаришнинг энг тез ривожланаётган йўналишларидан биридир. Аддитив технологияларнинг умумий хусусияти шундаки, бунда моделни қуриш материални қўшиш орқали амалга

оширилади (инглизча Add — «қўшиш»), бу технология “ортиқча” материални олиб ташлашга асосланган анъанавий технологиялардан шуниси билан фарқ қилади.

Аддитив технологияларнинг асосий афзалликлари қуйидагилардан иборат:

- **Тайёр маҳсулотнинг сифати яхшиланади.** Қатламли тузилишга эга бўлганлиги сабабли маҳсулотлар ноёб хусусиятларга эга. Масалан, деталлар зичлик, қолдиқ кучланишлар ва бошқа хусусиятлар бўйича қуйма ёки механик ишлов бериб олинган аналоглардан устундир.

- **Хом ашё катта миқдорда тежалади.** Аддитив технологиялар маҳсулот ишлаб чиқариш учун қанча материал керак бўлса, ўшанча миқдоридан фойдаланади. Ҳолбуки анъанавий ишлаб чиқариш усулларида 80-85% гача хом ашё йўқотилади.

- **Мураккаб шаклли маҳсулотларни ишлаб чиқариш имконияти.** Бу усулда бошқа усул билан олиб бўлмайдиган буюмлар ишлаб чиқарилади. Масалан, детал ичидаги детал. Ёки тўрсимон конструкция асосидаги жуда мураккаб совутиш тизимлари.

- **Ишлаб чиқаришнинг мослашувчанлиги ва маълумот алмашинишининг тезлашиши.** Бу технологияда чизмалар, ўлчовлар ва катта ҳажмдаги намуналарга эҳтиёж бўлмайди. Аддитив технологияларнинг асосини олинадиган маҳсулотнинг компьютер модели ташкил этади.

1.2. Аддитив технологияларда ишлатиладиган полимер материаллари ҳақида асосий маълумотлар

Полимер материаллар (ПМ) таркибининг мураккиблиги билан ажралиб туради, унинг таркибида албатта боғловчи сифатидаги синтетик полимерлар мавжуд бўлади. ПМ таркибига турли хил тўлдиргичлар ва маълум технологик ва истеъмол хусусиятларини таъминлайдиган моддалар (оқувчанлик, пластиклик, зичлик, чидамлилиқ, мустаҳкамлик, узоқ муддат хизмат қилиш, ёнмаслик, иссиқлик ёки электр ўтказувчанлик, овоз ютиш ва бошқалар) кириши мумкин.

Полимер материаллар учун уларни таснифлайдиган бир қатор хусусиятлар жуда муҳим ҳисобланади.

Полимерлар *қиздирилганда ўзини тутишига кўра* термопластик (термопластлар), терморектив (реактопластлар), эластомер (эластопластиклар) ва термоэластомерлар (термопластик эластомерлар) га бўлинади.

Термопластлар иситилганда кимёвий тузилишини сақлаб қолади, шу билан бирга улар юмшайди ва суюқланади, совутилганда эса молекулалараро боғланишлар тикланади ва суюқланма (юмшатишган полимер) қотади ва полимер ўзининг асл физик хусусиятларини тиклаб олади. Бу хусусият термопластларни (ПЭ, ПС, ПВХ ва бошқаларни) қайта-қайта суюлтириш (юмшатиш) ва совутишга имкон беради, бу эса уларни навбатдаги маҳсулотга айлантириш босқичлари учун асос бўлади.

Реактопластлардан тайёрланган буюмлар кимёвий чоклаш реакцияси натижасида барқарор ўлчамга эга бўлади - макромолекулаларнинг уч ўлчовли "чокланган" тузилмасини ҳосил қилади. Бунда, реактопластлар қайтаданқовушқоқ-оқувчан ҳолатга ўтиш хусусиятини йўқотади ва шунинг учун маҳсулот ишлаб чиқаришда термопластлар фақат бир марта қайта ишланади (қотади). Реактопластларга реакцияга мойил олигомерлар, айниқса фенол-формалдегид олигомерлари - ФФО, аминок-формалдегид олигомерлари - АФО ва эпоксид олигомерлари, оддий ва мураккаб полиэфирлар ва бошқалар киради.

Эластомерлар, шишасимон ёки кристал ҳолатидан юқори эластик ҳолатига ўтиш ҳарорати паст бўлган юқори молекулалибирикмалар ҳисобланади, шунингдек, уларнинг макромолекулалари кўндаланг кўприк боғлари воситасида тўрсимон структура ҳосил қилиб чокланиш хусусиятига эга. Уларга изопрен, бутадиеен, хлоропрен каучуклар, бутилкаучук, фторкаучук ва бошқалар мисол бўла олади. Вулканланиш натижасида пластик материал мустаҳкам, юқори эластик каучукка айланади.

Термоэластопластлар (ТЭП) –молекулалари термопласт ва эластомер блоклари кетма-кетлигидан ҳосил бўлган юқори молекулали бирикмалардир.

Ушбу материаллар термопласт блокларининг юмшаш ёки шишаланиш ҳароратларидан пастда эластомерларга ўхшаш хусусиятларга эга ва юқори ҳароратларда худди термопластиклар каби улар қайтмайдиған қовушқоқ-оқувчан ҳолатга ўтадилар. Энг кўп ишлатиладиган ТЭПлар – изопренстирол ва бутадиенстирол каучуклари, валцланадиган полиуретанлар ва бошқалар ҳисобланади.

Қўлланилиш соҳаларига кўра таснифлашда асосий эксплуатацион хоссалари ўхшаш бўлган гуруҳларни ажратиб олиш лозим. Бундай гуруҳлардан бир нечтасини ажратиб кўрсатиш мумкин. Уларнинг ичида асосийлари куйидагилар ҳисобланади:

- *қисқа муддатли ёки узоқ муддатли статик юклар таъсири остида ишлаш учун мўлжалланган пластмассалар*–қаттиқ, бикр конструкцион материаллар ҳисобланади. Уларнинг асосий хусусияти бикрлик (қайишқоқлик модули камида 900 МПа) ҳисобланади. Ушбу гуруҳга ПА, поликарбонат (ПК), ПЭТ, полифениленоксид (ПФО), формалдегид сополимерлари, пентапласт (ПТП), полимидлар (ПИ), этроллар, армирланган ПП, тўйинмаган полиэфир олигомерлари (НПО), армирланган фенопластлар, аминокластлар, кремнийорганик композициялар ва бошқалар киради.

- *зарбий кучлар таъсирида ишлаш учун мўлжалланган пластмассалар*–қайишқоқ-чўзилувчан, зарбга чидамли материаллар ҳисобланади. Ушбу гуруҳ пластмассаларининг зарбий мустаҳкамлиги камида 20 кЖ/м² бўлиши керак, баъзи ҳолларда улар катта деформацияланишни(шу жумладан, қайтар деформацияланишни ҳам) таъминлаши керак. Ушбу гуруҳга ПЭ, этиленнинг пропилен ёки винил ацетат билан сополимерлари, ПП, ПВХ, флоропласт, ПУ, ПА, зарбга чидамли стиरोлнингсополимерлари, шунингдек, армирланган пластмассалар ва бошқалар киради.

- *юқори (150 С дан юқори) ҳароратда ишлайдиган пластмассалар*–иссиқликка чидамли материаллар ҳисобланади. Ушбу гуруҳга ПА, ПЭТ, полифениленоксид (ПФО), ПК, полисулфон (ПСФ), пентапласт (ПТП), ПИ, фенопластлар, аминокластлар, кремнийорганик композициялар ва бошқалар киради.

- *наст (-40 ° С дан наст) ҳароратда ишлайдиган пластмассалар* - совуққа чидамли материаллар ҳисобланади. Ушбу гуруҳга ПЭ, этиленнинг пропилен ёки винилацетат билан сополимерлари, совуққа чидамли ПП композициялари, флоропластлар, ПА, ПК, формалдегид сополимерлари, ПФО, ПСФ, ПЭТ, полиарамид (ПАР), ПИ ва бошқалар киради.

- *электр ва радиотехника* мақсадлари учун қўлланиладиган пластмассалар. Ушбу материаллар юқори қийматли солиштирма ҳажмий электр қаршилигигава диэлектрик йўқотишларнинг тангенс бурчагининг кичик қийматларига эга бўлиши керак.

- *ёритиш учун мўлжалланган шаффоф пластик материаллар*. Материалларнинг ёруғлик ўтказувчанлиги коэффициентининг қиймати камида 80% бўлиши керак. Буларга ПС, стиролнинг акрил кислотасининг нитрили (САН) ва (ёки) метилметакрилат билан сополимерлари, полиакрилатлар, ПВХ ва флоропластларнинг шаффоф маркалари, ПК, ПСФ, этроллар, ПЭТ ва ПА плёнкалари, АФО ва эпоксид олигомерлари, тўйинмаган полиэфир олигомерлари (ННТ) ва бошқаларкиради.

- *ёнувчанлиги наст бўлган пластмассалар - оловбардош, ўзи ўчиб қоладиган материаллар*. Бунга, масалан, кислороднинг ёниш индекси 22% дан юқори бўлган ёки оловсиз муҳитда ўзи ўчиб қоладиган материаллар киради. Ушбу гуруҳга флоропластлар, ПИ, фуран композициялари, оловбардошлиги камроқ бўлган ПТП ва ПВХ, шунингдек бошқа полимерларнинг оловбардош композициялари киради.

- *ионловчи нурланиш таъсирида ишлайдиган пластмассалар - радиацияга чидамли материаллар*. Буларга узоқ вақт давомида ионловчи нурланиш таъсир этганда ишлаш қобилиятини йўқотмайдиган материаллар киради: флоропластлар, ПАР, ПИ, эпоксид ва кремнийорганик олигомерлар асосидаги композициялар ва бошқалар киради.

- *агрессив муҳитда ишлаш учун мўлжалланган пластмассалар - кимёвий чидамли материаллар*. Булар ПЭ, ПП, ПВХ, флоропластлар, ПТП, ПСФ, ПЭТ, ПИ, кремнийорганик композициялардир. Универсал кимёвий чидамли материаллар билан бир қаторда сувга, мой ва бензинга, атроф-муҳит

таъсирига, тропик иқлимга, замбуруғларга чидамли гуруҳларни ва бошқа пластмассаларни ажратиб кўрсатиш мумкин.

- *озик-овқат ва ичимлик суви билан контактда ишлайдиган пластмассалар* – улар заҳарсиз материаллар ҳисобланади. Буларга ПЭ, этиленнинг винил ацетат билан сополимерлари, ПП, ПС ва стиролнинг бошқа мономерлар билан сополимерлари (таркибида қолдиқ мономер кам миқдорда), ПВХ, флоропластлар, ПУ, полиакрилатлар, ПА, ПС, ПЭТ, ПСФ, ПВА, аминопластлар ва бошқалар киради. Белгиланган қўшимча талабларга риоя қилинганда ушбу материаллар тиббиётда ҳам қўлланилиши мумкин.

Қўлланилиш параметрларига кўра таснифлаш тизимида пластмассалар иккита катта гуруҳга – *умумтехник ва муҳандислик-техник мақсадларда қўлланиладиган* турларга бўлинади.

Умумтехник мақсадларида ишлатиладиган пластмассаларнинг чўзилишдаги оқувчанлик чегаралари, бикрлиги (қаттиқлиги), одатдаги ҳароратда Бринелл бўйича қаттиқлиги (НВ) ва Вика бўйича иссиқбардошлиги паст бўлади, бу эса ҳарорат ошиши билан уларнинг механик хусусиятларининг кескин пасайишига сабаб бўлади. Умумтехник мақсадларда фойдаланиш учун мўлжалланган пластмассалар юқори (50 С дан юқори) ҳароратларда қисқа муддатли юк остида ишлашга мўлжалланмаган бўлади. Улар асосан нормал ёки ўртача (50 С гача) ҳароратларда юкланмаган ёки енгил юкланган ҳолатда ишлайди. Умумтехник мақсадларда фойдаланиш учун мўлжалланган пластмассалар одатдаги ҳароратда пастроқ силжиш модулларга эга бўлади ва юқори ҳароратларда ишга яроқсиз бўлади. Узок муддатли юкланганда улар одатдаги ҳароратларда енгил юкланган ҳолатда ишлатилади. Умумтехник мақсадларда ишлатиладиган пластмассаларнинг айрим параметрлари юқори бўлиши мумкин, аммо ишлаш параметрларининг умумий жамланмаси бўйича улар муҳандислик-техник мақсадларида ишлатиладиган пластмассаларидан пастроқда туради. Бундай материаллардан маданий-маиший, санитария-гигиена, тиббий ва техник мақсадларда, одатдаги ҳароратларда ишлайдиган юкланмаган маҳсулотлар

тайёрланади (плёнкалар, қувурлар, профиллар, қопламалар, зичловчи қисмлар, идишлар, панеллар, корпус қисмлари, таралар ва бошқалар).

Муҳандислик-техник мақсадларда ишлатиладиган пластмассалар юқори механик хусусиятларга ва иссиқбардошликка эга, бу эса ушбу параметрларнинг ҳарорат ошиши билан сезиларсиз камайишини белгилайди, шунинг учун муҳандислик-техник мақсадларида ишлатиладиган пластмассалар юқори ҳароратларда қисқа муддатли юк остида ишлаши мумкин. Улар одатдаги ва юқори ҳароратларда етарли даражада юқори силжиш модулларига эга бўлишади ва юк остида юқори ҳароратларда (75 С дан юқорида) узоқ муддат ишлаши мумкин. Улар юқори ҳароратларда доимий юк остида ишлайдиган муҳим қисмларни ишлаб чиқариш учун ишлатилиши мумкин. Умумтехник мақсадларда ишлатиладиган пластмассаларнинг қўлланилиш соҳаларидан ташқари, улар машинасозлик ва асбобсозлик қисмларини ишлаб чиқариш учун (тишли ғилдираклар, втулкалар, камарлар, йўналтирувчи дастаклар, роликлар, подшипник вкладишлари, стерилизация қилинадиган қисмлар, босма электрон платалар ва бошқалар), шунингдек, қурилишда ишлатилиши мумкин.

1.3. Полимер аддитив технологиялар

Аддитив ишлаб чиқариш деганда САПР моделидан фойдаланган ҳолда 3D-принтерда маҳсулотларни етиштириш жараёнини тушунилади. Ушбу жараён инновацион жараён бўлиб ва анъанавий саноат ишлаб чиқариш усулларига нисбатан рақобатчи ҳисобланади.

Бугунги кунда қуйидаги аддитив ишлаб чиқариш технологияларини ажратиб кўрсатиш мумкин:

- FDM (Fused deposition modeling– суюқланмаларни ётқизишни моделлаштириш) - суюлтирилган пластик ипни ётқизиш усулидабуюмни қатламма-қатлам қуриш. Бу дунёдаги энг кенг тарқалган 3D-печать усули бўлиб, миллионлаб энг арзонидан тортиб то саноат миқёсидаги 3D-принтерларларигача қўлланилади. FDM принтерлари ҳар хил турдаги пластмассалар билан ишлайди, уларнинг орасида энг кенг тарқалган ва

қўллаш мумкин бўлган пластиклардан бири ABS-пластиклардир. Пластмасса буюмлари юқори мустаҳкамлиги, мослашувчанлиги билан ажралиб туради, маҳсулотни синовдан ўтказиш, прототип яратиш ва фойдаланишга тайёр буюмларишлаб чиқариш учун қулай ҳисобланади.



- SLA (Stereolithography нинг қисқартирилгани)- лазер стереолитографияси, яъни лазер таъсирида суюқ фотополимер материални қотириш жараёнидир. Ушбу аддитив рақамли ишлаб чиқариш технологияси турли хил хусусиятларга эга, юқори аниқликдаги маҳсулотларни ишлаб чиқариш учун мўлжалланган.



- SLS (Selective laser sintering – лазерда танлаб суюлтириш) - полимер қуқунларини танлаб лазер билан суюлтириш жараёнидир. Ушбу технология ёрдамида турли физик хусусиятларга эга бўлган катта буюмларни олиш мумкин (юқори мустаҳкамлик, эгилувчанлик, иссиқбардошлик ва бошқалар).



Тез прототиплаш технологияларини алоҳида тоифага киритилиш мақсадга мувофиқ. Ушбу 3D-печатьусуллари визуал баҳолаш, синаш ёки мастер-моделларнинг қуйма қолиплари учун намуналар олиш учун мўлжалланган.

- LOM (Laminated Object Manufacturing - ламинацияланган буюмлар ишлаб чиқариш) - объектларни ламинациялаш йўли билан ишлаб чиқариш

жараёнидир. Ушбу усул ҳар бир қатламнинг контурини лазерда кесиб шакллантириш билан варақсимон материални (қоғоз, пластмасса, металл фольга) кетма-кет елимлашни назарда тутди. Ушбу усул билан ишлаб чиқарилган объектлар ясалганидан сўнг уларга қўшимча механик ишлов бериш талаб қилинади. Ётқизиладиган қатламнинг қалинлиги бевосита фойдаланилаётган варақсимон материалнинг қалинлигига боғлиқ бўлади.



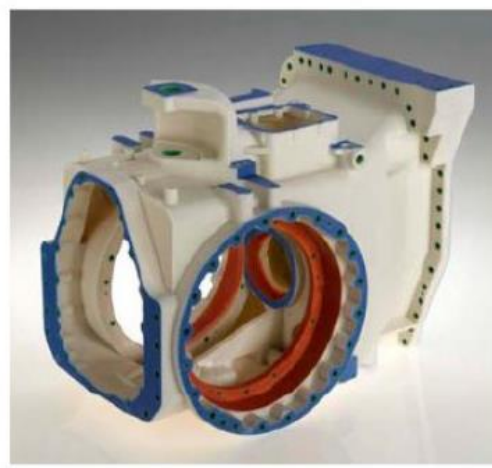
MJM (Multi-jet Modeling–кўп оқимли моделлаштириш) – фотополимер материални сепиш орқали моделлаштиришдир. Ушбу технология куйиш учун мўлжалланган, ёкиб ёки эритиб йўқотиладиган мастер-моделларни ҳамда турли маҳсулотларнинг прототипларини ишлаб чиқаришга имкон беради.



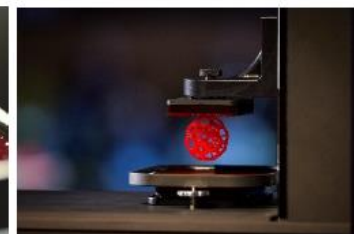
- PolyJet (кўп оқим) - ултрабинафша нурланиш таъсирида суюқ фотополимерни қотириш жараёнидир. Ушбу технология прототиплар ва силлиқ юзали мастер-моделларни ишлаб чиқариш учун ишлатилади.



- 3DP (оқимли уч ўлчамли печать) – ушбу усулда моделнинг контурларига печатловчи каллак орқали турли кукунларнинг юпқа қатлами устига елимлар ётқизилади. Шундай қилиб, ҳар бир янги қатламнинг зарралари бир-бирига ва олдинги қатламлар билан ўзаро ёпиштирилади ва тугалланган уч ўлчовли модел ҳосил қилинади.



Ва ниҳоят, полимерлар билан 3D-печать қилишнинг сўнги технологияси - CLIP (continuous liquid interface production – узлуксиз суяқ юзаларни шакллантириш) - узлуксиз суяқ юза ҳосил қилиш технологиясидир. Босиб чиқариш тизими бевосита рақамли проекция тизимининг устида жойлашган полимерли идиш билан жиҳозланган. Проектор ва полимер орасидаги тирқиш худди контакт линзалари сингари, ёруғлик ва кислороднинг иш муҳитига киришига имкон беради. Барча мавжуд 3D-технологиялардан фарқли равишда, "печать қилиш" қатламларда эмас, балки узлуксиз равишда, ултрабинафша нурланиш (полимеризацияни кучайтиради) ва кислород (реакцияни секинлаштиради) таъсирида содир бўлади.



Бу усул тайёр "нусха" ни юқори мустаҳкамликда ва 10 микрон аниқликда кўпайтириш имконини беради. Шуниси эътиборга лойиқки, ушбу технологиядан фойдаланган ҳолда 3D принтерда босиб чиқариш илгари

маълум бўлган шунга ўхшаш қурилмаларга қараганда 100 баробар тезроқ амалга ошади.

Хулосалар

Аддитив технологияларни ишлаб чиқишга эътибор қаратган мамлакатлар ҳозирги вақтда дунё бўйича меҳнат тақсимоотида энг қулай ўринларни эгаллаб туришибди. Ушбу технологиялар мураккаб техник тизимларнинг қисмларини ишлаб чиқаришнинг технологик жараёнини такомиллаштиришда муҳим омил ҳисобланади. Дарҳақиқат, бу маҳсулотни қуриш анъанавий технологиялардан фарқли ўлароқ (“add”– инглизчада “қўшиш”) материални қўшиш орқали амалга ошириладиган принципти янги ишлаб чиқариш жараёнларидир, бу усул ортқча қисм олиб ташланадиган анъанавий технологиялардан шуниси билан фарқ қилади.

Аддитив ишлаб чиқаришнинг асосий принципи –“материаллар – технологиялар –конструкциялар” тизими , шунингдек АТ-технологияларидан фойдаланган ҳолда жараённи тўлиқ амалга оширишдир(материал яратилишидан тортиб, уни лойиҳалаш, диагностика, таъмирлаш, ресурсларни кенгайтириш ва йўқ қилишда ишлашгача).

Назорат саволлари:

1. Полимер аддитив технология нима?
2. Аддитив технологияларнинг асосий афзалликларини санаб ўтинг.
3. Аддитив технологияларда полимерларнинг қандай турлари қўлланилади?
4. Полимерлар қиздирилганда ўзини тутишига кўра қандай гуруҳларга бўлинади?
5. Полимерлар қўлланилиш соҳалири бўйича қандай гуруҳларга бўлинади?
6. Умумтехник мақсадларда ишлатиладиган полимерларни изоҳланг.
7. Муҳандислик-техник мақсадлар учун ишлатиладиган полимерларга тавсиф беринг.
8. FDM технологиясини баён қилинг.

9. SLA технологиясини баён қилинг.
- 10.SLS технологиясини баён қилинг.
- 11.LOM технологиясини баён қилинг.
- 12.MJM технологиясини баён қилинг.
- 13.PolyJet технологиясини баён қилинг.
- 14.3DP технологиясини баён қилинг.
- 15.CLIP технологиясини баён қилинг.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Ляпков А.А. Полимерные аддитивные технологии: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. 114 с.
2. Шкуро А.Е., Кривоногов П.С. Технологии и материалы 3D-печати. Учебное пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. 101 с.
3. Кэнесса Э. Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития. Изд-во Международного центра теоретической физики Абдус-Салам (МТЦФ). 2013. 192 с.
4. Горьков Д. Как выбрать 3D-принтер? М.: 3D-print-nt. 2017. 92 с.
5. Цветная струйная 3d печать (CJP) / 3DProfy, Сентябрь 19th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/cvetnaya-strujjnaya-3d-pechat-cjp/>
6. Технология 3d прототипирования. Что это такое? / 3DProfy, Апрель 2nd, 2015. Доступ: <http://3dprofy.ru/tekhnologiya-3d-prototipirovaniya-chto-ehto-takoe/>
7. Обзор бесплатного ПО для 3d моделирования / 3DProfy, Декабрь 13th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/obzor-besplatnogo-po-dlya-3d-modelirova/>
8. 3D сканеры обзор основных технологий / 3DProfy, Декабрь 13th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/3d-skanery-obzor-osnovnykh-tekhnologijj/>
9. Фотополимерный 3D-принтер / 3DProfy, Октябрь 21st, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/fotopolimernyyj-3d-printer/>
10. 3D-принтеры FDM / 3DProfy, Октябрь 21st, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/3d-printery-fdm/>

11. Струйная трехмерная печать (3DP) / 3DProfy, Октябрь 21st, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/strujjnaya-trekhmernaya-pechat-3dp/>
12. Моделирование методом послойного наплавления (FDM) / 3DProfy, Октябрь 10st, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/modelirovanie-metodom-poslojnjogo-na/>
13. Изготовление объектов методом ламинирования (LOM) / 3DProfy, Октябрь 10st, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>
14. Стереолитография (SLA) / 3DProfy, Сентябрь 30th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/stereolitografiya-sla/>
15. Цифровая светодиодная проекция (DLP) в 3D-печати / 3DProfy, Сентябрь 19th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/cifrovaya-svetodiodnaya-proekciya-dlp-v-3d-pe/>
16. Многоструйное моделирование (MJM): технология настоящего и будущего / 3DProfy, Сентябрь 15th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/mnogostrujjnoe-modelirovanie-mjm-tekhno/>
17. Что такое 3D-печать? / 3DProfy, Сентябрь 15th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/cto-takoe-3d-pechat/>
18. Промышленный 3d принтер / 3DProfy, Апрель 2nd, 2015. Доступ: <http://3dprofy.ru/promyshlennyjj-3d-printer/>
19. Обзор принтера RepRap Prusa i3 / 3DProfy, Февраль 7th, 2015. Доступ: <http://3dprofy.ru/obzor-printera-reprap-prusa-i3/>
20. 3d принтер PrintBox3D One / 3DProfy, Февраль 7th, 2015. Доступ: <http://3dprofy.ru/3d-printer-printbox3d-one/>
21. Обработка распечатанных моделей после 3d печати / 3DProfy, Январь 8th, 2015. Доступ: <http://3dprofy.ru/obrabotka-raspechatannykh-modelejj-pos/>
22. 3D редакторы с поддержкой .stl / 3DProfy, Декабрь 13th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/3d-redaktory-s-podderzhkojj-stl/>
23. 3D принтер PrintBox3D One — популярный российский 3d принтер / 3DProfy, Декабрь 13th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/3d-printer-printbox3d-one-populyarnyjj-rossijskij-3d-p/>

24. 14 способов борьбы с заворачиванием при 3д печати / 3DProfy, Декабрь 13th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/14-sposobov-borby-s-zavorachivaniem-pri/>
25. Расходные материалы для моделирования методом послойного наплавления (FDM/FFF) / 3DProfy, Октябрь 21st, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/raskhodnye-materialy-dlya-modelirovan/>
26. Обзор современных 3D-принтеров / 3DProfy, Сентябрь 15th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/obzor-sovremennykh-3d-printerov/>
27. Технологии SLA, SLM - Другие аддитивные технологии. Видео: <https://ru.coursera.org/lecture/additivnyye-tekhnologii/tiekhnologhii-sla-slm-crhez>
28. Преимущества аддитивных технологий. Видео: <https://top3dshop.ru/wiki/additive-technologies.html>
29. Новости аддитивных технологий. Видео: <https://fea.ru/news/6147>
30. Аддитивные технологии – что это такое?. Видео: <https://sk.ru/net/p/media.aspx?%25252525253Bpi2287233=67&PostSortBy=MostViewed&pi2287233=121>
31. Технология PolyJet - Аддитивные технологии от DDM.Lab. Видео: https://www.ddmlab.ru/technology/polyjet_technology/
32. Изготовление объектов методом ламинирования (LOM). Видео: <http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>

2-майруза: Рақамли-дастурли бошқариладиган станоклар.

Режа:

- 2.1. Рақамли-дастурли бошқариладиган (ЧПУ) станокларнинг конструкцияси, функциональ механизмлари ва станокни бошқариш.
- 2.2. VicStudio™ дастури.
- 2.3. Координаталар тизими.

Таянч иборалар: *ЧПУ станогининг конструкцияси; ЧПУ станогининг техниктавсифи; функциональ механизмлар; заготовкани базалаш механизми; ЧПУ станокни бошқариш; VicStudio™ дастури; ЧПУ станогининг координаталар тизими; кесувчи асбобнинг координаталар тизими; станокнинг маҳкамлаш нуқтаси.*

2.1. Рақамли-дастурли бошқариладиган (ЧПУ) станокларнинг конструкцияси, функциональ механизмлари ва станокни бошқариш.

ЧПУ станогининг конструкцияси

Рақамли-дастурли бошқарув (РДБ) станоклари битта принцип асосида ясалган бўлади – кесувчи асбобнинг муҳитдаги ҳаракати тўрт бурчакли декарт координаталари бўйлаб амалга оширилади.

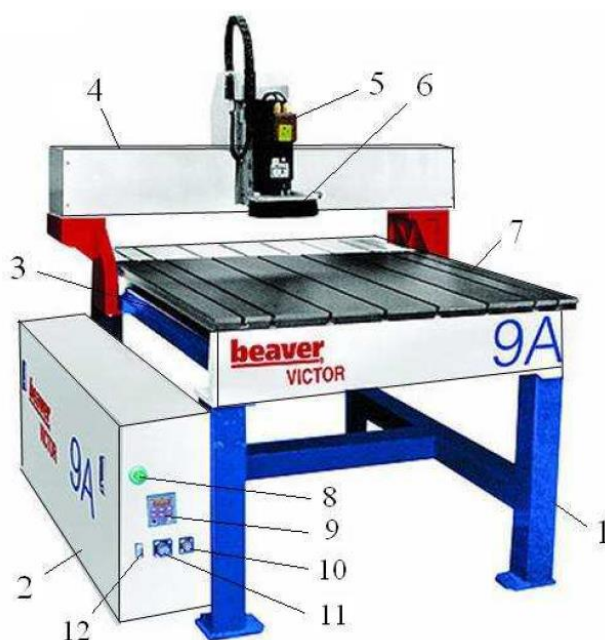
Энг оддий ЧПУ фрезалаш станогининг 2.1-расмда келтирилган. Станок мебель фасадлари, эшик табақалари, плита материалларига ишлов бериш ва бошқа ишлар учун мўлжалланган. Станокнинг станинаси пайвандлаб ясалган. Станокка бўйлама йўналтиргичлар маҳкамланган бўлиб, уларга Y-ўқи бўйлаб ҳаракатланадиган портал (П-симон конструкция) ўрнатилган. Порталга суппортли кўндаланг йўналтиргичлар ўрнатилган. Бундан ташқари вертикал йўналтиргичлардаги суппортга Z ўқи бўйлаб ҳаракатланадиган суппорт ўрнатилган, унга цангли патронда фрезали шпиндель маҳкамланган.

Станок бошқарув панели ўрнатилган бошқарув блоки билан жиҳозланган. Станокнинг бошқариш блокида частотани ўзгартиргич мосламаси мавжуд бўлиб, у шпинделнинг юқори айланиш тезлигида ишлайдиган электроюртиргичсининг частотасини тартибга солиб туради.

Барча йўналтиргичлар думалоқ кўндаланг кесимга эга ва улар сирпанувчи ползунлар билан таъсирлашиб ишлайди. Йўналтиргичлар бўйича

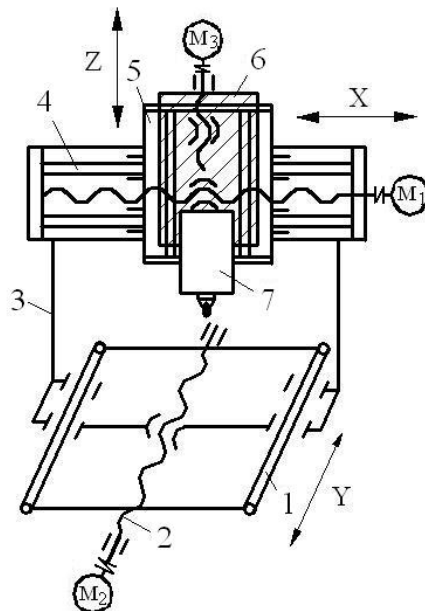
ҳаракатланиш шарча-гайкали винтлар ва 1 кВт лик қадамли электр юритгичлар билан таъминланади (2.2-расм).

Шундай қилиб, портал (3) йўналтиргичларга (1) ўрнатилган ва М2 электр юритгичи орқали винт (2) ёрдамида ҳаракатланади; суппорт (5) йўналтиргичларга (4) ўрнатилган ва М1 электр юритгичси билан ҳаракатга келтирилади; суппорт (6) М3 электро юритгичсидан ҳаракат олувчи вертикал йўналтиргичларга ўрнатилган. Бундай конструкция шпиндел (7) нинг учта ўзаро перпендикуляр йўналишларда ҳаракатланишини таъминлайди.



2.1-расм. ЧПУ ли фрезалаш станогии:

1 – рама; 2 – бошқарув блоки; 3 – бўйлама йўналтиргичлар; 4 – портал; 5 – бош ҳаракат механизми шпиндели; 6 – қириндиларни олиб ташловчи тўсиқ-чўтка; 7 – стол; 8 – сигнал берувчи лампа; 9 – частота ўзгартиргични бошқариш панели; 10 –«Пуск» кнопокasi; 11 –«Аварийный стоп» кнопокasi; 12 – компьютерни улаш жойи.



2.2-расм. Фрезалаш станогининг схемаси:

1 – бўйлама йўналтиргичлар; 2 – винт; 3 – портал; 4 – порталнинг кўндаланг йўналтиргичлар; 5 – кўндалангига ҳаракатланиш суппорти; 6 – вертикал ҳаракатланиш суппорти; 7 – шпиндель.

ЧПУ ли фрезалаш станогининг техник характеристикалари қуйида келтирилган.

Стол ўлчамлари, мм	900x900
Суппортлар ҳаракати, мм:	
–X ўқи бўйича.....	900
–Y ўқи бўйича	700
–Z ўқи бўйича	100
Суппортларнинг ҳаракатланиш тезлиги, м/мин	4 гача
Шпинделнинг айланиш частотаси, мин ⁻¹	24000 гача
Шпинделнинг қуввати, кВт.....	1,5
Фреза маҳкамландиган цанг диаметри, мм	3,6
Қадамли юритгичлар қуввати, кВт	1x3
Габарит ўлчамлар, мм	1000x1200x1230
Масса, кг	300

Станокнинг функциональ механизмлари

Станина:

Замонавий ЧПУ станоклари турли хил конструкцияларга эга. Эътиборлиси шундаки, уларнинг барчасида конструкция асосини мустаҳкам станина ташкил қилади, у деформацияга чидамли, пайвандланган кути

конструкцияси кўринишида ясалган бўлади. Станинанингўта оғирлиги иш пайтида юзага келадиган тебранишларнинг сусайтиради.

Станинада қуйидаги функционал механизмлар ўрнатилган:

- ишлов бериладиган қисмни базалаш механизми;
- бир ёки бир нечта ишлов бериш каллакларини ўз ичига олган суппорт;
- йўналтирувчи ўқлар;
- ўзгарувчан ёғоч кесувчи асбоблар учун захира сақлагич;
- бошқариш блоки.

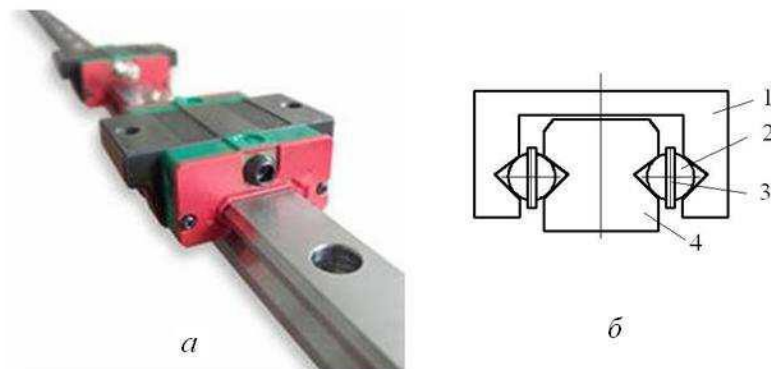
Заготовкани базалаш механизми

Станокнинг базалаш механизми бир ёки бир нечта столлардан, шунингдек, заготовкани столда вакуумли ёки механик усулда маҳкамлаш ва жойлаштириш учун консоллар ва таянчлар тўпламидан иборат. Станокнинг мустаҳкамлиги ва титрашга чидамлилигини ошириш учун столлар бўйлама ва кўндаланг қобирғалардан иборат кути шаклида ишланади. Вакуум сўргичлари стол майдонида осон ҳаракатланади.

Юқори сифатли ишлов берилган сиртларни олиш учун қулфлаш ва жойлаштириш механизмлари етарлича қотирилган бўлиши ва заготовканининг тебранишини камайтириши керак. Одатда, базалаш элементлари қуйма ёки пайвандланган тарзда тайёрланади. Уларни полимербетон ёки синтетик гранитдан ишлаб чиқариш тенденцияси мавжуд, бу эса унинг бикрлиги ва титрашга чидамлилигини сезиларли даражада оширади.

Йўналтирувчи ўқлар

Суппортларни координата ўқлари бўйлаб ҳаракатлантириш учун йўналтирувчи сифатида думалоқ йўналтиргичлар (паст аниқликдаги станоклар учун) ёки ўта аниқ рельсда думаловчи йўналтиргичлар ишлатилади (2.3-расм).



2.3-расм.Рельсли шарчали йўналтиргич:

а – умумий кўриниши; б – шарчаларнинг рельс ва каретка билан таъсирлашиш схемаси; 1 – каретка; 2 – шарчалар; 3 – текис сепаратор; 4 – рельс.

Барча ўқларга рельсли йўналтиргичлар ўрнатилади. Улар юқори бикрлик ва аниқликка эга. Каретка бир нечта шарчали текис сепаратор (шарчалар учун 10 тешикли пластина) билан ажратилган йўналтиргичга таянади. Бундай конструкция каретканинг йўналтиргичлар бўйлаб ҳаракатланишига қаршилиқни камайтиришга ва йўналтиргичларнинг ишлаш муддатини оширишга имкон беради. Тўғри ишлатилганда, ушбу йўналтиргичлар станокнинг ишлаш муддати давомида юқори иш фаолиятини таъминлайди.

Силжувчи винтлар

Силжувчи винтлар суппортнинг координаталар ўқлари бўйлаб ҳаракатланишини таъминлайди. Улар ҳаракатнинг жуда силлиқ ва аниқ бўлишини таъминлаган ҳолда юқори бикрликкаэга бўлиши керак. Уларда люфтларнинг ва катта ишқаланиш кучларининг пайдо бўлишига йўл қўйилмайди. Бунинг учун винтлар шарчали гайкалар билан таъминланган. Бундай узатишда винт резьбаси бурамалари ва гайка орасида шарчалар жойлашган бўлиб, улар сирпаниш ишқаланишини думалаш ишқаланишига алмаштиради ва узатиш қаршилигини бир неча баробар камайтиради ва унинг ишлаш муддатини оширади.



2.4-расм. Шарчали-винтли узатма

Силжувчи винтларнинг юритгичи

ЧПУ станокларида силжувчи винтлар ёрдамида ўқлар бўйлаб ҳаракатланишни таъминлаш учун қадамли электр юритгичлар ёки сервоюритгичлар қўлланилади. Қадамли юритгич - бу бошқарув сигнаolini роторнинг бурчакли (ёки чизиқли) ҳаракатига айлантириб, уни муайян ҳолатга келтирадиган электр-механик қурилмадир.

Қадамли юритгичнинг ротори ҳар бир бошқарув сигналида 30° ёки 60° бурчакка бурилади. Белгиланган чизиқли силжиш қиймати учун мос электр импульслари сони компьютер томонидан ҳисоблаб чиқилади, сўнгра импульслар қадамли юритгичга узатилади.

Конструкциясининг соддалиги ва бошқаришнинг қулайлиги, тескари алоқа қилмасдан ишлаш хусусияти ЧПУ станокларини ишлаб чиқаришда қадамли юритгичларга бўлган эҳтиёжни оширадиган асосий омиллар ҳисобланади.

Бироқ, уларнинг камчиликлари ҳам бор. Агар қувват этарли бўлмаса, қадамлар амалга ошмай қолиши мумкин, ротор бурилмаслиги мумкин, натижада ишлов бериладиган сиртнинг аниқлиги таъминланмайди.

Сервоюритгичлар.

Замонавий юқори аниқликдаги ЧПУ станоклари силжувчи винтларни ҳаракатлантириш учун қадамли юритгичлар эмас, балки сервоюритгичлар билан жиҳозланган. Бу кичикинерцияли валга эга бўлган қадамли юритгичнинг бир туридир. Сервоюритгич импульс сигнали ёрдамида бошқарилади ва тез ишлаши билан ажралиб туради. Сервоюритгичлартекис ишлайди, яхши кўрсаткичларга эга, аммо уларни бошқариш қийин, чунки

уларнинг ишлаши учун қайта алоқа мосламалари зарур, бу эса станок нархининг ошишига олиб келади.

Бош шпиндель

Замонавий фрезаловчи станокларда шпиндель С ўқ деб аталади, у вертикал жойлашган бўлиб, қуввати 15 кВт га етади, айланиш частотасини 24000 мин⁻¹ гача созлаш мумкин. У юқори аниқликдаги подшипникли таянчларга ўрнатилган.

ЧПУ станоги шпинделининг бўйинлари, ўрнатиш ва базалаш юзалари аниқ, бикр, едирилишга ўта чидамли қилиб ишланади. Шпинделнинг конструкцияси унинг автомат ўрнатиш ва сиқиш мосламаси сабабли анча мураккаблашади.

Шпинделнинг айланиш аниқлиги, энг аввал, подшипникларнинг юқори аниқликда ишланганлиги орқали таъминланади.

Шпиндел таянчларида думалаш подшипникларидан фойдаланилади. Зазорлар таъсирини камайтириш ва таянчларнинг қаттиқлигини ошириш учун подшипниклар одатда тортиб туриб ўрнатилади ёки думалаш элементлари сони кўпайтирилади.

Шпинделга кескичли ҳар хил агрегат каллаги ўрнатилиши мумкин, у мослаш бўғини ва гидравлик сиқиш тизими ёрдамида маҳкамланади.

Шпиндел корпуси бошқариладиган юритгичли цилиндрсимон тишли узатма ёрдамида горизонтал ўқ атрофида 0 ... 360° оралиғидаги бурчак остида айланиши мумкин. Бу агрегат каллагини исталган бурчакка айлантириш имконини беради. Унинг айланиши юқори аниқликда автоматик равишда бошқарув дастурига мувофиқ амалга оширилади.

ЧПУ станокларида асосий ҳаракат одатда ўзгарувчан ток электр юритгичси томонидан бошқарилади. Асинхрон юритгич валининг айланиш тезлигини бошқариш учун частота ўзгартиргичи қўлланилади. Ўзгартиргич микропроцессорли техникага асосланган электрон қурилмадан иборат. Кескичнинг айланиш тезлигини бошқариш электр юритгич параметрлари бошқариш дастурига киритилгандан сўнг автоматик равишда амалга оширилади.

Асбобларни сақлаш жойи

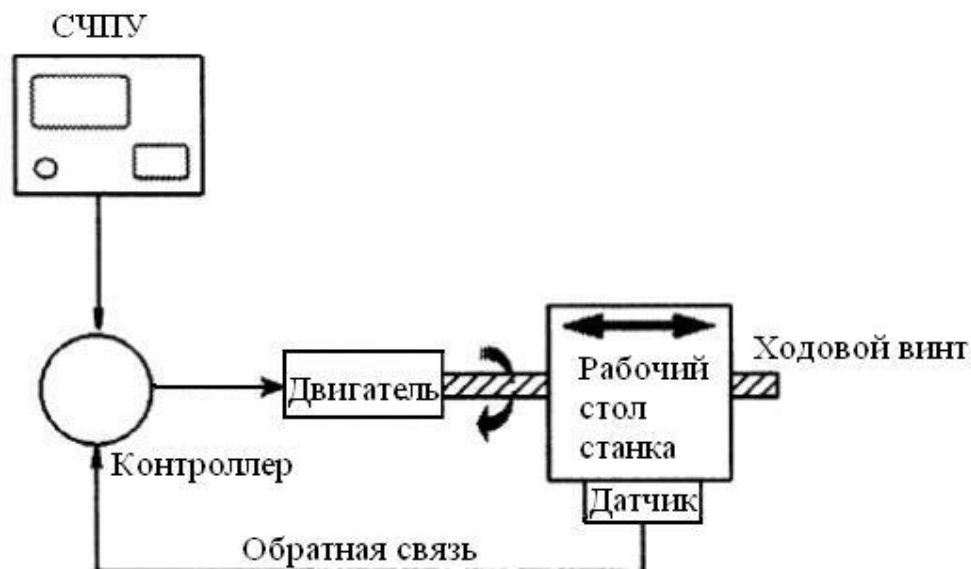
Алмаштириладиган кескич ва агрегат каллаклари тарелкасимон сақлаш жойида сақланади. Ишлов бериш марказларида 8...18 та ўринли сақлаш жойлари мавжуд бўлади. Сақлаш жойи X ва Y координата ўқлари бўйлаб суппорт маркази билан биргаликда ҳаракатланади. Бунинг учун сақлаш жойи суппорт билан тортқи ёрдамида бирлаштирилади. Сақлаш жойида X ўқидаги горизонтал ва вертикал пармалаш шпинделлари, Y ўқидаги ўйиқ очиш, горизонтал пармаловчи шпинделлар учун агрегатлар ва бош шпиндел сақланиши мумкин. Суппортни жойлаштириш лазер нури ёрдамида амалга оширилади.

Қайтар алоқа тизими

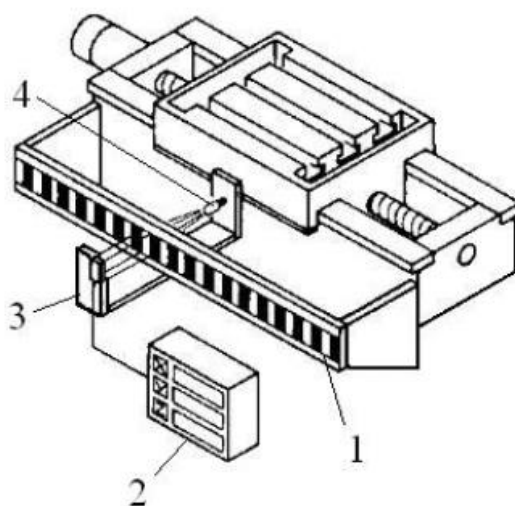
Қайтар алоқа тизими бошқарув тизимини станок механизмларининг реал ҳаракати ва уларнинг ҳаракатланиш тезлиги ҳақидаги маълумотлар билан таъминлайди. Силжувчи винтлар юритгичида сервоюритгичлардан фойдаланиш орқали станокда қайтар алоқа йўлга қўйилади (2.5-расм). Сервоюритгич, силжиш винти ёрдамида иш столини қайтар алоқа датчигига нисбатан силжитади. Қайтар алоқа тизими доимий равишда ҳақиқий силжишни белгиланган қиймат билан таққослайди ва зарур тузатиш киритади.

Қайтар алоқа қурилмасига штрихли шаффоф чизғич (2.6-расм) ўрнатилган. Ҳаракатланувчи столда ёруғлик манбаси ва стол ҳаракатланганида штрихларни ҳисобловчи ва импульсларни ҳисоблагичга узатувчи фотодатчик ўрнатилган. Бу қурилма чизғич конструкциясининг соддалиги ва ҳисоблагични нолга келтиришнинг осонлиги билан ажралиб туради.

Иш пайтида, қайтар алоқа тизими ҳаракатни кузатиб боради ва датчикдан белгиланган штрихлар ўтмагунча юритгичга кучланиш бериб туради.



2.5-расм. Қайтар алоқали ЧПУ тизими



2.6-расм. Қайтар алоқа қурилмасининг схемаси:

1 – штрихли чизғич; 2 – импульс ҳисоблагич; 3 – фотодатчик; 4 – нур манбаси.

Станокни бошқариш

Станок ишини автоматик тарзда бошқариш учун ишлаб чиқарувчи корхона станокни махсус дастур билан таъминлайди. Масалан, BEAVER-9AT станогининг ишини бошқариш учун компьютерга VicStudio™ ҳаракатни назорат қилиш дастурини ва ҳаракатни назорат қилиш платасини ўрнатиш тавсия қилинади. Бундан ташқари, станок автоматик тарзда калибрлашни (фрезанинг кўндаланг кескич қиррасини маълум баландликка келтиришни) амалга ошириш учун калибрловчи блок билан таъминланади.

Блок 4 мм лик металл пластинка шаклида ясалган бўлиб, кабел ёрдамида шпинделнинг юқори қисмида жойлашган уяга уланади.

VicStudioTM дастури G кодлар билан ишлайди, станокни кўлда бошқаришни, станокнинг координаталар бошига қадамли ёки автоматик тарзда қайтишини таъминлайди, экранда ҳаракатлар динамикасини қайд қилиб боради, шпинделни Z ўқи бўйлаб автомат тарзда калибровка қилади. VicStudioTM дастури кўплаб майда дастурчаларни ўз ичига олади, улар ёрдамида станок ишининг муайян режими амалга оширилади.

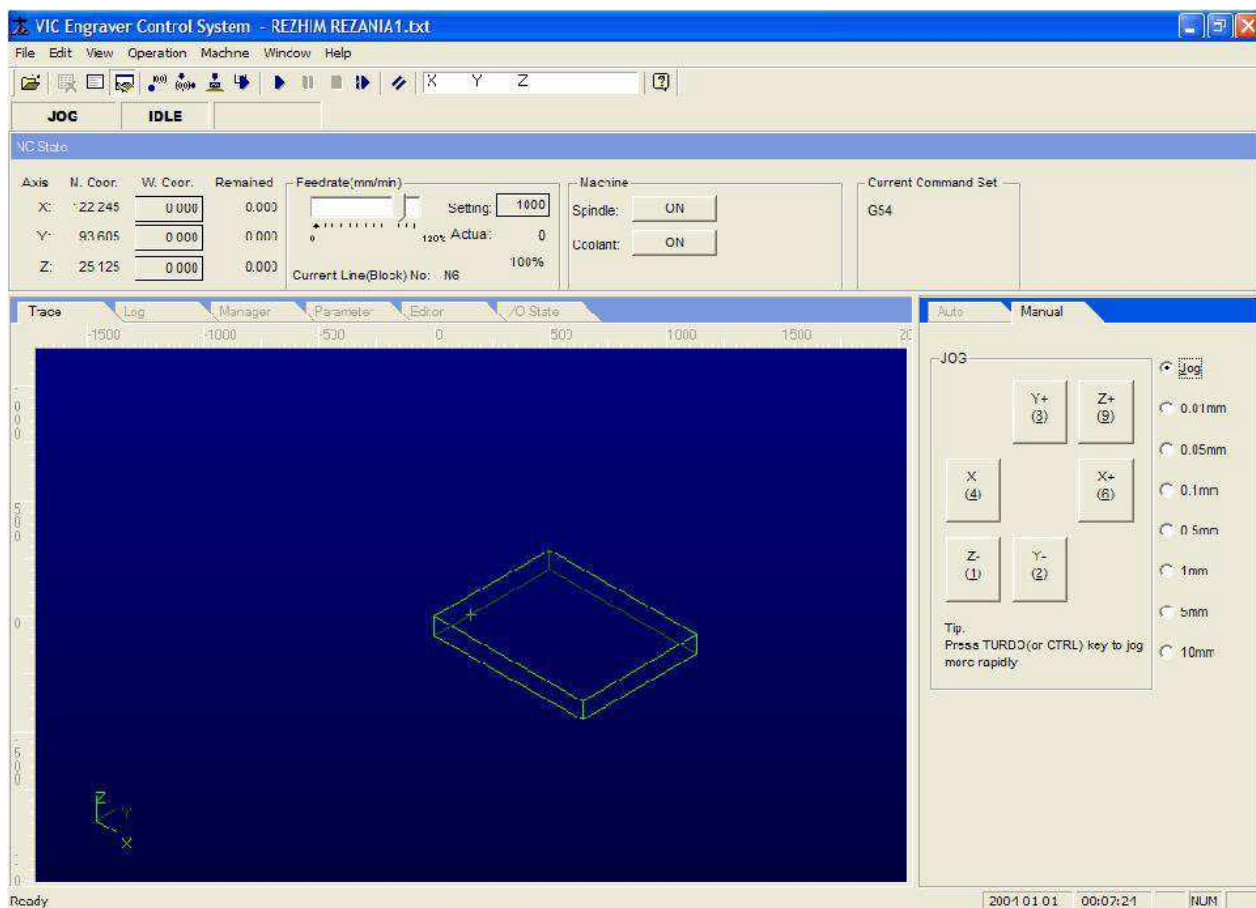
2.2. VicStudioTM дастури.

VicStudioTM дастури ойнаси

Станокни ёқиш ва ўчириш бошқарув пульти ёрдамида амалга оширилади, унда қувват тугмаси, шпинделнинг айланиш тезлигини назорат қилувчи дастак, фавқулодда тўхташ тугмаси ва компьютернинг ҳаракатни бошқариш платасига уланган ўн беш ниналиштепселли вилка мавжуд.

ЧПУ станоги билан танишишни бошлаш операцияларини бажариш учун компьютер бошқарув панелидаги машинага уланган бўлиши ва ҳаракатни бошқариш платаси компьютерга олдиндан жойланган бўлиши ва VicStudioTM дастури ўрнатилиши керак.


Компьютер ёқилади ва иш столида VicStudioTM дастурининг ёрлиғи икки марта босиб дастур ишга туширилади. Куйида VicStudioTM дастурининг ойнаси тасвирланган (2.7-расм).



2.7-расм. VicStudio™ дастури ойнаси.

Ойнанинг биринчи қаторида айти вақтда оператор ишлаётган дастурнинг сарлавҳаси (REZHIM REZANIA1.txt) келтирилган.

Ундан пастда меню қатори ва асбоблар панели жойлашган. Асбоблар панелида қуйидаги тугмалар мавжуд:


 – тўртбурчак ва учбурчак –simulate (имитация) тугмаси, у станокни ёқмасдан дастурнинг тўғри ёзилишин текширишга имкон беради;

▶ – start (F9) (юрйтиш) – станокнинг шпинделини бошқариш дастури бўйича ҳаракатлантиришни бошлайди;

⏸ – pause (F10) (пауза);

■ – force to stop (F11) (мажбурий тўхтатиш);

:▶ – resume (F8) (резюме, тиклаш, давом эттириш);

 –reset (Ctrl+F12) (бекор қилиш, қайта ўрнатиш, нолга келтириш).

VicStudio™ дастури ойнасининг ўрта қисмида кенг ҳолатлар ойнаси мавжуд. Унда станокнинг X, Y, Z координаталар ўқи, станок координаталар тизимида станок шпинделининг (M.Coor) ва бошқариш дастури координаталар тизимидаги (W.Coor) ҳолати акс этирилган. Бу ерда яна

шпинделни (spindel) ёқиш тугмаси (ON) ва уни суяқлик билан совутиш (coolant) тугмалари жойлашган.

Пастда чапда катта майдонли функционал ойна жойлашган. Унда «Trace» тугмаси ёқилгандаги станок столининг ҳолати ва унда “+” белгиси орқали машина тизимидаги координаталар бўйича шпинделнинг ҳолати акс эттирилган. Ойнада сичқонча тугмасини бир нечта марта (10 тагача) босиш орқали стол ўлчамларини катталаштириш ёки кичиклаштириш мумкин. Столни тўлалигича кўриш ҳам мумкин. VicStudio™ ойнасига бошқариш дастурини ўрнатиб имитация тугмаси босилганда столда ишлов берилаётган деталнинг контурининг ёпиқ чизиқлари чизилган бўлади. Бу чизиқларни детал чизмаси билан таққослаш орқали бошқариш дастурининг тўғри ёзилганлиги ҳақида хулоса чиқариш мумкин.

Қўлда бошқариш

VicStudio™ ойнасининг пастида автоматик ёки қўлда бошқариш ойнаси жойлашган. “Auto” (автоматик) ёки “manual” (қўлда бошқариш) тугмасини босиш орқали ушбу бошқариш ойналарини фаоллаштирилади. 2.7-расмда қўлда бошқариш ойнаси фаоллаштирилгани кўрсатилган. Унинг тугмачалари клавиатуранинг рақамли тугмалариникига ўхшаб кетади. Шунга кўра 2 ва 8 тугмаларининг ўрнида Y ўқи бўйлаб, 4 ва 6 тугмаларининг ўрнида X ўқи бўйлаб, 1 ва 9 тугмаларининг ўрнида Z ўқи бўйлаб ҳаракатланиш кўрсатилган.

Шпинделнинг ҳаракатини бошқаришни кичик клавиатура ёки қўлда бошқариш ойнасидаги тугмалар орқали амалга ошириш мумкин.

Ойнанинг ўнг томонидаги устунда дискрет силжиш қадамлари jog жойлашган. Улар инкремент иш режимида қўлланилади. Масалан, 1 мм лик силжиш қадамни танлаш учун тегишли радиотугмани босамиз ва бу қадам тури фаоллашади.

“Пуск” тугмаси орқали станок ёқилади. Бунда ўзига хос товуш эшитилади. Кейин X ёки Y тугмаларидан бирортаси босилса шпиндел кўрсатилган ўқ бўйича аниқ 1 мм га силжийди. Инкремент режимида шпинделни иложи борича столнинг марказига яқинроқ жойлаштириш керак.

Шпиндел ҳаракатини кўлда, кичик клавиатурадан фойдаланиб ҳам амалга ошириш мумкин.

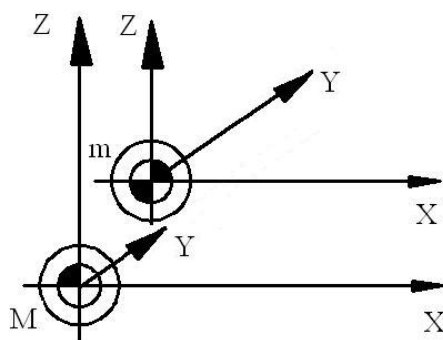
Масалан, кичик клавиатуранинг 6 рақамига босиш орқали шпинделни X ўқи бўйлаб муайян масофага силжитиш мумкин. Бундай режимда битта итариш зарбаси амалга оширилади. Тугмани 2...4 секунд давомида босиб туриш йўли билан шпинделни узлуксиз ҳаракатлантириш мумкин.

2.3. Координаталар тизими.

Станокнинг координаталар тизими

Асбобнинг ҳар қандай ҳаракатланиш траекторияси учта координата орқали белгиланади. ЧПУ станогини учун бундай координаталар тизими Халқаро стандартлаштириш ташкилоти (ISO) томонидан тавсия қилинган. Координата ўқлари сони, уларнинг муҳитда жойлашуви ва ҳисоб боши (станокнинг нол нуқтаси) ишлаб чиқарувчи томонидан белгиланади ва фойдаланувчи уни ўзгартира олмайди. Станокнинг координаталар тизими ЧПУ станоклари учун асосий ҳисоб тизими саналади, унда станокнинг ишчи органларининг барча ҳаракат ҳолатлари белгиланган бўлади.

Ишлаб чиқарувчи томонидан станок иш столининг яқин чап бурчагида нол нуқтаси белгиланган бўлади, унга тўғри тўртбурчакли декарт координаталар тизимининг боши абсцисса X, ордината Y, аппликат Z ўқлари билан биргаликда шартли равишда жойлаштирилган бўлади (2.8-расм). Координата ўқлари жисмоний ўқларга (йўналтирувчиларга) параллел жойлашган бўлади. X ўқи асосан ҳамisha операторнинг иш ўрнига нисбатан чапдан ўнгга қараб йўналган бўлади.



2.8-расм. Станокнинг координата ўқлари.

Координаталар тизими ўнг томонлама ҳисобланади. Унинг бошланиши М нуқтасида жойлашган, бу тизим *машина координаталари тизими* деб юритилади (инглиз тилидаги белгиланиши MCS – machine coordinate system). Бу нуқта техник хужжатларда махсус пиктограмма ва лотин алфавитининг М ҳарфи билан белгиланади. Шунинг эътирофи қилиш керакки, ЧПУ станоклари тизими машина координаталари тизимини танимайди.

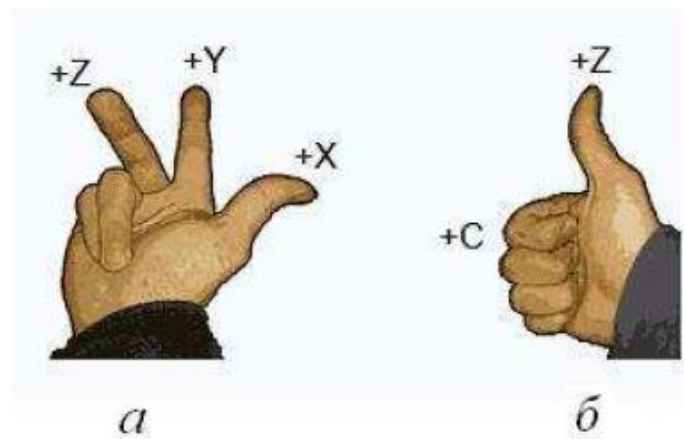
Координата ўқлари бўйича амалдаги ҳаракати станокнинг ҳар бир жисмоний ўқи (йўналтиргичлари) нинг чекка нуқталарида жойлашган ёқиб-ўчиргичлар билан чекланган. Станок ёқилганидан сўнг ЧПУ тизими m нуқтасини аниқлашга имкон беради, бу нуқта ўлчов тизимларида бошланғич нуқта бўлиб хизмат қилади. Ушбу назорат нуқтаси станокнинг координата боши бўлиб хизмат қилади ва М нуқтаси билан устма-уст тушмаслиги мумкин.

Шундай қилиб, станокнинг нол нуқтаси m - бу жисмоний позиция ҳисобланиб, станок ишлаб чиқарувчиси томонидан чекка ёқиб-ўчиргичлар ёрдамида белгиланган ва фойдаланувчи томонидан уни ўзгартиришга рухсат этилмайди. Ҳаракатлар ушбу нуқтадан бошланади.

Шпиндель станокнинг нол нуқтасига келганда чекка ёқиб-ўчиргичларнинг контактлари уланади, ЧПУ тизими электр сигналинини қабул қилади ва машина позицияси нолга келтирилади.

Координата ўқларининг йўналишлари

Ўқ йўналишлари ҳолати ўнг қўл қондаси бўйича аниқланади. Агар ўнг қўлни столга панжасини юқорига қаратиб қўйиб, дастлабки учта бармоқни букиб ўзаро перпендикуляр ҳолатга келтирилса бу ҳолатда катта бармоқ Х ўқи, кўрсаткич бармоқ –Y ўқи, ўрта бармоқ –Z ўқи бўйлаб ижобий йўналишни белгилаб беради (2.9а-расм).



2.9-расм. Йўналишларни аниқлаш учун ўнг қўл қоидаси:

а – станок координата ўқлари; б – ўқ атрофида айланиш.

Бош шпинделнинг ўқи қандай жойлашганлигидан (вертикал ёки горизонтал) қатъий назар доим Z ўқига мос тушади. Ижобий айланиш йўналишини аниқлаш учун ҳам ўнг қўл қоидаси қўлланилади. Бунда ўнг қўлнинг бош бармоғини Z ўқи бўйлаб жойлаштирилса, қолган букилган барча бармоқлар шпиндел ҳаракатининг ижобий йўналишини белгилайди.

Деталнинг координаталар тизими

Деталнинг координаталар тизими ишлов беришни дастурлаш учун бош тизим ҳисобланади ва деталнинг чизмаси ёки эскизида кўрсатилади. Деталнинг координаталар тизими ЧПУ станогида детални тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқишда технолог ёки дастурчи томонидан белгиланади. U ўзининг координата ўқларига, ўзининг ҳисоб бошига эга бўлади, уларга нисбатан деталнинг барча ўлчамлари белгиланади ва детал контурларининг барча таянч нуқталарининг координаталари белгиланади. Деталнинг координаталар боши нуқтаси “деталнинг нол нуқтаси” ёки “деталнинг ноли” деб юритилади ва W симболи билан белгиланади. Станокда деталга ишлов бериш учун бошқарув дастури айнан деталнинг координаталар тизимида ёзилади.

Деталнинг нол нуқтаси доими координаталарга эга бўлмайди. Ҳар сафар деталнинг профили ўзгарганида деталнинг нол нуқтаси детал конфигурациясидан, ишлов бериш технологияси ва станокни созлаш учун қулайлигидан келиб чиқиб янгидан белгиланади.

Деталнинг нолини пиктограмма ва W бош ҳарфи белгилаш қабул қилинган, булар станокнинг техник ҳужжатларида кўрсатилади.

Чизмада деталнинг координаталар бошини танлашда қуйидагиларга риоя қилиш тавсия қилинади:

1. Чизмадаги таянч нуқталари бўйлаб траекторияни қулай қилиш, уни ҳисоблашни соддалаштириш зарур. Масалан, агар деталь чизмаси координаталар тизимининг биринчи квадрантида жойлаштирилса, у ҳолда барча таянч нуқталарнинг координаталари ижобий қийматга эга бўлади. Уларнинг ҳисоби ҳам соддалашади.

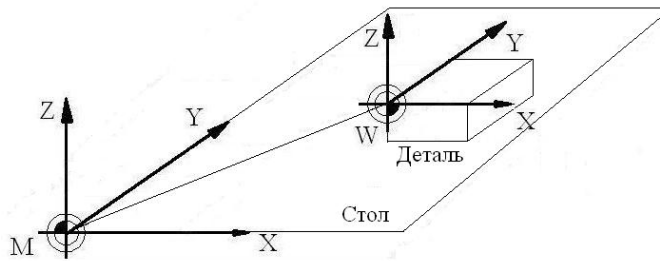
2. Детал координаталарининг боши чизманинг базавий юзасида жойлашган бўлиши шарт, ҳисоб ишлари ва чизма ўлчамлари ушбу нуқтадан бошлаб ҳисобланиши керак. Агар ўлчамлар чизманинг геометрик ўқидан бошлаб қўйилган бўлса, у ҳолда дастурнинг нол нуқтасини ушбу геометрик ўқлар кесишган нуқтага жойлаштириш керак. Агар ўлчамлар деталнинг юқориги чап бурчагидан бошлаб қўйилган бўлса, у ҳолда деталнинг координаталар бошини ушбу нуқтага жойлаштириш лозим.

3. Амалий жиҳатдан қулайлик учун деталнинг нол нуқтаси кўпинча деталнинг пастки чап бурчагида XU ўқида жойлашган нуқтаси билан устма-уст қўйилади. Z ўқи бўйича деталнинг нол нуқтаси деталнинг юқориги юзасида жойлаштирилади.

Координата тизимларининг боғлиқлиги

Станокда деталга ишлов бериш учун заготовка столнинг хоҳлаган жойига шундай қўйиладики, у столдан чиқиб кетмаслиги ва уни маҳкамлаш қулай бўлиши керак. Бунда деталнинг X ўқини станокнинг X ўқига параллел жойлаштиришга ҳаракат қилиш керак.

Заготовкани маҳкамлагандан сўнг ЧПУ тизими учун деталнинг нол нуқтаси W номаълум ҳолатга эга бўлади (2.10-расм).



2.10-расм. Станокнинг M ва деталнинг W нол нуқталари ҳолати

Станок нормал ишлаши учун деталнинг нол нуқтасини станокнинг нол нуқтасига боғлаш керак бўлади. Бунинг учун қўлда бошқариш режимида кичик клавиатуранинг 4, 6, 2, 8 ва 1, 9 тугмалари орқали, масалан, шпинделни деталнинг координата тизими бошига W жойлаштириш зарур. Шпинделни Z ўқи бўйлаб ҳаракатлантириб деталнинг юқориғи юзасини W нуқтага келтирамиз. Кейин, нолга келтириш тугмасини босиб, Zero X, Zero Y ва Zero Z амалларини бажарамиз. Танланган нуқтада барча координатлар нолга тенг бўлиб қолади. Деталнинг нол нуқтаси машинанинг координата тизимига боғлиқ бўлганда координаталарнинг ишчи тизими шундай белгиланади. Ишчи тизимнинг координаталар бошини дастурнинг нол нуқтаси дейиш мумкин. Дастурда барча ҳаракатлар ушбу нол нуқтага нисбатан амалга оширилади.

Станокнинг столидаги станокнинг нол нуқтаси M ва деталнинг нол нуқтаси W орасидаги масофа (2.10-расм) *нол ҳисобининг силжиши* деб аталади. У учала координата ўқларининг ҳар бири бўйича силжиш сифатида аниқланади ва X_w , Y_w ва Z_w билан белгиланади. Нол ҳисобининг силжишининг рақамли қиймати ЧПУ тизими томонидан машина координата тизими координаталарини аниқлашда автоматик тарзда ҳисобга олинади. Ишчи тизимдан фойдаланган ҳолда, детал траекториясининг барча нуқталарининг машина координаталарини ҳисоблаш усулида аниқлаш мумкин.

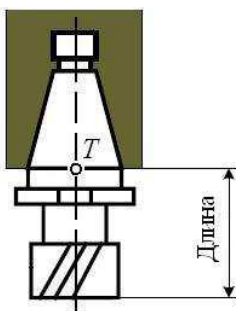
Деталнинг нол нуқтаси жойлаштирилган ишчи тизимнинг координаталари бошини станокнинг хоҳлаган нуқтасида танлаш мумкин, бунда детал ва кескич столнинг габарит ўлчамларидан чиқиб кетмаслиги керак.

Шундай қилиб, ишчи тизим координаталарининг янги боши (дастурнинг нол нуқтаси) ишлов бериш траекторияси бўйича кескичнинг ҳаракатлари ҳисобининг бошланғич нуқтаси бўлиб хизмат қилади. Бунда дастур ёзилган иккала – машина ва деталнинг координаталар тўплами ўзаро боғланган, ишчи тизимдан олинган орттирмалар автоматик тарзда ҳисобга олинади.

Ишлов беришни қулайлаштириш учун ЧПУ тизимида бир нечта ишчи координаталар тизими ҳақида ахборотлар сақланган бўлади. Уларни бири-биридан фарқлаш учун, масалан, G54, G55, G56 ва ҳ.к. деб ном берилади.

Кескичнинг координаталар тизими

Кескичнинг координата тизими йўналишни белгилаш ва машина координаталар тизимида ишлов бериш вақтида кесувчи қисмининг патронга нисбатан ҳолатини белгилаш учун мўлжалланган. Кескич координата тизими ҳисобининг бошланғич нуқтаси иш асбобининг дастурланган ҳаракати бошланадиган нуқта ҳисобланади. Бу нуқта асбобнинг нол нуқтаси ёки ишлов беришнинг нол нуқтаси деб юритилади ва T ҳарфи билан белгиланади (2.11-расм). Асбобнинг ўлчамлари патронда сиқиб маҳкамланган нуқтага нисбатан белгиланади.



2.11-расм. Кескичнинг координаталар тизими

Асбобнинг нол нуқтаси T станокнинг базавий нуқтаси ҳисобланади. Станокда ушбу нуқтанинг ҳолати ишлаб чиқарувчи томонидан белгиланади ва бошқа ўзгартирилмайди.

Кескичнинг узунлиги ўзгарганда, уни алмаштиришда, унинг узунлиги деталнинг юқориги юзасига нисбатан аниқланади. Бунда деталга пластинкасимонкалибрловчи датчик ёки қоғоз варағи қўйилади. Қўлда

бошқариш ойнаси очилади ва кичик клавиатура ёрдамида (“Page Up” / “Page Down”) Z ўқи учун фрезанинг кўндаланг кесувчи қиррасини заготовкага теккунча олиб борилади.

Агар фреза датчикка тегса, датчик автоматик тарзда тегиш ҳолатини қайд қилади. Агар фреза қоғозга олиб бориладиган бўлса, у ҳолда фрезани теккунча қоғозни детал юзаси бўйлаб суриб, у сиқилиб ҳаракатланмай қоладиган моментни аниқлаш зарур бўлади. Станокни индикация қилиш тизими бўйича олинган маълумотлар автоматик тарзда бошқариш ойнасининг Z ўқи деган жойига киритилади. Шундан сўнг Z ўқи бўйича координаталар ҳисоби тизими нолга келтириш тугмаси босилади, яъни деталнинг Z ўқи бўйича нол нуқтаси аниқланади.

Станокнинг қотирилган нуқтаси

Станокнинг қотирилган нуқтаси станокнинг нол нуқтасига нисбатан аниқланади ва шпинделнинг ишлов берилган детални столдан олиш, янги заготовкани ўрнатиш, кескични алмаштиришпайтидагивавфсиз ҳолатини аниқлаш учун ишлатилади. Бу вавфсиз нуқта ҳисобланади. Вавфсиз нуқта Z ўқи бўйича энг юқориги ҳолатда жойлашган бўлиши лозим. Бошқарув дастури ишлаётганда фреза ушбу нуқтадан заготовкаларга ишлов беришнинг бош нуқтасига кўчирилади.

Назорат саволлари:

1. ЧПУ станокларининг конструкциясини тавсифланг.
2. ЧПУ станокларидан бирининг асосий техник характеристикаларини айтинг.
3. ЧПУ станокларида қандай функционал механизмлар мавжуд?
4. ЧПУ станогининг базалаш механизмни тушунтириб беринг.
5. ЧПУ станогни қандай бошқарилади?
6. ЧПУ станогни учун VicStudioTM дастури ойнасини тавсифланг.
7. ЧПУ станогининг координата тизимини тавсифланг.
8. ЧПУ станокларидаги машина координаталари ва ишлов бериладиган детал координатларининг боғлиқлигини тавсифланг.
9. ЧПУ станогни кескичининг координаталари тизимини тавсифланг.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Глебов И.Т. Учимся работать на фрезерном станке ЧПУ. Учебное пособие. Екатеринбург, УГЛТУ, 2015. – 115 с.
2. Пайвин А.С., Чикова О.А. Основы программирования станков с ЧПУ: Учебное пособие– Екатеринбург, Изд-во Урал. гос. пед. ун-та. 2015. – 102с.
3. Должиков В.П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политех. унив., 2011. – 143 с.
4. Программа для управления ЧПУ станком: составление и написание. Источник: <https://stanokcnc.ru/articles/programma-dlya-upravleniya-chpu-stankom-sostavlenie-i-napisanie/>
5. Программы для ЧПУ-станков: какими они бывают и для чего нужны. Источник: <https://vektor.us.ru/blog/programmy-dlja-chpu-stankov.html>
6. Особенности, виды, различие управляющих программ для ЧПУ устройств. Источник: <https://instanko.ru/elektroinstrument/programmy-dlya-chpu-stankov.html>
7. Примеры программ для станков с чпу. Источник: <https://crast.ru/instrumenty/primery-programm-dlja-stankov-s-chpu>
8. Как создать управляющую программу для станка с ЧПУ. Источник: <https://vseochpu.ru/sozdanie-upravlyayushhej-programmy-dlya-stanka-s-chpu/>
9. Написание программы для ЧПУ. Видео: <https://www.youtube.com/watch?v=3fTDEM5TjV8>
10. Основные программы для работы на ЧПУ. Видео: <https://www.youtube.com/watch?v=JDOMGm8sMis>
11. ЧПУ. Как сделать первую простую управляющую программу. Видео: <https://www.youtube.com/watch?v=tCy5fHDy8IM>

4. Амалий машғулотлар учун материаллар, топшириқлар ва уларни бажариш бўйича тавсиялар

1-амалий машғулот. 3D-печат бўйича FDM, SLA, SLS, CLIP технологияларини ўрганиш.

Ишдан мақсад: 3D-печат бўйича FDM, SLA, SLS, CLIP технологияларини ўрганиш.

Режа:

1. FDM — суюлтирилган ипни ётқизиш усулида моделлаштириш.
2. Лазерли стереолитография (SLA).
3. Лазерда танлаб пишириш (SLS).
4. Суюқ юзаларни узлуксиз шакллантириш (CLIP).

1. FDM — суюлтирилган ипни ётқизиш усулида моделлаштириш.

FDM (Fused Deposition Modelling) — уч ўлчамли печать технологияси бўлиб, бунда объект экструдерда пластик ипни суюлтириш ва иш юзасига ётқизиш ҳисобига қурилади.

FDM-печатни амалга ошириш учун маҳсулотнинг 3D-моделли STL форматида бўлиши керак. Бу махсус формат бўлиб, унда модель юққа қатламларга ажратилган ва ҳар бир нуқтаси маълум координаталарга эга бўлади. Бутун моделни чоп этиш учун аввал принтерга биринчи қават ҳақидаги маълумотлар узатилади, шундан сўнг қурилма эритилган пластикни аниқ белгиланган жойларга сиқиб чиқара бошлайди. Бугунги кунда FDM технологияси 0,02-0,05 мм аниқликда қатлам қалинлигини ётқизиши мумкин. Пластик ётқизилгандан сўнг, экструдер моделдан берилган қалинликка узоклашади ва жараён кейинги қатлам учун такрорланади.

Материал манбаси сифатида одатда пластик ип – *филамент* ўралган ғалтак хизмат қилади.

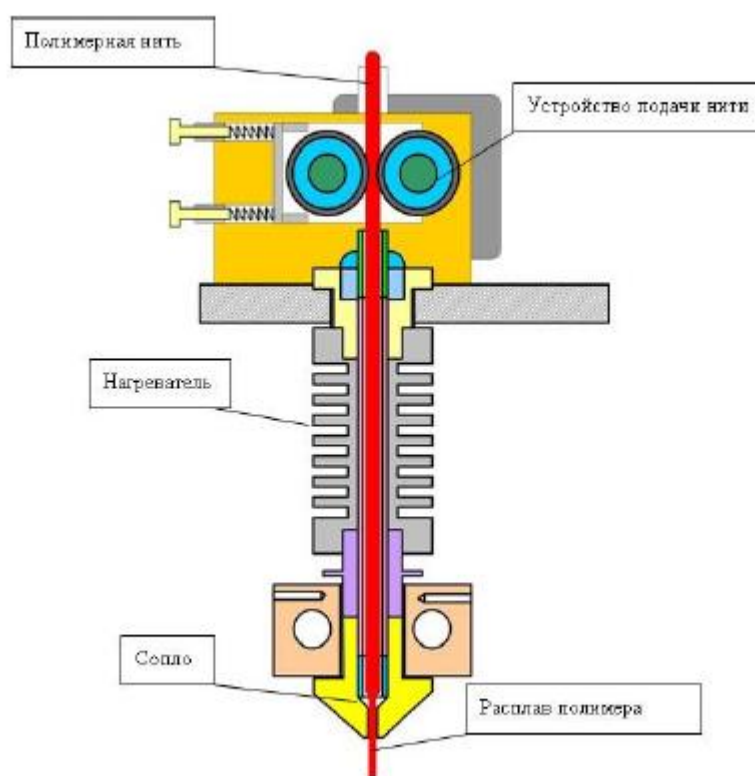
FDM печать технологияси қуйидаги тарзда амалга оширилади: ҳарорати назорат қилинадиган экструзион каллак полимер ипни ярим суюқ ҳолатгача қиздиради ва 3D-принтернинг ишчи юзасига юққа қатлам қилиб ўта юқори аниқликда узатади. Қатламлар олдинги қатламлар устига

ётқизилади, бир-бирига ёпишади ва қотади, шу тарзда аста-секин тайёр маҳсулот ҳосил бўлади.

Печать қилувчи каллак

FDM 3D-принтернинг асосий конструктив элементи печать қилувчи каллак ҳисобланади (4.1.1-расм), у филаментни узатиш ва қиздириш қурилмаларидан ташкил топган. Филаментни узатиш қурилмаси – бу полимер ипни қиздиргичга ўлчаб узатувчи механизмдир. Қиздиргич – бу печать қилувчи каллакнинг полимер ипни суюлтирувчи ва диаметри 0,15-0,5 мм лик тирқишдан сиқиб чиқарувчи қурилмасидир. Қиздиргич сопло билан биргаликда hot-end (иссиқ учи), филаментни узатиш қурилмаси эса cold-end (совуқ учи) деб аталади.

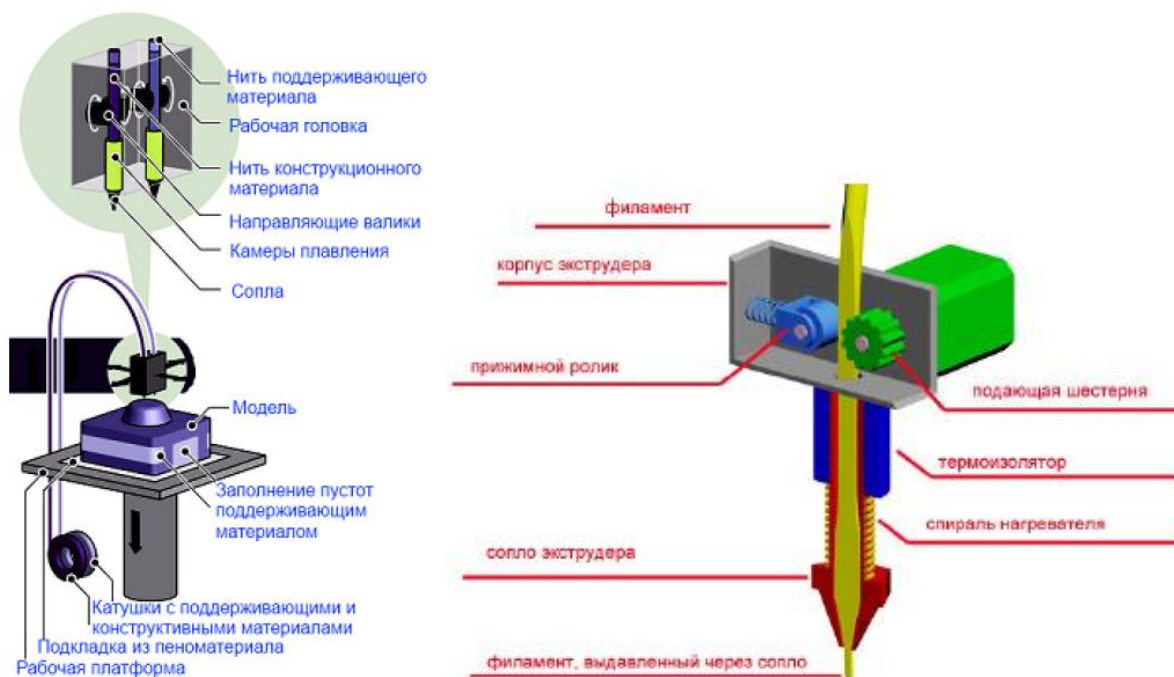
Полимер ипни печать қилувчи каллакка узатиш учун тишли ғилдирак ва валлар тизимидан иборат қадамли юритгич ишлатилади. Юритгични бошқарувчи контроллер ипни узатиш тезлигини таъминлайди, шунингдек, материал ўзгарганда узатишни тўхтатади. Печать қилувчи каллакнинг ҳарорати термистор орқали бошқарилади.



4.1.1-расм. FDM-принтернинг экструзион каллак қурилмаси

Бу ерда энг муҳими - экструдер сопласининг ўлчами ҳисобланади. Печать қилиш сифати, асосан унга боғлиқ. 3D-принтерларнинг экструдерлари одатда диаметри 0,4-0,5 мм лик соплолар билан жиҳозланади, бу ўлчамлар энг мақбул ўлчамлар ҳисобланади.

FDM-печатда маҳсулот қатламма-қатлам ясалади. Кейинги қаватни ясаш учун термопластик материал печать қилувчи каллакда ярим суюқ ҳолатгача қиздирилади ва кичик тирқишли соплодан ип шаклида сиқиб чиқарилади. У иш столи юзасига (биринчи қатлам учун) ёки олдинга қатламнинг устига ётқизилади ва у ёпишиб қолади. Каллак горизонтал текисликда ҳаракатланади ва керакли қатламни ясайди (контурларни ва улар орасидаги бўшлиқларни тўлдиради), шундан сўнг у вертикал йўналишда (кўпинча столни тушириш орқали) қатлам қалинлиги бўйича силжийди ва бундай жараёнлар модел тўлиқ қурилгунга қадар такрорланади.



4.1.2-расм. FDM технологиясидан фойдаланган ҳолда 3D-печат қилиш

Бир-бирига ётқизилган қатламлар ўзаро ёпишиб қолади ва қотади, шу тарзда аста-секин тайёр буюм шаклланади.

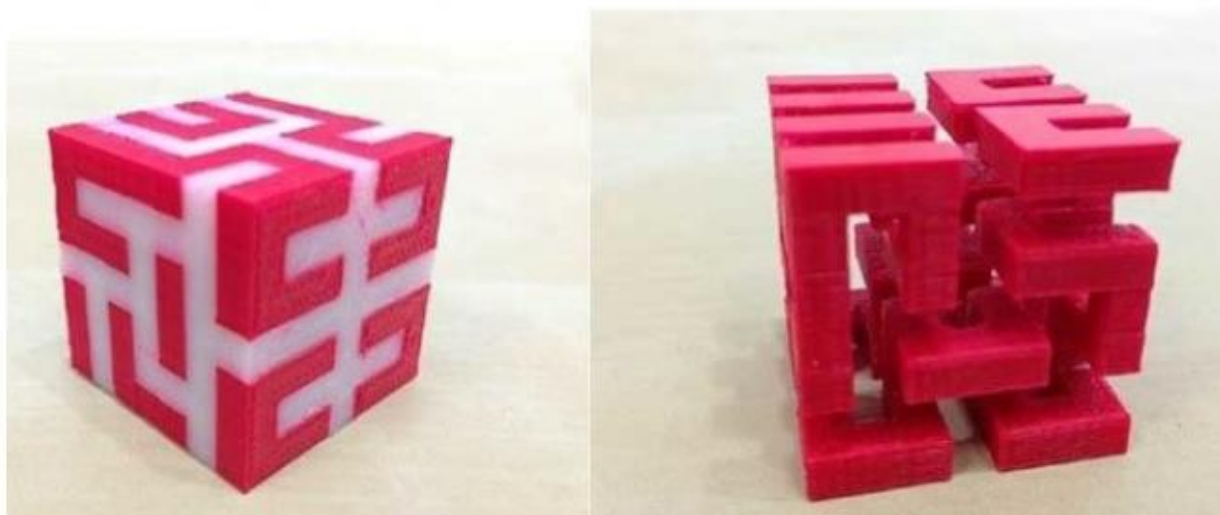
Бунда дастлабки маълумотлар сифатида STL форматидаги замонавий САПР воситалари ёрдамида яратилган фазовий математик моделлар ишлатилади. Улар IGS, SAT, STEP, SLDPRT ва бошқалардан нусха қилиб

олиниши ҳам мумкин. 4.1.2-расмда FDM-печатьусули, 4.1.3-расмда эса ясалган мураккаб конструкцияли буюм кўрсатилган.



4.1.3-расм. FDM печать усулида 3D-принтерда печать қилинган модель

FDM-технологияда кўпинча иккита материалдан фойдаланади: охирги маҳсулотларни тайёрлаш учун ишлатиладиган *моделлаштириши материали* ва таянч, ушлаб туриш, тўлдириш вазифасини бажарувчи *тўлдиргич материал* (4.1.4-расм). 3D-принтер моделни тугатганидан сўнг, тўлдиргич материални олиб ташлаш ёки уни эритувчи, сув билан эритиб юбориш керак, шундан сўнг детал фойдаланишга тайёр бўлади.



4.1.4-расм. PVA-пластик (оқ рангда) тўлдирувчи материали билан қурилган тайёр модель ва унинг ювилгандан кейинги кўриниши

Бундай ҳолларда, жуда сувда эрувчан поливинил спирт (ПВА-пластик) дан фойдаланиш қулай. Иккита экструдер ёрдамида сув ўтказмайдиган термопластик моделни ПВА таянчи (тўлдиргич материали) асосида қуриш мумкин. Печать қилиб бўлингандан сўнг ПВА ни оддий сувда эритиш орқали чиқариб юбориш ва мукамал сифатли мураккаб буюмни олиш мумкин.

Ишчи платформа

Моделларни қуриш махсус платформа юзасида амалга оширилади, у кўпинча иситиш элементлари билан жиҳозланган бўлади. Иситиш кўплаб пластиклар учун, шу жумладан совутилганда юқори даражада кичрайиш хусусиятига эга бўлган, кенг тарқалган АБС-пластик учун ҳам талаб этилади. Совуқ қатламлар ҳажмининг янги ётқизилган материалларга нисбатан тез камайиши моделнинг деформациясига ёки қатламларга ажралишига олиб келиши мумкин. Платформани иситиш юқориги ва пастки қатламлар орасидаги ҳарорат градиентини сезиларли даражада текислаш имконини беради (4.1.5-расм).



4.1.5-расм. Иситиладиган платформа

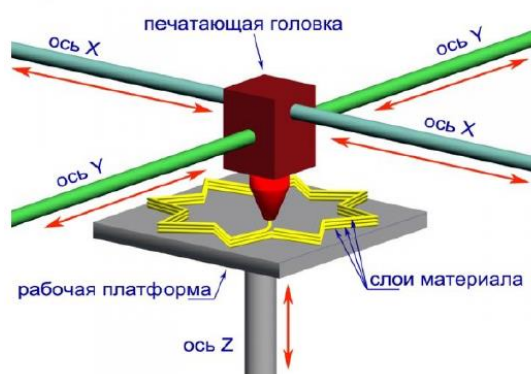
Баъзи материаллар учун иситиш тавсия этилмайди. Бунга PLA-пластикни мисол қилиб келтириш мумкин. У қотиши учун узок вақт талаб қилинади. PLA-пластикни иситиш пастки қатламларнинг юқори қатламлар оғирлиги таъсирида деформацияланишига олиб келиши мумкин. PLA-пластик билан ишлашда одатда моделни иситиш эмас, балки совутиш

чоралари кўрилади. Бундай принтерлар ўзига хос очик корпус ва янги қатламларни совутиш учун кўшимча шамоллатгичлар билан жиҳозланган бўлади.

Моделнинг биринчи қатлами столнинг юзаси билан яхши ёпишиши учун кўпинча кўшимча воситалар, ҳатто полиимид плёнкаси, елимлар ва ҳ.к. лар ишлатилади.

Позициялаш механизми

Печать қилувчи каллак ишчи платформага нисбатан ҳаракатланиши лозим, бунда позициялаш учта ўқ бўйлаб амалга оширилиши зарур (4.1.6-расм).



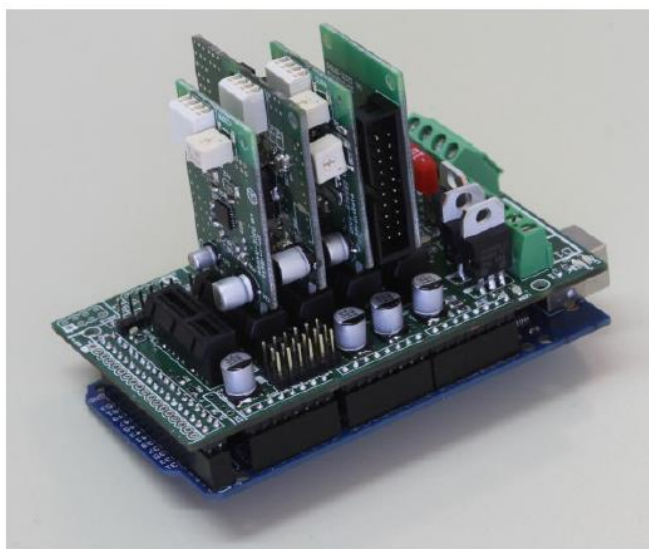
4.1.6. Позицияловчи механизмнинг ишлаш схемаси

Энг оддий ва кенг тарқалган вариант – печать қилувчи каллакни X ва Y ўқлари бўйлаб позициялашни таъминловчи перпендикуляр йўналтиргичларга маҳкамлашдир. Вертикал позициялаш ишчи платформани силжитиш орқали амалга оширилади.

Бошқа тарафдан, экструдер битга юзада, платформалар эса иккита юзада ҳаракатланиши ҳам мумкин.

Бошқариш

FDM-принтернинг ишини бошқариш, шу жумладан, сопло ва платформанинг ҳарорати, ипни узатиш тезлиги ва экструдернинг позицияланишини таъминлайдиган қадамли юритгичларнинг ишлашини созлаш жуда оддий электрон контроллерлар томонидан амалга оширилади. Аксарият контроллерлар Arduino платформасига асосланган (4.1.7-расм).



4.1.7-расм. Arduino платформаси асосидаги қўшимча модуллар билан таъминланган контроллер

Принтерларда қўлланиладиган дастурлаш тили G-код деб аталади, у 3D-принтер тизими томонидан навбати билан бажариладиган бир қатор буйруқлардан ташкил топган. G-код “слайсерлар” деб аталувчи дастурлар билан компиляция қилинади, улар 3D-принтерларнинг стандарт дастурий таъминоти бўлиб, график муҳаррирларнинг баъзи функцияларини ўзида жамлаб, график интерфейс орқали печать қилиш параметрларини ўрнатиш имконини ҳам беради.

3D-принтерларни объектларни рақамлаштирувчи 3D-сканерлар билан биргаликда қўллаш мумкин.

3D-принтернинг фойдаланувчи интерфейси персонал компьютерга улаш учун оддий USB портдан ташкил топиши мумкин. Бундай ҳолларда қурилмани бошқариш амалда слайсерлар воситасида амалга оширилади.

FDM-принтерларнинг турлари

FDM-принтерларда сарфланувчи материал сифатида турли хил пластиклар ишлатилади, лекин шу билан бирга қалай, паст ҳароратли металл қотишмалари ва ҳатто шоколад каби бошқа материаллар билан ишлашга имкон берадиган турлар ҳам мавжуд .

Пластиклар билан ишлайдиган FDM-принтерларнинг қуйидаги камчиликлари мавжуд:

- иш тезлигининг юқори эмаслиги (бирок, юқори тезлик бўйича бошқа технологиялар ҳам мақтана олишмайди, бу усулда йирик ва мураккаб моделларни ясаш учун соатлаб вақт сарфланади);

- горизонтал ва вертикал йўналишларда бир хилда ноаниқлик, паст пикселлар сони кузатилади, бу эса модел юзасининг силлиқ бўлмаслигига ва қатламланишига олиб келиши мумкин;

- иш столига моделни маҳкамлаш муаммолари (биринчи қатлам платформа юзасига ёпишиб туриши зарур, лекин уни ажратиб олиш мумкин бўлиши керак); бунда турли усуллар қўлланилади – иш столини иситиш, турли қопламалар суркаш; бирок ҳамма муаммони бартараф қилиб бўлмайди;

- ясалаётганда осилиб турувчи буюмлар учун ушлаб турувчи конструкциялар зарур, уларни кейинчалик олиб ташлаш керак бўлади; бирок, FDM-принтерларда баъзи деталларни битта циклда ясаб бўлмайди, уларни деталларга бўлиб, елимлаб ёки бошқа усулда маҳкамлаб ясашга тўғри келади.

Шундай қилиб, FDM технологиясидан фойдаланганда кўплаб намуналарни ясашни механизациялаш қийин ёки имконсиз бўлган иш ҳисобланади, ишни якунига етказиш учун муайян даражада кўл билан ишлов бериш ҳам талаб этилади.

Яна бир жиҳати– бу иссиқлик деформацияси. Албатта, бу ерда кўп нарса ишлатилган материалнинг хусусиятларига боғлиқ, аммо баъзида бир фоизгача бўлган деформация ҳам муаммолар келтириб чиқаради.

Технология фақат биринчи қарашда чиқиндисиз кўриниши мумкин. Бунда нафақат таянч структурага, балки муайян модель учун печать қилиш режимини танлашда ҳам пластик сарф бўлади.

Умуман олганда, 3D-технологиялар фақат пластик ип билан ишлайдиган FDM-принтерларга асосланмаган, лекин бу турдаги жиҳозлар ҳозирги вақтда кенг қўлланилади.

FDM-принтерлар кўплаб технологик имкониятлар ва афзалликларга эга. Уларни осонгина иккинчи печать қилувчи каллак билан жиҳозлаш, рангл буюм олиш учун турли бўёқлардан фойдаланиш ҳам мумкин.

FDM-печать учун материаллар

Пластик ип икки хил стандарт диаметрда бўлиши мумкин: 1,75 ва 3 мм. Пластик ғалтакларда келтирилади ва оғирлиги билан ўлчанади (4.1.8-расм). Баъзи ишлаб чиқарувчилар (масалан, 3D Systemsдан CubeX) филаментли махсус патронларда тақдим қилишади.



4.1.8-расм. FDM-печать учун материаллар FDM-принтерлар учун асосий материаллар – ABS ва PLA пластиклари.

ABS (акрилонитрил, бутадиен ва стиролнингсополимери, ABS пластик) – бу акрилонитрилнинг бутадиен ва стирол билан сополимери асосидаги зарбга чидамли термопластик материалдир. У шаффоф эмас ва уни турли хил рангларга осонгина бўяш мумкин.

ABS қуйидаги афзалликларга эга:

- узоқ муддат ишлаш;
- зарбга чидамлилиқ ва нисбатан эластиклик;
- заҳарли эмаслик;
- намлик ва мойлар таъсирига чидамлилиқ;
- ишқор ва кислоталар таъсирига чидамлилиқ;
- кенг ораликдаги ҳароратларда фойдаланиш мумкинлиги (–40 С дан +90 С гача, модификацияланган маркаларда эса 100–110 С гача).

Афзалликларидан арзонлиги ва ацетонда эрувчанлигини алоҳида таъкидлаш зарур (бу нафақат ABS пластикдан тайёрланган деталларни ёпиштириш имконини беради, балки нотекис юзани ацетон билан текислашга ҳам имкон беради). ABS полилактидга (PLA) нисбатан бикрроқ ва қаттиқроқ материал бўлгани учун оғир юк остида ҳам ўз шаклини сақлаб қолади.

Камчиликлари сифатида қуйидагиларни кўрсатиш мумкин:

- озик-овқат маҳсулотларига, айниқса иссиқ маҳсулотларга мос келмайди, чунки юқори ҳароратларда у ўзидан цианводород чиқариши мумкин;

- ултрабинафша нурланишига чидамли эмас (куёш нурлари ҳам салбий таъсир кўрсатади);

- термик киришиши PLA никидан анча юқори;

- PLA га қараганда мўрт материал.

ABS пластик билан ишланганда иш ҳарорати PLA никига қараганда анча юқори ва 210-270 С оралиғида бўлади, ABS ип билан ишлаганда ўзига хос кучсиз ҳид сезилади. Булардан ташқари, моделнинг биринчи қатламини иш столига яхшироқ ёпиштириш учун стол тахминан 110 даражагача қиздирилиши керак.

PLA (полилактид, PLA-пластик) – бу мономеридан сут кислотасидан бўлган биологик, парчаланадиган, биологик мослашувчан полиэфир ҳисобланади. Уни ишлаб чиқариш учун қайта тикланадиган манбалардан хом ашё сифатида фойдаланиш мумкин (масалан, маккажўхори ёки шакарқамиш), бу материаллар экологик тоза ва захарсиз, улардан қадоқлаш ва бир марталик идиш, шунингдек, тибби ва шахсий гигиена буюмларини ишлаб чиқариш мумкин.

Афзалликлари:

- паст ишқаланиш коэффициентиди, шу сабабли ундан сирпаниш подшипниклари ишлаб чиқариш мумкин;

- кичик термик киришиш, ABS-пластикка нисбатан юқорироқ;

- ABS-пластикка нисбатан мўртлиги пастроқ ва қовушқоқроқ, бир хил юк остида у синмаслиги мумкин, лекин қийшайиб қолади.

PLA-пластик билан печать қилишда иш ҳарорати ABS никидан пастроқ: тахминан 180-190 С гача бўлади. Иш столини иситиш шарт эмас, лекин барибир столини 50-60 С гача қиздириш мақсадга мувофиқдир.

PLA-пластикнинг камчиликлари: ABS-пластикка қараганда камроқ вақт ишлайди. Бундан ташқари, PLA-пластик нисбатан гигроскопик бўлиб,

сақлаш пайтида ҳам намлик режимига риоя қилишни талаб қилади, акс ҳолда материал қатламлана бошлайди ва унда пуфакчалар пайдо бўлиши мумкин, бу эса 3D-моделни ишлаб чиқаришда нуқсонларга олиб келади. Бундан ташқари, PLA-пластикодатда ABS-пластикка қарагандабиров қимматроқ бўлади.

Ацетон PLA-пластиккадеярли таъсир қилмайди, уни дихлорэтан, хлороформ ёки бошқа хлорли углеводородлар билан ёпиштириш ва қайта ишлаш зарур, бу эса иш вақтида хавфсизлик чораларини кучайтиришни талаб қилади.

ABS ва PLA пластикларнинг асосий техник тавсифлари 4.1.1-жадвалда келтирилган.

4.1.1-жадвал. ABS ва PLA пластикларнинг асосий техник тавсифлари

Тавсифлар	ABS	PLA
Зичлиги, г/см ³	1,05	1,25
Сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси, МПа	30	40
Зарбий қовушқоқлиги	8-20 кЖ/м ² (ИЗОД)	16 Ж/м (Шарпи)
Юмшаш ҳарорати, С	≈100	≈50
Суюқланиш ҳарорати, С	≈220	≈180
Суюқланманинг оқувчанлик кўрсаткичи (220 С/10 кг)	5-9 г/10 мин	-

FDM-печать учун бошқа материаллар жуда кам тарқалган.

HIPS (High-impact Polystyrene – юқори даражада зарбга чидамли полистирол) - зарбга, совуққа ва ҳарорат ўзгаришига чидамли, хира, бикр, қаттиқ материал. У лимоненда – цитрус меваларидан олинадиган табиий эритувчида эрийди ва шунинг учун ундантаянч тузилмаларни яратиш мумкин, яъни механик ажратиб олишталаб қилинмайди. Ишлаш ҳарорати тахминан 230 °С, нархи ABS никидан 30-50% юқори.

Нейлон - полиамид ПА (РА) - енгил, эгилувчан, кимёвий таъсирларга чидамли. Ундан ясалган деталларнинг сирт ишқаланиш коэффиценти жуда паст бўлади.

Иш ҳарорати PLA никидан юқори: тахминан 240-250 °C ни ташкил этади. Бироқ, ўзидан буғлар ёки ҳидлар чиқармайди. Нейлон филаментнинг нархи PLA ёки ABS никидан икки баравар юқори.

PC (Polycarbonate, поликарбонат) – жуда қаттиқ полимер, -40 ... 120 °C ораликда хусусиятларини сақлайди. Юқори ёруғлик ўтказувчанлигига эга ва кўпинча шиша ўрнини босувчи сифатида ишлатилади ва у ўзига солиштирма оғирлик ва юқори даражада ёруғликни синдириш кўрсаткичига эга бўлгани учун линзаларни ишлаб чиқаришда жуда кўл келади. Биологик инертлиги ундан контакт линзаларини яшашга имкон беради. Бундан ташқари, ундан компакт-дисклар ҳам тайёрланади.

Печать қилиш ҳарорати 260-300 °C ни ташкил қилади. Ҳозирча FDM-печать учун филаментлар камроқ ишлаб чиқарилмоқда, шунинг учун нархи ABS никидан дан уч баравар юқори.

ПЭТТ (Polyethylene terephthalate, полиэтилентерефталат) шунга ўхшаш оптик хусусиятларга эга. Ундан олинган моделлар жуда мустаҳкам бўлади, чунки суюлтирилган материалнинг қатламлари бир-бирига яхши ёпишади. Ишлаш ҳарорати 210-225 °C, столни 50-80 °C га қадар қиздириш керак.

PVA (ПВА) қисқартмаси остида иккита турдаги материал кўзда тутилади: поливинилацетат (Polyvinyl Acetate, PVAc) ва поливинил спирт (Polyvinyl Alcohol, PVAI). Кимёвий формуласига кўра, улар жуда ўхшаш, фақат поливинил спиртида ацетат гуруҳлари мавжуд эмас ва уларнинг хусусиятлари кўп жиҳатдан бир-бирига мос келади, лекин ҳамма хусусиятлари ҳам эмас.

Поливинил спирт PVAI тахминан 180-200 °C ҳароратни талаб қилади, унинг яна ошириш мақсадга мувофиқ эмас, чунки пиролиз бошланиши мумкин. Бундан ташқари, бу материал жуда гигроскопик бўлиб, ҳаводан намликни фаол тарзда ютади, бу эса уни сақлаш ва печать қилиш жараёнида муаммолар туғдиради, айниқса филамен диаметри 1,75 мм бўлса эҳтиёт бўлиш керак. Бошқа томондан, худди шу хусусият жуда фойдали бўлиши мумкин, яъни PVAI дан тайёрланган таянчлар совуқ сувда ҳам эрийди.

ПВАс поливинилацетат ПВА елимининг сувли эмулсиясининг таркибий қисмисифатида яхши маълум. У билан ишлашда бироз пастроқ иш ҳарорати ҳам етарли (160-170 С). У ҳам сувда яхши эрийди.

NinjaFlex эластомери эластик маҳсулотлар яратишга имкон беради. Иш ҳарорати 210-225 °С, стол ҳарорати хона ҳарорати билан бир хил ёки бироз юқориқроқ – 35-40 °С гачабўлиши мумкин.

Яқинда пайдо бўлган Laywoo-D3 материалдан тайёрланган буюмлар ташқи кўринишидан ёғочга ўхшайди ва ундан ҳатто ёғочнинг ҳиди келади. Чунки, у ёғоч уни ва полимер боғловчиси асосида ишлаб чиқарилади. Ишлаш ҳарорати 175-250 °С оралиғида бўлиши мумкин, столни иситиш талаб қилинмайди. Буюмнинг ранги қотгандан сўнг печать қилиш ҳароратига боғлиқ бўлади: ҳарорат қанчалик баланд бўлса, ранги шунчалик тўқ бўлади. Печать вақтида ҳароратни ўзгартириб, ҳатто табиий ёғочда бўлгани каби, йиллик қатламларнинг кўринишини, табиий ёғоч текстурасини чиқариш ҳам мумкин.

Яна бир экзотик материал Laybrick, унинг таркибида минерал тўлдиргичлар мавжуд ва у қумтош маҳсулотларини ўхшатишга имкон беради. Иш ҳарорати 165-210 °С атрофида; бунда ҳароратни ўзгартириб, буюм сирти кўринишини ўзгартириш ва имитация эффектини кучайтириб дағал сирт ҳосил қилиш мумкин. Бу материал столни иситишни талаб қилмайди, аммо печать яқунлангандан сўнг модел қотгунича бир неча соат кутишга тўғри келади.

2.Лазерли стереолитография (SLA).

Стереолитографик принтерлар FDM-принтерларидан кейин энг оммалашган тур ҳисобланади.

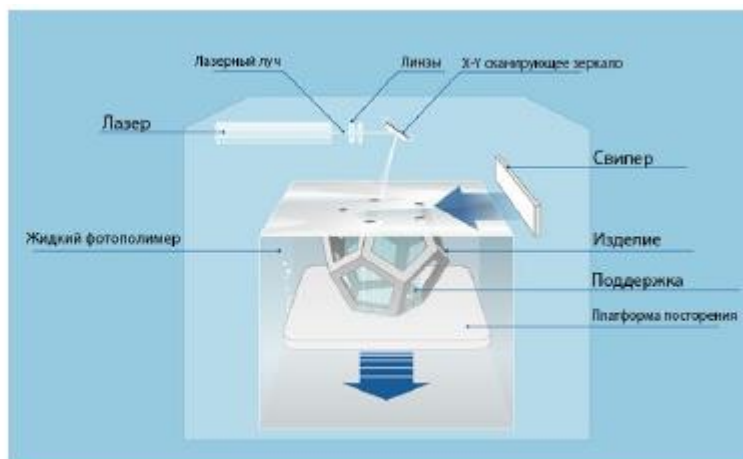
Ушбу қурилмалар юқори сифатли печать қилишни таъминлайди. SLA технологиясида ишлайдиган дунёдаги энг кичик 3D-принтер - ProJet 1200 стоматология ва заргарлик саноатида қўлланилади.



4.1.9-расм. Стереолитографик 3D-принтерлар ва стоматология буюмлари

Лазерлар ва проекторлар

Конструкциясининг арзонлиги сабабли стереолитографик принтерларнинг нархи тез пасаймоқда.



4.1.10. SLA технологияси асосида ишлайдиган 3D-принтернинг тузилиши

3D-печать қилиш учун SLA-принтерикуйдагиларни ўз ичига олади:

- ультрабинафша нурланиш манбаи – лазер, у принтернинг пастки қисмида жойлашган. Нурланиш қанчалик кучли бўлса, объект шунчалик тезроқ яратилади, бироқ полимер сақловчи идиш шунчалик тез эскиради.

- катта ва оғир корпус – турли тебранишларнинг печать қилишга таъсирини камайтиради.

- галванометр (галванометрик сканер) - ушбу қурилма иккита кўзгу ва иккита юқори аниқликдаги галванометрик юритгичлардан иборат. Ушбу қурилма ёрдамида лазер нурларини ўта аниқликда бошқариш ва икки ўлчовли юзадақўп меҳнат талаб қиладиган нарсаларни юқори тезликда осонгина чизиш мумкин. Масалан, ATSMake 3D-принтерида лазер

нурларининг ҳаракатланиш тезлиги сониясига 2500 мм га этиши мумкин, бу кўрсаткич FDM-рақобатчиларнинг тезлигидан бир неча ўн баравар юқори ҳисобланади.

- 3D-печать платформаси. Одатда у алюминийдан ясалган катта юза бўлиб, юзаси силлиқ бўлади.

- 45 даража бурчак остида ўрнатиладиган ва лазер нурларини идишнинг тубидан қайтарибўналтирадиган кўзгу.

- платформани кўтариб-тушириш механизми. ATSMake жиҳозидаяқори аниқликдаги рельсли йўналтиргич, суриладиган платформа ва кучли юритгич мавжуд. Ҳаракатни чекловчи сифатида светодиодли оптик датчиклар ишлатилади. Бу тизим ўта юқори аниқликда ишлайди.

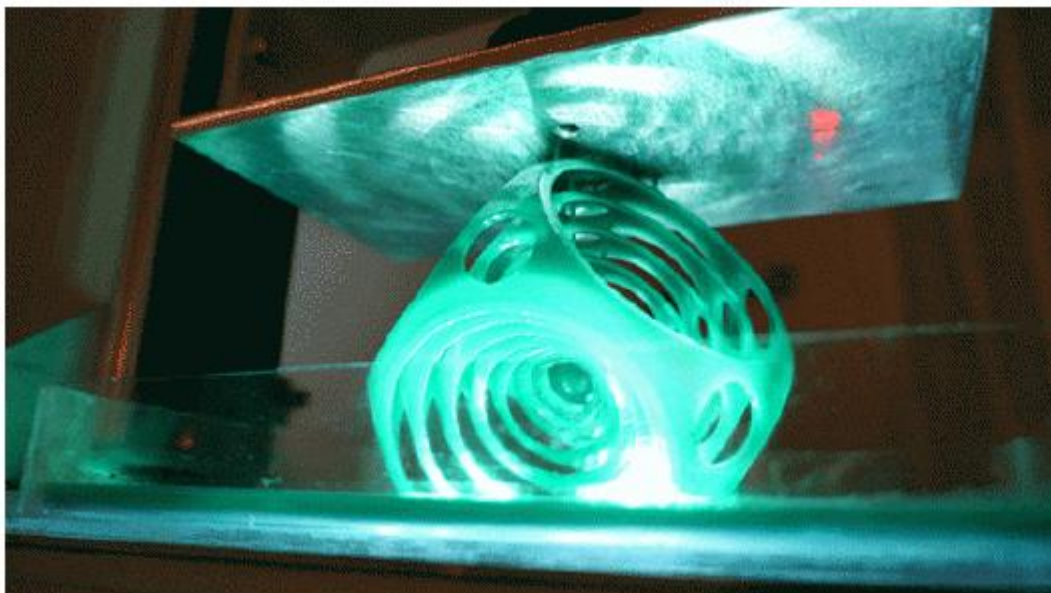
- полимер учун идиш (шаффоф тубли ванналар). Идишултрабинафша нурланишни ўтказиши ўта силлиқ бўлиши шарт.ATSMake3D-принтерларидабу мақсадда шаффоф силикон билан қопланган 3 мм лик акрилдан фойдаланади.

- бошқарув платаси. Кўпинча, Arduino Megaжиҳозларида зарур кўшимча платали комплектлар ишлатилади.

- идишни чайқайдиган механизм (навбатма-навбат кўтарилиб, кейин идиш ён томонларидан бирини туширади). Ҳар бир қатлам шакллангандан сўнг чайқалиш натижасида идишдаги фотополимер аралаштирилади, янги қатлам эса идишдан осонроқ олинади.

Баъзи SLA ва DLP принтерлари "тескари" схема бўйича ишлайди: модел сарфланадиган суюқликка ботирилмайди, балки ундан "тортиб олинади", шу билан бирга лазер ёки проектор кюветанинг устига эмас, балки остига жойлаштирилади. Бу усул ҳар бир қатлам шаклланганидан сўнг сиртни текислашга зарурат қолдирмайди, лекин, кюветанинг материали ультрабинафша нурни ўтказувчи материалдан, масалан, кварц шишадан ясалган бўлиши зарур.

Ушбу технология "лазер" стереолитографияси деб номланса ҳам, энг замонавий ишланмаларда асосан ультрабинафша светодиодли проекторлардан фойдаланилади (4.1.11-расм).



4.1.11-расм. Kudo3D Titan DLP-принтерда фотополимер моделини проектор билан ёритиш

Проекторлар лазерларга караганда арзонроқ ва ишончлироқ, лазер нурларини қайтариш учун талаб этиладиган ноёбкўзгуларни талаб қилмайди ва юқори самарадорликка эга. Бунинг сабаби, бутун қатламнинг контури бутунича ёритилади (лазерли вариантларда эса нуқтама-нуқта ёритилади). Ушбу технология проекцион стереолитография, DLP-SLA ёки оддийгина DLP деб номланади.

Кювета ва смола

Стереолитографик принтерлар учун сарфланадиган материал сифатида фотополимер смолалари ишлатилади. Смолалар турли хусусиятларга эга бўлиши мумкин, аммо уларнинг барчаси битта хусусиятга эга, бу 3D-печать дастурлари учун асос бўлиб хизмат қилади: улар ултрабинафша нурлар таъсирида қотади.

Полимерланган смолалар турли физикавий хусусиятларга эга бўлиши мумкин. Баъзи смолалар резинага ўхшайди, бошқалари – худди ABS каби қаттиқ пластиклардир. Турли хил рангдаги ва шаффофликдаги смолаларни қўллаш мумкин. Смолалар ва умуман SLA-печатнинг умумий камчилиги – бу сарфланувчи материалларнинг нархининг юқорилигидир.

Бошқа томондан олиб қараганда, стереолитографик принтерлардан асосан заргарлик буюмлари ва стоматологлар фойдаланадилар, улар учун йирик буюмлар эмас, балки аниқ ўлчамда ва тез ишлаб чиқариладиган буюмлар зарур. Шу орқали SLA-принтерлари ва сарф материалларининг харажатлари ўзини оқлайди.

Смола тушириладиган платформага ўрнатилган кюветага куйилади (4.1.12-расм). Бундай ҳолда, нурлашдан олдин платформадаги юпқа смола қатламини текисловчимасус мосламадан фойдаланилади. Модел шаклланиши жараёнида, платформа шаклланган қатламлар билан бирга смолага чўктирилган ҳолатда бўлади. Печать жараёни тугаганидан сўнг, модел кюветадан чиқарилади, қолдиқ суюқ смолани олиб ташлаш учун махсус эритма билан ишланади ва ультрабинафша печга жойлаштирилади, бу ерда моделни сўнггинурантириш амалга оширилади.



4.1.12-расм. Фотополимер смоласини кюветага солиш

Стереолитографик принтерларнинг аниқлиги ниҳоятда юқори бўлади. Қиёслаш учун келтириш мумкин, стандарт бўйича FDM-принтерларининг вертикал йўналишдаги қатлам қалинлиги 100 микронга тенг, баъзи SLA-принтерларни эса 15 микронлик қатламни ҳосил қилишга имкон беради.

SLA технологиясининг имкониятлари:

- ҳар қандай мураккабликдаги моделларни ишлаб чиқариш мумкин (ингичка деворли ва кичик ўлчамли деталлар);
- ишлаб чиқарилган деталга осон ишлов берилади;
- моделнинг аниқлиги ва сирт сифати юқори бўлади;

- кенг миқёсда материаллар ишлатилади, шу жумладан, қўйиш учун ишлатиладиган қўйдириладиган моделлар учун ҳам;
- ишлатиладиган полимерларнинг хусусиятлари ясалган прототипни тайёр маҳсулот сифатида ишлатишга имкон беради;
- иш камерасининг ўлчамлари амалда 3D-принтерларникидан катта;
- таянч материал сарфининг камлиги;
- стеролитографлар шовқинининг пастлиги.

SLA технологияларининг камчиликлари:

- стерженсимон таянчни яратилган прототипдан механик равишда ажратиб олиш зарурияти;
- Сўнги УБ-нурлатишнинг зарурлиги. Тайёрланган буюм чайилиши ва охиригача қотиши учун УБ-камерага солиниши керак.

Лазер стереолитографияси ташқи таъсирларга етарлича чидамли бўлган объектларни яратишга имкон беради ва тахминан 90 МПа юкка бардош бера олади. Бироқ, барча материаллар ҳам эмас. Гап шундаки, баъзи полимерлар қотганда ўлчамлари 1-3% гача қисқариши мумкин. Деталларни қатлам-қатлам ишлаб чиқаришда қатламлар йўналиши бўйича структуранинг ички зўриқиши ҳосил бўлади, бунинг натижасида эгилиш ва зарбий кучлар таъсирида қатламларнинг ажралиб кетишига сабаб бўлиши мумкин.

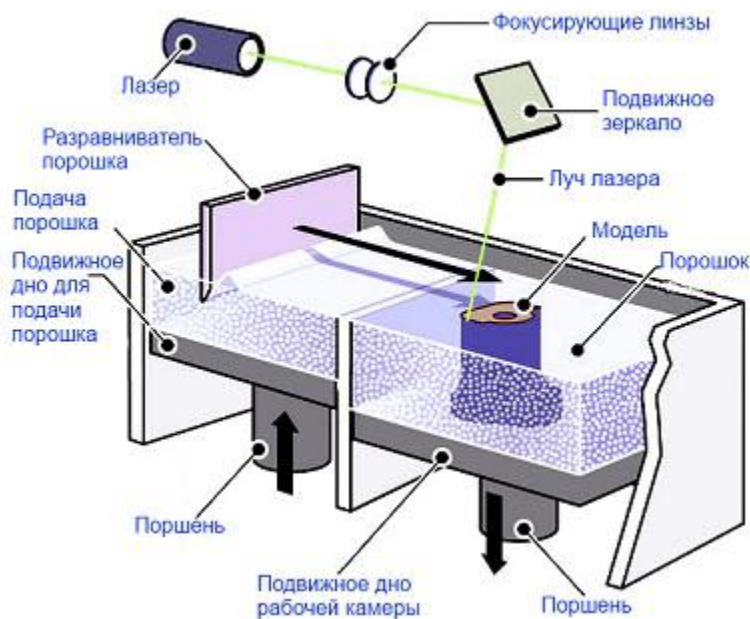
3. Лазерда танлаб пишириш (SLS).

Лазерда танлаб пишириш (SLS) – аддитив ишлаб чиқариш усули бўлиб, функционал прототиплар ва буюмларни кам миқдорда ишлаб чиқаришда қўлланилади. Технология юқори қувватли лазерлардан фойдаланган ҳолда кукунли материаллар қатламларини кетма-кет қиздириб бириктиришга асосланган. SLS усулида материал қисман суюлтирилади.

Технологияси

SLS технологияси кукунсимон матреил заррачаларини уч ўлчамли объект ҳосил бўлгунча қиздириб бириктириш учун бир ва бир нечта лазерлардан (одатда углекислотали) фойдаланишни назарда тутди.

Сарфланадиган материаллар сифатида пластмасса, металл, керамика ёки шиша ишлатилади. Қиздириб бириктириш рақамли моделга киритилган контурларни бир ёки бир нечта лазер ёрдамида чизиш орқали амалга оширилади. Сканерлаш тугагандан сўнг, платформа бир қатлам қалинлигига туширилади ва янги материал қатлами қўйилади. Ушбу жараён модел тўлиқ шакллангунча такрорланади (4.1.13-расм).



4.1.13-расм. SLS принтерларнинг ишлаш принципи

Кукун бутун майдон бўйлаб бир текис қатлам қилибёйилади, шундан сўнг лазер фақат ушбу баландликдаги ушбу моделдаги кесимга мос келадиган жойларни қиздириб бирлаштиради.

Технология иккита параллел жараёндан иборат: биринчидан, бутун майдон бўйлаб ингичка кукун қатлами тайёрланади. Бундакукунсимон материал ролик ёрдамида бир текисда тақсимланади. Шундан кейин, кучли лазер дастурланган объектнинг кесимига мос келадиган жойларни қиздиради ва бириктиради. Кейин модел қатлам қалинлигига тенг масофага туширилади ва моделнинг энг юқори нуқтасига етгунча ушбу алгоритм такрорланади.

Лазерда танлаб пиширишнинг муҳим хусусияти – бу таянч материалга эҳтиёжнинг йўқлигидир, чунки бутун ҳажмдаги кукун якуний шакл тайёр бўлмагунча моделнинг бузилишига йўл қўймайди.

Охирги босқич – яқуний ишлов бериш босқичи ҳисобланади. Масалан, технологик полимерларни қуйдириш учун махсус печга киритиш, агар уларда аралаш металл қукунлари ишлатилган бўлса, қиздириб бириктириш босқичида керак бўлади. Қатламлар орасидаги кўринадиган ўтишларни олиб ташлаш учун жилолаш жараёни ҳам бўлиши мумкин. Технологиялар ва материаллар доимий равишда такомиллаштирилмоқда ва шу туфайли яқуний ишлов бериш босқичи борган сари камайиб бормоқда.

Печать қилишдан олдин, сарфланадиган материалнинг қизиби бириктириш таъминлаш мақсадида у суюқланиш ҳароратидан сал пастроққача иситилади.

Материаллар ва уларнинг қўлланилиши

Бошқа аддитив ишлаб чиқариш усуллари билан таққослаганда, SLS усули сарфланадиган материалларни танлаш имкониятлари билан ажралиб туради. Бунга турли хил полимерлар (масалан, нейлон ёки полистирол), металллар ва қотишмалар (пўлат, титан, қимматбаҳо металллар, кобалт-хром қотишмалари ва бошқалар), шунингдек композициялар ва қум аралашмалари киради. Баъзи SLS қурилмаларида барабанли шар тегирмонларида олинганбир хилметалл қуқуни ишлатилади, аммо аксарият ҳолларда ядро сифатида оловбардош ядро ва суюлиш ҳарорати пастроқ бўлган қобик материалдан иборат композит гранулалар ишлатилади.

SLS технологияси мураккаб геометрик шаклларга эга функционал қисмларни ишлаб чиқариш имконияти сабабли бутун дунёда кенг тан олинган (4.1.14-расм). Технология дастлаб тез прототишлаш учун яратилган бўлса-да, яқинда SLS тайёр буюмларни кичик ҳажмда ишлаб чиқариш учун қўлланилмоқда.

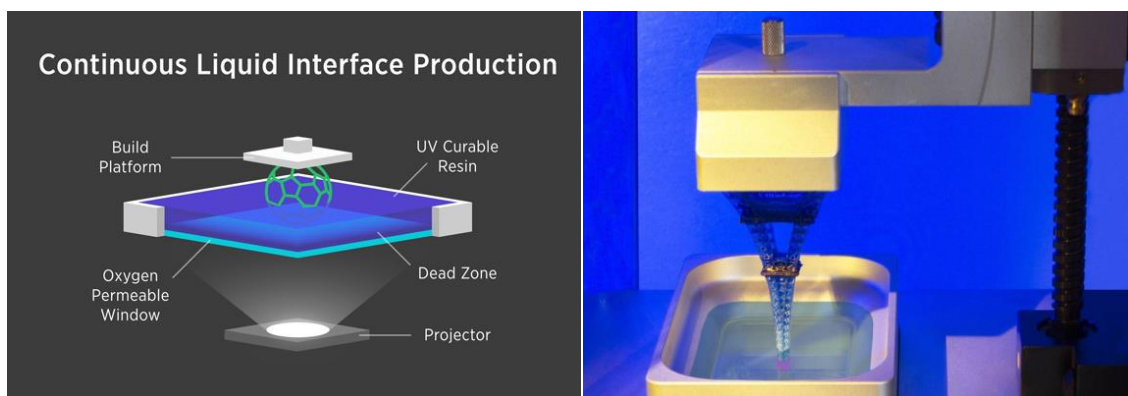


4.1.14-расм. New Balance компанияси SLS технологиясини профессионал атлетлар учун пойабзал яратиш мақсадида ҳам қўллайди.

SLS усули билан 3D-печать қилиш қўлами жуда кенг: куч қурилмаларинингдеталлари, авиасозлик, машинасозлик, космонавтика ва ҳ.к..

4.Суюқ юзаларни узлуксиз шакллантириш (CLIP).

CLIP (continuous liquid interface production – суюқ юзаларни узлуксиз шакллантириш) технологияси канаданинг Carbon3D компанияси томонидан ишлаб чиқилган (4.1.15-расм). Ушбу турдаги принтерларда печать қилиш илгаридан маълум қурилмаганга қараганда 100 баробар тез амалга оширилади. Ушбу жараёнини печать қилиш деб ҳам бўлмайди, бунда буюм гўёки кўз олдимизда ушлагич платформа билан суюқ фотополимердан кўтарилиб чиқади.



4.1.15-расм. CLIP технологияси бўйича 3D-печать қилиш жараёни

Мавжуд 3D-технологиялардан фарқли равишда “печать қилиш” жараёни қатламма-қатлам эмас, балки узлуксиз равишда содир бўлади. Бунда УБ нурланиш (полимерланишни таъминлайди) ва кислород (реакцияни секинлаштиради) полимерга таъсир қилиши орқали буюм шаклланади. Бу жараён юқори мустаҳкамликда ва 10 микрон аниқликда буюм ишлаб чиқаришга имкон беради.

CLIP технологиясидан фойдаланилганда, олинган элементларнинг жуда юқори сифати ва қисмларга турли хил хусусиятларни бериш учун кенг полимерлардан фойдаланиш имконияти ҳам қайд этилган.

CLIP технологиясида керакли шаклдаги объектни яратиш учун УБ нурлари ва кислород дозалари полимер солинган идишга юборади. УБ нур

таъсирида полимер қотади, кислород эса реакцияни секинлаштиради. Кислород ва УБ нурни бериш жараёнини бошқариш орқали керакли шаклдаги буюмларни ҳосил қилиш мумкин. Объект тез ва қатламлари бириккан ҳолда яратилади.

CLIP технологиясиюқори аниқлик ва сифатга эга жуда кичик, силлик буюмлар яратиш имкониятини, замонавий смартфонлар учун майда датчиклар, шунингдек, беморларга дори-дармонларни етказиб бериш учун микро игналар ва бошқа тизимларни яратиш бозорини очади.

Амалий машғулот бўйича интерактив усуллар асосидаги топшириқлар

1. FDM ва SLA технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
2. FDM ва SLS технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
3. FDM ва CLIP технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
4. SLS ва SLA технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
5. CLIP ва SLA технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
6. CLIP ва SLS технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
7. FDM ва CLIP технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
8. FMD технологиясини SWOT-таҳлил қилинг.
9. SLA технологиясини SWOT-таҳлил қилинг.
10. SLS технологиясини SWOT-таҳлил қилинг.
11. CLIP технологиясини SWOT-таҳлил қилинг.
12. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/cvetnaya-strujjnaya-3d-pechat-cjp/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.

13. Қуйидаги манбани ўрганинг (3dprofy.ru/tekhnologiya-3d-prototipirovaniya-chto-eh-to-takoe/) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
14. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/obzor-besplatnogo-po-dlya-3d-modelirova/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
15. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/3d-skanery-obzor-osnovnykh-tekhnologijj/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
16. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/fotopolimernyyj-3d-printer/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
17. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/3d-printery-fdm/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
18. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/strujjnaya-trekhmernaya-pechat-3dp/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
19. Қуйидаги манбани ўрганинг (3dprofy.ru/modelirovanie-metodom-poslojjnogo-na/) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
20. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
21. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/stereolitografiya-sla/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
22. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/cifrovaya-svetodiodnaya-proekciya-dlp-v-3d-pe/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
23. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/mnogostrujjnoe-modelirovanie-mjm-tekhno/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
24. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/chto-takoe-3d-pechat/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
25. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/promyshlennyjj-3d-printer/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
26. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/obzor-printera-repar-prusa-i3/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.

2-амалий машғулот. 3D-печат бўйича LOM, MJM, PolyJet, 3DP

технологияларини ўрганиш.

Назарий қисм

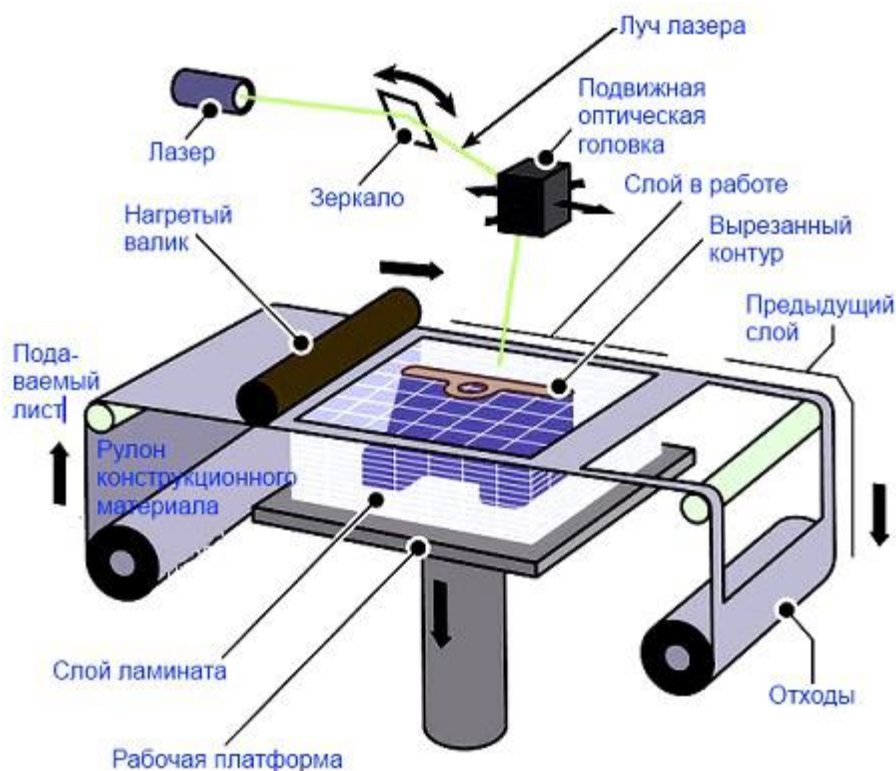
Режа:

1. Буюмларни қатламли ламинациялаб яшаш (LOM).
2. Кўп оқимли моделлаштириш (MJM).
3. PolyJet технологияси.
4. Оқимли 3D-печат технологияси (3DP).

Ишдан мақсад: 3D-печат бўйича LOM, MJM, PolyJet, 3DP технологияларини ўрганиш.

1. Буюмларни қатламли ламинациялаб яшаш (LOM).

LOM (Laminated Object Manufacturing, ламинацияланган объектларни ишлаб чиқариш) - қатламли моделларни ламинация усули билан ишлаб чиқариш технологиясидир (4.2.1-расм).



4.2.1-расм. LOM-технологияси бўйича прототипни яратиш схемаси

LOM– бу варақ материалдан кесилган элементларни қатлам-қават ёпиштириш орқали уч ўлчовли маҳсулотларни яратиш технологиясидир. LOM-объектларни ишлаб чиқариш учун куруқ боғловчи қоғоз ёки

варақсимон пластикдан фойдаланилади. Ишлаб чиқарилган LOMбуюмлари таркиби жиҳатидан ёғочга ўхшаш бўлади ва уларни қайта ишлаш осон.

Ушбу технологияда махсус дастурий таъминот ёрдамида буюмнингкўндаланг кесимлари ҳисобланади. Бу маълумотларни ўз ичига олган CAD-маълумотлари LOM-машинасининг бошқариш тизимига ўтказилади. Рулон материал ишчи юзасига берилади ва зарур контурлар лазер нурлари билан кесилади. Ортиб қолган жойлар олиб ташлаш осон бўлиши учун кичик бўлақларга бўлинади. Янги қатлам учун материал ишчи юзага берилади ва олдинги қатламга терморелик билан босиб прессланади

Кейин яна янги кўндаланг кесимлар кесилади. Барча қатламлар кўйилиб, буюм тўлиқ шаклланишидан сўнг, ортиқча материаллар қўлда олиб ташланади. Зарур бўлса, маҳсулотга тоза ишлов бериладива пардозланади (жилвирлаш, бўёқ ёки лок билан қоплаш).

3D-печать жараёни принтерни шахсий компьютерга улаш орқали амалга оширилади. Дастлаб компьютерда 3D-тасвир бўлиши керак. Принтерга варақ материаллар ўрнатилган бўлиб, уларнинг материалпринтернинг моделига қараб оддий қоғоздан сополгача бўлиши мумкин. Аммо, кўпинча полимер плёнка ишлатилади, чунки у 0,15 мм дан кам қалинликка эга ванаъри ҳам юқори эмас.

Елимлаш талаб қилинмайдиган жойларда махсус моддалар қўлланилади - елимга қарши, диаметри 0,3 дан 6 мм гача бўлган фломастер ва қаламлардан фойдаланилади. Шундан сўнг, кейинги плёнка қатлами кўйилиб, уларнинг устига термовалик ёрдамида босиш ва иситиш амалга оширилади. Бунинг натижасида иккала қатлам ламинацияланади. Кейин, лазер ёки махсус пичоқ билан барча кераксиз қисмларни кесиб ташлайди ва жараён такрорланади.

LOM технологиясининг моҳияти қуйидагича:

1. Рулондан ёки алоҳида варақдан олинган материаллар ишчи майдончанинг платформасига берилади ва унинг устига керакли ҳароратгача қиздирилган ва зарур босим остида қатламни ёпиштирувчи (ламинатловчи) ролларда "ўралади".

2. Кейинчалик, сликерда аниқланган йўл бўйлаб (математик САПР / САМ моделини қатламларга ажратадиган 3Д принтер дастури) материал лазер (ёки пичоқ) билан кесилиб, маҳсулотнинг биринчи қисмини ҳосил қилади.

Жараён сўнггида олинган буюм принтердан олиниши ва қолдиқлардан тозаланиши керак (4.2.2-расм). Кейин унга қўшимча ишлов бериш мумкин: (силлиқлаш, локлаш, бўяш).



4.2.2-расм. Ламинацияланган қисмга ишлов бериш:

а - қатламли блок LOM ўрнатиш платформасидан чиқарилади; б - кераксиз материалларнинг кубларини бўшатиш учун улар объектдан олиб ташланади; в - кублар объект юзасидан осонгина ажралиб чиқади; г - буюм юзасини силлиқлаш, сайқаллаш ёки бўяш мумкин.

Печать қилиш тезлиги ушбу технологиянинг асосий афзалликларидан бири ҳисобланади. Бу технологияда суюқ полимерларни қаттиқ ҳолатга ўтказиш ёки кукунли материалларни пиширишга ҳожат йўқ, тайёр буюмни термик қайта ишлаш ҳам шарт эмас. LOM моделини шакллантиришда бутун ҳажмни сканерлашига ҳожат йўқ, шунинг учун қалин деворлари бўлган қисмларни тез ишлаб чиқариш мумкин. LOM технологияси, айниқса, аэрокосмик ва автомобилсозлик саноатида кенг тарқалган катта деталларни ишлаб чиқаришда айниқса юқори самара беради.

LOM нинг ягона камчилиги – сарфланадиган материалларни намликдан сақлаш зарурияти ва технологиянинг аниқлиги юқори эмаслиги ва деталлаштириш даражаси бўйича SLA ёки SLS печать усулларида бир оз пастлигидир.

Ишлатиладиган материаллар

Назарий жиҳатдан ушбу технологияда ҳар қандай материаллар қўлланилиши мумкин: пластиклар, композитлар, металл фольга ёки юпқа металллар, сопол, оддиё ёки ламинацияланган қоғоз, полимер плёнка.

LOM 3D-печатнинг афзаллик ва камчиликлари

Афзалликлари:

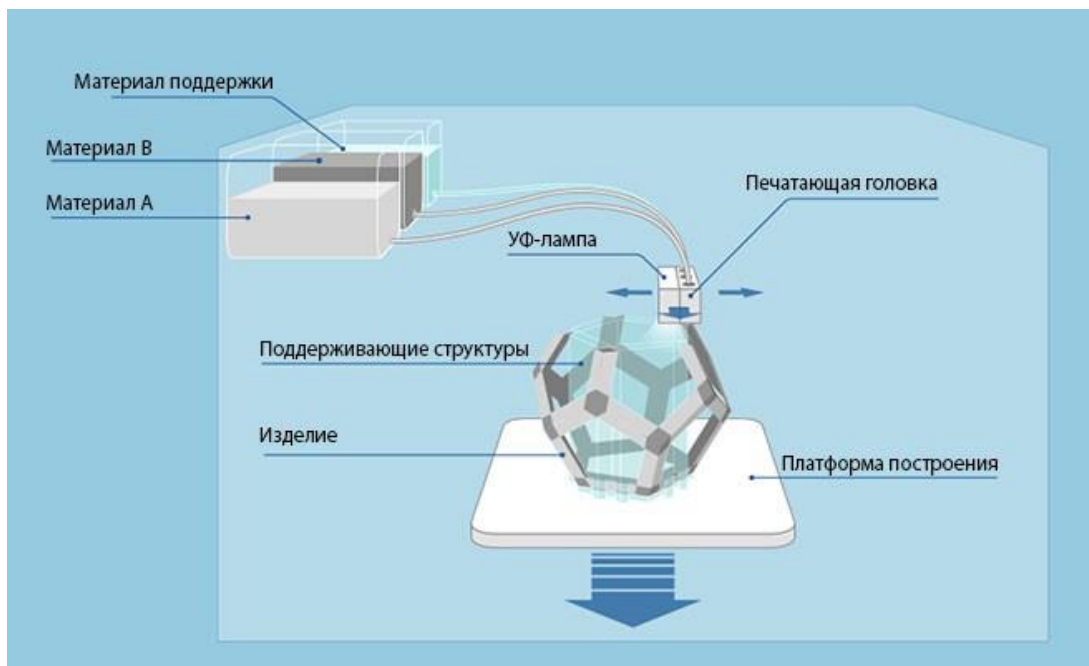
- ишлаб чиқариш таннархининг пастлиги;
- кенг тарқалган материаллардан фойдаланиш;
- ишлаб чиқариш объектларининг нисбатан юқори аниқлиги (0,3 мм);
- рангли моделларни ишлаб чиқариш мумкинлиги.

Камчиликлари:

- Қатламлар йўналиши бўйича маҳсулотларнинг етарлича мустаҳкамлиги;
- Деламинация хавфи мавжудлиги;
- кам тарқалганлиги;
- 3D-принтер маркаларининг камлиги;
- буюм сирт юзасининг дағаллиги, ғадир-будирлиги.

2.Кўп оқимли моделлаштириш (МJM).

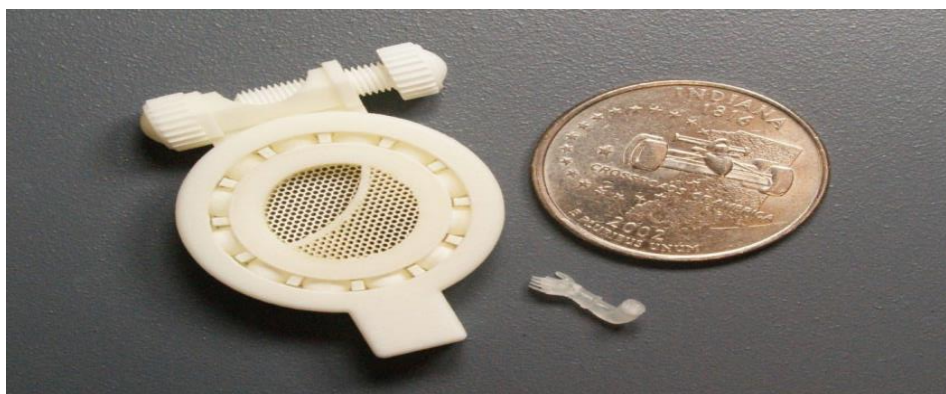
Кўп оқимли моделлаштириш технологияси оқимли печать, суюқ катламни ётқизиш ва стереолитография каби 3D-печать техникасининг хусусиятларини бирлаштиради. Қатламлар бир катор сопллар билан жиҳозланган махсус печатлаш каллаги ёрдамида қурилади (4.2.3-расм). Принтер моделларида сопллар сони 96 ... 448 та бўлиши мумкин.



4.2.3-расм. MJM технологияси бўйича 3D-печать принципи

Печать қилувчи блок иш сирти бўйлаб ҳаракатланади ва суюқ полимер қатламини сепади. Печать қилувчи блокдан кейин УБ-лампаси жойлашган бўлиб, у материалнинг янги сепилган заррачаларини ёритади, натижада улар қотиб, керакли маҳсулот ҳосил бўлади.

Асосий материал (мум, фотополимер смоласи) олдиндан белгиланган алгоритм бўйича қатламма-қатлам пуркалади ва УБ-чироқ билан қотирилади. Таянч материал бўшлиқларни тўлдиради ва объектнинг структуравий яхлитлигини сақлашга ёрдам беради. Ёрдамчи таянч материал сифатида мум ишлатилган конструкцияларида, печать қилингандан сўнг, тайёр модел печка ичига ўрнатилади ва мумни эритиб чиқариб юбориш учун тахминан 60 °С ҳароратгача қиздирилади.



4.2.4-расм. MJM технологияси юқори даражада деталлаштирилган прототиплашга имкон беради

Ушбу технология лазер стереолитографиясидан кўра юқори аниқликкаэга (4.2.4-расм) - қўлланиладиган қатламнинг минимал қалинлиги 16 микронни ташкил қилиши мумкин ва горизонтал текисликдаги буюм ўлчамлари 750x750x1600 dpi га этади.

Кўп оқимли моделлаштириш технологиясининг афзалликлари куйидагиларни ўз ичига олади:

- қатламнинг жуда юпқалиги (16 мкм) ва сирт конструкциясининг ўта аниқлиги (8000 dpi);

- турли хил хусусиятларга эга материаллардан ва турли ранглардан фойдаланиш имконияти;

- принтерлар жуда ихчам бўлиши мумкин.

Кўп оқимли моделлаштириш технологиясининг камчиликлари орасида куйидагиларни таъкидлаш лозим:

- олиб ташланадиган таянчларни яратиш зарурлиги;

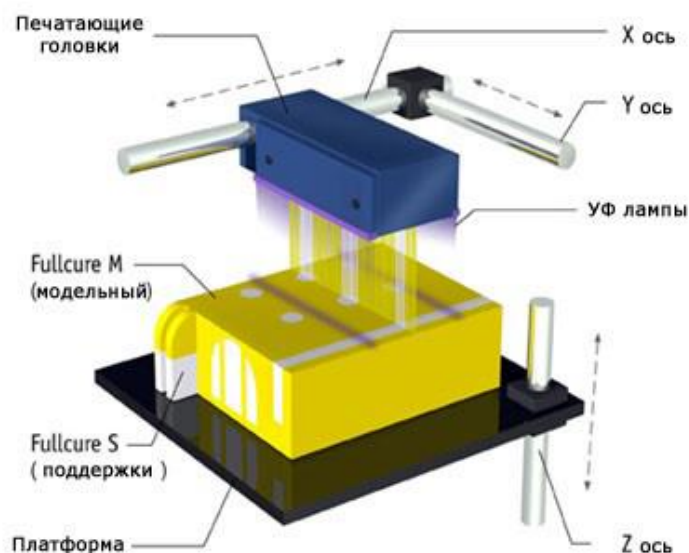
- сарфланадиган материаллар танловининг чекланганлиги.

3.PolyJet технологияси.

Objet Geometries фирмаси томонидан патентланган PolyJet технологиясифотополимер материалларини 16 мкм қалинликдаги ултра юпқа катламли платформага қатламма-катлам пуркаш принципи асосида ишлайди. Бу жараён Objet studio™ дастури томонидан бошқарилади.

Фотополимернинг ҳар бир қатлами сепилгандан сўнг УБ-нур ёрдамида қотирилади. Тайёр буюмни қўшимча равишда қотириш талаб этилмайди, улардан ўша заҳоти фойдаланишни бошлаш мумкин.

Мураккаб шаклли буюмларда таянч материал сифатида гелсимон материал қўлланилади, уни сув билан ювиб кетказиш ёки қўлда осон олиб ташлаш мумкин.



4.2.5-расм. PolyJet технологияси бўйича печать қилиш усули

PolyJet технологияси бўйича 3D печать қилиш худди оддий оқимли принтер билан печать қилишга ўхшайди. Бироқ, сиёх ўрнига бу ерда суюқ фотополимер пуркалади. Кейин бу полимер УВ-нур таъсирида қотади. Қатламлар бир-бирининг устига қатлам бўлиб, натижада ҳажмий модель ёки прототип олинади. Тайёр бўлган моделни дарҳол ишлатилиш мумкин. 3D-принтерда полимер материалдан ташқари, узун чиқиб турадиган жойларни ва мураккаб шаклларни мустаҳкамлаш учун махсус гелсимон таянч материалдан фойдаланилади. Уни осонгина қўл билан олиб ташлаш ёки сув билан ювиш мумкин. PolyJet технологияси бўйича 3D-печать қилиш прототипларни тез яшаш баробарида қуйидаги кўрсаткичларга эга: юқори сифат, тезлик, юқори аниқлик ва кенг миқёсдаги материаллардан фойдаланиш.

PolyJet технологияси бўйича 3D-печать қилиш турли материаллар мавжуд, жумладан:

- юқори ўлчовли барқарор ва сирти силлиқ моделларни ишлаб чиқариш учун шаффоф материаллар;
- ҳар хил рангдаги, шу жумладан оқ, кулранг, кўк ва қора рангдаги қаттиқ шаффоф бўлмаган материаллар;

- турли хил ускуналарни жиҳозлаш учун мураккаб буюмларини яратиш учун зарур бўлган мустааҳкамлик ва узоқ ишлаш хусусиятига эга бўлган полипропиленга алтернатива сифатида фойдаланиладиган материаллар;

- резинанинг хусусиятларини имитация қилувчи материаллар, бу материаллардан кенг оммалашган сирпанувчи ва юмшоқ юзали деталлар ясалади;

- юқори ҳароратга чидамли материаллар, бу материаллар юқори ҳарорат шароитида ишлайдиган маҳсулотларни яратиш учун мўлжалланган, масалан, иссиқ ҳаво ёки сув муҳитида;

PolyJet технологияси бўйича дан фойдаланган ҳолда 3D-печать қилиш учун уй принтерларидан тортиб то саноат машиналарига қадар жиҳозлар ишлатилади.

PolyJet технологиясининг афзалликлари қуйидагилардан иборат:

- юқори сифат: қатламнинг қалинлиги 16 мкм бўлган аниқлик юқори даражада деталлаштирилган силлик, аниқ моделларни олиш имконини беради;

- юқори аниқлик: аниқ пуркаш ва материалнинг хусусиятлари орқали ингичка деворларга эга бўлган моделларни олиш мумкин (600 мкм ёки ундан кам);

- услубнинг тозаллиги уни офис хонасида қўллаш имкониятини беради, бунда суюқ фотополимер билан контактда бўлинмайди, таянчларни осонгина олиб ташлаш ва каллақларни оддий усулда алмаштириш мумкин;

- юқори печать қилиш тезлиги, бир нечта қисмларни бир вақтда олиш имконияти ва уларни қотириш шарт эмаслиги;

- модель материални ўзгартириш тез мумкинлиги ва қулайлиги, турли материаллардан фойдаланиб турли мураккаб шаклдаги буюмлар, уларнинг хусусиятларини ва рангини ўзгартириш мумкинлиги, бунда таянчматериаллар ўзгармасдан қолади;

- MJM технологиясига нисбатан юқори босиб чиқариш тезлиги.

PolyJet Matrix технологиясининг афзалликлари:

- реал вақтда рақамли материаллар яратишга имкон беради – берилган механик хусусиятларга тўлиқ мос келадиган композицион материаллар олиш мумкин;

- турли рангдаги материалларни қўшиб ишлатиш имконияти, истеъмол товарлари, конструкциялар ва бошқа саноат тармоқлари прототиплари учун жуда кўп ранг вариантлари ва тусларини олиш;

- кўпкомпонентли деталларни тайёрлашда яшаш ва яқиний ишлов бериш вақтларини қисқартиради, уларни алоҳида лойиҳалаш ва ишлаб чиқариш, йиғишга зарурат қолмайди;

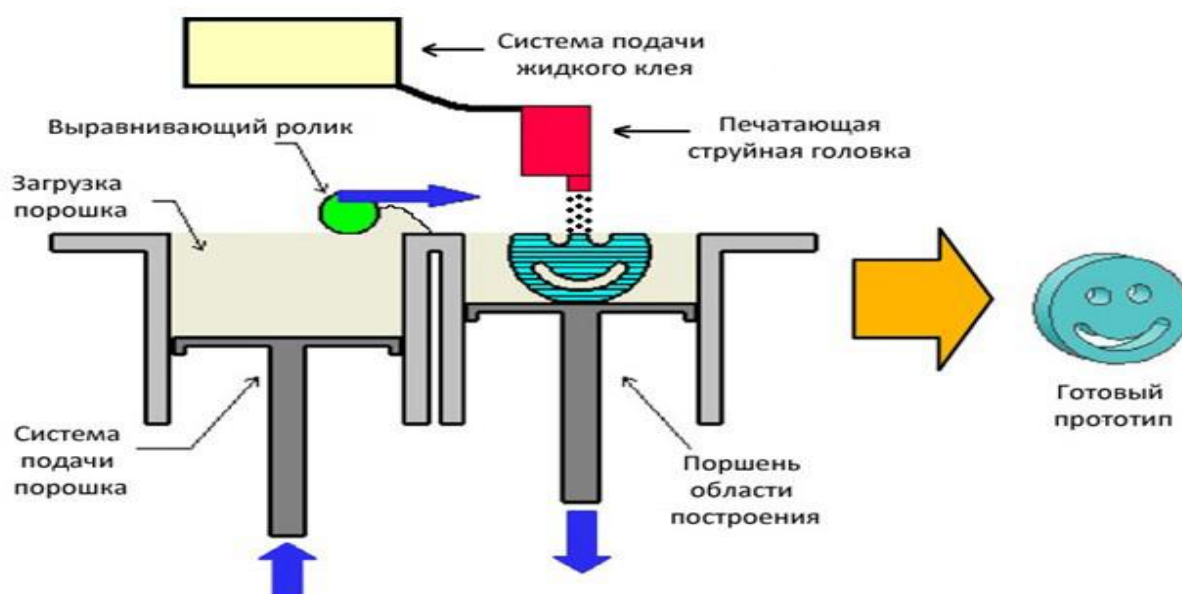
- қуйиш жараёнидан фойдаланмасдан, лойиҳалашнинг дастлабки босқичида прототиплаш ва синовдан ўтказиш имкониятлари туфайли хатоликларнинг пайдо бўлишини кескин қисқартиради.

PolyJet технологиясининг камчиликлари:

- 3D печатнинг солиштирма таннархининг юқорилиги;
- 3D принтерларнинг қимматлиги.

4.Оқимли 3D-печать технологияси (3DP).

3DP (Three-Dimensional Printing - уч ўлчовли босиб чиқариш) бошқа аддитив технологиялардан жараённинг одатдаги принтер принципи бўйича – печать қилувчи каллақларнинг соплоларидан елимни бериш орқали амалга оширилади (4.2.6-расм). Бу усулда рангли буюмларни олиш ҳам мумкин.



4.2.6-расм.3DP технологияси бўйича 3D-печать жараёни

Мазмун-моҳиятига кўра 3D-детални оқимли технология асосида етиштириш оддий оқимли принтернинг ишини эслатади.

STL-файл 3D-принтерга жўнатилганидан сўнг дастур CAD-моделни кўплаб горизонтал қисмларга (қатламларга) ажратади. Кейин дастур печат қилувчи каллакнинг алгоритмини ўрнатади. Бундай ҳаракатланувчи печать жараёнида гипс кукунига каллақдан елим пуркалади ва қотади. Барча қатламлар босиб чиқарилгандан сўнг, фойдаланувчи камерадан кукун таркиби билан тўлдирилган буюмни олади. Кейин детални кукундан тозалаш (пуфлаш) ва маҳкамловчи суюқлик билан қоплаш (бу кўл билан чўтка билан амалга оширилади) операциялари бажарилади.

Амалий машғулот бўйича интерактив усуллар асосидаги топшириқлар

1. LOM ва MJM технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
2. LOM ва PolyJet технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
3. LOM ва 3DP технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
4. MJM ва PolyJet технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
5. MJM ва 3DP технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
6. PolyJet ва 3DP технологияларини Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
7. LOM технологиясини SWOT-таҳлил қилинг.
8. MJM технологиясини SWOT-таҳлил қилинг.
9. PolyJet технологиясини SWOT-таҳлил қилинг.
10. 3DP технологиясини SWOT-таҳлил қилинг.
11. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/3d-printer-printbox3d-one/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.

12. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/obrabotka-raspechatannykh-modelejj-pos/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
13. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/3d-redaktory-s-podderzhkojj-stl/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
14. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/3d-printer-printbox3d-one-populyarnyjj-rossijskijj-3d-p/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
15. Қуйидаги манбани ўрганинг (3dprofy.ru/14-sposobov-borby-s-zavorachivaniem-pri/) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
16. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/raskhodnye-materialy-dlya-modelirovan/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
17. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/obzor-sovremennykh-3d-printerov/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
18. Қуйидаги манбани ўрганинг (<https://ru.coursera.org/lecture/additivnye-tehnologii/tiekhnologhii-sla-slm-crhez>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
19. Қуйидаги манбани ўрганинг (<https://top3dshop.ru/wiki/additive-technologies.html>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
20. Қуйидаги манбани ўрганинг (<https://fea.ru/news/6147>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
21. Қуйидаги манбани ўрганинг (<https://sk.ru/net/p/media.aspx?%25252525253Bpi2287233=67&PostSortBy=MostViewed&pi2287233=121>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
22. Қуйидаги манбани ўрганинг (https://www.ddmlab.ru/technology/polyjet_technology/) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
23. Қуйидаги манбани ўрганинг (<http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.

3-амалий машғулот:Рақамли-дастурли бошқариладиган

станоклар учун дастур ёзиш.

Назарий қисм

Режа:

1. Дастурлаш асослари.
2. Дастур ёзиш.

Ишдан мақсад:Рақамли-дастурли бошқариладиган станокларни ўрганиш.

1.Дастурлаш асослари.

1.1. Умумий маълумотлар

ЧПУ станогида ҳар бир ишланадиган детал учун дастур тузилади, бунда унинг контурининг таянч нуқталари, кескичнинг ҳаракат траекториялари кўрсатилади. Технологик ахборотда эса айланиш тезлиги, кескични узатиш тезлиги ва бошқа параметрлар кўрсатилади.

Бошқарувчи дастур кетма-кет жойлашган кодлар ёрдамида ёзилади. Дастурлаш тили одатда ISO 7-bit ёки “G ва M кодлар тили” деб юритилади. Кодлар ҳалқаро стандартлаш ташкилоти (ISO) томонидан ишлаб чиқилиб ISO 6983- 1:1982 ва ГОСТ 20999-83 хужжатларида келтирилган. Кодлар иккилик рақамли н та ахборот ташувчи иккилик разрядларда ифодаланadi.

Амалиётда технолог-дастурчи бошқарув дастурини уч хил усулда тузиши мумкин:

– қўлда дастурлаш, бу кўникма барча дастурчилар учун зарур, буни билган мутахассис кенг имкониятларга эга бўлади;

– ЧПУ станогини клавиатураси ва дисплейида дастурлаш;

– CAD/CAM тизими ёрдамида дастурлаш, бу тизим ҳар қандай дастурлаш жараёнини автоматлаштиришга имкон беради, қийин математик ҳисоблардан ҳалос қилади, аниқликни оширади ва дастур ёзиш жараёнини тезлаштиради.

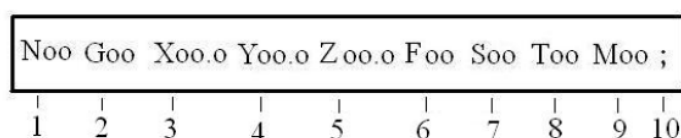
1.2. Бошқарув дастурининг тузилмаси

ЧПУ станогида заготовкага ишлов бериш учун кадрларга бирлаштирилган бир нечта буйруқларни бажариш лозим бўлади.

Бошқарув дастури % белгиси билан бошланади. Ҳар бир кадр ўзидан олдинги кадрга таянган ҳолда дастурланади. Кадрлар бошқарув дастурининг бир қисми сифатида, камида битта буйруқ билан ёзилади (ГОСТ 20523-80).

Кадрлардаги ахборотлар икки хил ҳаракатларни – тайёргарлик ёки ишчи ҳаракатларни бажариш учун зарур.

Тайёргарлик ҳаракатлари иш ҳаракатини амалга оширишга ёки тўхтатишга тайёрлайди. Иш ҳаракатлари кескични берилган траектория бўйлаб ҳаракатлантиради. Битта кадрнинг тузилмаси 4.3.1-расмда келтирилган.



4.3.1-расм.Битта кадр тузилмаси:

1 – кадрнинг тартиб рақами; 2 – тайёрлов буйруғи; 3, 4, 5 – Y, Z ўқлари бўйича ҳаракатланиш траекторияларининг координата нуқталари, мм; 6 – узатиш тезлиги, мм/мин; 7 – шпинделнинг айланиш частотаси, мин⁻¹; 8 – станок магазинидаги асбоб рақами; 9 – ёрдамчи функция; 10 – кадр охири симболи.

Ҳар бир кадр “Кадр рақами” (N), ахборот сўзлари ва “Кадр охири” сўзларини ўз ичига олиши зарур. Кадр камида рақам ва битта буйруқдан иборат бўлади, масалан, N30 M30.

Маълумотларнинг ахборот сўзлари қуйидаги кетма-кетликда ёзилади:

- тайёрлов функциялари маълумотларининг сўзлари;
- чизикли кўчиш маълумотларининг сўзлари (манзиллар кетма-кетлиги билан) X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C;
- интерполяция маълумотлари сўзлари I, J, K;
- узатиш, бош ҳаракат, асбоб функцияси ва ёрдамчи функциялар маълумотларининг сўзлари.

Бошқарув дастурини компьютерда “Блокнот” муҳарририда ҳам ёзиш мумкин. Бунда ҳар бир кадр янги қатордан ёзилади. Кадр охирида босиладиган кўринмайдиган “Enter” буйруғи кадрнинг охириги коди бўлиб

хизмат қилади. Шу сабабли кадрнинг охирини билдирувчи “;” символини “Блокнот” муҳарририда кўрсатиш шарт эмас.

Маълумотлар сўзи бошқарувчи дастурнинг асосий элементи ҳисобланади. Ҳар бир сўз манзил ва рақамдан ташкил топади, масалан G91, M30, X10 ва ҳ.к.ЧПУ назариясида сўзнинг ҳарfli қисми манзилги билдиради (ГОСТ 20523-80).

Масалан:

– S6000 (биринчи ҳарф S (инглизча speed – тезлик) манзилни, маълумотлар эса шпинделнинг айланишлар сонини (6000 мин⁻¹) билдиради);

– F1000 (узатиш ҳаракати тезлиги F ҳарфи билан белгиланган F (инглизчада feed – узатиш) ва маълумотлари (1000 мм/мин) келтирилган);

– T2 (инглизча tool - «инструмент, асбоб», ва маълумоти 2 магазиннинг қайси катагида ушбу асбоб жойлашганини кўрсатади).

Кўчишни ифодаловчи сўзлар (+) ёки (-) ишораларига эга бўлишлари мумкин. Ишора йўқ бўлса у (+) деб қабул қилинади.

Кадрлардаги сўзлар сони ўзгариб туради, масалан, улар биттадан то 15 тагача бўлиши мумкин.

Бошқарув дастури кадрдаги сўз белгиланган форматда (кўринишда ва тартибда) ёзилиши зарур ва ЧПУ тизимининг талабларига жавоб бериши керак.

ISO 7-bit кодида 4.3.1-жадвалда келтирилган манзиллар қўлланилади.

Сўзларда рақамнинг бутун қисми каср қисмидан нуқта билан ажратилади. Аҳамиятсиз нолларни ёзмаслик мумкин, масалан, X250.500 эмас X250.5 шаклида ёзиш ҳам мумкин.

Барча чизиқли кўчишлар мм да ва унинг ўндан биригача улушда ифодаланиши зарур. Узатиш тезлиги мм/мин бирлигида ифодаланиши зарур.

Сўзларнинг модаллиги.

Бошқарув дастурининг сўзлари модал ҳисобланади, яъни битта кадрда сўз ёзилган бўлса, унинг таъсири кейинги кадрларга ҳам ўтади, бу токи сўзнинг қиймати ўзгармагунча ёки сўз функцияси ўчирилмагунга қадар

давом этади. Модалликни қўллаган ҳолда бошқарув функциясининг матн қисмини қисқартириш мумкин.

1.3. Тайёрлов функциялари

Кўпчилик ЧПУ ли станоклар ISO-7bit универсал халқаро дастурлаш тилига мос тарзда ишлайди. Шу сабабли, қуйида ГОСТ 20999-83 да баён қилинган ISO-7bit универсал халқаро дастурлаш тилини кўриб чиқамиз.

4.3.1-жадвал

Манзиллар ва уларнинг функциялари

Функция	Манзил	Мазмуни
Кадр рақами	N	Кадр рақами
Тайёрлов функцияси	G	Ишчи орган ҳаракатининг турини белгилаш
Ўлчамли сўзлар	X,Y,Z A,B,C,U,V,W I,J,K	Стол координаталари, қўшимча ўқлар бўйича кўчиш учун буйруқлар. Айлана ёйи марказигача бўлган масофа
Узатиш катталиги	F	Узатиш катталигини бериш
Шпинделнинг айланиш частотаси	S	Шпиндел айланишлари сонини, босқич кодини ёки кесиш тезлигини белгилаш
Инструмент рақами	T	Излаш учун инструмент рақамини бериш
Ёрдамчи функция	M	Станокдаги икки позицияли (ёқиш-ўчириш) бошқарувчига кўрсатма
Асбоб ҳақида маълумотларни сақловчи корректор рақами	H D DR	Асбоб корректори рақамини бериш Коррекция учун: - узунликка; - радиусга; - қайрилишга.
Пауза	E	Пауза қийматини бериш
Подпрограммани чақириш	P	Подпрограммани чақириш буйруғи
Айлана ёйи радиуси	R	Дастурлаш учун айлана ёйи радиусини бериш

Бошқарув дастуридаги тайёрлов функциялари G манзилга эга ва бир-икки ҳонали сон билан сўзлар ёрдамида ёзилади.

Улар кескичнининг ишлов бериладиган заготовкага, станок координаталари тизимига, координаталар юзасига нисбатан кўчишга тайёрлайди, кескичнинг ҳаракатларига тузатиш киритишади,

подпрограммаларни, паузаларни чақиришади ва ҳ.к. Энг кўп ишлатиладиган сўзлар 4.3.2-жадвалда келтирилган.

4.3.2-жадвал

Энг кўп ишлатиладиган G тайёрлов функцияларининг кодлари рўйхати

Тайёрлов функцияси	Вазифаси
G00	Тезлаштирилган кўчишдаги чизиқли интерполяция
G01	Узатиш тезлигининг чизиқли интерполяцияси
G02	Соат стрелкаси бўйича айланиш интерполяцияси
G03	Соат стрелкасига тескари айланиш интерполяцияси
G04	P миллисекундга пауза
G06	Параболик интерполяция, парабола ёйини олиш
G09	Дастурлаштирилган нуктага яқинлашганда тўхташ
G16	Юза кўрсатилмаган дастурлаш
G17	XU текислигини танлаш
G18	XZ текислигини танлаш
G19	YZ текислигини танлаш
G21	Кўчишларни мм да киритишни таъминлайди
G34	Резьбани катталаштириш қадами билан кесиш
G35	Резьбани кичиклаштириш қадами билан кесиш
G40	Фреза радиусига киритилган тузатишларни автоматик равишда бекор қилади
G41	Фрезага чапдан тузатиш киритиш, фреза узатиш йўналишида ҳаракатланаётганда ишлов бериладиган юзадан чапда жойлашган
G42	Фрезага ўнгдан тузатиш киритиш, фреза узатиш йўналишида ҳаракатланаётганда ишлов бериладиган юзадан ўнгда жойлашган
G43	Асбобнинг ҳолатига мусбат тузатиш киритиш; тузатиш кийматини кадрда берилган координатадан айириш кераклигини кўрсатади
G44	Асбобнинг ҳолатига манфий тузатиш киритиш; тузатиш кийматини кадрда берилган координата билан қўшиш кераклигини кўрсатади
G49	Асбоб узунлигининг компенсациясини бекор қилади
G53	Нол кўчишини бекор қилиш, G54...G59 буйруқларидан бирортасини бекор қилади
G54	ЧПУ тизимида берилган координаталар тизимида ўтишга имкон беради
G54... G59	Нолнинг силжишини бошлаш, деталнинг нол нуктасини станокнинг дастлабки нуктасига нисбатан силжитиши
G80	Барча олдин ўрнатилган доимий ишлов бериш цикллари бекор қилади
G90	Абсолют координаталарда дастурлаш

G91	Нисбий координаталарда дастурлаш
G92	Деталнинг координатаси бошини танлаш
G93	Тескари вақт йўналишида узатиш тезлиги; F манзилидаги рақам кадрга ишлов бериш учун зарур бўлган тескари вақт (минут) қийматига тенг.
G94	Узатишни дастурлаш, мм/мин
G95	Узатишни дастурлаш, мм/айл
G96	Доимий кесиш тезлигини кўрсатувчи рақам; у S манзилдан кейин туради, унинг қиймати кесиш тезлигига (м/мин) тенг, бунда шпинделнинг айланиш частотаси дастурланган кесиш тезлигини ушлаб туриш учун автоматик равишда созланади.
G97	Шпинделнинг айланиш частотасини дастурлаш, айл/мин.

Изоҳ. G04; G53; G92 тайёрлов функциялари модал эмас, улар фақат кўрсатилган кадрларда амал қилади.

1.4. Технологик ахборот

Бошқарув дастурида нафақат координаталар ҳаракатининг геометрик параметрлари, балки станокнинг бошқа ижрочи органларининг ҳаракатлари ҳам ёзилади. Технологик ахборот узатиш (F), кескичнинг айланиш частотаси (S), асбоб рақами (T) сўзларини ўз ичига олади. Дастурда яна ёрдамчи функция M ҳаракатлари ҳам кўзда тутилади.

Узатиш F маълумотлари сўзи манзил F ва уч хонали сондан иборат бўлади. Сўз заготовкаларга кесиш усулида ишлов беришда мм/мин ўлчов бирлигидаги узатиш тезлигини белгилайди. Масалан, F120 деганда, 120 мм/мин қийматдаги узатиш тезлиги тушунилади.

Кескичнинг айланиш частотаси S сўзи шпинделнинг минутига айланишлар частотасини бошқаради. U манзил S ва минутига айланишлар сонини ўз ичига олади. Ушбу сўз кейинги шундай сўзгача амал қилади, у хатто ишламаётган станокда ҳам амал қилади. Масалан, S6000 деганда кескичнинг айланиш частотаси 6000 мин^{-1} эканлиги тушунилади.

Кескич маълумотлари T сўзи манзил (T) ва хоҳлаган узунликдаги шартли рақамдан иборат бўлади. Рақамларнинг биринчи гуруҳи асбобнинг магазинда сақланиш рақамини билдирса, иккинчи гуруҳ асбобнинг корректори рақамини билдиради. Масалан, T0215 деганда асбоб станок магазинининг иккинчи катагида жойлашгани ва корректорининг рақами 15

эканлиги тушунилади. Диаметр ёки асбоб узунлиги коррекцияларини (компенсацияларни) ёзиш учун бошқа D ёки H манзилларидан фойдаланишга рухсат этилади. Манзилдан кейинги рақамлар сони муайян ЧПУ курилмасининг форматига мос келиши керак.

Ёрдамчи функция маълумотлари M сўзи манзил M ва унга кўшиладиган бирдан тўрт хоналигача бўлган рақамлардан ташкил топади. Булар технологик кодлар ҳисобланади. Улар қуйидаги ҳаракатларни бошқаради:

- асбобни алмаштириш;
- шпинделни ёқиш/ўчириш;
- подпрограммани чақириш/тугатиш.

M функциялари турли ҳаракатларни чақириши мумкин, бироқ уларнинг асосий қисми стандарт функциялардир (4.3.3-жадвал).

4.3.3-жадвали

Ёрдамчи функциялар

Код	Вазифаси
M00	Бошқарув пультада «старт» тугмасибосилгунчастанокнингшинитўхтатиб туради (технологик тўхташ).
M01	Бошқарув пультада «старт» тугмасибосилгунчастанокнингшинитўхтатиб туради (агар тўхташни тасдиқловчи режим ёқилган бўлса).
M02	Дастурнинг охири
M03	Шпинделнинг айланишини соат стрелкаси бўйича бошлаш.
M04	Шпинделнинг айланишини соат стрелкасига тескари йўналишда бошлаш.
M05	Шпинделнинг айланишини тўхтатиш
M06	Асбобни алмаштириш
M08	Шпинделни совутишни бошлаш
M09	Шпинделни совутишни тўхтатиш
M19	Шпинделни белгиланган позицияда тўхтатиш
M30	Ахборотнинг охири
M98	Подпрограммани чақириш
M99	Подпрограмма охири, асосий дастурга қайтиш
M30	Дастурнинг охири, унинг бошига қайтиш

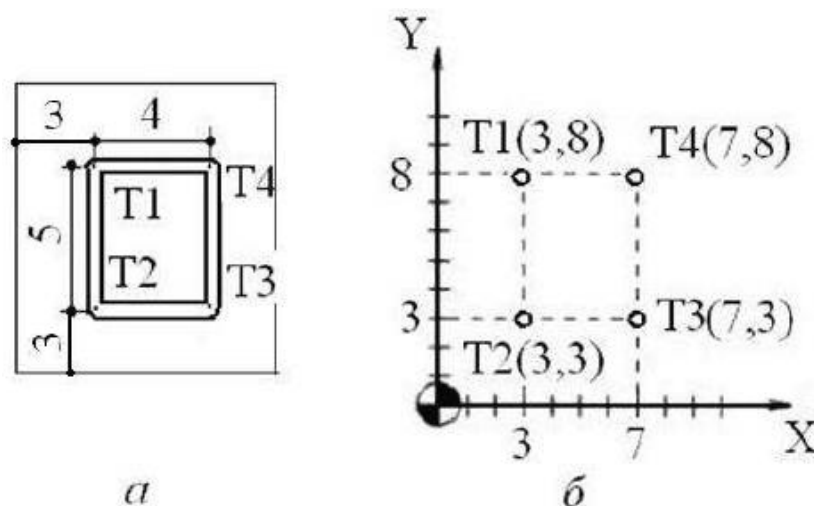
1.5. Ҳаракат траекториясининг назорат нуқталари

Конструкторлик ҳужжатларида ҳар бир буюм тўғритўртбурчакли проекциялаш методи бўйича бажарилган чизма билан тасвирланади.

Бунда ўлчамлари аниқланадиган деталнинг характерли нуқталари координаталари x , y бўлган текисликда ёки x , y , z координаталари бўлган муҳитда тўртбурчакли декарт координаталар тизимидаги координаталар билан белгиланиши мумкин.

4.3.2-расмда 5 мм чуқурликка эга бўлган ёпиқ ўйиқ бажарилган детал кўрсатилган. Дастурлаш учун ўйиқнинг характерли нуқталарининг координаталарини абсолют ёки нисбий ўлчаш усуллари ёрдамида аниқлаш мумкин.

Абсолют ўлчов усулида нуқталарнинг координаталари координаталарнинг умумий бошидан бошлаб ўлчанади (2.3.4-жадвал).



4.3.2-расм. Координаталар тизимида траекторияни дастурлаш:
а – буюм чизмаси; б – абсолют координатадан ҳисоблаш.

Нисбий усулда ўлчашда ҳисоб боши доим ўзгариб туради ва ҳар сафар станокнинг ижрочи органининг кейинги нуқтага кўчишдан олдинги ҳолати ҳисоб боши деб олинади. T1 координаталари умумий координаталар бошидан, T2 – T1 нуқтасидан, T3 – T2 нуқтасидан, T4 – T3 нуқтасидан ҳисобланади.

Нисбий координаталар қийматини абсолют координаталар бўйича қуйидаги қоида бўйича аниқлаш мумкин: “Кейинги нуқтанинг

координаталари кейинги ва аввалги нуқталарнинг абсолют координаталарининг фарқи сифатида аниқланади”.

2.3.4-жадвал

Ўйиқнинг таянч нуқталари

Нуқталар	Абсолют координаталар		Нисбий координаталар	
	Х ўқи бўйича	У ўқи бўйича	Х ўқи бўйича	У ўқи бўйича
T1	3	8	3	8
T2	3	3	0	-5
T3	7	3	4	0
T4	7	8	0	5

1.6. Интерполяция

ЧПУ станогида механик ишлов беришда кескич кўчишининг мураккаб эгри чизиқли траекториялари тўғри чизиқ ва айлана ёйларининг кўплаб элементар кесмалари билан алмаштирилади.

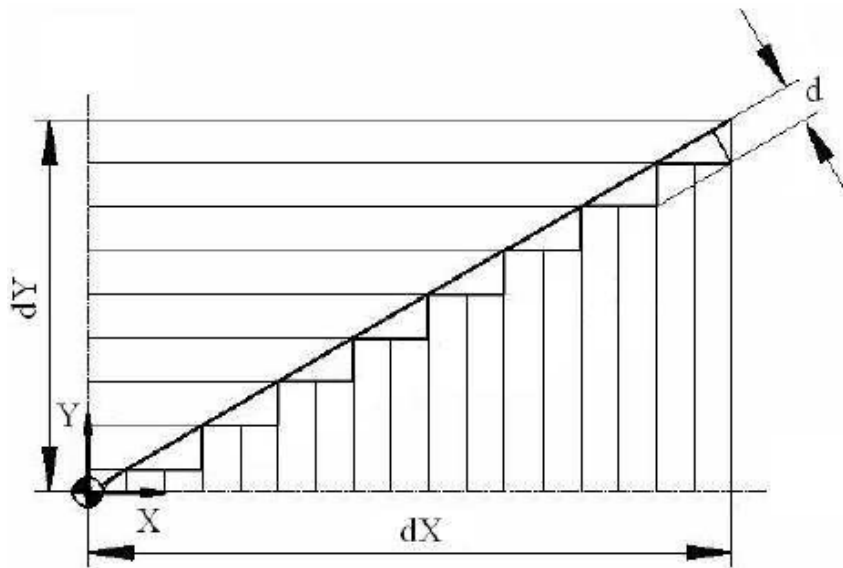
1.6.1. Чизиқли интерполяция

Кескичнинг кўчишининг тўғри бурчакли траекториясини кўплаб координаталар ўқларига параллел бўлган тўғри чизиқли кўчишларга бўлаклаш мумкин. Бундай кўчишлар ЧПУ назариясида интерполяция деб юритилади. Бундай кўчишларни бажариш учун ЧПУ тизими элементар кўчишларни бажариш учун оралиқ нуқталар траекторияларини ҳисобловчи махсус электрон блокка – интерполяторга эга.

Интерполятор дастлаб иккита нуқта координатаси бўйича тўғри чизиқ тенгламасини ҳисоблайди. Кейин $x=0,01$ мм қиймат қабул қилинади ва тўғри чизиқнинг тенгламаси бўйича y нинг қиймати топилади. Кейин x ва y қийматлари X ва Y ўқлари бўйича кўчишларга айлантирилади. Кейин жараёнлар кўп марталаб такрорланади. Шундай қилиб, чизиқли интерполяция кўплаб майда кўчишлар тарзида ҳар бир ўқ бўйича навбати билан бажарилади.

Кескичнинг старт нуқтасидан, масалан, $T1$ нуқтасидан берилган $T2$ нуқтасигача босилган майда қадамлар тўғри чизиқ бўйлаб ҳаракатга айланади. Бу ерда станок асбобни тўғри чизиқ бўйлаб ҳаракатлантирапти, деб ҳисоблаш мумкин. Турли станоклар учун интерполяция қадами $0,001$ ёки $0,01$ мм га тенг бўлади (4.3.3-расм).

Расмда кўрсатилганидек, тўғри чизиқни Y ўқида акслантириш учун бир импульс, X ўқида акслантириш учун эса иккита импульс берилади. d нинг қиймати белгиланган траекториядан оғишни белгилайди. Бироқ, агар қадам катта бўлмаса бир импульсга кўчишлардан иборат синиқ чизиқларни текис чизиқ сифатида қабул қилиш мумкин.

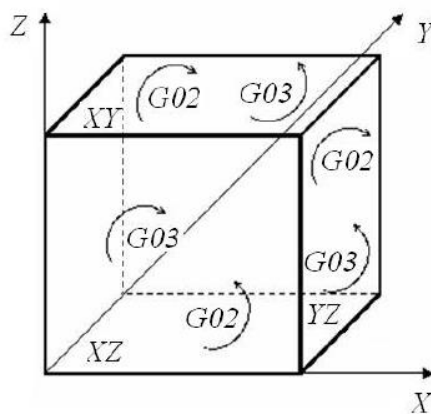


4.3.3-расм. Чизиқли интерполяция

Шундай қилиб, чизиқли интерполяция деганда ишчи органнинг тўғри чизиқли ҳаракатига эришиш учун бир вақтнинг ўзида икки ўқ йўналишлари бўйича ҳаракати тушунилади. Бунинг учун бошқарувчи дастурнинг кадрда G01 коди – чизиқли интерполяция коди кўрсатилади. G01 коди учун кадрда узатиш тезлиги қиймати кўрсатилади. Бўш юриш вақтидааракат тезлаштирилиши ҳам мумкин, бу амал G00 коди орқали таъминланади. G00 коди учун кадрда узатиш тезлиги кўрсатилмайди.

1.6.2. Айланмаинтерполяция

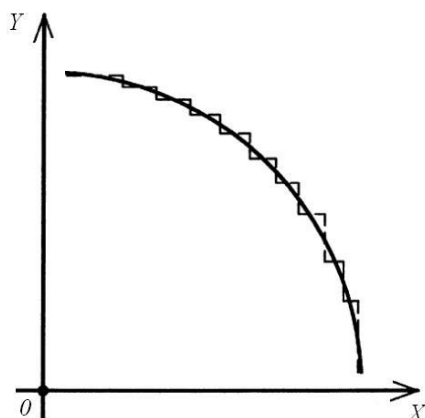
Айлана ёки айлана ёйи бўйича ҳаракатни таъминлаш учун ЧПУ тизимида G02, G03 кодлари (мос равишда соат стрелкаси йўналишида ва соат стрелкасига тесқари йўналишда) қўлланилади. Айланма ҳаракат йўналишини аниқлаш учун координаталар марказидан маълум бир ўқ бўйлаб бирор мусбат масофада туриб координаталар бошига қараган ҳолда соат стрелкаси ёки унга тесқари йўналишда айланишлардаги йўналишлар қабул қилинади (4.3.4-расм).



4.3.4-расм. XY, XZ, YZ текисликларида айланма кўчишларни белгилаш.

Айланма интерполяцияни дастурлаш учун G17 коди– XY, G18 коди – XZ, G19 коди –YZ текислигида дастурлаш учун қўлланилади.

Айлана ёйи бўйича ҳаракатланиш учун чизиқли аппроксимация амалга оширилади, бунда ёй – қисқа тўғри кесмалар билан, тўғри кесмалар эса – томонлари координата ўқларига параллел бўлган зиналар билан алмаштирилади. Шундай қилиб, айлана ёйи зинасимон чизиқлар билан алмаштирилади, зиналар қадами кичик бўлганда кесмалар ёй шаклига яқинлашади (4.3.5-расм).



4.3.5-расм. Айланма интерполяция.

ЧПУ тизими қуйидаги талабларга риоя қилган ҳолда ҳар бир элементар ҳаракат катталигини мустақил равишда белгилайди:

- элементар ҳаракат траекториясининг айланма ёй траекториясидан четга чиқиши ишлов берилаётган ёйнинг допуск майдонининг 15-25% идан ошмаслиги керак;

- координата ўқлари бўйлаб элементар ҳаракатлар бир-бири билан мувофиқлаштирилиши керак, шунда улар бир вақтда бошланғич нуқтадан ҳаракатни бошлашади ва бир вақтда сўнгги нуқтада тўхташади.

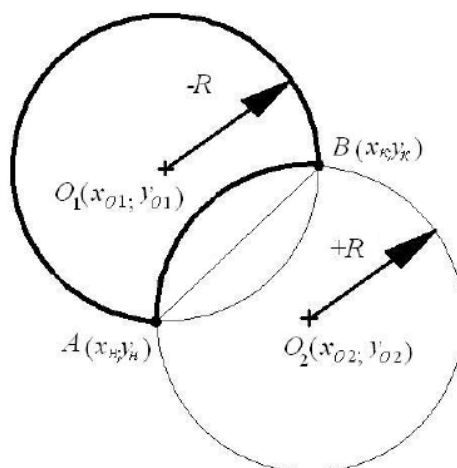
Дастурлашда айлана унинг марказининг радиуси ёки координаталари билан аниқланади.

1.7. Айлана ва унинг элементларини дастурлаш усуллари

1.7.1. Биринчи усул – айлана радиуси бўйича дастурлаш

Маҳсулот чизмасида бошланғич $A(x_n, y_n)$ ва $B(x_k, y_k)$ нуқта координаталари берилган бўлсин, улар орқали R радиусли айлананинг ёйи ўтади (4.3.6-расм).

Кўрсатилган нуқталар орқали AB тўғри чизикдан ва $\pm R$ радиус қийматларидан ўнг ва чап томонда жойлашган O_1 ва O_2 нуқталарида марказлари бўлган иккита доирани чизиш мумкин.



4.3.6-расм. Икки нуқтадан ўтувчи айлана ёйининг ҳолати

Энди, айлана майдонидан унинг сегментини ажратувчи AB хордани чизамиз ва қуйидаги қоидаларни ҳисобга оламиз.

Агар сегмент ярим доирадан кичик бўлса ва айлана маркази сегментдан ташқарида бўлса, айлана радиуси мусбат (+) ишорага эга бўлади. Агар сегмент ярим доирадан катта бўлса ва айлана маркази сегментнинг ичкарисида бўлса, айлана радиуси манфий (-) ишорага эга бўлади. Агар AB хорданинг қиймати айлананинг диаметрига тенг бўлса (айлана ёйи 180° бурчакка таянса), айлана радиуси мусбат (+) ишорага эга бўлади.

Шундай қилиб, ёйни дастурлашда унинг охирги нуқталари ва радиуси кўрсатилади.

1.7.2. Иккинчи усул – айлана маркази координаталар бўйича дастурлаш

Айлана ёки унинг ёйини дастурлаш учун айлананинг маркази кўпинча X, Y, Z ўқлари бўйлаб жойлашган I, J, K қўшимча ўқларининг нисбий (ортиб борувчи) координаталари билан белгиланади. I, J, K ўқларининг параметрлари A бошланғич нуқтаси ва айлана ёйнинг маркази M орасидаги масофани белгилайди. Ишора векторнинг A дан M га йўналиши бўйича аниқланади.

Айлана ёйини ифодалаш учун сўнгги нуқтанинг координаталари белгиланади ва I, J, K ўқлари ёрдамида айлана марказининг нисбий координаталари аниқланади. Бунинг учун бошланғич нуқта айлана марказининг радиус-вектори билан бирлаштирилади ва векторнинг координаталари ва охирининг ишораси аниқланади.

1.7.3. Мисоллар

Қуйида ҳар хил айлана ёйларини лойиҳалаш учун дастур ёзиш бўйича мисоллар келтирилган.

Мисол 1.Берилган. Айлана ёйи AB (4.3.7а-расм).

1-усул бўйича ечим. Бошланғич нуқта A . Шартли равишда AB хорданиўтказамиз. Хорда билан ажратилган сегмент, ярим доирадан кичик ва айлана маркази сегментдан ташқарида жойлашган, демак, айлана радиуси плюс (+) ишорасига эга. Бошқарув дастурининг кадри қуйидагича бўлади:

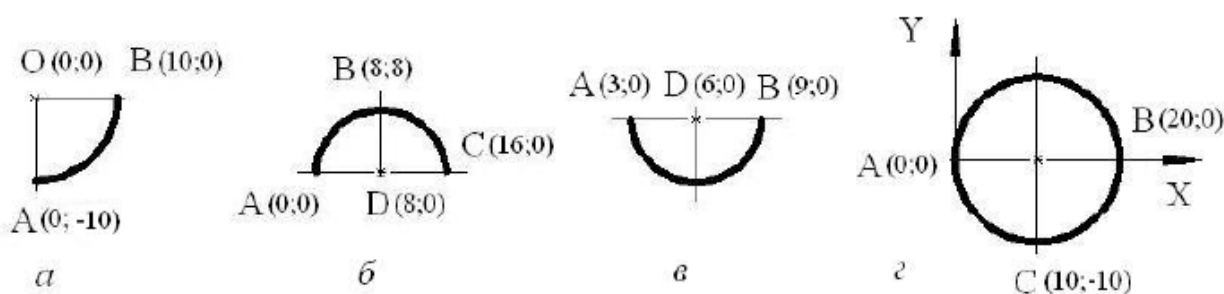
$N20 G17 G03 X10.0 Y0.0 R10;$

Кадрда қуйидагилар ёзилган: $N20$ - кадр рақами; $G17$ – XY текислигини танлаш; $G03$ - кескичнинг соат стрелкасига тескари йўналишда кўчиши (соат стрелкасига тескари айланиш интерполяцияси); $X10.0, Y0.0$ - B сўнгги нуқтанинг координаталари; $R10$ - думалоқ ёй радиуси қиймати.

2-усул бўйича ечим. Бошланғич нуқта Адан айлана ёйи марказига радиус-вектор ўтказамиз ва радиус-вектор координаталарини топамиз. Натижада $X=0$, $Y=+10$ ни оламиз. Дастур кадри қуйидагича бўлади:

N20 G17 G03 X10.0 Y0.0 I0.0 J+10;

Кадрда қуйидагилар ёзилган: N20 - кадр рақами; G17 – ХУ текислигини танлаш; G03 - кескичнинг соат стрелкасига тескари йўналишда кўчиши (соат стрелкасига тескари айланиш интерполяцияси); X10.0, Y0.0 - В сўнгги нуқтанинг координаталари; I0.0 – X ўқига параллел I ўқи бўйича айлана марказининг координаталари; J+10 – Y ўқига параллел J ўқи бўйича айлана марказининг координаталари;



4.3.7-расм. Айланаларни дастурлаш намуналари

Мисол 2. Берилган. Айлана ёйи АВ (4.3.7а-расм). Бошланғич нуқта В.

1-усул бўйича ечим. Шартли равишда ВА хордани ўтказамиз. Хорда билан ажратилган сегмент, ярим доирадан кичик ва айлана маркази сегментдан ташқарида жойлашган, демак, R нинг ишораси (+). У ҳолда қуйидаги кадрга эга бўламиз:

N20 G17 G02 X00.0 Y-10.0 R10;

2-усул бўйича ечим. Охирги нуқта А нинг координаталарини ёзамиз: А – $X0.0 Y-10.0$; ВО радиус-вектор ўтказамиз ва у бўйича I, J ўқлари ёрдамида В нуқтасига нисбатан О марказнинг координаталарини ёзамиз $O(-10;0)$. Дастур кадри қуйидагича бўлади:

N20 G17 G02 X0.0 Y-10.0 I-10.0 J0;

бу ерда: G02 – кескичнинг соат стрелкаси бўйича ҳаракатланишини белгиловчи код.

Мисол 3. Берилган. Айлана ёйи окружности ABC (4.3.7б-расм).
Бошланғич нуқта А.

1-усул бўйича ечим. ABC ёйини иккита ёйга ажратиш мумкин: радиуси 8 мм бўлган АВ ва ВС ёйлари. Шартли равишда АВва ВСхордаларниўтказамиз. Хордалар билан ажратилган сегмент, ярим доирадан кичик ва айлана маркази сегментдан ташқарида жойлашган, демак, R нинг ишораси (+). У ҳолда қуйидаги кадрга эга бўламиз:

- АВ ёйи учун:N25 G17 G02 X8.0 Y8.0 R+8;

- ВС ёйи учун:N26 G17 G02 X16.0 Y0.0 R+8;

2-усул бўйича ечим. Маслани I,J маълумот сўзлари ёрдамида ечамиз. Бошланғич А нуқтадан айлана марказидаги D нуқтага шартли равишда радиус-вектор ўтказамиз ва X ва Y ўқларига параллел бўлганI,J ўқларида унинг координаталарини аниқлаймиз. У ҳолда кадр қуйидагича ёзилади:

– АВ ёй учун N25 G17 G02 X8.0 Y8.0 I8 J0;

–BC ёй учун N26 G17 G02 X16.0 Y0.0 I0 J-8;

–ABC ёй учун N27 G17 G02 X16.0 Y0.0 I8 J0;

Мисол 4. Берилган. Айлана ёйи ABC (4.3.7б-расм). Бошланғич нуқта С.

Ечим. Ярим айлана учун кадр:

N25 G17 G03 X0.0 Y0.0 R+8;

ёкиN27 G17 G03 X0.0 Y0.0 I-8 J0;

Мисол 5. Берилган. Айлана ёйи АВ (4.3.7в-расм).

Ечим.

Бошланғич нуқта А учун кадр:

N30 G17 G03 X9.0 Y0.0 R+3;

ёки N31 G17 G03 X9.0 Y0.0 I+3 J0;.

Бошланғич нуқта В учун кадр:

N40 G17 G02 X3.0 Y0.0 R+3;

ёки N41 G17 G02 X3.0 Y0.0 I-3 J0;

Мисол 6.Берилган. Ёпиқ айлана (4.3.7г-расм).

Ечим. Масалани ечиш учун айланани тўртта ёки иккита қисмга ажратиш ва ҳар бирига кадр ёзиш мумкин. Траекториянинг бошланғич ва охириги нуқталари А нуқтасида жойлашган. Кадрлар:

N50 G17 G02 X0.0 Y0.0 I+10 J0;

ёки

N51 G17 G02 X10.0 Y-10.0 R-10;

N52 G17 G02 X0.0 Y0.0 R+10

2.Дастур ёзиш.

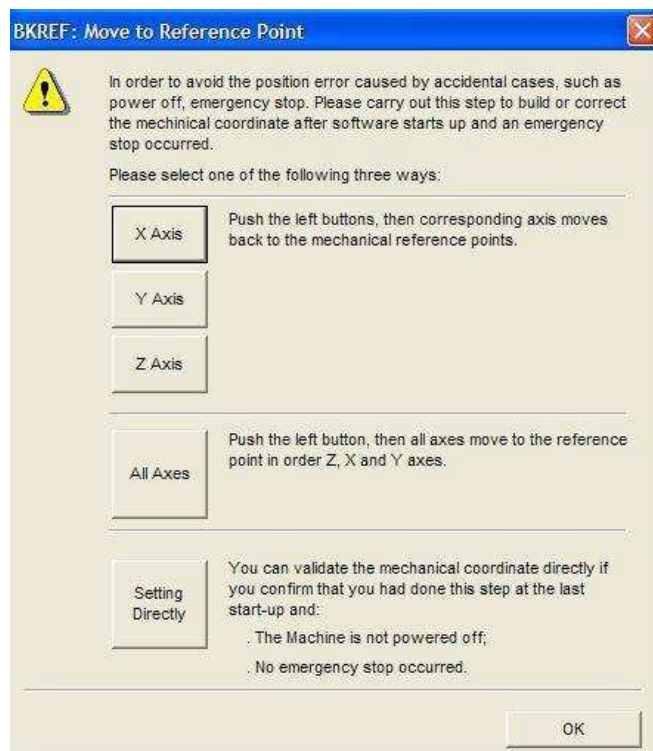
Дастур ёзиш. Станокда деталларга ишлов бериш

2.1. Станокнинг нолини аниқлаш

Фрезалаш станогини созлашда станокнинг нол нуқтасини аниқлаш зарур.Бу бошқарув дастури ишга тушганидан сўнг, машинани фавқулодда тўхтатишнинг олдини олади.Агар машина координаталари тизимига киритилган фрезанинг ҳаракат траекториясининг ҳисобланган координаталари стол майдонидан ташқарида бўлса, бундай тўхтатиш зарур бўлади.

Станокнинг нолини белгилаш учун компьютерда VicStudioTM дастурини очамиз. Бунда қуйидаги ойна чиқади (4.3.8-расм).

Ойнада операцияларни бажариш бўйича йўриқнома мавжуд. Дастлаб сичқонча билан чапдаги X тугмасини босамиз. Бунинг натижасида шпиндель тескарига X ўқи бўйича механик координаталар бошига ҳаракатланади. Кейин худди шу операциялар Y ва Z ўқлари бўйича такрорланади. Шпиндель механик координаталар бошига етганида, ўқларда ўрнатилган датчиклар ишлаб кетади ва ЧПУ тизимини нолга келтиради. Шундан сўнг станок ишга тайёр бўлади.



4.3.8-расм. Станокнинг нолини белгилаш учун ойна.

Механик координаталар бошини аниқлашда фреза шпинделдан ечилган бўлиши зарур, акс ҳолда у станокнинг столига тегиши мумкин.

2.2. Топшириқ 1

Берилган. ЧПУ ли фрезалаш станогида кесиш кучини ўлчаш учун динамометр ўрнатилган. Динамометрда заготовка маҳкамланган бўлиб, ундан даврий равишда 3 мм қалинлик фрезалаб олиб ташланади (4.3.9-расм). Бунинг учун чекка фрезали шпиндель заготовкага нисбатан ABCD траектория бўйича кўчади. Шпинделнинг айланиш частотаси $n = 6000 \text{ мин}^{-1}$, ишчи юришдаги узатма $V_s = 500 \text{ мм/мин}$, бўш юришда – $V_s = 1000 \text{ мм/мин}$.

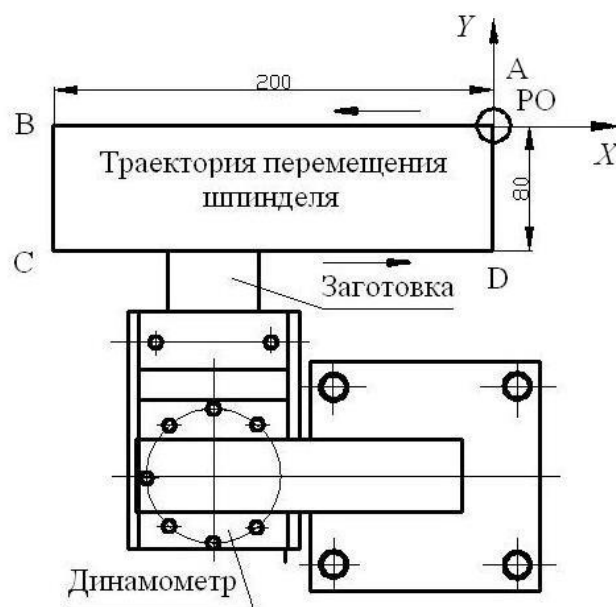
Шпинделнинг кўчиши учун бошқарув дастурини ёзиш ва унинг ишлашини станокда амалга ошириш талаб этилади.

Ечим.

1. Бошқарув дастури тузиш учун чизманинг нол нуқтасини белгилаб оламиз. У А нуқтада жойлашган бўлиб координаталари $X=0$, $Y = 0$. Бу ерга дастур координатасининг бошини PO жойлаштирамиз. Ушбу нуқтадан шпинделнинг ҳаракатлари бошланади.

Фрезали шпиндел А нуқтасидан траектория бўйича ҳаракатни бошлайди ва цикл якунланганидан сўнг худди шу ерда тўхтади.

2. Чизмадан шпинделнинг ҳаракатланиш траекториясида жойлашган нукталарнинг координаталарини абсолют ҳисоб тизимида топамиз:
 $A(X,Y)=A(0, 0)$; $B(-200, 0)$; $C(-200, -80)$, $D(0, -80)$.



4.3.9-расм. Станок шпинделининг ҳаракат траекторияси

3. Берилган траектория бўйича станок шпинделининг ҳаракатланиш траекториясини бошқарув дастурини ёзамиз. Қулайлик учун уни жадвал келтирамиз ва ҳар бир кадрни шарҳлаб ўтамиз.

%	Бошланиш ва яқунлаш символи
O0001 (REZHIM REZANIA ABS)	Белгиланиши, номи, абсолют координаталар тизими
N1 G21 G40 G49 G54 G80 G90	Хавфсизлик кадри
N2 G01 X-200 Y0 S6000 F1000 M03	Шпинделнинг соатстрелкаси бўйича айланишида (M03) В нуктага тўғри чизиқли кўчиш
N3 X-200 Y-80	С нуктага тўғри чизиқли кўчиш
N4 X3 Y-80 F500	500 мм/мин узатиш тезлиги билан D нуктага тўғри чизиқли кўчиш
N5 X0 Y0 F1000	A нуктага тўғри чизиқли кўчиш
N6 M2	Дастур ниҳояси
%	

Изоҳ: G21 – кўчишларни мм да киритишни таъминлайди; G40 – фреза диаметрига тузатишларни автоматик равишда бекор қилади; G49 – асбоб узунлигига компенсацияни бекор қилади; G54 – ЧПУ тизимига берилган координаталар тизимига ўтишга имкон беради; G80 – барча олдин

ўрнатилган доимий ишлов бериш цикллари бекор қилади; G90 – абсолют координаталарда дастурлаш. Хавфсизлик юзаси, стол устидаги фрезанинг тореци кўчадиган юза, қўлда созланади, масалан, $Z = 30$ мм.

4. Бошқарув дастурини “Блокнот” дастурида ёзамиз (4.3.10-расм). (Пуск – Все программы – Стандартные – Блокнот). Бу ерда дастур жадвалсиз ёзилади. бунинг учун аввал ёзилган дастур жадвалдан нусха қилиб олинади ва унинг матни “Блокнот” дастурига кўйилади.

«REZHIM REZANIA» дастури компьютернинг папкаларидан бирида сақланади, кейин дискка ёки флеш-хотирага олиниб ЧПУ станогининг компьютерига кўчирилади.



4.3.10-расм. “Блокнот” дастуридаги бошқарув дастури

5. «REZHIM REZANIA» файлини ЧПУ станогининг компьютерига юклаб оламиз. ЧПУ станогининг компютери ёқилади. Компютернинг ишчи столига «REZHIM REZANIA» файли кўчирилади.

Компютернинг иш столида VicStudioTM дастурининг ёрлиғини икки марта босиб дастурни ишга тушираемиз. Ундан олдин VicStudioTM дастурининг менюсини ўрганиб чиқамиз.

File	Файл
Open and Load	Очиш ва юклаш
Unload	Ёзиш, файлни таркиби ўчирилади, фақат қобиғи қолади
New	Янги
Open and Edit	Очиш ва таҳрирлаш
Edit loaded File	Юкланган файлни таҳрирлаш
Recent loaded File	Охирги юкланган файл
Recent Edited File	Охирги таҳрирланган файл
Exit	Чиқиш

“Auto” тугмасини босиб автоматик режимда бошқариш ойнасини фаоллаштирамиз (тугманинг ранги очлашади). Иш столидаги бошқарув дастурини станокнинг бошқарув дастури буферига юклаймиз (Файл – открыть и загрузить – рабочий стол – файл «РЕЖИМ РЕЗАНΙΑ»). Юкланган файл автоматик бошқарув ойнасида акс этади.

Бу амалларда қуйидагича бажарса ҳам бўлади: файл буфери майдонида сичқончанинг ўнг тугмасини босиб «Open and Load» ни танлаймиз, ундан кейин зарур файлни танлаб уни босамиз.

6. Дастурнинг тўғрилигини текшириш. Функционал ойна менюсида (пастки чап бурчакда) Trace тугмасини босилади. Ойнада сичқонча тугмачасини бир неча марта босиб станок столини тўлиқ кўринишда кўриш мумкин. Кейин асбоблар панелида simulate (имитация) тугмасини босиб бошқарув дастурида келтирилган траекторияни кўриш мумкин.

7. Аниқланган камчиликларни тузатиш ва технологик параметрларни ўзгартириш учун файлни таҳрирлаш. «File» менюсини очамиз ва «Edit loaded File» ни танлаймиз. Муҳаррир ойнасида юкланган файл акс этади.

Шундан кейин «РЕЖИМ РЕЗАНΙΑ» бошқарувчи дастурининг матнига шпиндель ADCBA траекторияси бўйича кўчишини ташкил қилиш учун зарур тузатишларни киритиш мумкин.

«Simulate (имитация)» буйруғи билан олинган дастурнинг тўғрилигини текшириш зарур. «Trace» кнопкаси ёқилганда ёпиқ траектория ҳосил бўлиши керак.

Таҳрирлаб бўлгандан сўнг буфер ойнасида сичқончанинг ўнг тугмасини босиб «Save and load» ни танлаш керак. Шунда таҳрирланган файл юкланади.

8. Станок “Пуск” тугмаси орқали ёқилади. «Manual» тугмаси орқали қўлда бошқариш режими ёқилади. Бунда туртиб силжитиш қадамини jog = 5 мм қилиб олинади. Шпинделни стол устидан Z ўқи бўйича 30 мм га кўтариш мумкин. Тугмалар ёки кичик клавиатура тугмалари орқали шпинделни станок столи марказига кўчирилади.

VicStudio™ дастури ҳолат ойнасида шпинделнинг X, Y, Z ўқлари бўйича координаталари кўриниб туради. Сичқонча билан X, Y, Z ўқлари бўйича ҳошияланган координаталарига босиб чиқилади. Бу нуқталарда ишчи дастур координаталарининг нол нуқтаси жойлашган бўлади.

«Spindle ON» тугмасини босиб шпиндель ишга туширилади.

“Start” (F9) (Пуск) ни босиб дастур ишга туширилади. Шпиндель автоматик тарзда белгиланган траектория бўйича ҳаракатлана бошлайди. Ёпиқ цикл ўтаб бўлингандан сўнг ҳаракат тўхтатилади.

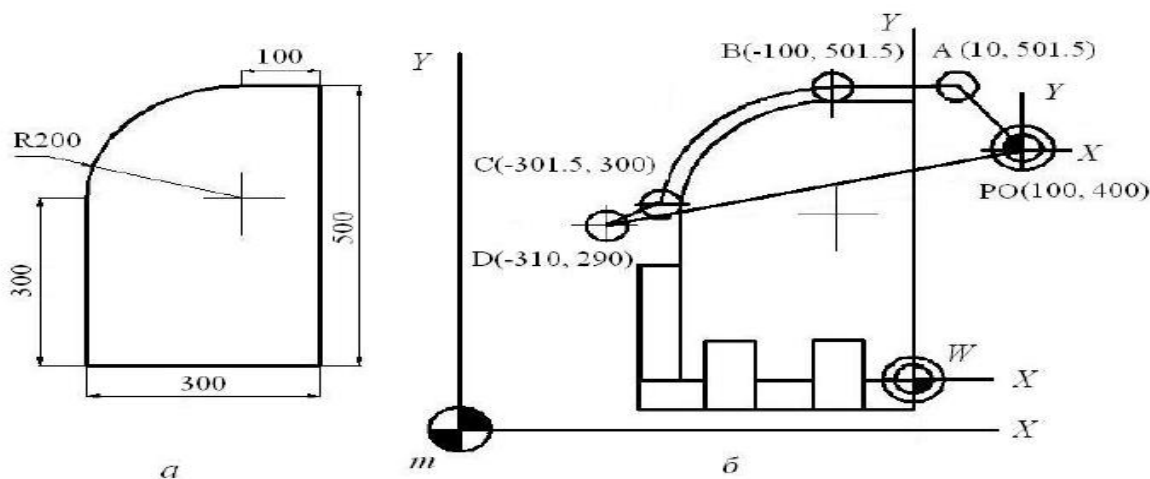
Кейин кўлда бошқариш режимида 1 мм қадам (jog туртиш) билан шпиндель заготовка жойлашган томонга 3 мм га сурилади. Кейин яна дастурда “Пуск” босилади. Шпинделнинг ҳаракати яна такрорланади. Бу буйруқни бир неча марта такрорлаш мумкин.

2.3. Топшириқ 2

Берилган. BEAVER – 9АТ станогида қалинлиги 5 мм бўлган фанера варақлари деталларининг эгри чизиқли кромкаларига ишлов бериш керак (4.3.11-расм). Кескич – чекка фреза, диаметри $D = 3$ мм.

Деталларга ишлов бериш технологиясини ишлаб чиқиш, бошқариш дастурини ёзиш, ишчи координаталар тизимини танлаш талаб этилади.

1. Деталга ишлов бериш технологияси. фанера варағидан думалок аррали кесиш станогида 502x300x5 мм ўлчамдаги заготовкalar кесиб олинади. BEAVER – 9АТ станогини столига ўлчамлари 500x300x10 мм бўлган плита қўйилади ва у йўналтирувчи бурчак чизғичлари билан қотирилади.



4.3.11-расм. Станок шпинделининг ҳаракат траекториясини ишлаб чиқиш:

а – детал чизмаси; б – заготовкани столда қотириш ва шпинделнинг ҳаракат траекторияси.

2. Деталнинг юқори юзасида пастки ўнг бурчакда деталнинг координаталар боши W танланади, станокнинг қотирилган нуқтасини (хавфсизлик нуқтаси, ишланган детал ечиб олинаётганда ва янги заготовка ўрнатилаётганда шпинделнинг тўхтатиб қўйиладиган нуқтаси) деталнинг нол нуқтасига нисбатан PO(100, 400) нуқтасига жойлаштирилади. Кескичнинг XOY текислигидаги ҳаракат траекторияси шпинделнинг вертикал ўқининг ҳаракат пайтида фрезанинг торец юзаси билан кесишиш нуқтаси орқали ифодаланиши, деталнинг кромкалари эса унинг ён кесувчи қирралари билан шаклланиши сабабли шпинделнинг ҳаракат траекторияси детал кромкасининг контурига нисбатан фреза радиуси катталигига силжитилиши зарур. Траектория қуйидагича бўлиши керак: PO-A-B-C-D-PO. Фрезанинг торец юзасини W нуқтасига теккунча яқинлаштириб, координаталарни нолга келтириб координаталар тизимининг бошини аниқлаймиз. Z координатаси бу нуқтада 0 мм га тенг бўлади.

Z= 20 мм баландликда жойлашган хавфсизлик текислигини танланади.

Қуйидаги бошқарув дастури ёзилади.

%	Бошлаш ва тугатиш символи
O0001 (DETAL ABS)	Белгиланиши, номланиши, абсолют координаталар тизими
N1 G21 G40 G49 G54 G80 G90	Хавфсизлик кадри
N2 G00 X10 Y501,5 S6000 M03	Шпинделнинг соат стрелкаси бўйича ҳаракатида Ануқтагакўчиш (M03)
N3 Z-7	Пастга 7 мм га тушиш.
N4 G01 X-100 Y501.5 F500	В нуқтасига кўчиш.
N5 G17 G03 X-301.5 Y300 R200	XУ текислигидаги айланма интерполяция, соат стрелкаси гатескарий ўналишда, С нуқтасига кўчиш.
N6 G00 X-310 Y290	D нуқтасига кўчиш
N7 Z20	Шпинделни хавфсизлик текислигига кўтариш
N8 X100 Y400	PO нуқтасига тўғри чизикли кўчиш
N9 M2	Дастур охири
%	

Изоҳ. G21 – кўчишларнинг мм да киритилишини таъминлайди; G40 – фрезанинг диаметрига тузатишларни автоматик тарзда бекор қилади; G49 – асбоб узунлигига компенсацияни бекор қилади; G54 – ЧПУ тизимига берилган координаталар тизимига ўтишга имкон беради; G80 – барча олдин ўрнатилган доимий ишлов бериш цикллари бекор қилади; G90 – абсолют координаталарда дастурлаш.

3. Станокнинг техник характеристикасига кўра, ўқлар бўйича максимал кўчиш куйидагича бўлади: X ўқида – 900 мм; Y ўқида – 700 мм; Z ўқида – 100 мм. Ушбу маълумотларни ҳисобга олган ҳолда, деталнинг нол W нуқтасининг жойлашиши аниқланади (4.3.12-расм).

Стол майдонидан максимал даражада фойдаланиш учун машинанинг m ҳақиқий нол нуқтасининг X ва Y координаталари аниқланади. Бунинг учун кўлда бошқариш режимида станокнинг шпиндели X ва Y ўқлари бўйича m нуқтасига яқинроққа силжитилади ва бу нуқтанинг координаталари нолга тенгланади. Бу нуқта X ва Y ўқлари бўйича ҳақиқий машина координаталарининг бошланиши бўлади.

Ҳаракатлар схемасидан кўриш мумкинки (4.3.11б-расм), X ўқи бўйича максимал ҳаракат – 410 мм га тенг, Y ўқи бўйича 290...501,5 мм ораликда ҳаракатланиш мумкин. Столда бурчак йўналтиргичларини қотириш зарурлигини ҳисобга оладиган бўлсак, деталнинг W нолнуқтасини $X=400...600$, $Y=100...150$ мм машина координаталари билан столда қотириш мумкин. Акс ҳолда ҳаракат траекторияси стол габаритларидан ташқарига чиқиб кетиши мумкин.

4. Деталнинг W координаталар бошини машина координаталарига боғлаш. Тўғри тўртбукчак шаклидаги заготовкани плита материали устига кўямиз, йўналтиргичлар бўйича бурчакка тақаб қисқичлар билан қотирилади. Компьютер ёқилиб VicStudio™ дастури очилади. Кўл режимида шпиндел ўта аниқлик билан X ва Y ўқлари бўйича заготовканинг пастки бурчагига силжитилади ва бу нуқтада X ва Y ўқлари нолга тенгланади. Z ўқи бўйича шпиндел чекка фрезаларнинг тореци заготовканинг бурчагига теккунича пастга туширилади. Бу ерда Z ўқи нолга тенгланади. Ушбу ишчи тизим

ёрдамида станокнинг ЧПУ тизими деталнинг барча нуқталарининг машина координаталарини аниқлайди.

5. Бошқарув дастурини “Блокнот” дастурида файлга жойланади. Файл станокнинг компьютерининг VicStudioTM дастурига кўчирилади. «Trace» ойнасида дастурнинг тўғри ёзилгани текширилади. Зарур бўлса дастур тахрирланади, сақланади ва қайтадан юкланади.

Дастурни фреза W нуқтасида бўлганда юритиш мумкин. Бунинг учун VicStudioTM дастури ойнасида Spindel ON ва Start (Пуск) тугмалари босилади. Ишлаётган станокда шпиндель режалаштирилган траектория бўйича ҳаракатланади ва РО нуқтада тўхтайд.

Ишлов берилган деталь ечиб олинади, унинг ўрнига янги заготовка ўрнатилади ва у маҳкамланиб, яна бошқарувчи дастур ишга туширилади.

Амалий машғулот бўйича интерактив усуллар асосидаги топшириқлар

1. Хоҳлаган 2 та ЧПУ станокни Венн-диаграммаси асосида ўзаро қиёсланг.
2. ЧПУ станогини дастурлашни SWOT-таҳлил қилинг.
3. ЧПУ станогини бошқариш дастури структурасини 40-50 сўз билан изоҳланг.
4. ЧПУ станогини дастурлаш функцияларини 40-50 сўз билан изоҳланг.
5. ЧПУ станогини дастурлаш функциялари ва уларнинг адреслари ҳақида 40-50 сўз билан фикр билдилинг.
6. ЧПУ станогининг тайёрлов функцияси (G) ҳақида 40-50 сўз билан фикр билдилинг.
7. ЧПУ станогини ҳақида 40-50 сўз билан технологик ахборот беринг.
8. ЧПУ станогининг ёрдамчи функциялари (M) ҳақида 40-50 сўз билан фикр билдилинг.
9. ЧПУ станогини ҳаракат траекторияларининг назорат нуқталари ҳақида 40-50 сўз билан фикр билдилинг.
10. ЧПУ станогини дастурлашдаги чизикли интерполяция усули ҳақида 40-50 сўз билан фикр билдилинг.

11. ЧПУ станогини дастурлашдаги айланма интерполяция усули ҳақида 40-50 сўз билан фикр билдиринг.
12. Айлана радиуси бўйича дастурлаш (1-усул) усулини 40-50 сўз билан изоҳланг.
13. Координаталар маркази бўйича дастурлаш (2-усул) усулини 40-50 сўз билан изоҳланг.
14. Намуна 1 бўйича айлана ёйини танланг ва дастур ёзинг.
15. Намуна 2 бўйича айлана ёйини танланг ва дастур ёзинг.
16. Намуна 3 бўйича айлана ёйини танланг ва дастур ёзинг.
17. Намуна 4 бўйича айлана ёйини танланг ва дастур ёзинг.
18. Намуна 5 бўйича ёпиқ айлана учун дастур ёзинг.
19. Шпинделнинг ҳаракатини бошқариш бўйича Топшириқ 1 асосида дастур тузинг.
20. Шпинделнинг ҳаракатини бошқариш бўйича Топшириқ 1 ни 40-50 сўз билан изоҳланг.
21. Эгри чизикли детал кромкасига ишлов бериш бўйича Топшириқ 2 асосида дастур тузинг.
22. Эгри чизикли детал кромкасига ишлов бериш бўйича Топшириқ 2 ни 40-50 сўз билан изоҳланг.
23. Полкага ишлов бериш бўйича Топшириқ 3 асосида дастур тузинг.
24. Полкага ишлов бериш бўйича Топшириқ 3 ни 40-50 сўз билан изоҳланг.
25. Зигзаг деталга ишлов бериш бўйича Топшириқ 4 асосида дастур тузинг.
26. Зигзаг деталга ишлов бериш бўйича Топшириқ 4 ни 40-50 сўз билан изоҳланг.
27. Қуйидаги манбани ўрганинг (<https://stanokcnc.ru/articles/programmatically-upravleniya-chpu-stankom-sostavlenie-i-napisanie/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
28. Қуйидаги манбани ўрганинг (<https://vektor.us/blog/programmy-dlja-chpu-stankov.html>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.

29. Қуйидаги манбани ўрганинг (<https://instanko.ru/elektroinstrument/programmy-dlya-chpu-stankov.html>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
30. Қуйидаги манбани ўрганинг (<https://crast.ru/instrumenty/primery-programm-dlja-stankov-s-chpu>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
31. Қуйидаги манбани ўрганинг (<https://vseochpu.ru/sozdanie-upravlyayushhej-programmy-dlya-stanka-s-chpu/>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
32. Қуйидаги манбани ўрганинг (<https://www.youtube.com/watch?v=3fTDEM5TjV8>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
33. Қуйидаги манбани ўрганинг (<https://www.youtube.com/watch?v=JDOMGm8sMis>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.
34. Қуйидаги манбани ўрганинг (<https://www.youtube.com/watch?v=tCy5fHDy8IM>) ва унинг мазмунини 30-40 сўз билан изоҳланг.

Битирув ишлари учун мавзулар

1. “Материалшунослик” фанидан “Полимер аддитив технологияларда қўлланиладиган полимер материаллар” мавзуси бўйича видео маъруза яратиш.
2. “Юқори молекулали бирикмалар ишлаб чиқариш технологияси” фанидан “Полимер аддитив технологиялар” бобининг электрон ўқув модулини яратиш.
3. “Юқори молекулали бирикмалар ишлаб чиқариш жиҳозлари” фанидан “3D-печать технологиялари” мавзуси бўйича видео маъруза яратиш.
4. “Ёғочга ишлов бериш корхоналари жиҳозлари” фанидан “Ёғочга ишлов берувчи рақамли-дастурли бошқариладиган станоклар” мавзуси бўйича видео маъруза яратиш.
5. “Ёғочга ишлов бериш корхоналари жиҳозлари” фанидан “Рақамли-дастурли бошқариладиган станокларни дастурлаш” мавзуси бўйича видео маъруза яратиш.

6. Кейслар банки

1-кейс

Биомассадан олинган ёқилғи брикетиде кул миқдори меъёрдан юқори эканлиги аниқланди. Кул миқдорини камайтириш йўлларини изланг.

Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:

- Кейсдаги муаммони келтириб чиқарган асосий сабабларни белгиланг, зарур билимлар рўйхатини тузинг (индивидуал ва кичик гуруҳда).
- Кул миқдорини камайтириш учун бажариладиган ишлар кетма-кетлигини белгиланг (жуфтликда ишлаш).
- Куйдирилган биомассадан кулни йўқотиш йўлларини изланг.
- Бажарилган ишларни тақдимот қилинг.

2-кейс

Турли биомассалар намуналари, кўмир, куйдирилган биомассалар, брикетлар тўпламини баҳолаш жараёнида уларнинг таркибида қанча углерод, қанча водород, қанча кислород борлигини аниқлаш масаласи кўндаланг қўйилди. Муаммони қандай ҳал қилиш мумкин.

Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:

• Ван Кревелен диаграммасини ўрганиб чиқинг (якка тартибда).

• Намуналарни алоҳида гуруҳларга ажратинг (жуфтликда).

• Физик-кимёвий таҳлиллардан мос усулларни танланг ва намуналарни таҳлилга беринг.

• Илмий адабиётлардан мазкур биомассалархақида маълумотларни олинг.

• Кейс натижаларини намоиш қилинг.

3-Кейс

Ўзбекистонда полиолефин композицияларини ишлаб чиқариш шароитлари

Тошкент шаҳрида жолашган “Сепла” ҚК полипропилен ва полиэтилен композицияларини ишлаб чиқаради. Корхонада асосий хом ашё сифатида полиэтилен, сомономер, пропилен, талк, полиамид, калций карбонат, ровингларан фойдаланади. Автомобил деталларини мақадли механик хоссаларини яхшилаш учун ушбу ингредиентлардан фойдаланилади.

Маълумки полиэтилен композициялар ўзида антиоксидантлар, пигментлар, стабилизатор ва бошқа турдаги ингредиентлар қўшилиши ҳисобига олинади. Ушбу композициялар икки шнекли экструдер ёки киздирувчи смесителларда амалга оширилади. Хосил бўлган полиэтилен композицияларнинг механик хусусиятлари 10-20% га ошишига олиб келади. Ундан ташари полиэтилен композицияларини олиш, полиолефинларнинг қўллаш сохалари кенгайишига олиб келади. Ундан ташқари охириги вақтларда композитлар термини киритилиб ушбу тураги моддалар икки хил турдаги полимер композицияларини яхши оришиш имкониятини беради.

ТОПШИРИҚ:

1) Сизнинг фикрингиз бўйича, полиэтиленни чўзилишга бўлган мустахкамлигини ошириш мақсада қандай ингредиентлар мақсада мувофиқ? Афзал ва камчиликлари.

2) Автомобил буюмларини олишда қандай талабларга жавоб берадиган композицияларни ишлатиш авзал. Жавобларни мисоллар билан келтиринг.

3) Сизни фикрингизча композитларласиз полиэтилен ва полиэтилентерефталат полимерларини гомоген композиция олиш мумкин-ми? Афзал ва амчиликларини келтиринг.

4) Полипропилен ва полиэтилентерефталат композицияларни олиш мумкин-ми? Олинган махсулотнинг хоссаларини келтиринг.

4-Кейс

Ўзбекистонда полиолефинлар ишлаб чиқариш турларини хоссларига таъсири

Хозирги кунда замонавий инновацион технологияларнинг яратилиши полимерлар ишлаб чиқариш технологиясининг босқичма-босқич ривожланиши махсули ҳисобланади. Ушбу фикрни хозирги кунда ишлаб чиқарилаётган барча полимерларни (230-240 миллион тонна йилига) сал кам ярмини ташкил этадиган полиэтилен мисолида тушунтиришга ҳаракат қиламиз.

Саноатда юқори молекулали полиэтилен олиш 1937 йилда Англияда этиленни юқори босимда полимерлаш усули билан амалга оширилган. Полимерланиш 180-200°C да 50 МПа босим остида олиб борилган.

1952 йилда Циглер ва Натта томонидан кашф қилинган катализаторлар юқори молекула массали қаттиқ полиэтиленни, оддий атмосфера босими ёки кичик босим остида олиш имконини берди. Бу катализаторлар иштирокида олинган этилен тўлалигича полимерга ўтиши аниқланди. Саноатда учэтилалюминийни тўртхлорли титан билан комплекси, бу турдаги катализаторларни кўплаб ишлатиладигани ҳисобланади.

1980 йиллардан бошлаб полиэтилен кенг миқёсда «Skleartech» технологияси деб номланган янги технология асосида ишлаб чиқарила бошланди.

«Skleartech» («Sclairtech») технологияси Канадада Дю-Пон компанияси томонидан ишлаб чиқилган бўлиб, ушбу технология биринчи мартаба Сарния шахрида ишга туширилган. «Skleartech» технологиясида полимерланиш жараёни реакторлар системасида циклогексан эритувчиси муҳитида 17Мпа босимда, 300° С ҳароратда ва Циглер-Натта комплекс катализаторлари иштирокида амалга оширилади. Бу технологиянинг ўзига ҳослиги шундаки, ушбу технология бўйича синтез қилинган полиэтилен ҳар хил зичликка ва структурага эга бўлади. Шунинг натижасида бу технология бўйича чизиксимон паст зичликли (LLDPE), чизиксимон ўрта зичликли (MDPE), ва чизиксимон юқори зичликли полиэтилен (HDPE) турларини

ишлаб чиқариш мумкин. Янги технологияда полимерланиш реакцияси катта тезликда борганлиги сабабли, реакторларнинг ҳажми унча катта бўлиши шарт эмас, чунки мономерни полимерга айланиши учун бир неча дақиқа етарли.

Маърузада юқорида келтирилган усулларнинг ишлаб чиқариш технологиялари билан танишдик.

Шуни такилаш лозимки, склэртек технология анъанавий технологиядан бутунлай фарқ қилиб, технологик линия, жихоз ва рецикл жараёни билан ажралиб туради.

ТОПШИРИҚ:

1) Сизнинг фикрингиз бўйича, Ўзбекистонда СКЛЭРТЕК технологиясини йўлга қўйиш сабабларини келтиринг.

2) Анъанавий ва замонавий технология ва жараёнларини нг ўхшаш ва фарқини таққосланг. Жавобларни график кўринишида тақдим этинг.

3) Олинган полиэтилен хоссаларини солиштиринг. Афзал ва камчиликларини келтиринг.

1-жадвал

Кейс билан ишлаш жараёнини баҳолаш мезонлари ва кўрсаткичлари(аудиториядан ташқарида ва аудиторияда бажарилган иш учун)

Аудиториядан ташқари бажарилган иш учун баҳолаш мезонлар ва кўрсаткичлари

Талабалар рўйхати	Асосий муаммо ажратиб олиниб тадқиқот объекти аниқланган мак. 16	Муаммоли вазиятнинг келиб чиқиш сабаблари аниқ кўрсатилган мак. 26	Вазиятдан чиқиб кетиш харакатлари аниқ кўрсатилган мак. 26	Жами мак. 56

Аудиторяда бажарилган иш учун баҳолаш мезонлари ва кўрсаткичлари

Гуруҳлар рўйхати	Гуруҳ фаоллиги мак. 2б	Маълумотлар кўргазмали тақдим этилди мак.1б	Жавоблар тўлиқ ва аниқ берилди мак.2б	Жами мак.5б
---------------------	------------------------------	---	---	----------------

7. Глоссарий

Атама	Ўзбек тилидаги шарҳи	Explanation in English
Аддитив технологиялар	Моделни куриш материални кўшиш орқали амалга ошириладиган технологиялар (инглизча Add — «кўшиш»), бу технология “ортиқча” материални олиб ташлашга асосланган анъанавий технологиялардан шуниси билан фарқ қилади.	Technologies, in which the construction of the model is carried out by adding material (from the English. Add - "add"), in contrast to traditional technologies, where the creation of a part occurs by removing the "excess" material.
Мураккаб геометрияли буюмлар	3D-дан бошқа усулда олиб бўлмайдиган буюмлар. Масалан, детал ичидаги детал. Ёки тўрсимон конструкция асосидаги жуда мураккаб совутиш тизимлари.	Items that cannot be obtained by any other method other than 3D technology. For example, a part inside a part, or very complex cooling systems based on mesh structures.
Аддитив технологиялардаги полимерлар	Полимер материаллар таркибининг мураккаблиги билан ажралиб туради, унинг таркибида албатта боғловчи сифатидаги синтетик полимерлар мавжуд бўлади. Уларнинг таркибига турли хил тўлдиргичлар ва маълум технологик ва истеъмол хусусиятларини таъминлайдиган моддалар (оқувчанлик, пластиклик, зичлик, чидамлик, мустаҳкамлик, узоқ муддат хизмат қилиш, ёнмаслик, иссиқлик ёки электр ўтказувчанлик, овоз ютиш ва	Polymeric materials that are characterized by a complex composition, a mandatory part of which, a binder, is a synthetic polymer. They may include various fillers and substances that provide certain technological and consumer qualities (fluidity, plasticity, density, strength, durability, incombustibility, heat or electrical conductivity, sound absorption, etc.).

	бошқалар) кириши мумкин.	
Термопластлар	Пластмассалар, иситилганда кимёвий тузилишини сақлайди, бироқ юмшайди ва суюлади, совутилганда эса молекулалараро алоқалар тикланади, юмшаган полимер қотади ва полимер дастлабки физик хоссаларига эга бўлади (ПЭ, ПС, ПВХ ва ҳ.к.)	Plastics, which, when heated, retain their chemical structure, but soften and melt, and when cooled, intermolecular bonds are restored, the softened polymer hardens and the polymer restores its original physical properties (PE, PS, PVC, etc.).
Реактопластлар	Полимерлар, кимёвий чокланиш (макромолекулалар структурасининг чокланган уч ўлчамли ҳолати) реакцияси натижасида барқарор шаклга эга бўлади. Бунда реактопластлар қайта қовушқоқ-оқувчан ҳолатга ўтиш хусусиятини йўқотади. Реактопластларга реакцияга мойил олигомерлар, кўпинча фенолформальдегид олигомерлари – ФФО, аминоформальдегид олигомерлари – АФО ва эпоксид олигомерлар, оддий ва мураккаб полиэфирлар ва бошқалар киради.	Polymers that receive dimensional stability as a result of a chemical crosslinking reaction - the formation of a three-dimensional "crosslinked" structure of macromolecules. In this case, thermosetting plastics lose their ability to re-enter a viscous-flow state. Reactive oligomers are also referred to thermosets, most often phenol-formaldehyde oligomers - FFO, amino-formaldehyde oligomers - AFO and epoxy oligomers, simple and complex polyesters, and others.
Эластомерлар	Шишасимон ёки кристалл ҳолатидан юқори эластиклик ҳолатига ўтиш ҳарорати паст бўлган, шунингдек, макромолекулаларининг кўндаланг кўприк боғлар воситасида тикилиш ва тўрсимон структура ҳосил қилиш хусусиятига эга бўлган юқори молекулали полимерлар. Уларга изопрен, бутадиеен, хлоропрен каучуклари, бутилкаучук, фторкаучук ва бошқалар киради. Вулканлаш натижасида пластик	High molecular weight polymers with a low transition temperature from a glassy or crystalline state to a highly elastic one and also possessing the ability to crosslink macromolecules through cross-linking to form a network structure. These include isoprene rubbers, butadiene rubbers, chloroprene rubbers, butyl rubber, fluorine rubber, etc. As a result of vulcanization, the plastic material turns into strong, highly elastic rubber.

	материал мустаҳкамликдаги юқориэластик резинага айланади.	
Термо-эластопластлар (ТЭП)	Термопласт ва эластопласт молекула блоклари алмашилиб келадиган юқори молекулали бирикмалар. Бу материаллар термопласт блокларининг юмшаш ёки шишаланиш температурасидан паст температурада хусусиятларига кўра эластомерларга ўхшайди, янада юқорирок температураларда улар худди термопластлар каби қовушқоқ оқувчан ҳолатга қайта ўтади. Энг кўп қўлланиладиган ТЭП лар – изопренстирол ва бутадиестирол каучуклар, вальцланадиган полиуретанлар ва бошқалар.	High molecular weight compounds, the molecules of which are formed by alternating blocks of thermoplastic and elastomer. These materials at temperatures below the melting or glass transition region of thermoplastic blocks are similar in properties to elastomers, and at higher temperatures they, like thermoplastics, reversibly transform into a viscous-flow state. The most commonly used TPEs are isoprene styrene and styrene butadiene rubbers, rollable polyurethanes, etc.
FDM (Fused deposition modeling) технологиялар	Буюмлар юмшатирилган пластик ипдан қатламма-қатлам қуриладиган технологиялар.	A technology in which there is a layer-by-layer construction of a product from a molten plastic thread.
ABS пластикдан ясалган буюмлар	Пластикдан ясалган юқори мустаҳкамликка, қайишқоқликка эга буюмлар. 3D-печать маҳсулотларини синовдан ўтказиш, прототиплаш, шунингдек фойдаланиш учун тайёр объектларни ясаш учун жуда қўл келади.	Plastic products, which are highly durable, flexible, are perfect for testing 3D printing products, prototyping, as well as for the manufacture of ready-to-use objects.
SLA (Stereolithography) технологиялар	Суюқ фотополимер лазер таъсирида қотадиган лазерли стереолитография. Турли хоссали юқори аниқликдаги буюмларни ясаш учун мўлжалланган.	Laser stereolithography, in which a liquid photopolymer is cured by a laser. Focused on the manufacture of high-precision products with various properties.
SLS	Полимер қуқунларини	Selective laser sintering of polymer

(Selective laser sintering) технологиялар	танлаб пишириш технологияси. Унинг ёрдамида турли физикавий хусусиятларга эга катта буюмларни олиш мумкин (юқори мустаҳкамлик, қайишқоқлик, иссиқбардошлик ва ҳ.к.).	powders. It can be used to produce large products with different physical properties (increased strength, flexibility, heat resistance, etc.).
LOM (Laminated Object Manufacturing) технологиялар	Буюмлар ламинациялаш усули билан тайёрланадиган технология. Ушбу усулда варақсимон материал (қоғоз, пластик, металл фольга) кетма-кет елимланиб ва лазер билан кесиб ҳар бир қатламнинг контури шакллантирилади. Бундан усулда олинган буюмларга одатда печать қилингандан сўнг қўшимча ишлов берилади.	Manufacturing of objects by lamination. The method involves sequential gluing of sheet material (paper, plastic, metal foil) with the formation of the outline of each layer using laser cutting. Objects produced by this method usually require additional mechanical processing after printing.
MJM (Multi-jet Modeling) технологиялар	Фотополимер материал ёрдамида кўп оқимли моделлаш. Бу технология қуйиш турли маҳсулотларнинг прототипларини ясаш учун қуйдириладиган ёки эритиладиган моделларни олишга имкон беради.	Multi-jet modeling using photopolymer material. This technology makes it possible to produce burned-out or lost-wax casting master models, as well as prototypes of various products.
PolyJet технологиялар	Ультрабинафша нурланиш таъсирида суюқ фотополимернинг қотиш технологияси. Ушбу технология силлиқ юзали моделлар ва прототипларни олиш учун қўлланилади.	Curing of liquid photopolymer under the influence of ultraviolet radiation. The technology is used to produce prototypes and master models with smooth surfaces.
3DP технологиялар	Уч ўлчамли оқимли печат технологияси бўлиб, бунда буюм қатламма-қатлам қурилади. Буюмнинг ҳар бир қатламининг контурлари печать қилувчи каллак билан турли кукунларни ва боғловчиларни юпка қилиб ётқизиш орқали	Inkjet 3D printing, in which the model is built in layers. The contours of the model are drawn with a print head, which applies a bonding material to a thin layer of various powders. The particles of each new layer are glued together and with the previous layers to form a finished three-dimensional

	шакллантирилади. Ҳар бир янги қатламнинг заррачалари ўзаро ва ўзидан олдинги қатлам заррачалари билан бирикади.	model.
CLIP (continuous liquid interface production) технология	Суюқ полимердан узлуксиз усулда қуриш технологияси. Тизим акслантирувчи рақамли тизимнинг устида жойлашган полимер солинган идиш билан жиҳозланган. Проектор ва полимер ўртасидаги идишнинг тешиги худди контакт линзалардаги каби нур ва кислороднинг ишчи муҳитга киришига имкон беради. Печать қилиш жараёни узлуксиз давом этади, бунда ультрабинафша нур ва кислород (ингибитор) ўзаро таъсирлашади.	Liquid polymer continuous build technology. The system is equipped with a resin tank located above the digital projection system. A hole in the container between the projector and the polymer allows light and oxygen to reach the working medium, just like a contact lens. "Printing" occurs continuously, with the interaction of ultraviolet radiation and oxygen (inhibitor).
РДБ (ЧПУ) туридаги станоклар	РДБ – Рақамли дастурли бошқарув станоклари, бунда кесувчи инструмент муҳитда тўғри чизикли декарт координаталари бўйича ҳаракатланади.	Machine tools with numerical control, which are built on the principle - the movement of the cutting tool in space is carried out along rectangular Cartesian coordinates.
Қайтар алоқа тизими	Қайтар алоқа тизими бошқариш тизимини станок механизмларининг ҳақиқий кўчиши ва кўчиш тезлиги ҳақидаги ахборот билан таъминлайди. Қайтар алоқа тизими мунтазам равишда механизмлар ҳаракатининг берилган ва ҳақиқий қийматларини ўзаро қиёслайди ва зарур тузатиш киритади. Иш жараёнида тескари алоқа тизими ҳаракатланишни кузатади ва юритгичга датчикдан белгиланган штрихлар ўтмагунча кучланиш юборади.	The feedback system provides a control system with information about the real movement of the machine tools and the speed of their movements. The feedback system continuously compares the actual movement with the target and makes the necessary corrections. During operation, the feedback system monitors the movement and supplies voltage to the motor until a specified number of strokes pass by the sensor.

<p>Ҳаракатни назорат қилиш дастури – VicStudioTM</p>	<p>VicStudioTM дастури G кодлар билан ишлайди, станокни кўлда бошқаришни, машинанинг координаталар бошига қадамли ёки автоматик қайтишни таъминлайди, экрандаги динамик ҳаракатни кузатади, шпинделнинг Zўқи бўйича ҳаракатига автоматик равишда тузатиш киритади.</p>	<p>VicStudioTM software supports G codes, provides manual control of the machine, step-by-step or automatic return to the machine origin, monitors dynamic movement training on the screen, performs automatic spindle calibration in the Z axis.</p>
<p>Станокнинг координаталар тизими</p>	<p>Станокнинг координаталар тизими РДБ станокларининг асосий ҳисоб тизимидир. Унда барча ҳаракатлар, станокнинг ижро органларининг бошланғич ва жорий ҳолатлари аниқланади. Координаталар ўқлари сони, уларнинг фазода жойлашуви ва ҳисоб боши (станокнинг нол нуқтаси) станокни ишлаб чиқарувчи томонидан белгиланади ва фойдаланувчи томонидан ўзгартириб бўлмайди.</p>	<p>The machine coordinate system is the main calculation system for CNC, in which all movements, initial and current positions of the machine's executive bodies are determined. The number of coordinate axes, their position in space and the origin (machine zero point) are set by the machine manufacturer and cannot be changed by the user.</p>
<p>Координаталар ўқлари йўналиши</p>	<p>Ўқларнинг тўғри йўналиши ўнг қўл қондаси орқали аниқланади. Агар ўнг қўлни столга кафтини юқорига қаратиб қўйсак ва урта биринчи бармоқларни ўзаро перпендикуляр қилиб жойлаштирсак, бош бармоқ X-ўқининг, кўрсаткич бармоқ Y-ўқининг, ўрта бармоқ Z-ўқининг тўғри йўналишини билдиради.</p>	<p>The positive directions of the axes are determined by the right hand rule. If we put the right hand on the table with the palm up and try to place the first three fingers perpendicular to each other, then we get: the thumb will indicate the positive direction of the X axis, the index finger - the positive direction of the Y axis, the middle finger - the Z axis.</p>
<p>Деталнинг координаталар тизими</p>	<p>Деталнинг координаталар тизими ишлов беришни дастурлаш учун бош тизим ҳисобланади ва чизма ёки эскизда кўрсатилган бўлади. Деталнинг координаталар тизими РДБ станокларида</p>	<p>Part coordinate system is the main system for machining programming and is assigned by drawing or part sketch. The coordinate system of a part is set by a technologist or programmer when developing a technology for</p>

	<p>деталларни тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқишда технолог ёки дастурчи томонидан белгиланади. У ўзининг координаталар ўкига, ўз ҳисоб бошига эга бўлади. Бу катталиклар асосида деталнинг барча ўлчамлари белгиланади ва детал контурининг барча таянч нуқталарининг координаталари берилади. Деталнинг координата боши нуқтаси деталнинг ноли деб юритилади ва W символи билан белгиланади.</p>	<p>manufacturing a part on a CNC machine. It has its own coordinate axes, its origin, relative to which all dimensions of the part are determined and the coordinates of all reference points of the contours of the part are set. The workpiece origin is called the workpiece zero or workpiece zero and is denoted by the symbol W.</p>
<p>Кескич асбобининг координаталар тизими</p>	<p>Кескичнинг координаталар тизими машина координаталар тизимида ишлов бериш пайтида унинг кесувчи қисмининг патронга нисбатан ҳолатини белгилаш учун мўлжалланган. Кескич координаталар тизимининг боши ишчи асбобнинг ҳаракатини дастурлаш бошланадиган нуқта ҳисобланади. Бу нуқта кескичнинг ноли ёки ишлов бериш ноли деб аталади. Асбобнинг ўлчамлари уни патронга зичлаб қотириш нуқтасига нисбатан белгиланади. Нол нуқта T символи билан белгиланади.</p>	<p>The coordinate system of the cutting tool is designed to set the orientation and position of its cutting part relative to the chuck at the time of processing in the machine coordinate system. The origin of the tool coordinate system is the point from which the programmed movement of the working tool begins. This point is called the tool zero or machining zero. The tool is dimensioned in relation to the fixed point at which it is clamped in the chuck. The zero point is denoted by the symbol T.</p>
<p>Станокнинг қотириш нуқтаси</p>	<p>Станокнинг қотириш нуқтаси станокнинг нол нуқтасига нисбатан белгиланади ва станок шпинделининг ишлов берилган детални столдан ечиш, янги заготовкани ўрнатиш, кескични алмаштириш пайтидаги ҳолатини белгилаш учун қўлланилади.</p>	<p>The fixed point of the machine is determined relative to the zero point of the machine and is used to determine the position of the machine spindle at the time of removing the machined part from the table, installing a new workpiece, at the time of replacing the cutting tool. This is a safety point. The safety point must be in</p>

	<p>Бу хавфсизлик нуқтаси ҳисобланади. Хавфсизлик нуқтаси Z ўқи бўйича энг юқори ҳолатда бўлиши керак. Бу нуқтадан фреза бошқарувчи дастурнинг ишида заготовкага ишлов бериш нуқтасида ҳаракатланади.</p>	<p>the uppermost position along the Z axis. From this point, the cutter, when the control program is running, moves to the starting point of the workpiece machining.</p>
--	---	--

8. Адабиётлар рўйхати

Махсус адабиётлар:

1. Ляпков А.А. Полимерные аддитивные технологии: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. 114 с.
2. Шкуро А.Е., Кривоногов П.С. Технологии и материалы 3D-печати. Учебное пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. 101 с.
3. Кэнесса Э. Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития. Изд-во Международного центра теоретической физики Абдус-Салам (МТЦФ). 2013. 192 с.
4. Горьков Д. Как выбрать 3D-принтер? М.: 3D-print-nt. 2017. 92 с.
5. Глебов И.Т. Учимся работать на фрезерном станке ЧПУ. Учебное пособие. Екатеринбург, УГЛТУ, 2015. – 115 с.
6. Пайвин А.С., Чикова О.А. Основы программирования станков с ЧПУ: Учебное пособие– Екатеринбург, Изд-во Урал. гос. пед. ун-та. 2015. – 102с.
7. Должиков В.П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политех. унив., 2011. – 143 с.

Интернет ресурслари:

1. Цветная струйная 3d печать (CJP) / 3DProfy, Сентябрь 19th, 2014.
Доступ: <http://3dprofy.ru/cvetnaya-strujjnaya-3d-pechat-cjp/>
2. Технология 3d прототипирования. Что это такое? / 3DProfy, Апрель 2nd, 2015. Доступ: <http://3dprofy.ru/tekhnologiya-3d-prototipirovaniya-chto-ehto-takoe/>
3. Обзор бесплатного ПО для 3d моделирования / 3DProfy, Декабрь 13th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/obzor-besplatnogo-po-dlya-3d-modelirova/>
4. 3D сканеры обзор основных технологий / 3DProfy, Декабрь 13th, 2014.
Доступ: <http://3dprofy.ru/3d-skanery-obzor-osnovnykh-tekhnologijj/>
5. Фотополимерный 3D-принтер / 3DProfy, Октябрь 21st, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/fotopolimernyyj-3d-printer/>
6. 3D-принтеры FDM / 3DProfy, Октябрь 21st, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/3d-printery-fdm/>

7. Струйная трехмерная печать (3DP) / 3DProfy, Октябрь 21st, 2014.
Доступ: <http://3dprofy.ru/strujjnaya-trekhmernaya-pechat-3dp/>
8. Моделирование методом послойного наплавления (FDM) / 3DProfy, Октябрь 10st, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/modelirovanie-metodom-poslojnjogo-na/>
9. Изготовление объектов методом ламинирования (LOM) / 3DProfy, Октябрь 10st, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>
10. Стереолитография (SLA) / 3DProfy, Сентябрь 30th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/stereolitografiya-sla/>
11. Цифровая светодиодная проекция (DLP) в 3D-печати / 3DProfy, Сентябрь 19th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/cifrovaya-svetodiодnaya-proekciya-dlp-v-3d-pe/>
12. Многоструйное моделирование (MJM): технология настоящего и будущего / 3DProfy, Сентябрь 15th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/mnogostrujjnoe-modelirovanie-mjm-tekhno/>
13. Что такое 3D-печать? / 3DProfy, Сентябрь 15th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/что-такое-3d-pechat/>
14. Промышленный 3d принтер / 3DProfy, Апрель 2nd, 2015. Доступ: <http://3dprofy.ru/promyshlennyjj-3d-printer/>
15. Обзор принтера RepRap Prusa i3 / 3DProfy, Февраль 7th, 2015. Доступ: <http://3dprofy.ru/obzor-printera-reprap-prusa-i3/>
16. 3d принтер PrintBox3D One / 3DProfy, Февраль 7th, 2015. Доступ: <http://3dprofy.ru/3d-printer-printbox3d-one/>
17. Обработка распечатанных моделей после 3d печати / 3DProfy, Январь 8th, 2015. Доступ: <http://3dprofy.ru/obrabotka-raspechatannykh-modelej-ros/>
18. 3D редакторы с поддержкой .stl / 3DProfy, Декабрь 13th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/3d-redaktory-s-podderzhkojj-stl/>

19. 3D принтер PrintBox3D One — популярный российский 3д принтер / 3DProfy, Декабрь 13th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/3d-printer-printbox3d-one-populyarnyj-rossijskij-3d-p/>
20. 14 способов борьбы с заворачиванием при 3д печати / 3DProfy, Декабрь 13th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/14-sposobov-borby-s-zavorachivaniem-pri/>
21. Расходные материалы для моделирования методом послойного наплавления (FDM/FFF) / 3DProfy, Октябрь 21st, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/raskhodnye-materialy-dlya-modelirovan/>
22. Обзор современных 3D-принтеров / 3DProfy, Сентябрь 15th, 2014. Доступ: <http://3dprofy.ru/obzor-sovremennykh-3d-printerov/>
23. Технологии SLA, SLM - Другие аддитивные технологии. Видео: <https://ru.coursera.org/lecture/additivnye-tekhnologii/tiekhnologhii-sla-slm-crhez>
24. Преимущества аддитивных технологий. Видео: <https://top3dshop.ru/wiki/additive-technologies.html>
25. Новости аддитивных технологий. Видео: <https://fea.ru/news/6147>
26. Аддитивные технологии – что это такое?. Видео: <https://sk.ru/net/p/media.aspx?%25252525253Bpi2287233=67&PostSortBy=MostViewed&pi2287233=121>
27. Технология PolyJet - Аддитивные технологии от DDM.Lab. Видео: https://www.ddmlab.ru/technology/polyjet_technology/
28. Изготовление объектов методом ламинирования (LOM). Видео: <http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>
29. Программа для управления ЧПУ станком: составление и написание. Источник: <https://stanokcnc.ru/articles/programma-dlya-upravleniya-chpu-stankom-sostavlenie-i-napisanie/>
30. Программы для ЧПУ-станков: какими они бывают и для чего нужны. Источник: <https://vektor.us.ru/blog/programmy-dlja-chpu-stankov.html>

31. Особенности, виды, различие управляющих программ для ЧПУ устройств. Источник: <https://instanko.ru/elektroinstrument/programmy-dlya-chpu-stankov.html>
32. Примеры программ для станков с чпу. Источник: <https://crast.ru/instrumenty/primery-programm-dlja-stankov-s-chpu>
33. Как создать управляющую программу для станка с ЧПУ. Источник: <https://vseochpu.ru/sozdanie-upravlyayushhej-programmy-dlya-stanka-s-chpu/>
34. Написание программы для ЧПУ. Видео: <https://www.youtube.com/watch?v=3fTDEM5TjV8>
35. Основные программы для работы на ЧПУ. Видео: <https://www.youtube.com/watch?v=JDOMGm8sMis>
36. ЧПУ. Как сделать первую простую управляющую программу. Видео: <https://www.youtube.com/watch?v=tCy5fHDy8IM>

9. Мутахассис томонидан берилган тақриз



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Prof Enrico Bernardo
Advanced Ceramics and
Glasses group
Via Marzolo, 9
35131 Padova

tel. +39 049 8275510
fax +39 049 8275505
enrico.bernardo@unipd.it

CF 80006480261
P.IVA 00742430283

Administrative Office
via Gradenigo 6/a
35131 Padova
www.dii.unipd.it

tel. +39 049 8277500
fax +39 049 8277599
segreteria@dii.unipd.it

Padova, May 4th, 2016

To whom it may concern

*Expert Review on the Education Module “Innovative Technology of Composite Materials”,
prepared for the “Chemical technology” specialization on teachers retraining and educational courses*

Based on the proposed program, the Module “Innovative Technology of Composite Materials” is effectively devoted to the study of modern technologies in the production of composites. The module studies materials for matrices and fillers, with their properties and applications. Also the production technologies for polymer-matrix, ceramic-matrix and metal-matrix composites are included. Interestingly, I note that a special attention is paid to carbon-carbon composites and non-traditional composite materials such as Self-Reinforced composites, Biocomposites and Composites for Structural Design.

Based on the information from colleagues, the Module consists of a theoretical part and practical tasks, includes the case studies for self-study programs, the glossary and the list of references. I agree on the fact that the preparation of a glossary, containing reviews in both Uzbek and English languages, will enhance the assimilation of the program.

I think that the module “Innovative Technology of Composite Materials” can be used for educational purposes on teachers retraining and educational courses.

Yours sincerely,

Enrico Bernardo, PhD
Associate Professor
Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria Industriale
Edificio Ex Fisica Tecnica
Via Marzolo, 9
35131 Padova, Italy
phone +39 049 8275510
fax +39 049 8275505
e-mail enrico.bernardo@unipd.it
web <http://www.dii.unipd.it/bernardo>

