

"TRA5181 Жерүсті көлік-технологиялық
машиналарын өндіру және жөндеу кезінде
полимерлі композициялық материалдарды
қолдану технологиялары " пәні бойынша
дәрістер курсы

Дәріскер Исаметова М. Е.

Дәріс 1. МАШИНА БӨЛШЕКТЕРІН ӨНДІРУ ҮШІН ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН ПОЛИМЕРЛІК КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Машина бөлшектерінің көпшілігінің сипатты ерекшеліктері мыналар болып табылады: жоғары энергиямен қанығушылық, үлкен масса, көп функциялы және металл сыйымдылығының жоғары деңгейі. Пайдаланылған уытты газдар мен пайдалану материалдарынан, топыраққа жоғары қысымнан, электромагниттік өрістерден, шудың, дірілдің жоғары деңгейінен және т.б. туындаған техниканы пайдалану процесінде едәуір экологиялық жүктер саннан тыс ерекшеліктердің салдары болып табылады. Аталған кемшіліктерді едәуір дәрежеде жоюға машина жасау өндірісінде қолданылатын металл емес материалдар үлесінің ұлғаюы арқасында қол жеткізілуі мүмкін.

Конструкциялық материалдар матрица материалына байланысты мынадай негізгі топтарға жіктеледі:

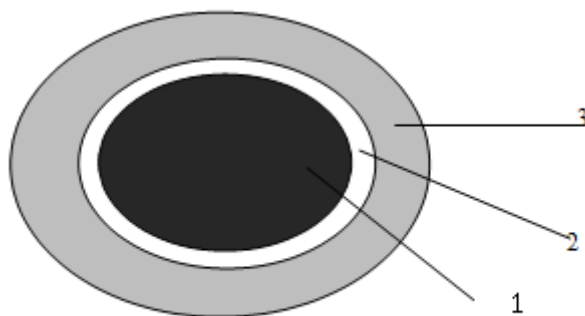
- металл композициялық материалдар (металл матрицасы бар);
- полимерлік композициялық материалдар (полимерлік матрицамен);
- резеңке композициялық материалдар (резеңке матрицасы бар);
- керамикалық композициялық материалдар (керамикалық матрицамен).

Бұл басылымда біз тек полимерлік композициялық материалдарды (ПКМ) қараймыз.

1.1. Полимерлік композициялық материалдар ұғымы (ПКМ)

Полимерлік композициялық материалдар (ПБМ) бұл химиялық құрамы, физикалық-механикалық сипаттамалары бойынша бөлінетін және материалда анық көрсетілген шекарамен бөлінген екі немесе одан да көп компоненттерден тұратын гетерогендік жүйелер, бұл ретте компоненттердің бірі арматуралаушы құрамдас бөліктер, ал басқалары оларды байланыстыратын матрицалар болып табылады.

Толтырғыштың негізгі мақсаты (1-сурет. (1)) арматуралау, яғни матрицаны нығайту, материалға талап етілетін арнайы қасиеттерді беру және бөлшектің құнын азайту. Толтырғыштың қасиеттеріне толығымен тәуелді: созылу кезіндегі беріктік шегі, серпімділік модулі, қаттылық, үйкеліс коэффициенті, тозуға төзімділік, жылу өткізгіштік, электр және акустикалық қасиеттер.



Сурет. 1. ПКМ қарапайым схемасы: 1 толтырғыш;
2 фазааралық қабат; 3 матрица (байланыстырушы)

«Мінсіз» жағдайда толтырғыштың мынадай қасиеттері болуы тиіс:

- серпімділіктің үлкен модулімен (неғұрлым көп болса, соғұрлым жақсы); пайдаланылатын байланыстырғышқа жақсы адгезиямен ($E > 20$ МПа).
- Толтырғышты таңдау мынадай факторлармен анықталады:
- қалыптаудың болжамды технологиясы;
- бөлшектің мақсаты және оның пайдалану қасиеттері;
- геометриялық ерекшеліктері және бөлшектердің массасы;
- экономикалық факторлар.

Байланыстырушының негізгі мақсаты (1.1-сурет. (3) толтырғышты өзімен байланыстыруды, барлық моноталшықтардың (немесе егер дисперсті толтырғыш пайдаланылса, бөлшектердің) бірлескен жұмысын қамтамасыз етуді, материалдың біртұтастығын және кернеуді беруді (таратуды) қамтамасыз етуді күтемін.

Байланыстырушының қасиеттеріне іс жүзінде толығымен байланысты: жылуға және термотөзімділік, әртүрлі жұмыс ортасының әсеріне төзімділік (су, бу, отын, май және т.б.), соққы тұтқырлығы, соққы беріктігі, белгі ауыспалы жүктемелердің ұзақ әсеріне төзімділік, сырғанау, кернеулердің релаксациясы.

Қатқаннан (терморективті материалдар үшін) немесе қатқаннан (термопластикалық материалдар үшін) кейін байланыстырушы матрицаға айналады. Матрица қабаттың қалыңдығы 1-ден 1000 мкм-ге дейін өзгеруі мүмкін үздіксіз фазаны білдіреді.



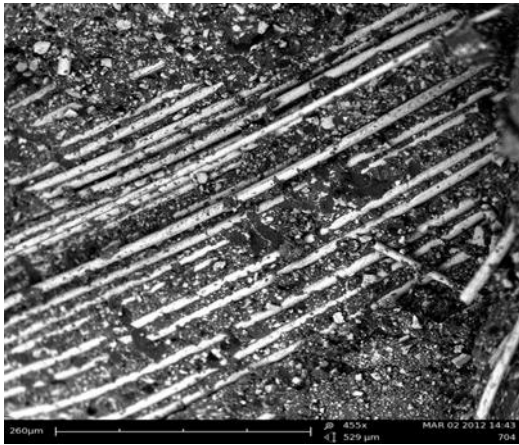
Сурет. 2. Байланыстырғышты матрицаға айналдыру схемасы

«Мінсіз» жағдайда байланыстырушы мынадай қасиеттерге ие болуы тиіс:

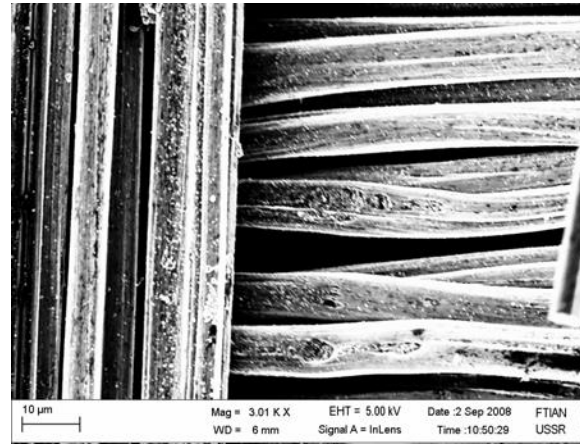
- матрицаның деформациялық қасиеттері толтырғыштардан төмен болмауы тиіс;
- байланыстырғыштың біршама үлкен серпімділік модулі болуы тиіс ($E > 2000$ МПа);
- байланыстырушы толтырғышқа жақсы адгезияға ие болуы тиіс ($\sigma_{ад} > 20$ МПа).

Байланыстырушыны таңдау мынадай факторлармен анықталады:

- қалыптаудың болжамды технологиясы;
- өндіріс түрі;
- геометриялық ерекшеліктері және бөлшектердің массасы;
- бөлшектердің технологиялық және пайдалану қасиеттері. Матрица мен толтырғыш жақсы үйлесімділікке ие болуы тиіс,
- бірақ бұл ретте бір-бірінде ерімеуі тиіс.
- Бір материалда бірнеше матрица немесе бірнеше толтырғыш түрлері болуы мүмкін (3-сурет).



а)



б)

Сурет. 3. Гибридтік материалдар құрылымының фотосуреті: а) құрамында 50 масса алюминий гидроксиді бар полиэфирлі матрица негізіндегі шыны пластиктің құрылымы. с.; б) органикалық жіптен тұратын көміртекті лента

- БКМ толтырғыш бөлшектерінің қаптамаларының түріне байланысты мыналарды қамтуы мүмкін:
 - бір типті толтырғыш;
 - бірнеше бір үлгідегі толтырғыштар;
 - дисперсті толтырғыштар арасында және керісінше бөлінген талшықтар.

Егер байланыстырушы ретінде полимерлердің (немесе олигомерлердің) қоспалары пайдаланылса, онда мұндай байланыстырушылар гетерогенді, полиматрикалық немесе гетероматрикалық деп аталады.

Егер толтырғыштар ретінде талшықтардың немесе дисперсті толтырғыштардың әртүрлі түрлері пайдаланылса, онда мұндай материалдар гибридті деп аталады.

ПКМ қасиеттерінің барлық кешенін оңтайлы іске асыру үшін матрица мен толтырғыштың олардың байланысының барлық алаңы бойынша берік өзара іс-қимылын қамтамасыз ету қажет. Матрица-толтырғыш бөлімінің шекарасындағы материалдың қасиеттері осы компоненттердің әрқайсысының қасиеттерінен айтарлықтай ерекшеленеді. Бұл қабат - фазааралық қабат деп аталды (1-суретті қараңыз). (2) немесе фазааралық аймақ. Оның қалыңдығы әдетте бірнеше атомды құрайды. Фазааралық аймақтың қалыптасуы белгілі бір уақыт ішінде болады, бұл ретте процестің ұзақтығы байланыстырушының тұтқырлығына, оның молекулярлық массасына, физикалық-химиялық қасиеттеріне, оның қатаю жылдамдығына, талшықтағы ұяшықтардың өлшемдері мен құрылымына және ең соңында, аппараттің қасиеттеріне байланысты болады.

Көбінесе, фазааралық қабат ПКМ ең әлсіз жері болып табылады және материалдың қирауы дәл осы шекара бойынша басталады..

Фазааралық өзара іс-қимыл күштері мынадай күштерден құралады (1-кесте):

- сутегі күші (олардың шамасы 4... 50 Ккал/моль құрайды);
- адсорбциялық (олардың шамасы 10... 15 Ккал/моль құрайды);
- донорлық-акцепторлық (олардың шамасы 2... 40 Ккал/моль құрайды);

- Ван-дер-Ваальс өзара іс-қимыл күштері (олардың шамасы 0,5... 20 Ккал/моль құрайды).

Таблица 1 Молекулааралық күштердің орташа мәндері

Байланыс түрі	Өзара әрекеттесу мөлшері, ккал / моль
Химиялық	300...800
Сутегі	4...50
Донорлық-акцепторлық	2...40
Адсорбциялық	10...15
Ван-дер-Ваальс	0,5...2

Күштердің өзгеру диапазоны материалдардың нақты жұптарының (байланыстырушы және толтырғыш) құрылымдық ерекшеліктерімен байланысты.

Адсорбциялық күштер полимер молекулалары толтырғыш бөлшектерінің бетіне бағытталған жағдайда пайда болады және физикалық-механикалық сипаттамалары жоғарылаған адсорбциялық қабат пайда болады. Толтырғыштың белгілі бір мөлшеріне дейін оның концентрациясының жоғарылауы құрылымдау дәрежесінің жоғарылауына әкеледі. Дәл осы себепті толтырғыш беттерінің белсенділігін арттыру әдістері кеңінен қолданылады.

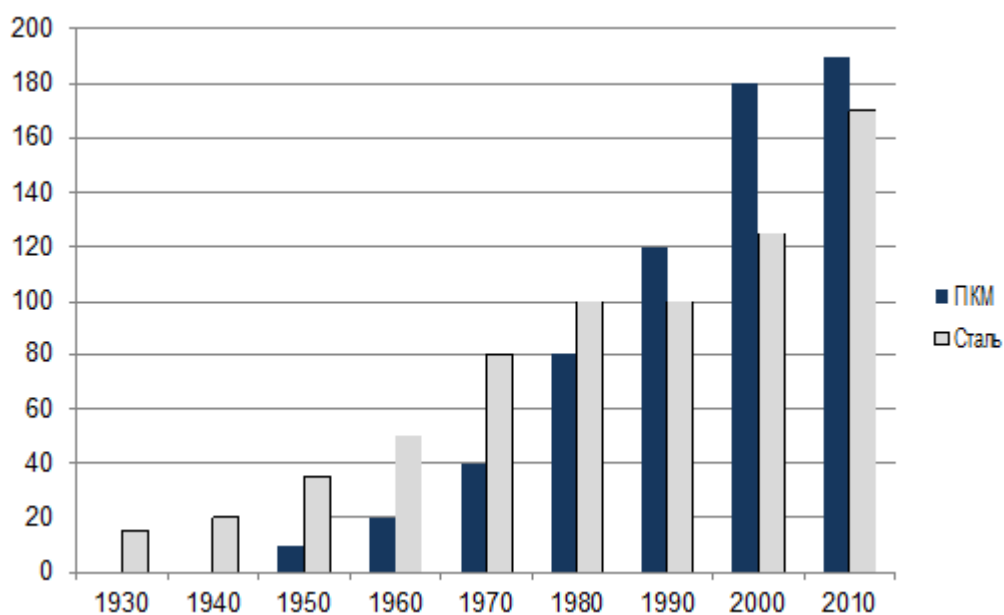
Донорлық-акцепторлық байланыс (химиялық және сутегі байланысы сияқты) зарядты тасымалдау байланысының бір түрі болып табылады. Электронның ауысуы болатын Молекула донор (Д) деп аталады. Электронды акцептор (а) алатын Молекула. Мұндай ауысу мүмкін болуы үшін олар бір-біріне жеткілікті жақындауы керек. Бастапқыда полимер мен толтырғыш молекулалары арасында дипольдік өзара әрекеттесулер пайда болады, содан кейін дисперсиялық, содан кейін сутегі байланыстары пайда болады, содан кейін ғана донорлық акцепторлық өзара әрекеттесу болады.

Машина жасауда және аралас салаларда ПКМ қолдану салалары

Қазіргі уақытта полимерлі композициялық материалдар өнеркәсіптің әртүрлі салаларында қолданылады:

- құрылыста-темірбетон (темір) өндірісінде –
- толтырғыш, бетон матрицасы), бөлшектер тақтасы (ағаш жоңқалары мен желім) және т. б.;
- авиацияда-ұшақтардың қаптамаларын, жәрмеңкелері мен фюзеляждарын, салондардың әрлеу элементтерін, рульдерді, тұрақтандырғыштарды, шассиді және т. б. дайындау кезінде.;
- автомобиль жасауда-шанақ бөлшектерін, кабинаның әрлеу элементтерін және т. б. өндіру кезінде.

5-суретте жылдар бойынша болат және ПКМ бұйымдарын өндіру көлемі келтірілген, олардың ішінен ПКМ бұйымдарының үлесі жыл сайын айтарлықтай артып келе жатқаны анық көрінеді.



Сурет. 5. Жылдар бойынша болат және ПКМ бұйымдарын өндіру көлемі, млн. м³

Қазіргі уақытта машина жасауда фторопласт негізіндегі композициялық материалдар жылжымалы мойынтіректерді, манжеттерді, тығыздағыш сақиналарды, гидравликалық жүйелердің тығыздағыштарын (станоктар, автомобильдер), механикалық құрылғыларды, поршеньді және поршенді компрессорлардың тығыздағыштарын, автомобильдердің бағыттаушы кабельдерін, өнеркәсіптік және құрылыс машиналарын, машиналардың жылжымалы тіректерін, ілінісу дискілерін дәл механизмдерге, бөлшектерге дайындау үшін кеңінен қолданылады.

Бүгінгі күні неғұрлым кең таралған металл емес материалдар түрлерінің бірі капролон - әртүрлі бөлшектерді дайындау үшін өнеркәсіптің әртүрлі салаларында қолданылатын конструкциялық және антифрикциялық мақсаттағы материал болып табылады:

- 20 МПа дейінгі жүктеме кезінде жұмыс істейтін үйкеліс тораптарының төлкелері, сырғанау мойынтіректері, қаптамалары, бағыттауыштары мен ішпектері;

- тарту күші 30 т дейінгі жүк көтергіш механизмдердің шкивтері, блоктары, дөңгелектері мен роликтері, гидравликалық арбалар, кран-арқалықтар, транспортерлер, конвейерлер;

- әртүрлі аспаптар мен автоматтарға арналған корпустар, кронштейндер, соққыға төзімділігі бойынша жоғары талаптар қойылатын арбалар, вагонеткалар, вакуумдық және карусельдік сүзгілер дөңгелектерінің күпшектері;

- редукторлар жетектеріне арналған тістегершіктер, жұлдызшалар және құрт дөңгелектер (діріл мен шу деңгейін 15 ДБ дейін төмендетеді);

- дозаторларға, сепараторларға, арматураға, РТИ-ға арналған жабдықтарға арналған тығыздау бөлшектері (фторопласт орнына) және жоғары қысымды жүйелерге арналған манжеттер (500 атм-ге дейін).

Капролонның кез келген металдармен жұптасып үйкелу коэффициенті төмен, жақсы және тез өндіріледі, олармен алмастырылатын қола мен болаттан

6... 7 есе жеңіл. Бұл материал тоттануға ұшырамайды, уытты емес, экологиялық таза. Капролоннан жасалған бұйымдар олардың ресурсын арттыра отырып, үйкеліс жұбының тозуын 2 есе азайтатыны белгілі.

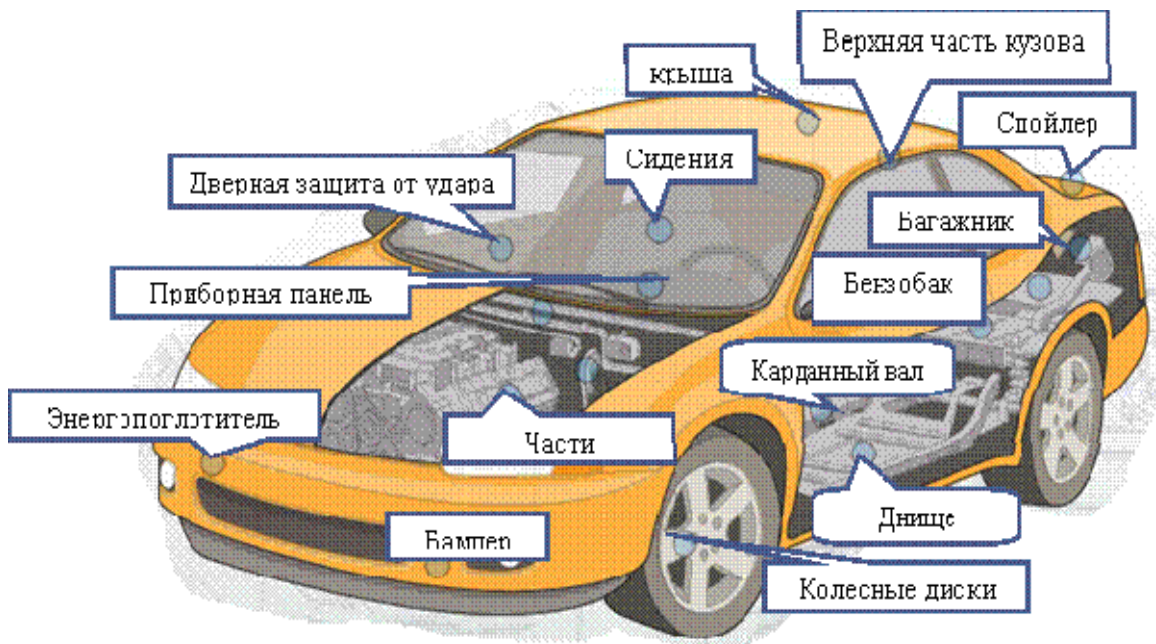
ПКМ технологиялылығын ерекше атап өткен жөн. Балқу температурасының төмендігі, иілгіштіктің жоғары деңгейі, металл емес материалдардың жақсы өңделуі олардан машина жасау бұйымдарын өндірудің технологиялылығында едәуір артықшылықтарды қамтамасыз етеді. Бұдан басқа, шуды, дірілді, динамикалық жүктемелерді, жұмыс температурасын төмендету ПКМ бұйымдарының коррозиялық төзімділігі мен сенімділігін арттырумен бірге машиналардың жайлылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған бірқатар арнайы жобалау-конструкторлық және технологиялық іс-шаралардан бас тартуға мүмкіндік береді. ПКМ қолдану едәуір экономикалық тиімділікті қамтамасыз етеді.

ПКМ негізгі мақсаты машиналарды пайдаланудың қолайлы жағдайларын қамтамасыз ету болып табылады. Машина жасауда ПБМ қолдануды кеңейту қазіргі заманғы экологиялық нормаларды (БҰҰ ЕЭК № 51 ережелері) және қауіпсіздік нормаларын қамтамасыз ету қажеттілігімен түсіндіріледі.

Автомобиль жасауда композициялық материалдарды қолдану мысалы қазіргі уақытта 1.6-суретте, құрылыс машиналарын жасауда 1.7-суретте көрсетілген.

Әлемдік тәжірибе көрсетіп отырғандай, жол-құрылыс машиналарының бірқатар ауыр жүктелген тораптарында ПКМ бөлшектерін пайдалануға балама жоқ. Бұл, мысалы, «Caterpillar-16G» жол машинасының теңгерімдік торабының және автогрейдердің конструкциясында ПКМ-ден ДЗ-140А төлкелер мен шайбаларды қолдануға қатысты. Теңгерімдік торапты зертханалық өңдеу және автогрейдерді заттай сынау тәжірибесі қабылданған конструктивтік шешімдердің дұрыстығын және жол машиналарының үйкеліс тораптарында ПБМ пайдалану перспективалығын ДЗ-140А растады.

Қойылған міндеттерге байланысты жоғары икемділігі немесе механикалық беріктігі, салыстырмалы түрде төмен меншікті массасы, термиялық және химиялық тұрақтылығы, жоғары электр оқшаулау сипаттамалары немесе жақсы электр өткізгіштігі, оптикалық мөлдірлігі немесе өткізбеушілігі және т.б. бар ПКМ таңдауға болады.



Сурет. 6. ПКМ-ден өндірілетін автомобильдердің бөлшектері



Сурет. 7. Жол-құрылыс машиналарын өндіру және жөндеу кезінде ПКМ қолданудың негізгі салалары

4-кестеде термопластикалық және термореактивті байланыстырғыштар негізінде ПБМ қолдану салаларының кейбір мысалдары келтірілген.

Соңғы жылдары көмірпластиктен жартылай ілінісу дискісінің жапсырмалары дайындалады (оларды өндіру кезінде органоластиктер пайдаланылады, ал дисперсті толтырғыш ретінде керамика қолданылады). Фрикциялық қасиеттері бойынша олар барлық алдындағылардан едәуір асып

түседі және ілінісуді қосудың нақтылығымен және жылуға төзімділігімен қосымша ерекшеленеді (2... 4 есе). Дегенмен, ПКМ дискілерінің ең үлкен артықшылығы олардың ең жоғары төзімділігі мен сенімділігі болып табылады, бұл олардың маховиктер мен қысу дискілерінің жұмыс беттерін тозбауына байланысты.

Таблица.4 ПКМ қолдану аясы

Материал	Қолданылу аясы
Термопластикалық байланыстырғыштар негізіндегі ПКМ	
Тығыздығы төмен полиэтилен	Шлангілер, тығындар, табақтар, орауға арналған үлдірлер, бөшкелер және тұрмыстық мақсаттағы басқа да бөлшектер
Жоғары тығыздықты полиэтилен	Механикалық қасиеттері жоғары жиһаз фурнитурасы, желдету қораптары, қақпақтар мен бөлшектер
Фторопласт	Тығыздағыш сақиналар, құбыр арматурасы, тығыздағыштар, мойынтіректер
	Құрылыс мақсатындағы құбырлар мен шлангілер, дірілді жұтатын төсемдер, кең мақсаттағы тығыздағыштар
Поливинилхлорид	Жарық техникалық аспаптардың бөлшектері, конденсаторлық пленка, экстерьер бөлшектері
Поликарбонат	Антифрикциялық және электр оқшаулағыш бұйымдар, мойынтіректер, муфталар, доңғалақтар, электр қондырғылары
	тамақ арматурасы
Терморезистивті байланыстырғыштар негізіндегі ПКМ	
Фенопласт	Жоғары ылғалдылық, циклдық температура және діріл жағдайында жұмыс істейтін диэлектрлік қасиеттері жоғары бұйымдар
Аминопласт	Автомобильдерді тұтату тораптарында қолданылатын крекингке төзімді доғалар
Стеклопластик	Корпустық бөлшектер
Органопластик	Әсерге төзімділігі жоғары броньды кеудешелер және басқа да бұйымдар соққы жүктемелері
Углепластик	Ең кең мақсаттағы конструкциялық бөлшектер мен бұйымдар

5-кестеде әртүрлі үлгідегі ПКМ пайдалану температурасы мен ұзақтығы туралы деректер келтірілген.

Таблица 1.5

Әртүрлі температурада ПБМ бөлшектерін пайдалану ұзақтығы

Байланыстырушының химиялық негізі	Қолданылу аясы	Пайдалану температурасы, °С	Пайдалану ұзақтығы, сағат

Эпоксидті	Орындарды қалпына келтіру	□150	□30000
Фенольді	Дискілі тежегіш жастықшалар	□150	□35000
Акрилатты	Кронштейндерді бекіту	□100	□10000
Кремний органикалық	Қосылыстарды тығыздау	□100	□5000

Қазіргі уақытта қазіргі заманғы автомобиль техникасының конструкцияларында қара металдар шамамен 60 7 70% құрайды; түсті металдар-5...7%; полимерлі композициялық материалдар-9...13%; тоқыма – 4%; шыны-3%.

Алдын ала белгіленген физика-механикалық қасиеттері бар металл емес материалдарды жасау мүмкіндігі машина бөлшектерінің оңтайлы пайдалану қасиеттерін қамтамасыз етеді және олардың сенімділігі мен беріктігін едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

Көптеген ПКМ металдармен салыстырғанда аз үлес салмағы машина жасау өнімдерінің массасын едәуір төмендетуге мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде машиналардың бүкіл өмірлік циклі кезінде энергия мен пайдалану шығындарының төмендеуін қамтамасыз етеді. ПКМ құрылымының, құрылымының және өндірісінің ерекшеліктері машинаның өмірлік циклі аяқталғаннан кейін оларды кәдеге жарату шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

Полимерлі композиттерден бөлшектер жасау кезінде қалдықтарға материалдың 10...30% - дан аспайтыны да маңызды, ал авиацияда қолданылатын алюминий мен титанның жоғары беріктігі бар қорытпаларынан жасалған ұқсас бөлшектерде қалдықтар өнімнің массасынан 4 раз 12 есе артық болуы мүмкін.

Сонымен қатар, ПКМ бөлшектерін жасау кезінде аз еңбек және энергия шығындары қажет, өндіріс циклдарының саны азаяды. 1.6-кестеде көміртекті талшықтар мен эпоксидті байланыстырғыш (көміртекті пластик) негізіндегі металдар мен арматураланған пластиктен жасалған материалдар мен бұйымдарды өндірудегі энергияның орташа үлестік шығындары келтірілген.

Таблица 1.6

Энергияның үлестік шығындары, кВт сағ, әртүрлі материалдардан жасалған бұйымдар өндірісіне

Материал	Энергияның үлестік шығындары, кВт·час	
	Расчет на 1 кг материала	Расчет на 1 кг изделия
Көмір пластикалық	33...35	72...74
Алюминий	48...50	390...395
Болат	35...37	220...225
Титан	188...190	1540...1550

Осылайша, РКМ қолдану айтарлықтай экономикалық тиімділікті қамтамасыз етеді. Бірақ машина жасау өнімдерін өндіру үшін РКМ қолдану материалдардың құрылымын және олардың физикалық-механикалық қасиеттерін машиналардың нақты жұмыс жағдайында өзгерту заңдылықтарын

алдын-ала терең зерттеуді қажет етеді.

Бақылау сұрақтары мен тапсырмалары

1. Полимерлі композициялық материалды анықтаңыз.
2. ПКМ қандай қасиеттері негізінен байланыстырғышпен анықталады?
"Мінсіз" жағдайда байланыстырғыш қандай қасиеттерге ие болуы керек?
3. ПКМ қандай қасиеттері негізінен толтырғышқа байланысты? Толтырғыш "мінсіз" жағдайда қандай қасиеттерге ие болуы керек?
4. Фазааралық қабатты анықтаңыз. Толтырғыш матрица шекарасындағы фазааралық өзара әрекеттесуді қандай күштер анықтайды?
5. Толтырғыш пен байланыстырғыш дисперсті қатайтылған ПСМ-де қандай негізгі функцияны орындайды?
6. Талшықтармен нығайтылған ПКМ-де толтырғыш пен байланыстырғыш қандай негізгі функцияны орындайды?
7. Дисперсті толтырылған ПКМ-де матрицаның қатаю дәрежесі қандай факторларға байланысты?
8. Құрамында талшықты толтырғыштар бар ПКМ беріктігі қандай факторларға байланысты?
9. Изотропты және анизотропты материалдарды анықтаңыз және мысалдар келтіріңіз.
10. Машиналар өндірісінде ПКМ қолданудың негізгі бағыттарын атаңыз.

Лекция 2

ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДАН МАШИНА БӨЛШЕКТЕРІН ӨНДІРУ ҮШІН БАЙЛАНЫСТЫРҒЫШТАР МЕН ТОЛТЫРҒЫШТАРДЫ ТАҢДАУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

ПКМ машиналарының бөлшектерін жасау кезінде бірыңғай конструкторлық-технологиялық шешім ұғымы

Металдардан бөлшектер жасаудан айырмашылығы, құрылымдық материалдар ретінде пайдаланылған кезде ПКМ материалы, конструкциясы және бөлшектерді дайындау технологиясы бір уақытта жобаланады.

ПКМ бөлшектерін жасау кезінде келесі негізгі ерекшеліктерді ажыратуға болады:

- қасиеттер нақты құрылымдарды өндіру процесінде қалыптасады;
- ПКМ қасиеттерін бөлшектерді қалыптастыру технологиясының ерекшеліктерін ескермей анықтау мүмкін емес;
- материалды құру, технологияны дамыту және бөлшектерді жобалау-оңтайландырудың бірнеше кезеңдерімен біртұтас, өзара байланысты процесс.

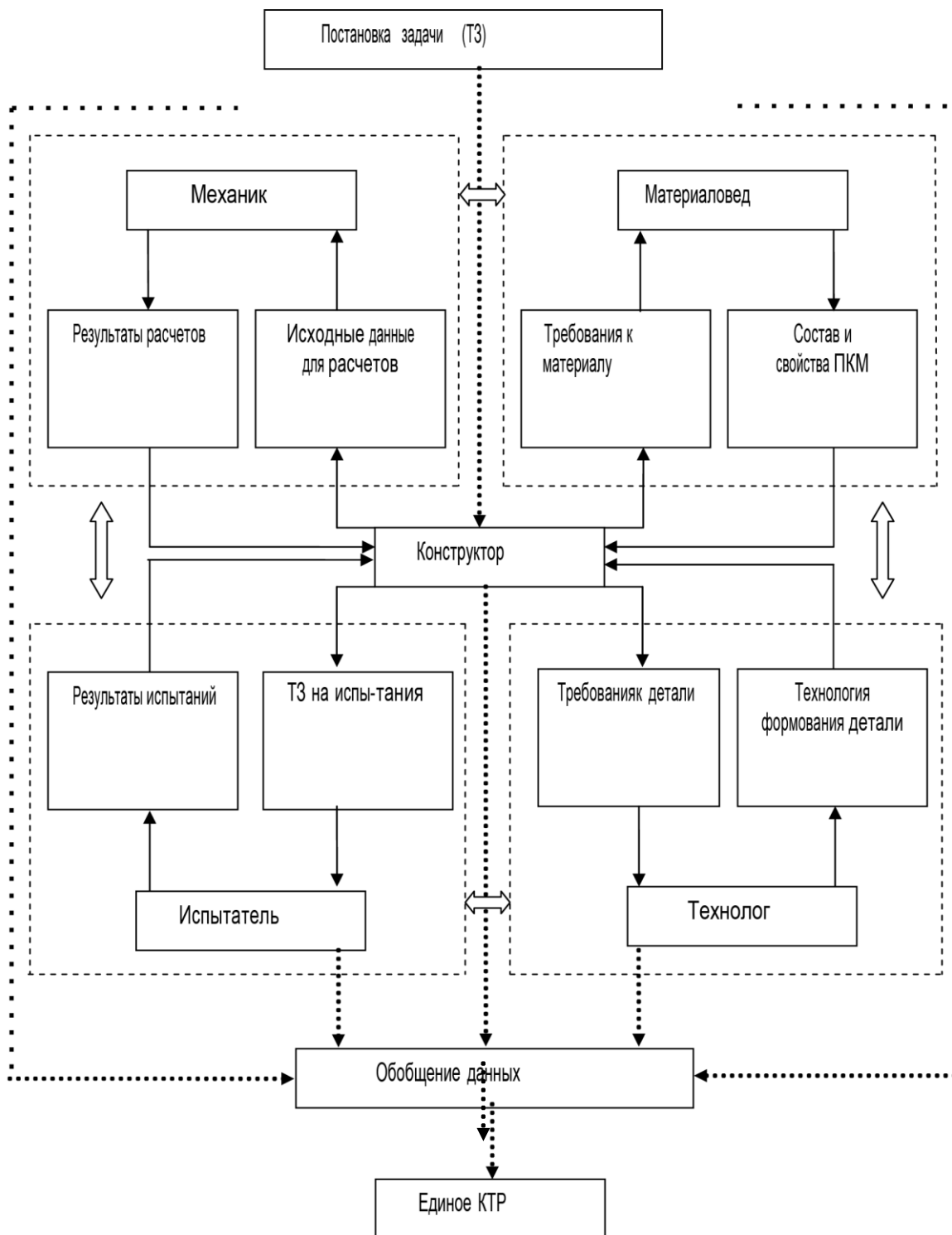
Машина бөлшектерін жасау үшін ПКМ құруды келесі ретпен жүргізген жөн:

1. Байланыстырғышты таңдау.
2. Қалыптау технологиясының алдын-ала нұсқасын таңдау.
3. Толтырғышты таңдау және оның концентрациясын анықтау.
4. Болашақ бөліктің дизайнын оңтайландыру және байланыстырғыш, толтырғыш және қалыптау технологиясының түрін қайта нақтылау.

ПКМ машиналарының бөлшектерін жобалау кезінде конструктордың, материалтанушының және технологтың жұмысы бөлінбейді және бірыңғай конструкторлық-технологиялық шешім (КТР) туралы айтады (сурет. 1).

XX ғасырдың 80-ші жылдарының басында тұжырымдалған біртұтас Принцип. және оған сәйкес ПКМ компоненттерін таңдауды бөліктің дизайнынан және оны қалыптау технологиясынан бөлек жүргізу мүмкін емес. Бірыңғай КТР-бұл көптеген нұсқаларды құру және осы жиынтықтан оңтайлы КТР таңдау. Оңтайлылық критерийі бір (немесе бірнеше) негізгі техникалық және экономикалық сипаттамалар болып табылады (көбінесе шығындар, сенімділік, масса және бірқатар арнайы талаптар).

КТР белгілері: материалдар, қосылыстардың түрлері, Құрылымдық-күштік схема, технологиялық жабдықтар, жабдықтар, және қалыптау технологиясы (бұл жағдайда компоненттердің әрқайсысы екіншісін толықтырады және анықтайды).



Сурет. 1. ПКМ бұйымдарын жобалау кезінде бірыңғай КТР қабылдау схемасы

Компоненттерді таңдау туралы шешім қабылдау және ПКМ бөлшектерін жасау технологиясы шешім қабылдау теориясының заңдылықтарына бағынады, бірақ оның кейбір ерекшеліктері бар:

- ДКМ туралы білімді ұсынудың сипаттамалық формалары басым;
- күрделі ойлау логикасы және күрделі әсер эмпирикалық факторлардың үлкен рөлі бар;
- шешім қабылдаудың итеративті сипаты, яғни белгілі бір ПКМ дизайнын таңдау туралы шешім осы шарттар үшін ең қолайлы (нақты өндіріс ерекшеліктері) нұсқаға дәйекті жақындау нәтижесінде қалыптасады;

– жобалау кезеңдерінің өзара байланысы бір емес, бірнеше шешім қабылдауға мүмкіндік беретін шешімнің аяқталмау принципін қолдануды қамтиды;

– жобалау кезінде сабақтастық принципі, яғни кейбір шешімдер ұқсас жобалау жағдайлары үшін қолданылған кезде қолданылады.

Компоненттерді таңдау кезіндегі бастапқы деректер және ПКМ бөлшектерін дайындау технологиясы Техникалық Тапсырмада (ТТ) қамтылған, онда мынадай талаптар көрсетілуі тиіс:

– жүктеме сипаты, яғни өнімге тікелей әсер ететін жүктемелердің барлық түрлері (сдысу, үзіліс, біркелкі емес үзіліс және т. б.);

– осы жүктемелердің шамалары және олардың әсер ету ұзақтығы;

– жұмыс температурасының аралығы және олардың әсер ету ұзақтығы;

– жұмыс ортасының түрлері, бөліктің (қосылыстың) осы ортада болу ұзақтығы және олардың температуралық жағдайлары.

Осы мәліметтер негізінде объект құрылымының бастапқы нұсқасын синтездеу (немесе таңдау) туралы шешім қабылданады. Бұл жағдайда объектінің құрылымы арқылы біз Технологиялық процесте ауысулардың реттілігін түсінеміз.

Сонымен қатар, ПКМ бөлшектерін жобалау кезінде бөлшектерді жасау технологиясының ерекшеліктерін ескеру қажет:

– ПКМ бөлшектерінің конструкциясы қалыпталған бөлшектерді технологиялық жабдықтан (пуансондар, матрицалар, оправкалар) алу мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс, ол үшін престеу еңістерін немесе бөлшектердің конустығын көздеу қажет;

– жабдықтың және қатайтылатын материалдың өлшемдерін өзгертудің термиялық коэффициенттерін ескеру қажет;

– ең қарапайым жабдықты пайдалану үшін қосқыш жазықтықтарының саны ең аз болуы керек;

– біркелкі шөгуді қамтамасыз ету, қисаюды және қисаюды жою үшін қима бөліктерінің қалыңдығы мен үлкен қалыңдығы бойынша күрт ауысулары болмауы керек;

– әрлеу өлшемдері оны қалыптастырғаннан кейін терілген пакеттің өлшемдерінің өзгеруін ескере отырып берілуі керек.

Сайып келгенде оңтайлы ПКМ таңдауға екі фактор әсер етеді:

- оның сапасын сипаттайтын қосылыстың пайдалану сенімділігі;

- өзіндік құн арқылы бағаланатын экономикалық орындылық.

ПКМ кейбір сипаттамаларын анықтаудың ең оңай жолы-қоспалар ережесі (немесе қоспа заңы) деп аталады. Қоспалар ережесіне сәйкес ПКМ нің Белгілі бір сипаттамасы матрицаның осы сипаттамасының оның көлемдік үлесіне және толтырғыштың берілген сипаттамасының оның көлемдік үлесіне көбейтінділерінің қосындысы ретінде анықталады.

Қоспалар ережесі анықтау үшін орындалады:

– бойлық серпімділік модулі;

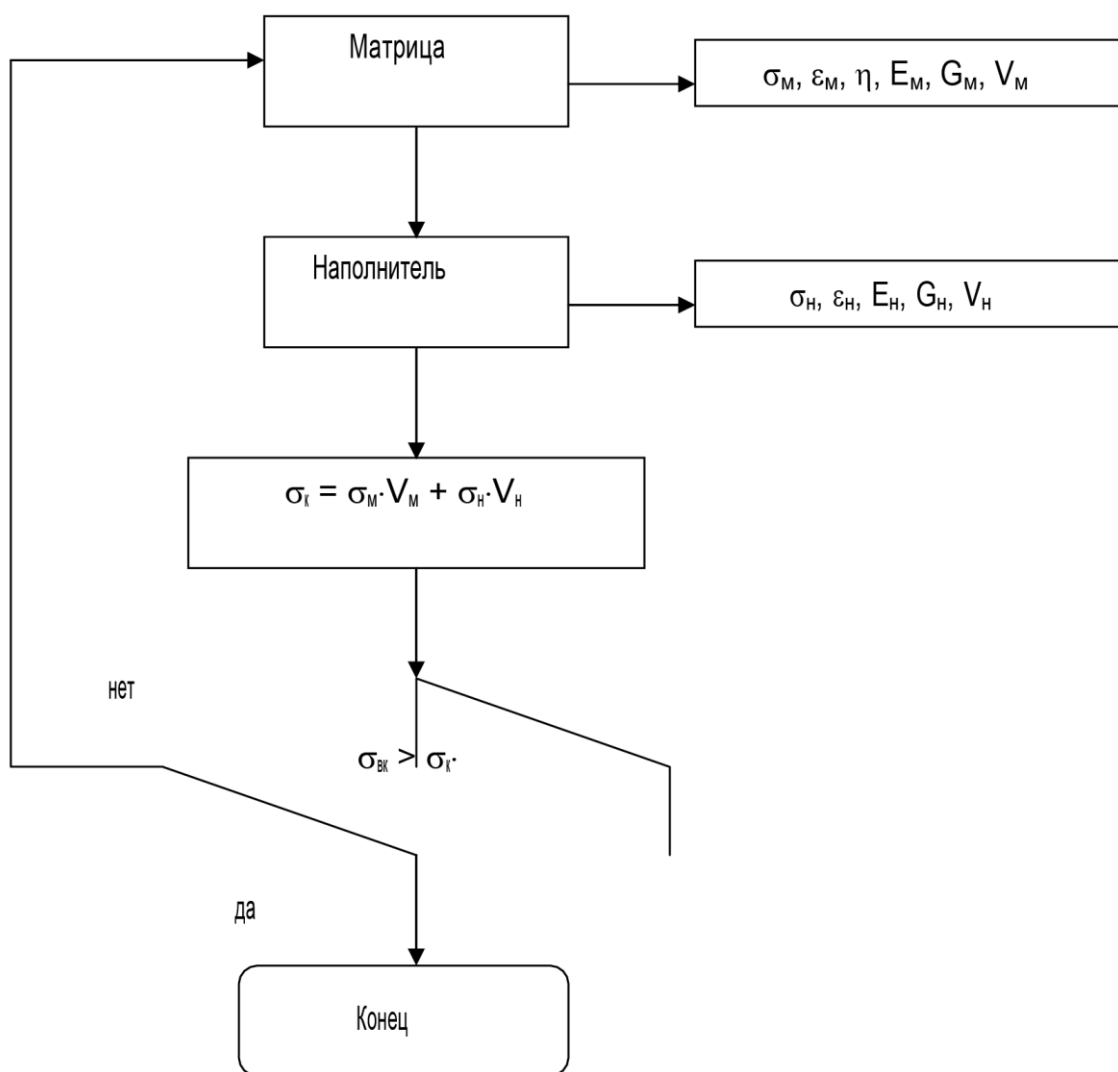
– талшық жазықтығындағы бір бағытты материалдың сдысу модулі;

- бойлық созылу кезіндегі беріктік;
- тығыздықтар.

Қоспалар ережесі анықтау үшін орындалмайды:

- көлденең серпімділік модулі (ол матрицамен және оның көлемдік мазмұнымен анықталады);
- қаттылық
- көлденең созылу беріктігі (ол матрицаның беріктігімен анықталады);
- продысу жүктемесі болған кезде бойлық сдысу кезіндегі беріктік
- талшықтарға параллель қолданылады (ол матрица-талшықтың адгезиялық беріктігімен анықталады);
- қысқа талшықтардың төмен концентрациясында.

Мысал ретінде матрица-толтырғыш интерфейсінің тиімділігін бағалау үшін қоспалар Ережесін қолдануды қарастырыңыз. Бағалауды "ажырату кезіндегі беріктік шегі" параметрі бойынша жүргізу ұсынылады (сурет. 2.2).



Сурет. 2. Фазааралық өзара әрекеттесу шамасын бағалау алгоритмі "толтырғыш матрица"

Егер алынған ПКМ үшін ВК сынуы кезінде беріктік шегі матрица мен толтырғыш арасындағы адгезия мен шекаралық қабаттардың болуын

ескермейтін қоспалар ережесі бойынша анықталған ұқсас сипаттамадан үлкен болса, онда мұндай өзара әрекеттесу орын алады. Жыртылған кезде беріктіктің орнына сдысу кезінде беріктік шегі де қолданылуы мүмкін.

Бақылау сұрақтары мен тапсырмалары

1. ПКМ-ден машина бөлшектерін жасау кезіндегі әрекеттер тізбегін көрсетіңіз.
2. Бірыңғай конструкторлық-технологиялық шешім ұғымы нені қамтиды?
3. Қоспалар ережесін (қоспалар Заңы) анықтаңыз. ПКМ-нің қандай сипаттамаларын анықтау үшін қоспалар ережесін қолдануға болады, ал қайсысы үшін қолдануға болмайды?
4. Машина бөлшектерін өндіру үшін ПКМ құру кезінде байланыстырғышты таңдау қандай факторлармен анықталады?
5. ПКМ машиналарының бөлшектерін жасау кезінде термопластикалық байланыстырғыштарды қолданудың ерекшелігі неде? Машина құрылымында термопластикалық байланыстырғыштардың негізгі түрлері қандай?
6. ПКМ машиналарының бөлшектерін өндіруде терморреакциялық байланыстырғыштарды қолданудың ерекшелігі неде? Машина құрылымында терморреактивті байланыстырғыштардың негізгі түрлері қандай?
7. Машина бөлшектерін өндіру үшін ПКМ құру кезінде толтырғышты таңдау қандай факторлармен анықталады?

Дәріс 3

ҚҰРАМЫНДА ТАЛШЫҚТЫ ТОЛТЫРҒЫШТАР БАР ПҚМ МАШИНАЛАРЫНЫҢ БӨЛШЕКТЕРІН ӨНДІРУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ

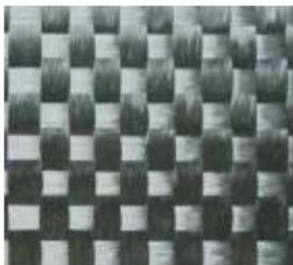
Грекше технология-бұл заттарды жасау шеберлігі (техне – шеберлік, логос – ілім). Егер сіз жалпы түрде қарасаңыз, онда технология-бұл өңделетін объектілерде сапалы өзгеріс болатын өндірістік процестерді жүргізу әдістері мен құралдары туралы білімнің жиынтығы.

Талшықты толтырғыштары бар ПҚМ машиналарының бөлшектерін дайындаудың технологиялық әдістерінің жіктелуі.

Талшықты толтырғыштары бар ПҚМ машиналарының бөлшектерін өндіру процестері көптеген салалық ерекшеліктерге ие.

Шартты түрде, босату формасына байланысты барлық талшықты толтырғыштарды 3 топқа бөлуге болады (сурет. 1):

- әр түрлі тоқыма бұйымдары болуы мүмкін маталар (соның ішінде таспалар мен төсеніштер);
- үздіксіз талшықтар (соның ішінде жіп);
- ұзындығы әртүрлі болуы мүмкін туралған (кейде қысқа деп аталады) талшықтар.



а)



б)



в)

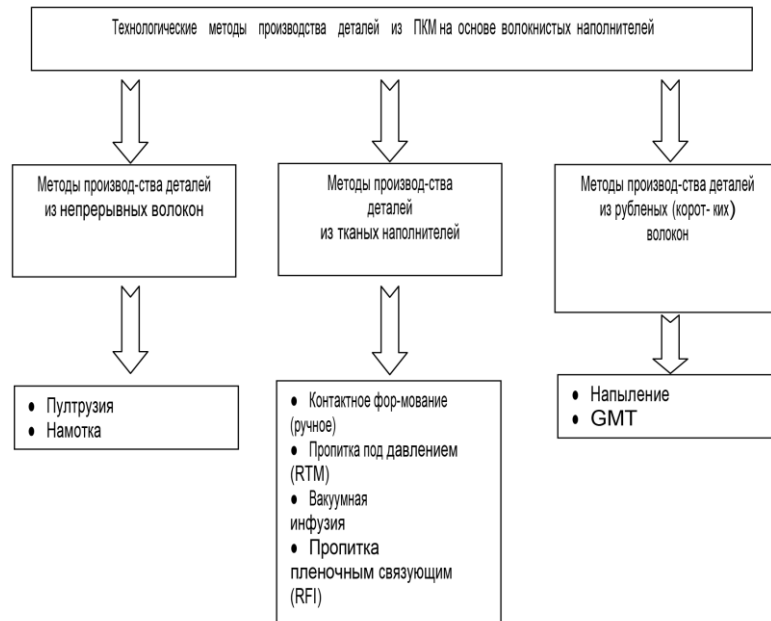


г)

Сурет. 1. Талшықты толтырғыштардың түрлері: маталар (а), үздіксіз талшықтар (б), таспалар (в), шабылған талшықтар (г)

Машина бөлшектерін өндіру кезінде әртүрлі маркадағы шыны және көміртекті талшықтар негізінде талшықты толтырғыштар неғұрлым көп қолданылады..

Құрамында талшықты толтырғыштары бар ПҚМ машиналарының бөлшектерін өндіру процестері толтырғышты шығару нысанына және пайдаланылатын байланыстырғыштың түріне айтарлықтай тәуелді болады. 3.2-суретте талшықты толтырғыштар негізінде ПҚМ машиналарының бөлшектерін өндірудің технологиялық әдістерінің жіктелуі келтірілген.



Сурет. 2. Талшықты толтырғыштар негізінде ПКМ машиналарының бөлшектерін өндірудің технологиялық әдістерін жіктеу

Машина жасауда мата толтырғыштардан бұйымдар дайындау кезінде контактілі қалыптау (оның ішінде қолмен), қысыммен сіндіру, вакуумдық инфузия және пленкалы байланыстырғышпен сіндіру сияқты әдістер қолданылады.

Осы әдістердің бір-бірінен негізгі айырмашылығы байланыстырушы.

Үздіксіз талшықтардан бұйымдар дайындау кезінде машина жасауда пултрузия және орау сияқты әдістер қолданылады.

Ұсақталған талшықтардан бұйымдар дайындау кезінде машина жасауда тозандандыру және GMT (Glass-Mat Thermoplastic - термопластикалық байланыстырғышы бар табақты шыны пластикті алу технологиясы) сияқты әдістер қолданылады..

3.1-кестеде полиэфирлі байланыстырғыштардың негізінде шыны пластиктерден жасалған бөлшектердің қасиеттеріне дайындау технологиясының әсері көрсетілген.

Өз кезегінде мата толтырғыштардан машина бөлшектерін өндірудің технологиялық әдістері:

препрегілерден қалыптау әдістері;

дайындалмаған (алдын ала сіңірілмеген) мата толтырғыштардан тікелей қалыптау әдістері.

Машина бөлшектерін препрегілерден қалыптау кезінде бастапқыда препрег дайындалады, одан әрі жабдыққа салу әдісімен берілген арматуралау схемасы бар матадан берілген қалыңдық пакетін жинайды. Қорытындысында берілген температура, қысым және уақыт кезінде қатаю процесін жүргізеді.

Дайындалмаған мата толтырғыштардан машина бөлшектерін қалыптау кезінде құрғақ матадан бастапқыда жабдыққа салу әдісімен берілген арматуралау схемасы бар берілген қалыңдықтағы маталар пакетін жинайды. Бұдан әрі RTM немесе инфузия әдістерімен матаны байланыстырғышпен сіндіреді. Қорытындысында бекіту үдерісін жүргізеді.

Таблица 1

Свойства деталей из стеклопластиков, полученных различными методами

Көрсеткіш	дайындау технологиясы		
	тозаңдану	Препрегтерден контактілік пішімдеу	орау
Толтырғыштың мазмұны, %	15	40	75
Талшық ұзындығы, мм	6,3	38	үздіксіз
Тығыздығы, кг/м ³	1800	1700	2000
Бұзатын кернеу, МПа:			
созылған кезде	34,5	137	1379
бүгілгенде	69	139	1723
қысу кезінде	138	193	448
Созылу кезіндегі серпімділік модулі, ГПа	11	12,4	41,3
Кесілген үлгілердің Изоды бойынша соққы тұтқырлығы, кДж/м	0,11	1,07	2,67
Жүктеме кезіндегі деформациялық жылуға төзімділік 1,82 МПа, °С	180	205	200

Қазіргі уақытта, көптеген салаларда ПКМ конструкцияларының элементтерін қазіргі заманғы өндіру едәуір дәрежеде бұйымдарды дайындаудың алдын ала шектелген технологиясына бағдарланады. ПКМ машиналарының бөлшектерін өндіру кезінде екі технология да іс жүзінде бірдей таралған (алдын ала шектелген және дайындалмаған маталардан жасалған).

Мата толтырғышты дайындаудың технологиялық әдістері

ПКМ беріктік сипаттамалары көбінесе байланыстырғышпен толтырғышты сулау сапасына - толтырғыштың беті бойынша полимердің ағуына байланысты (ағу - бұл сұйықтықтың қатты беті бойынша өздігінен ағу процесі). Шектелген сулануы (бұл кезде суланудың шеткі бұрышы біртіндеп азаяды) және толық сулануы (бұл кезде тамшы жазық қабатқа ағады (суланудың шеткі бұрышының мәні іс жүзінде нөлге тең).

Ағудан айырмашылығы, сулану - бұл үш жанасатын фазадан тұратын жүйенің еркін энергиясын өздігінен азайту процесі.

Жоғарыда атап өтілгендей талшықты толтырғыштарда жақсы сулануға кедергі келтіретін бірқатар беттік және құрылымдық ақаулар бар.

Беттік ақауларға ылғалдың, майлағыштардың және басқа да ластанулардың іздері жатады. Беттік ақаулардың болуы талшық пен байланыстырушының адгезиялық өзара іс-қимылының шамасына теріс әсер етеді, сондай-ақ ПКМ бөлшектерінің кеуектілігінің ұлғаюына әкеледі.

Құрылымдық ақауларға әртүрлі жарықтар, тесіктер, ағындар, ыстыққа төзімді қосулар және басқа да құрылымдық біртекті еместіктер жатады. Құрылымдық ақаулар композиттің деформацияға төзімді қасиеттерінің төмендеуіне әкеледі.

Машина жасауда беткі ақауларды жою үшін шлихталау (шлихтаны және табиғи қоспалардың бөліктерін жою) және күйдіру технологиясы

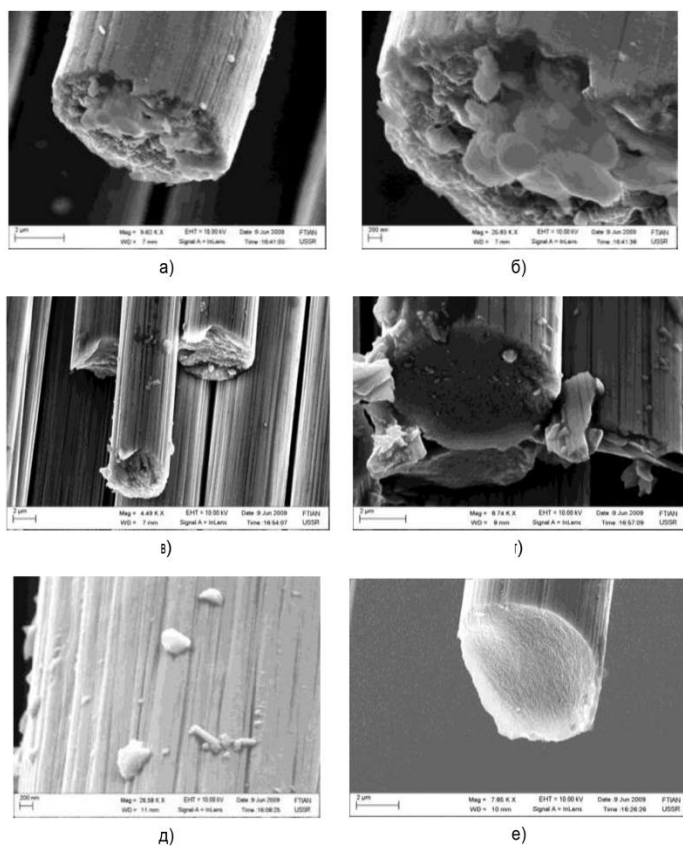
пайдаланылады.

Шихталау - бұл мата толтырғыштан адсорбцияланған ылғалды кетіру үшін термиялық қыздыру процесі. Бұл технология кеуектілікті азайтуға мүмкіндік береді.

ПКМ-дан жауапты бөлшектерді өндіру үшін, әдетте, күйдірілген талшықтар пайдаланылады. Күйдіру технологиясы шыны талшықтардың құрылымдық ақауларының санын барынша азайтуға және сол арқылы ПКМ-дан жасалған дайын бұйымның пайдалану сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік береді. 3.3-суретте. 450 ° С (в, г) температурада күйдірілген және 1800 ° С (д, е) температурада күйдірілген УТ-900 маркалы көміртегі талшығы құрылымының бастапқы жай-күйіндегі (күйдірілмеген) (а, б) фотосуреттері келтірілген.

Бұдан басқа, ПКМ бөлшектерін өндіру үшін мата толтырғыштарды дайындау кезінде машина жасауда алаңдау технологиясы кеңінен қолданылады..

Тегістеу - бұл талшықты ені бойынша тегістеу технологиясы. Бастапқы талшық – диаметрі 6 мм, тегістеуден кейін 20 мм-ге дейін ұлғаюы мүмкін.бұл технология матадағы талшықтардың санын азайтуға мүмкіндік береді, бұл толтырғыштардың құнын төмендетеді. Нәтижесінде, плащ маталарынан жасалған бұйымдардың массасы аз болады. Сіңіруге дейін және кейін әртүрлі маркалы көміртекті талшықтардың бетін сканерлеу фотосуреті суретте көрсетілген. 3.4.



Сурет. 3. УТ-900 маркалы көміртекті талшық құрылымының фотосуреті: а), б) күйдірілмеген; в), г) 450°С температурада күйдірілген; д), е) 1800°С температурада күйдірілген

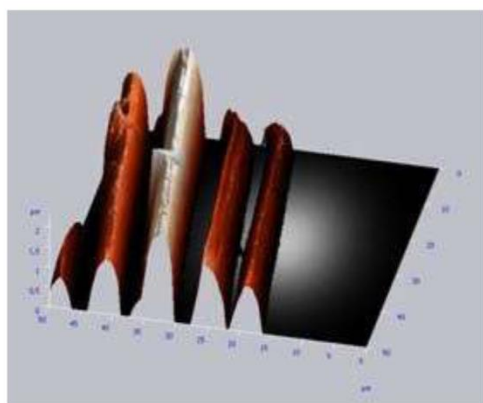
Бұл фотосуреттерде күйдіру температурасы жоғарылаған кезде талшықтың құрылымы қалай өзгередіні (құрылымдық ақаулар жоғалады) айқын көрінеді.

Бұл технологиялардың негізгі кемшілігі арнайы қымбат жабдықты пайдалану қажеттілігі болып табылады.

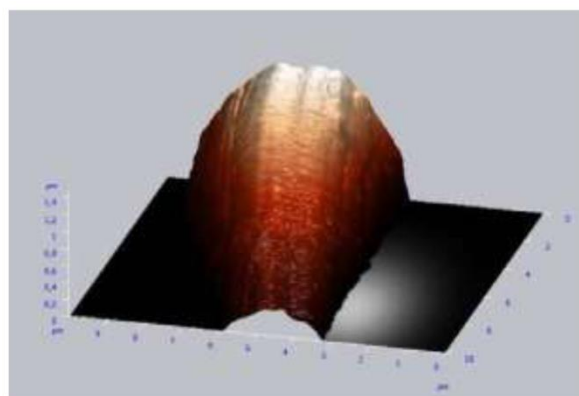
ПКМ адгезиясының беріктігін арттыру үшін аппреттер қолданылады. Аппрет-бұл арнайы жабын (шекаралық қабаттың құрылымын, қасиеттерін және ұзындығын анықтайды). Әдетте, аппараттың қалыңдығы шамамен 3 мкм құрайды (талшықты толтырғыштың массасы шамамен 2.2,5% - ға артады) [19]. Егер аппреттің қалыңдығы аз болса, онда оның пластикалық ағыны жүзеге асырылуына уақыт жоқ, ал байланыстырғыш аппрет қабатымен бірге талшықтан шығады. Егер аппреттің қалыңдығы тым үлкен болса, онда ПКМ беріктігі төмендейді, өйткені оның барлық қасиеттері байланыстырғышқа қарағанда нашар (кернеуді бұзатын модуль және т. б.).

Машина жасауда қолданылатын аппараттар келесі талаптарды қанағаттандыруы керек:

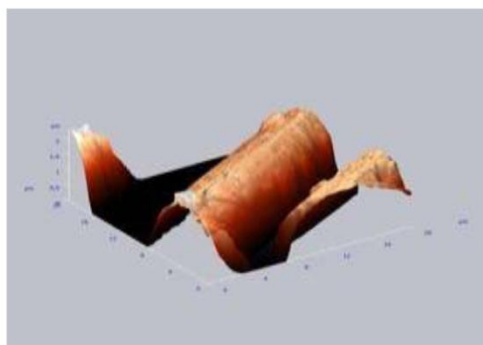
- қалдық кернеулер деңгейінің төмендеуін қамтамасыз ету (байланыстырғыштың шөгуін азайту арқылы);
- толтырғыш бетінің толық сулануын қамтамасыз ету;
- микрокректерден су мен ауаның буын шығару;
- толтырғыштың беткі қабатындағы микро ақауларды толтыру.



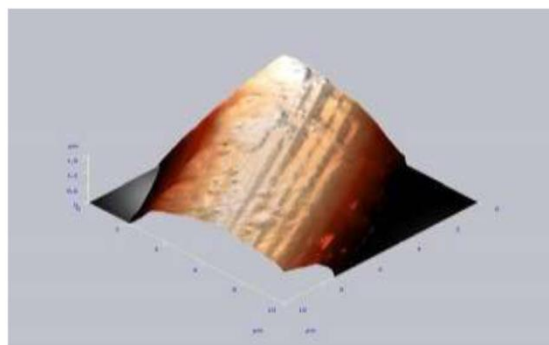
а)



б)



в)



г)

Сурет. 4. Элур-П және УТ-900-2,5 маркалы көміртекті талшықтың бетін жазықтыққа дейін (А, в) және кейін (б, г) сканерлеу фотосуреті

Аппреттер қолданылатын толтырғыш пен байланыстырғыштың

қасиеттеріне байланысты таңдалады. 3.2-кестеде аппреттеудің (а1100 маркалы кремний органикалық аппреті) ПКМ механикалық қасиеттеріне (байланыстырғыш – пластификацияланған ПВХ; толтырғыш – 50% дала шпаты)әсері көрсетілген.

Жоғарыда келтірілген мәліметтер беттік өңдеуден өткен толтырғышты қолданған кезде (аппретті қолдана отырып) ПКМ механикалық сипаттамалары айтарлықтай жақсаратынын көрсетеді.

Кесте 2 Аппретирлеудің ПКМ механикалық қасиеттеріне әсері (байланыстырғыш-пластификацияланған ПВХ; толтырғыш-50% дала шпаты)

ПКМ	Үзілген кездегі беріктігі, МПа	Үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзарту, %	Бөліну кедергісі, МН/м
Аппретсіз	17,6	170	0,075
Аппретпен өңделген	22,5	125	0,090

Машина жасауда аппрет ретінде органикалық функционалды силандар кеңінен қолданылды. Бұл қосылыстар өз құрылымында органикалық топтың функционалдығын және кремниймен байланысты алкоксисилилді топтың органикалық емес функционалдығын үйлестіреді. Осы ерекшелікке байланысты органоалкоксисиландарды органикалық полимерлер мен органикалық емес материалдарды (мысалы, шыны талшығы) біріктіретін көпіршелер - адгезия промоуторлары ретінде қолдануға болады.

Препрегтерді жасаудың технологиялық әдістері

Бұдан әрі қатаюды талап ететін және ПКМ-дан жасалған бұйымға қайта өңделетін арматураланатын матадан немесе таспадан және байланыстырушыдан тұратын қалыптау композициясы препрегі деп аталады. Қарапайым сөзбен айтқанда, препрег - жартылай фабрикат. Бұйымдағы байланыстырғыштың препрегтерден қатаюы қалыптау кезінде болады.

Препрегтерден қолмен немесе механикаландырылған тәсілмен талшықты толтырғышты бағдарлаудың берілген схемасы бар дайындамаларды жинайды, содан кейін олар белгіленген нысандағы және мөлшердегі бұйымдарды қалыптастырады және алады. Қалыптау процесінде байланыстырғыштың қатаю процесі жүреді және ол сұйық күйден қатты күйге ауысады. Толық салқындатылғаннан кейін (бұл процесс қалыптау жүргізілген жабдықта өтеді) дайын бөлшекті ПКМ-дан алады.

Бақылау сұрақтары мен тапсырмалары

1. ПКМ-дан машина бөлшектерін жасау кезіндегі әрекеттер тізбегін көрсетіңіз.
2. Бірыңғай конструкторлық-технологиялық шешім ұғымы нені қамтиды?
3. Қоспалардың ережесін анықтаңыз (аддитивтілік заңы). ПКМ қандай сипаттамаларын анықтау үшін қоспалар ережесін пайдалана алады, ал қайсысы үшін пайдаланылмайды?
4. Машина бөлшектерін өндіру үшін ПКМ жасау кезінде байланыстырушыны таңдау қандай факторлармен айқындалады?
5. ПКМ машиналарының бөлшектерін дайындау кезінде термопластикалық байланыстырғыштарды пайдалану ерекшелігі неде? Машина құрылысында

термопластикалық байланыстырғыштардың негізгі түрлері қандай?

6. ПКМ машиналарының бөлшектерін дайындау кезінде терморреактивті байланыстырғыштарды пайдалану ерекшелігі неде? Машина құрылысында терморреактивті байланыстырғыштардың негізгі түрлері қандай?

7. Машина бөлшектерін өндіру үшін ПКМ жасау кезінде толтырғышты таңдау қандай факторлармен анықталады?

8. Қандай критерийлік белгілер бойынша жіктеу

машина жасауда пайдаланылатын талшықты толтырғыштарды салу керек пе?

Талшықты толымдауыштарды таңдау кезінде қандай факторларды ескеру қажет?

Дәріс 4

ҚҰРАМЫНДА ДИСПЕРСТІ ТОЛТЫРҒЫШТАРЫ БАР ПҚМ МАШИНАЛАРЫНЫҢ БӨЛШЕКТЕРІН ӨНДІРУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ

Машина бөлшектерін өндіруде дисперсті толтырылған ПҚМ құрудың екі негізгі принципін бөлуге болады.

Бірінші жағдайда дисперсті толтырғыш көмекші материал ретінде пайдаланылады, бұл мүмкіндік береді:

- алынған бөлшектердің құнын төмендету;
- өнімділік қасиеттерінің берілген жиынтығы бар материалдарды жасау.

Екінші жағдайда толтырғыш негізгі материал ретінде әрекет ете алады, ал полимер көмекші материал ретінде пайдаланылады, тек байланыстырғыш ретінде (бұл жоғары толтырылған материалдарға тән). Бұл сонымен қатар өнімділік қасиеттерінің берілген жиынтығы бар материалдарды жасауға мүмкіндік береді (мысалы, абразивті материалдар).

Дисперсті толтырғыштары бар ПҚМ машиналарының бөлшектерін дайындаудың технологиялық әдістерінің жіктелуі

Дисперсті толтырылған компьютерлерден машина бөлшектерін жасау технологиясын таңдау келесі факторларға байланысты.

Қолданылатын байланыстырғыштың қасиеттері (физикалық жағдайы, тұтқырлығы (немесе балқыманың кірістілік индексі), ылғалдылығы, балқу температурасы, балқымалардың (ерітінділердің) термиялық тұрақтылығы, шөгуі және т. б.

Өндіріс түрі (бір, шағын сериялы, орта сериялы, жаппай).

Жасалған бөліктің өлшемдері мен геометриялық ерекшеліктері.

Өндірістің жарақтандырылуы (қолда бар технологиялық жабдық).

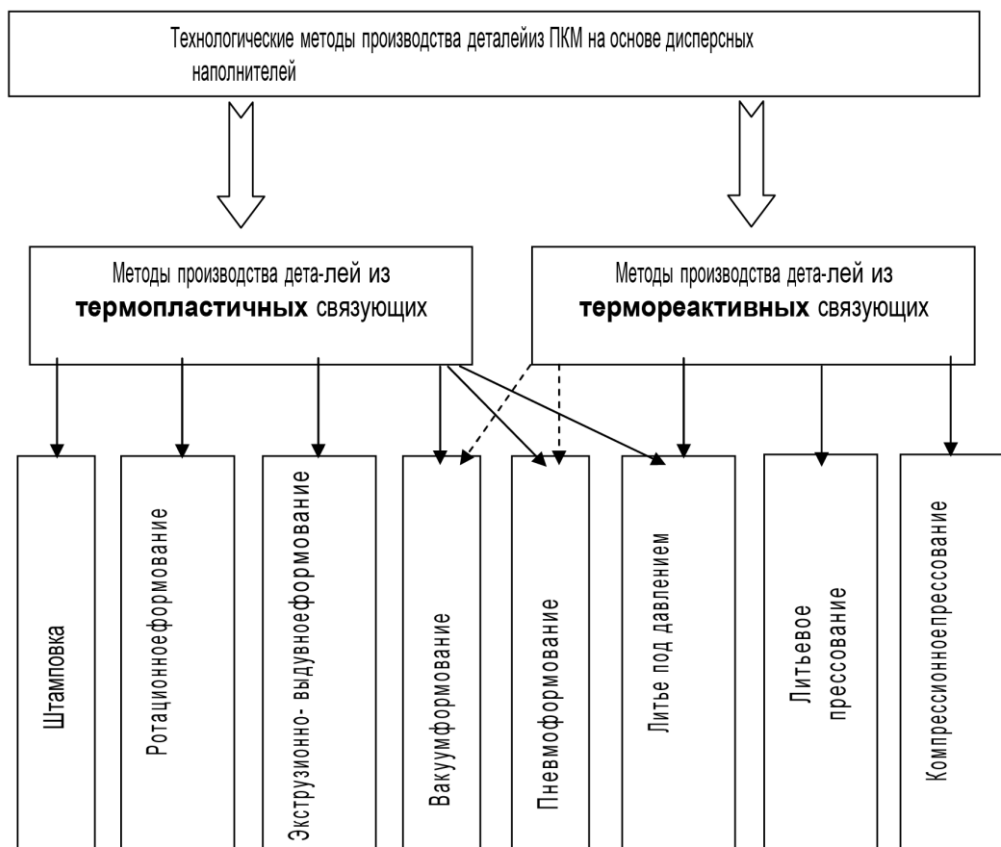
Экономикалық факторлар.

1-суретте құрамында дисперсті толтырғыштары бар ПҚМ машиналарының бөлшектерін өндірудің технологиялық әдістерінің жіктелуі келтірілген (машина жасауда пайдаланылатын әдістер ғана көрсетілген).

Құрамында дисперсті толтырғыштары бар ПҚМ машиналарының бөлшектерін өндірудің технологиялық әдістері бірінші кезекте байланыстырушының химиялық табиғатымен анықталады. Терморективті және термопластикалық полимерлер негізінде ПҚМ -дан бұйымдар алу кезінде болатын процестердің әртүрлі сипаты осы полимерлерден бөлшектер дайындау технологиясына қойылатын талаптарда айырмашылықтарға себепші болады.

Термопластикалық байланыстырғыштарды пайдалану кезінде мынадай әдістер неғұрлым көп қолданылады:

- қысыммен құю;
- қалыптау;
- экструзиялық-үрлемелі қалыптау;
- ротациялық қалыптастыру;
- пневматикалық қалыптау;
- вакуумдау.



Сурет..1. Құрамында дисперсті толтырғыштары бар ПКМ машиналарының бөлшектерін өндірудің технологиялық әдістерін жіктеу (кеңінен пайдаланылады; шектеулермен пайдаланылады)

- Термореактивті байланыстырғыштарды пайдалану кезінде мынадай әдістер неғұрлым көп қолданылады:
- қысыммен құю;
- құйма сығымдау (оны трансферлік сығымдау деп те атайды);
- компрессиялық сығымдау.

Бұдан басқа, кейбір жағдайларда пневматикалық және вакуумдық қалыптау әдістері термореактивті байланыстырғыштар негізінде ПКМ машиналарының бөлшектерін дайындау кезінде де пайдаланылуы мүмкін.

Бірдей шикізаттан дайындалған бұйымдардың қасиеттері қолданылатын қалыптау технологиясына байланысты айтарлықтай ерекшеленуі мүмкін. 4.1-кестеде әртүрлі технологиялардың слюдамен толтырылған термопласттардың беріктік сипаттамаларына әсері көрсетілген (50 мас. с).

Дисперсті толтырғыштарды пайдалану кезінде әрбір полимер-толтырғыш жүйесінің өзіндік ерекшеліктері бар, бұл олардың бөлшектерін өндірудің үлгілік технологиялық процестерін әзірлеу бойынша жалпы ұсынымдарды әзірлеуге мүмкіндік бермейді.

1-кесте ПКМ бөлшектерінің механикалық қасиеттеріне дайындау технологиясының әсері

Материал	Штамптау		Қысыммен құю	
	Иілу кезіндегі серпімділік модулі, ГПа	Иілу кезіндегі бұзу кернеуі, МПа	Иілу кезіндегі серпімділік модулі, ГПа	Иілу кезіндегі бұзу кернеуі, МПа
АБС–пластик	41,6	154	36,9	105

Полистирол	41,3	123	36,9	114
Полипропилен	37,9	172	26,9	86,1

Дисперсті толтырылған ПКМ бөлшектерін өндірудің келесі жалпы ерекшеліктерін ажыратуға болады.

Термопластикалық полимердегі толтырғыштың біркелкі таралуы көбінесе пішінді толтыру кезінде балқу ағынының сипатына байланысты, ол өз кезегінде материалдың әр партиясы үшін жеке болатын молекулалық–массалық таралумен анықталады.

Нысанды толтыру кезінде бір мезгілде ағыстың үш түрі (жылжымалы, конвергентті және дивергентті) орын алады. Жылжымалы ағым кезінде толтырғыш бөлшектерінің бағытын ажырату жүргізіледі, конвергентті ағым кезінде толтырғыш бөлшектері негізгі ағын осінің бойымен, ал дивергентті ағым кезінде - көлденең бағдарланады.

Термопластикалық полимердегі толтырғыштың біркелкі таралуы көбінесе форманың геометриясына байланысты.

Барлық терморективті полимерлердің қатқаннан кейін бөлшектің бүкіл өмірлік циклі ішінде өзгертін динамикалық жүйе болып табылатын гетерогенді микроструктуралары болады.

Нысанды толтыру қабатты сипатта болады, бұл алынатын бөлшектің қасиеттеріне әсер етеді.

Термопластикалық байланыстырғыштардың негізінде дисперсті-толтырылған ПКМ машиналарының бөлшектерін өндірудің технологиялық әдістері

Машина бөлшектерін өндіру кезінде пайдаланылатын термопластикалық дисперсті-толтырылған материалдарды шартты түрде бірнеше сыныптарға бөлуге болады (4.2-кесте):

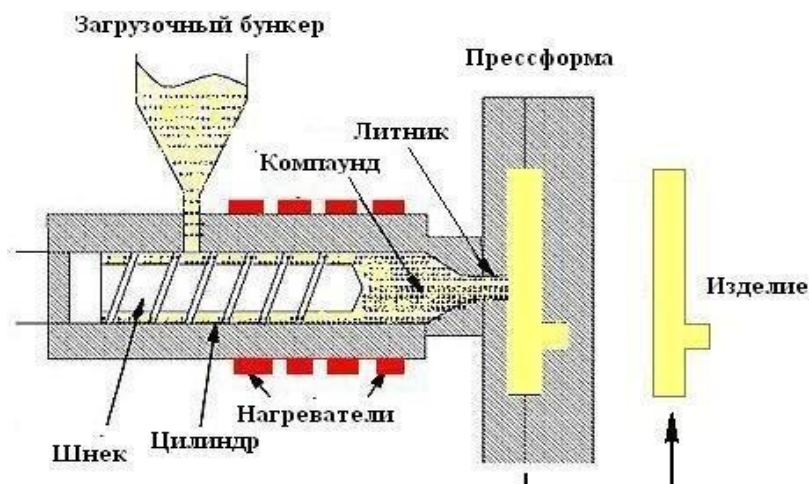
- жалпы техникалық және инженерлік мақсаттағы пластмассалар;
- конструкциялық пластиктер;
- арнайы мақсаттағы пластиктер.

2-кесте Машина бөлшектерін өндіру кезінде пайдаланылатын термопластикалық материалдардың негізгі сыныптары

Тағайындау	Материалдар	Жұмыс температурасының ең жоғарғы мәні, °С
Жалпы техникалық мақсаттағы пластмассалар	Полиэтилен Полистирол Полиакрилат	+80
Инженерлік-техникалық мақсаттағы пластмассалар	Полиамид Поликарбонат Полиацеталь	+150
Конструкциялық пластиктер	Полиимид Полисульфон Полиарилат Фторполимер	+200
Арнайы мақсаттағы пластиктер	–	+80...+200

Термопластикалық полимерлер мен дисперсті толтырғыштар негізінде ПКМ машиналарының бөлшектерін өндіру әдістерін егжей-тегжейлі қарайық.

Қысыммен құю термопластикалық байланыстырғыштар негізінде дисперсті-толтырылған ПКМ машиналарының бөлшектерін өндірудің кең таралған әдісі болып табылады.



Сурет..2. Қысыммен құю әдісімен термопластикалық байланыстырғыштар негізінде ПБМ бөлшектерін жасау схемасы

Бұл әдіс кезінде полимердің алдын ала дайындалған балқымасы тиеу бункері арқылы құю машинасының материалдық цилиндріне беріледі, онда ол қыздырылады және жинақталады. Содан кейін дайындалған полимер балқымасы пресс-қалыпқа беріледі, онда ол дайын бұйымның пайда болуымен салқындатылады (2-сурет). ПКМ қатаю процесі аяқталғаннан кейін пішін ажыратылады және одан дайын бұйым алынады.

Бұл технология әр түрлі геометриялық формадағы бөлшектерді жасауға мүмкіндік береді.

Термопластикалық полимерлерден бөлшектер өндіру үшін пайдаланылатын құю машиналары термопластавттар деп аталады (3-сурет). Термопластардан бұйымдар өндіру кезінде пайдаланылатын құю формаларының принципті айырмашылығы олардың салқындату құрылғылары болуы болып табылады, ал реактопластардан бұйымдар өндіру кезінде олар қыздыру камераларымен жабдықталады. Бұйымды қалыптауға арналған машинаны таңдау кезінде полимер балқымасының көлемін және пішіннің түйісу күшін ескеру қажет (пішінді балқымамен толтыру процесінде тұйықталған күйде ұстау үшін қажетті).

Құю қысымы бірқатар параметрлерге байланысты: полимер балқымасының тұтқырлығы, құю формасының конструкциясы, құю жүйесінің өлшемдері және қалыпталатын бұйымдар. Полимерді балқымамен толтыру кезінде құю нысанындағы қысым біртіндеп жоғарылайды (қысым астында ұстау соңында ол құю қысымының 30... 50% -на жетеді) және балқыманың жоғары тұтқырлығы және салқындату немесе қатаю кезінде оның тез өсуі салдарынан ресімдеуші қуыстың ұзындығы бойынша біркелкі бөлінбейді. Құю қысымының ұлғаюы (500 МПа дейін) материалды нығайтуға ықпал етеді және бөлшектердің өлшемдерін неғұрлым дәл жаңғыртуды қамтамасыз етеді (материалдағы қалдық кернеуді азайту және кристалданатын полимерлердің бағдарлау дәрежесін ұлғайту есебінен).



Сурет. 3. ПКМ бөлшектерін өндіруге арналған құю машинасының сыртқы түрі

Қысыммен құю технологиясының негізгі артықшылықтары:

- жоғары дәлдік және өнімділік;
- қол еңбегінің төмен шығындары;
- полимердің типтері (химиялық табиғаты) бойынша әмбебаптығы;
- әртүрлі геометриялық формадағы және массадағы бөлшектерді дайындау мүмкіндігі.

Қысыммен құюдың кемшіліктері:

- нысандардың жоғары құны;
- бөлшектердің габариттік өлшемдеріне шектеулердің болуы;
- жабдықтың жоғары құны.

Қысыммен құю әдісімен термопластикалық байланыстырғыштар негізінде бөлшектерді дайындау кезінде мынадай ақаулар жиі кездеседі:

- номиналды өлшемнен және берілген пішіннен ауытқу (бұйымның толық ресімделмеуі, пішіннің түйісу орнында граттың пайда болуы);
- ісіну, қуыстар, отыратын раковиналар;
- үстіңгі сызаттар, тәуекелдер, сызаттар, толқындылық.

Қысыммен құю әдісімен термопластикалық байланыстырғыштар негізінде бөлшектерді дайындау кезінде технологиялық ақауларды барынша азайту үшін мынадай негізгі параметрлерді бақылау қажет:

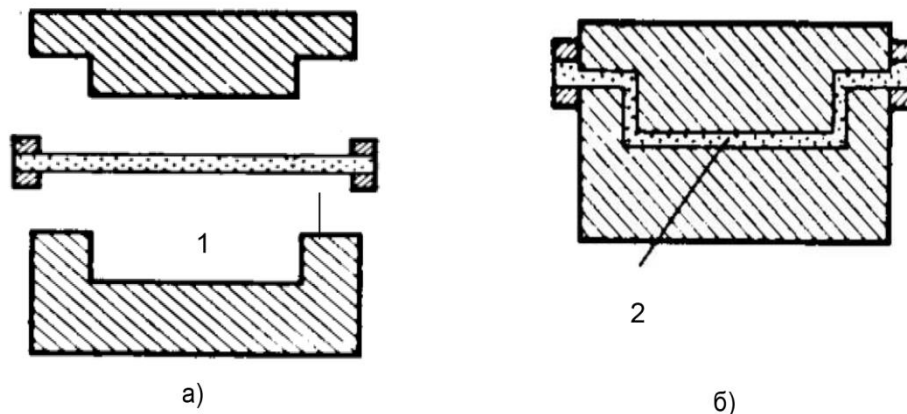
- шикізатты мөлшерлеу дәлдігі;
- бөлшектерді құю және салқындату процесінде құю формасының температурасын (формасы бойынша температураны бөлу);
- полимер балқымасының температурасы және оның тұтқырлығы;
- құю қысымы;
- бұрқу жылдамдығы;
- пішіннің, құю және тарату арналарының тазалығын;
- пішінді желдету.

Штамптау таратылуы бойынша термопластикалық байланыстырғыштардың негізінде дисперсті-толтырылған ПКМ машиналарының бөлшектерін өндірудің келесі әдісі болып табылады.

Штамптау ауданы 2,5... 3 м² аспайтын, сыртқы бетінің сапасына қойылатын талаптары өте жоғары емес, салыстырмалы жұқа қабырғалы бұйымдарды өндіру кезінде пайдаланылады.

Штамптау әдісімен термопластикалық байланыстырғыштар негізінде ПКМ бөлшектерін жасау схемасы 4-суретте келтірілген. Штамптау кезінде алдын ала қыздырылған дайындама (1) арнайы қалыпта орналастырылады, ол нығыздағышта орнатылады, онда дайын бөлшек алынады (2).

Қалыптау технологиясы жоғары дәлдікпен және өнімділікпен ерекшеленеді.



Сурет4. ПБМ бөлшектерін қалыптау әдісімен (а) дейін және (б) кейін термопластикалық байланыстырғыштар негізінде жасау схемасы: 1 - алдын ала қыздырылған дайындама; 2 - дайын бұйым

Штамптау технологиясының негізгі кемшіліктері:

жарақ пен жабдықтың жоғары құны;
дайындалатын бөлшектердің геометриялық нысанына шектеулердің болуы.

Штамптау әдісімен термопластикалық байланыстырғыштар негізінде бөлшектерді дайындау кезінде сыртқы беттің мынадай ақаулары жиі кездеседі:

- қабыршақтар (қабыршақтар);
- ісіну, қуыстар, қабыршақтану;
- беткі сызаттар, қатерлер, сызаттар.

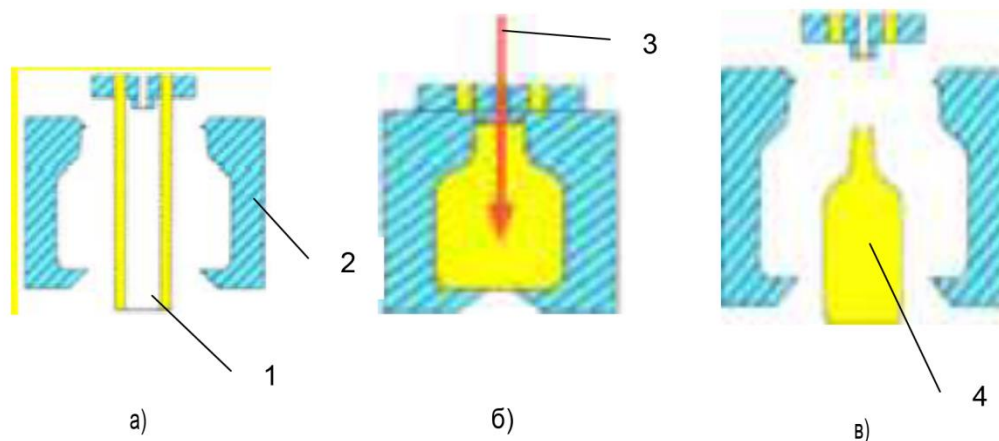
Штамптау әдісімен термопластикалық байланыстырғыштар негізінде бөлшектерді дайындау кезінде технологиялық ақауларды барынша азайту үшін мынадай параметрлерді бақылау қажет:

- дайындаманың көлемдік және салмақтық параметрлері;
- пішін бөліктері арасындағы саңылау (жанасу және таралу кезінде);
- қалыптау күші;
- дайындаманы жылыту температурасы;
- пішіннің тазалығы.

Термопластикалық байланыстырғыштар негізінде дисперсиялық толтырылған ПБМ бөлшектерін экструзиялық-үрлемелі қалыптау қуыс және көлемді бөлшектерді өндіру кезінде пайдаланылады. Осы технология кезінде бастапқыда құбыр дайындамасын алады, содан кейін оны сығылған ауамен үрлейді. Экструзиялық-үрлемелі қалыптау әдісімен термопластикалық байланыстырғыштар негізінде ПБМ бөлшектерін жасау схемасы.5-суретте келтірілген.

Экструдерде бастапқы балқытылған және гомогенделген материал осы сәтте ашық қалыпқа түсетін құбырлы дайындама түрінде бастан төмен

сығылады. Дайындаманың ұзындығы қажетті шамаға жеткеннен кейін жартылай пішіндер жабылады. Пішін жабылғаннан кейін оған дорн немесе ниппель арқылы сығылған ауа беріледі, оның әсерінен жеңнің жұмсартылған материалы пішіннің ішкі қуысының конфигурациясын қабылдайды. ПБМ формасының суық қабырғаларымен жанасу нәтижесінде қатады. Қорытындыда нысан ашылады, дайын бұйым алынады және түпкілікті өңдеуге (су тасқынын жою, қабыршақтарын алу және т.б.) жіберіледі.



Сурет. 5. Экструзиялық-үрлемелі қалыптау әдісімен термопластикалық байланыстырғыштар негізінде ПБМ бөлшектерін жасау схемасы: а - жартылай форманың жанасуы; б - дайындаманы үрлеу және салқындату; в - формаларды ажырату және бұйымды алу. 1 - құбыр дайындамасы; 2 - жартылай нысан; 3 - сығылған ауаны беру; 4 - дайын бұйым

Қалыптау балқымадан жүзеге асырылатын ПКМ-дан бұйымдар алудың көптеген әдістеріне қарағанда, осы технологияның негізінде тек пластикалық қана емес, сонымен қатар полимердің жоғары эластикалық деформациясын пайдалану да жатыр.

Машина жасауда қуыс бұйымдарды экструзионды-үрлемелі қалыптау әдісімен дайындау үшін әдетте диаметрі $D =$

$= 50... 90$ мм. Экструдерге қойылатын негізгі талап біртектілігі жоғары балқыманы алу болып табылады, сондықтан шнектің ұзындығы $15...18D$.

Бөлшектерді экструзиялық-үрлемелі қалыптау әдісімен қалыптау процесі екі сатыдан (ұзақтығы бойынша тең емес) тұрады: дайындаманы сығу (қысқа кезең) және бұйымды қалыптау (ұзын кезең). Сондықтан өнімділікті арттыру үшін агрегаттардың көпшілігі не көп позициялы, бірнеше пішінді (көп сериялы өндіріс кезінде), не екі немесе одан да көп арналы қалыптаушы бастиекпен, кейде әрбір арнада бірнеше мундштуктармен (жеке және ұсақ сериялы өндіріс кезінде) жабдықталады. Бірінші жағдайда бұйымның дайындамасын алу және ресімдеу процестері бытыраңқы және бір нысанда, бірақ агрегаттың әртүрлі позицияларында болады. Ал екінші жағдайда - экструдерден материал бір немесе оған параллель қосылған мундштуктардың тобына мезгіл-мезгіл келіп тұрады, олар арқылы дайындамалар пішінге түседі. Дайын бұйымдарды осы нысанда қалыптау және салқындату уақытында қалғандарына дайындамалар беріледі және қалыптау процесі басталады. Ол үшін жартылай пішіндердің жетегімен қосылған арнайы кран балқыма ағынын қалыптастырушы бастиекке апаратын каналдардың әрқайсысына кезекпен бағыттайды. Агрегаттың қалыпты жұмысы үшін барлық дайындамаларды сығу жылдамдығы бірдей болуы тиіс, өйткені барлық нысандардың тұйықталуы бір мезгілде болады.

Болашақ бөлшектің және пайдаланылатын жабдықтың конструкциясына байланысты бұйымды қалыптау үшін сығылған ауаны беру дорн арқылы жоғарыдан немесе арнайы ниппель арқылы төменнен жүргізілуі мүмкін.

Экструзиялық-үрлемелі қалыптау технологиясы жоғары өнімділігімен ерекшеленеді.

Бұл технологияның негізгі кемшіліктері:

- жабдықтар мен жабдықтардың жоғары құны;
- дайын өнімдер қосымша өндеуді қажет етеді, өйткені соңғы қабырғаларда (кейде бүйірлерінде) қалыптың бүйірімен Сығылған артық материал бар.

Экструзиялық үрлеу әдісімен термопластикалық байланыстырғыштарға негізделген бөлшектерді өндіруде ішкі және сыртқы беттің келесі ақаулары жиі кездеседі:

- ішкі беттің кедір-бұдырлығы;
- толқындар, бойлық және концентрлік қалыңдау;
- бөртпелер;
- ішкі және (немесе) сыртқы диаметрдің мәлімделген мөлшерге сәйкес келмеуі.

Экструзиялық-үрлемелі қалыптау әдісімен термопластикалық байланыстырғыштар негізінде бөлшектерді дайындау кезінде технологиялық ақауларды азайту үшін келесі параметрлерді бақылау қажет:

- шикізат пен қалыптың температурасы (қыздыру және салқындату) ;
- ауа қысымы;
- бұранданың ұзындығы мен диаметрінің қатынасы;
- саптаманың тазалығы;
- дайындамаларды сығу жылдамдығы.

Бақылау сұрақтары мен тапсырмалары

1. Дисперсті толтырылған ПКМ бөлшектерін жасау технологиясын таңдағанда қандай факторларды ескеру қажет?
2. Терморективті байланыстырғыштар негізінде дисперсті толтырылған ПКМ машиналарының бөлшектерін өндіруде қандай әдістер қолданылады?
3. Термопластикалық байланыстырғыштар негізінде дисперсті толтырылған ПКМ машиналарының бөлшектерін өндіруде қандай әдістер қолданылады?
4. Термопластикалық және терморективті байланыстырғыштарға негізделген дисперсті толтырылған ПКМ бөлшектерін өндіру үшін қандай әдістерді қолдануға болады?
5. Премикстің анықтамасын беріңіз. Премикстер байланыстырғыштардың қандай түрлеріне негізделген? Премикс жасау үшін байланыстырғышты таңдауда қандай фактор негізгі болып табылады? Премикс бөлшектерін жасау үшін қандай технологиялық әдістерді қолдануға болады?
6. Дисперсті толтырылған ДКМ бөлшектерін басу технологиясының ерекшеліктерін көрсетіңіз. Күю және қысу пресеу технологияларының негізгі айырмашылықтары қандай?
7. Дисперсті толтырылған ПКМ бөлшектерін күю технологиясының ерекшеліктерін көрсетіңіз. Термопластикалық және терморективті байланыстырғыштарға негізделген ПКМ бөлшектерін күю технологиясының

айырмашылығы неде?

8. Дисперсті толтырылған ПКМ бөлшектерін пневматикалық қалыптау технологиясының ерекшеліктерін көрсетіңіз. Осы технологияның артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетіңіз.

Дәріс 6

ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ЫДЫРАУ МЕХАНИЗМІН ЗЕРТТЕУ

Машина бөлшектерін өндіруде қолданылатын полимерлі композициялық материалдар пайдалану жүктемелерінің әсеріне төзімді болуы және сыртқы факторлардың әсерінен жойылмауы тиіс. Мұндай РСМ жасау үшін механикалық жүктемелердің әсерінен қатты денелерді деформациялау және жою механикасын жақсы білу және қолдану қажет.

ПКМ жою процестерінің теориялық негіздері

Ежелгі заманнан бері ғалымдарды толғандырып келе жатқан әртүрлі материалдарды жою мәселелері.

Леонардо да Винчи материалдардың беріктік шектерін анықтау бойынша алғашқы тәжірибелерді бастады.

Колосов Г. В. 1909 жылы ол эллиптикалық мойын сызығы бар бір осьті созылатын пластинадағы кернеулерді бөлу мәселесін шешті және мойын сызығының жанында кернеу концентрациясы бар, бұл беріктіктің төмендеуіне әкеледі.

Гриффит А. 1921 жылы "Қатты денелердің жойылу құбылысы және ағымы" атты еңбегін жариялады. Бұл жұмыс іргелі болып табылады, өйткені онда бұзылу процесі денеде ақаулар мен жарықтардың болуымен байланысты. Бұған дейін дененің беріктігі материалдың белгілі бір тұрақтылығымен байланысты болды, мысалы, созылу беріктігінің шекті мәні. Гриффит сынғыш деструкция теориясын құрды және жойылған кезде жаңа беттің пайда болуы үшін энергия қажет екенін көрсетті.

Орован Е. және Ирвин Дж. 1948 жылы материалдарды бұзу процесінде пластикалық деформацияның үлесін ескеру және квази - сынғыш деструкция теориясын жасау ұсынылды.

Гриффиттің теориясына сәйкес, жою процесі келесідей (сурет. 1):

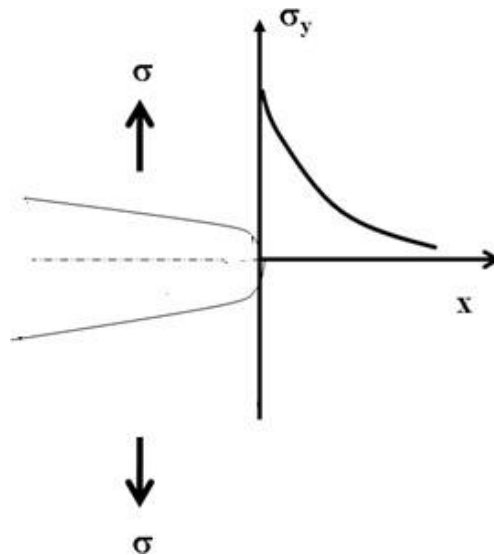
- сыртқы кернеулер белгілі бір нүктеде шоғырланған

(болашақ жарықшақтың жоғарғы жағы);

– егер деформация жылдамдығы аз болса-кернеу релаксациясы жүреді;

– егер деформация жылдамдығы үлкен болса-жарықшақтың ашылуы, оның үдеуі, өсуі және материалдың бұзылуы.

Гриффит теориясы тек нәзік жойылу үшін жарамды. Гриффит теориясына сәйкес, барлық қатты денелерде құрылымдық ақаулардың салдары болып табылатын жарықтар бар. Кәдімгі мұртшаларда жарықтар ашылмайды, өйткені олардың мөлшері критикалықтан аз.



Сурет. 1. Жарықшақ моделі және жарықтың жоғарғы жағындағы кернеу концентрациясы

Материалдың бөліктерге бөлінуіне әкелетін жарықтар "магистральдық" деп аталады. Егер деформация соққы характерін кимесе (деформация жылдамдығы жоғары емес), онда жарықшақтың жоғарғы жағында пластикалық деформация дамиды, бұл кернеудің релаксациясына және жарықшақтың өсуін тоқтатуға әкеледі.

Орован мен Ирвиннің жұмыстары гриффиттің материалдардың сыну механикасын бағалау кезінде өте нәзік емес тәсілін таратуға мүмкіндік берді.

ПКМ құру кезінде материалдың қасиеттерін төрт масштабты деңгейде өзгерту орын алады.

1. Нано деңгей, онда екі Өзін - өзі басқаратын ішкі деңгей де ерекшеленуі керек:

- полимердің супрамолекулалық түзілімдері;
- полимер толтырғышының фазааралық шекарасы.

2. Толтырғыш (бөлшек, талшық) тәуелсіз құрылымдық элемент ретінде қарастырылатын микро деңгей.

3. Полимер толтырғыш ұяшығы тәуелсіз құрылымдық бірлік ретінде қарастырылатын орташа деңгей (бұл микро және макро арасындағы аралық).

4. Константаның қасиеттерін қарастыратын макродеңгей.

Нано деңгейдің компоненттері ең күрделі және әр түрлі болып табылады, өйткені фазааралық шекара үшін бұл үш фазалы жүйе тақырыбы, мұнда тәуелсіз фазаларда толтырғыш пен полимер матрицасы ғана емес, сонымен қатар өзінің серпімді – беріктік сипаттамаларымен сипатталатын фазааралық шекара бөлінеді .

Бір фазалы жүйелер үшін бұл нано толтырғыштар және супрамолекулалық түзілімдер, олар үшін құрылымның геометриялық параметрлері және олардың физика-механикалық қасиеттері бастапқы сипаттамалары болып табылады.

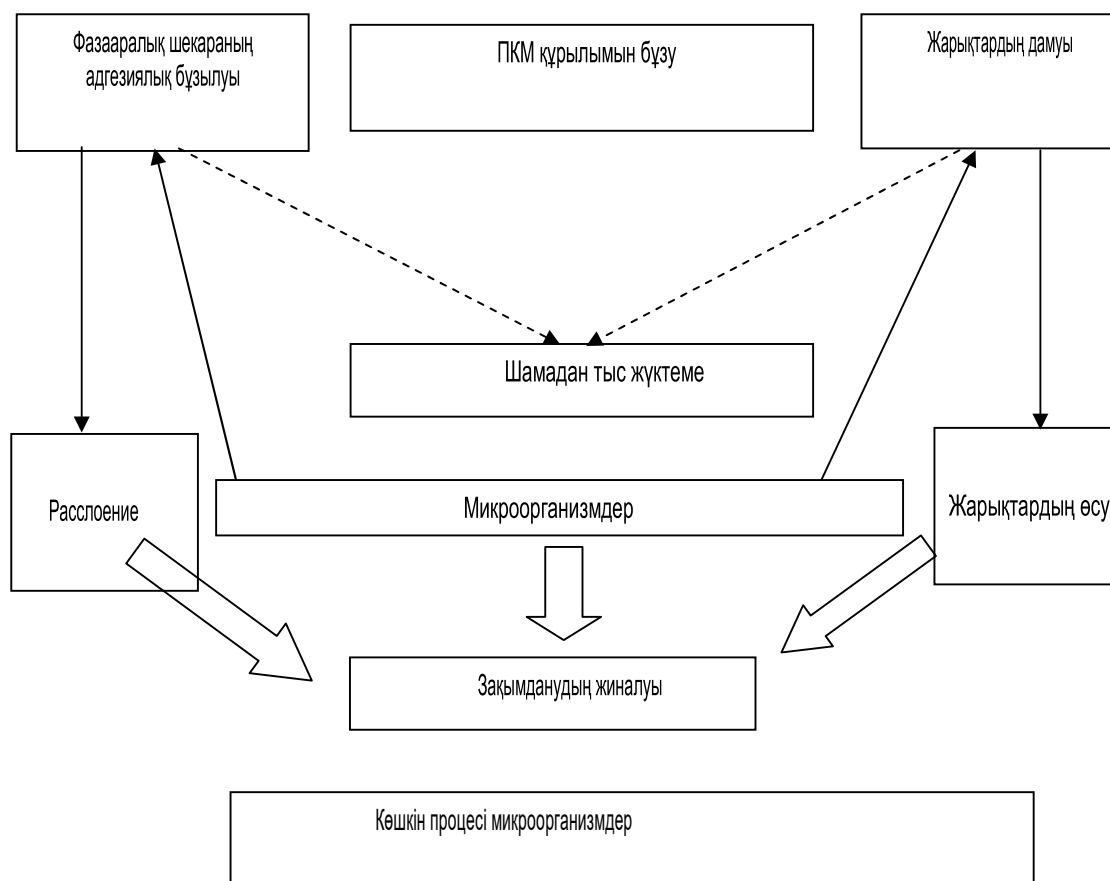
Микро деңгейде толтырғыш тәуелсіз құрылымдық бірлік ретінде қарастырылады.

Орташа деңгейде тәуелсіз ұяшыққа дисперсті немесе арматуралық талшықты толтырғыш енгізілген байланыстырушы қабаттан тұратын құрылым элементі бөлінеді. Бұл деңгей үшін алынған арматура схемасының геометриялық параметрлерін ескеру қажет.

Макродеңгейде шартты түрде біртекті модель ретінде ұсынылатын дайын материалдың қасиеттері қарастырылады.

Барлық төрт деңгейге ортақ бірыңғай тәсіл болып табылады, онда композиция-құрылым-қасиеттер міндетті түрде кері байланыстың болуымен тығыз байланыста қарастырылады.

Алайда, бірқатар мамандардың бағалауы бойынша [8, 50, 64] макро және микро деңгейлерді ПКМ - нің жойылу процесін сапалы талдау үшін бөлу жеткілікті (сурет. 2).



Сурет. 2. Микро және макромеханизмдердің өзара әрекеттесу схемасы

Осы тәсілге сәйкес субмикрораттар олардың арасындағы орташа қашықтық субмикрораттардың тән мөлшерімен бірдей тәртіптің

шамасына айналғанға дейін біртіндеп құйылады. Осыдан кейін олардың бірігу процесі басталады, нәтижесінде жарықтар пайда болады, олардың ұзындығы материалдардың жеке құрылымдарының сипаттамалық өлшемдеріне көбейтіледі. Микро және макро бұзылу процестері бірінен соң бірі жүреді.

Субмикрораттардың пайда болу механизмі "әлсіз жерлерде" құрылымның зақымдануының механохимиялық реакцияларымен байланысты, олардың қатарына аса кернеулі күйдегі түйіндер жатады. Гетерогенді материалға әсер ете отырып, кернеу өрісі де гетерогенді болады және кез - келген ақаудың айналасында кернеу концентрациясын тудырады, нәтижесінде ең шиеленісті байланыстардың үзілуіне әкеледі.

Материал көтере алатын шекті кернеулердің мәні (бұл жағдайда РСМ) пластикалық деформацияларды, субмикроректерді, микрокреттерді, магистральды жарықтарды және материалдың бұзылуын бастайтын гетерогенділіктің мөлшері мен мөлшеріне байланысты. Үзіліс кернеуі жарықшақтың ұзындығына байланысты болуы керек, ал ұзындық неғұрлым үлкен болса, үзіліс кернеуі соғұрлым аз болады.

ПКМ бұзылуының сипатын талдау мен зерттеуде сыну процесінің шарттары маңызды рөл атқарады – бұл ақаулардың өсуіне байланысты алдыңғы деформация күйлерінің соңғы сатысы, онда сыни өлшемге жететін, содан кейін сыни мәнге жететін жарықтар пайда болады. Жарықтардың белгілі бір концентрациясымен олардың бірігуі басталады және бастапқыда микро, содан кейін магистральды жарықтар пайда болады. Микрокреттердің таралу жолдары тұрақты емес және кеуектердің орналасуымен анықталады (тығыздығы төмен аймақтар), олар гетерогенділіктің шекаралары болып табылады. Бұзылу макромолекулалардың өзінде де, олардың арасында да болуы мүмкін (бұл жағдайда жарықшақ бір макромолекуланы екіншісінен бөледі).

ПКМ жою механизмін сипаттаудың көптеген тәсілдеріне қарамастан, кез-келген материалды жою процесінің екі негізгі тұжырымдамасы бар:

- кинетикалық тәсіл;
- шекті күй тұжырымдамасы.

Кинетикалық тәсілге сәйкес, бұзылу процесі материалдың көлемінде субмикральды ақаулардың көп өлшемді кездейсоқ жинақталу процесі ретінде белгіленеді, мұндай жинақталған ақаулардың саны белгілі бір критикалық мәннен асып кетсе, жойылу пайда болады. Кинетикалық тәсілдің басты ерекшелігі - материал көлеміндегі микро ақаулардың статистикалық жинақталуы ақаулардың кез-келген нақты түрлерімен байланысты емес.

Шекті күй тұжырымдамасына сәйкес, материалдың бұзылуы шекті кернеулерге (немесе деформацияларға) қол жеткізу нәтижесінде пайда болады.

Осы екі тәсілдің негізгі кемшіліктері мыналар болып табылады:

- белгілі бір материал құрылымдарының ерекшеліктерімен

байланысты бұзылу процесінің физикасы ескерілмейді;

- нақты жағдайларға ұшыраған кезде нақты материалдың бұзылуы қашан болады деген сұраққа нақты жауап алу мүмкін емес.

Теориялық есептеулер нәтижелерінің нақты жағдаймен сәйкес келмеуінің негізгі себебі - бұзылу процесінің механизмін анықтауға жалпы математикалық тәсілдерді қолдану кезінде белгілі бір композициялық материал құрылымының ерекшеліктерімен байланысты материалтану физикасы жоғалады. Егер сіз кері тәсілді қолдансаңыз (математика тілін егжей - тегжейлі, ыдырау процестерін кезең - кезеңімен сипаттауға тырысыңыз), онда бұл көптеген коэффициенттерді қамтитын модельдерге әкеледі, олар тіпті қарапайым бір фазалы жүйелер үшін де дәл эксперименталды түрде табылмайды.

Жүктеме әсерінен материалдардың мінез - құлқын зерттеу бірнеше ғасырлар бойы жүргізіліп келеді және әртүрлі қатты материалдардың мысалдарында статикалық мұрын құбылысы табылды. Статикалық шаршау деп ұзақ жүктеме әсерінен материалдардың жойылуы түсініледі, бірлік мәні әрқашан беріктік шегінен айтарлықтай аз болады .

Қысқа мерзімді күшті зерттеудің статикалық тәсілдері ыдырау процесі әлсіз компонент бойынша жүретіндігіне негізделген (жіңішке жерде жыртылады).

Әдетте, бұзылу механизмін бағалау кезінде екі тәсіл де қолданылады (сурет. 3).

Кинетикалық тәсіл субмикро деңгейінде ыдырау механизмін бағалау кезінде қолданылады. Бұл кезеңде материалдың субмикро көлемінде зақымданудың жинақталуы уақыт пен жүктемелерге байланысты.

Шекті күй тұжырымдамасы микро деңгейде бұзылу механизмін бағалау кезінде қолданылады. Бұл кезеңде микро көлемді бұзудың лашарап процесі жүреді, бұл жүктемелер мен уақыттың одан әрі ұлғаюымен байланысты емес.

Екі тәсілдің де негізгі міндеті - уақыт моментін анықтау, онда материал көлеміндегі зақымданудың кездейсоқ жиналуынан оның локали

жарықтардың

көшкін

тәрізді

түрі



Сурет. 3. ПКМ бөлшектерін бұзу процесінің схемасызацияланған бұзылуына көшу жүреді.

ПКМ ыдырау процесінің кинетикасы толтыру дәрежесіне байланысты. Толтырғыштың көлемдік үлесі неғұрлым аз болса, матрицаның тұтқыр - серпімді қасиеттері соғұрлым көп әсер етеді. Сынғыш матрица үшін (мысалы, өзгертілмеген эпоксидті материалдар) ұзақ мерзімді беріктік тек осы материалға енгізілген толтырғыштың жарықтардың дамуын тежеу (немесе тіпті емдеу) функцияларын

орындауына байланысты.

Фазааралық шекаралар сонымен қатар микрокректердің дамуын тежеу процестері жүретін аймақтар болып табылады.

Бұл жерлерде тері тесігінің болуы оң әсер етуі мүмкін, өйткені тері тесігі жергілікті жүктемелердің "сөнуіне" ықпал етеді, бұл кернеулердің қайта бөлінуіне әкеледі. Фазааралық шекараның негізгі рөлі-ол жарықшақтың таралуын тежейтін буфер функцияларын орындай алады, ал мо - ток тікелей қарама - қарсы функцияны орындай алады (жарықшақтардың даму процесін жеделдетеді).

Нақты материалдарда өзара әрекеттесу бір уақытта бірнеше бағытта жүреді. Бір бағытты ПКМ үшін ОС-жаңа әсер талшық осі бойымен (бір координат бойымен) кернеулі деформацияланған күйге әсер етеді. Егер РСМ-де тоқылған толтырғыш болса, онда бұл жағдайда тікелей деформацияланған күйді және көлденең бағытта ескеру қажет.

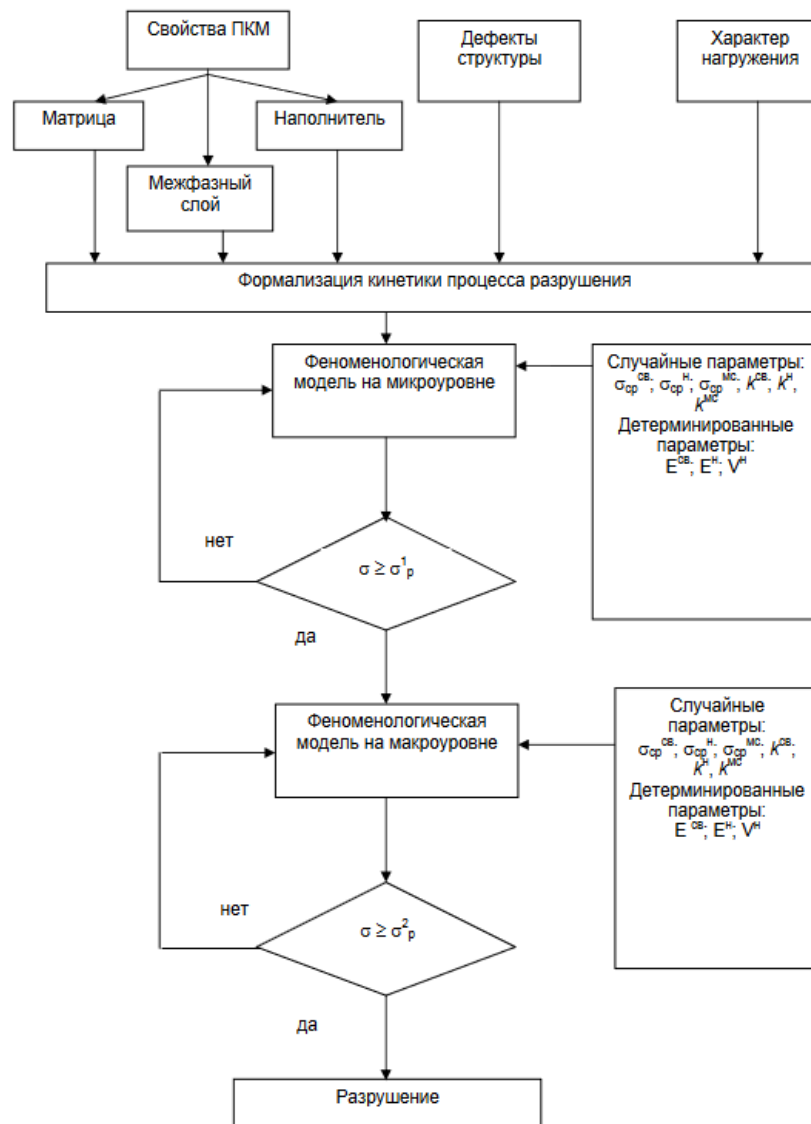
Осылайша, микрожарылудан макрожарылысқа көшу іргелес талшықтардың үзілістерінің сыни санының дәйекті жинақталуының ықтималды процесі ретінде ұсынылуы мүмкін. Бұл тәсілдің басты кемшілігі-бұл жағдайда сыну процесінің кинетикасы толығымен талшықты толтырғыштардың беріктігінің жүздік таралуымен анықталады.

4-суретте РКМ жою процесінің динамикасын бағалаудың бірыңғай алгоритмі келтірілген.

Бұл алгоритмнің негізгі ерекшелігі - екі құрылымдық деңгейге (микро және макро) бөлу, сондай-ақ әртүрлі параметрлерді қолдану (осы деңгейлердегі материалдың әрекетін сипаттау кезінде).

РСМ жойылу процестеріне әсер ететін көптеген факторларды екі топқа бөлуге болады: кездейсоқ және де - терминалды.

Кездейсоқ факторлар тобына ПКМ бұйымдарын қалыптау технологиясы анықтайтын әсер ететіндер жатады.



Сурет. 4. ПКМ жою процесінің динамикасын бағалау алгоритм

Карло әдісі. Бұл әдіс әдебиетте статистикалық модельдеу әдісі деп те аталады, өйткені есептеу кезінде кездейсоқ сандар қолданылады. Монте-Карло әдісі модельдері аналитикалық тендеулер алынбайтын күрделі стохастикалық тендеулермен сипатталатын жүйелер үшін тиімді қолданылады. Овчинский а. с. жұмыстарында статистикалық модельдеу әдісін қолданудың негізгі принциптері сипатталған және көп факторлы зерттеулер жүргізуге мүмкіндік беретін есептеулердің алго - ритмдері ұсынылған. Модель құрылымы технологиялық және пайдалану факторларының себеп - салдарлық байланыстарын талдау негізінде қалыптасады, ал шығыс параметрлері статистикалық әдістермен анықталады.

ПКМ жою процестеріне айтарлықтай әсер ететін көптеген факторларды шартты түрде 5 топқа бөлуге болады (сурет.5).

1. Материалдың құрамы, оған кіретін барлық компоненттердің сапасы және олардың фазааралық шекаралары.
2. Композит компоненттерінің серпімді және деформациялық қасиеттерінің арақатынасы.
3. Пайдалану шарттары (температура және олардың өзгеру диапазоны, амплитудасы және жүктемелерді қолдану жиілігі).
4. Жүктемені қолдану шарттары (жүктеме процестерінің тұрақсыздығы).
5. Уақытша факторлар.

Бақылау сұрақтары

1. Гриффит теориясы жойылудың қандай түрі үшін жарамды?
2. Қандай жарықтар магистральды деп аталады?
3. РСМ-ді субмикро деңгейінде бұзу механизмін бағалау кезінде қандай тәсілді қолданған жөн, ал қайсысы микро деңгейде?
4. Ішкі микродеңгейде дисперсті толтырылған РСМ бұзылуының қандай түрі байқалады, ал макродеңгейде қайсысы байқалады?
5. Макродеңгейдегі бұзылудың қандай түрі нәзік, ал микро деңгей пластикалық па?
6. Құрамында талшықты толтырғыштар бар РСМ бұзылуының қандай түрі жабысқақ деп аталады? Бұған жабысқақ дәлел РСМ жойылу түрі?
7. Құрамында талшықты толтырғыштар бар РСМ бұзылуының қандай түрі когезиялық деп аталады? Когезия нені көрсетеді РСМ жойылу түрі?

Дәріс 7

ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІ

Полимерлі композициялардан жасалған бұйымдардың нақты жұмыс деңгейі олардың статикалық және динамикалық жүктемелерге және климаттық фактілерге ұзақ әсер етуіне төзімділігіне байланысты, олардың ішінде жоғары температура ең маңызды болып табылады.

Төменде ПКМ негізгі қасиеттері және ПКМ машиналарының бөлшектерін жасау кезінде қолданылатын ең көп таралған сынақ әдістері қарастырылған.

ПКМ беріктік және тұтқыр серпімділік қасиеттері

"Беріктік" термині материалдың сыртқы механикалық өрістің әсеріне қарсы тұру қабілетін білдіреді, оның әрекеті кезінде ПКМ - де механикалық кернеулер пайда болады. Егер кернеу мәндері деструктивті кернеуге тең немесе одан асса, онда РКМ жойылады. РКМ беріктігі серпімді және релаксациялық қасиеттердің күрделі функциясы болып табылады. ПКМ көмегімен жасалған немесе қалпына келтірілген бөлшектерді пайдалану барысында бұл қасиеттер үздіксіз өзгеріп отырады.

РКМ бөлшектерінің беріктігін бағалау кезінде көбінесе екі ұғым қолданылады :

- жүктеме деңгейін анықтайтын кернеу;
- жүктеме шегін анықтайтын деструктивті кернеу.

Сыртқы жүктеме векторының қатынасына байланысты иірілген жіптер қалыпты және тангенс (немесе танген) τ болып бөлінеді.

мұндағы σ_p – созылудың (қысудың) қалыпты кернеулері; σ_u – иілудің қалыпты кернеулері; M - қолдану күшінің әсерінен иілу моменті; W - қиманың қарсылық моменті; N -қолданылатын күш; S -көлденең қиманың векторы бойынша ең кіші аудан $M_{кр}$ -қолданылатын айналу моменті; w_p -үлгінің қимасына қарсылықтың полярлық моменті.

Кернеулердің есептік мәндері рұқсат етілгеннен аспауға тиіс $[\sigma]$, $[\tau]$:

$$\sigma_p = \frac{N}{S}$$

$$\sigma_u = \frac{N}{S}$$

$$\sigma_p = \frac{M}{W}$$

$$\tau_s = \frac{N}{S}$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}}$$

де σ_p – нормальные напряжения растяжения (сжатия); σ_u – нормальные напряжения изгиба; M – изгибающий момент от действия приложенного

усилия; W – момент сопротивления сечения; N – приложенное усилие; S – площадь наименьшего по вектору поперечного сечения; $M_{кр}$ – приложенный крутящий момент; W_p – полярный момент сопротивления сечения образца

ПКМ өнімдерінің жұмыс қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін шарттарды орындау қажет

$$\sigma \leq [\sigma] \text{ и } \tau \leq [\tau].$$

мұндағы n -қауіпсіздік коэффициенті.

Ұзақ беріктік пен төзімділік ұғымдарын ажырату керек [4]. Бұл шамалардың екеуі де МПа-да өлшенгенімен және бұл деректерді әртүрлі сынақ температуралары үшін жиі береді. Ұзақ беріктік белгілі бір уақыт аралығында статикалық жүктемедегі сынақтардан кейінгі беріктікті сипаттайды, ал төзімділік жүктеме циклдерінің белгілі бір санына ұшырағаннан кейін беріктікті анықтайды (кесте. 1). Әдетте, төзімділік деректері ұзаққа созылатын беріктікке қарағанда аз.

РКМ төзімділігі мен ұзақ мерзімді беріктігін зерттеу үлкен практикалық маңызға ие, өйткені мұндай жүктемелер машина бөлшектерінің жұмыс жағдайларын көрсетеді.

Тұрақты жүктеменің ПКМ - ге ұзақ уақыт әсер еткенде, белгілі бір мәннен асатын жүктемелер кезінде (ұзақ мерзімді қарсылық шегінен жоғары) материалдың бұзылуына әкелетін қозғалғыштық деформациясы дамиды (кейде статикалық жүктемелердегі ұзақ беріктіктің орнына "қозғалу" құбылысы туралы айтады).

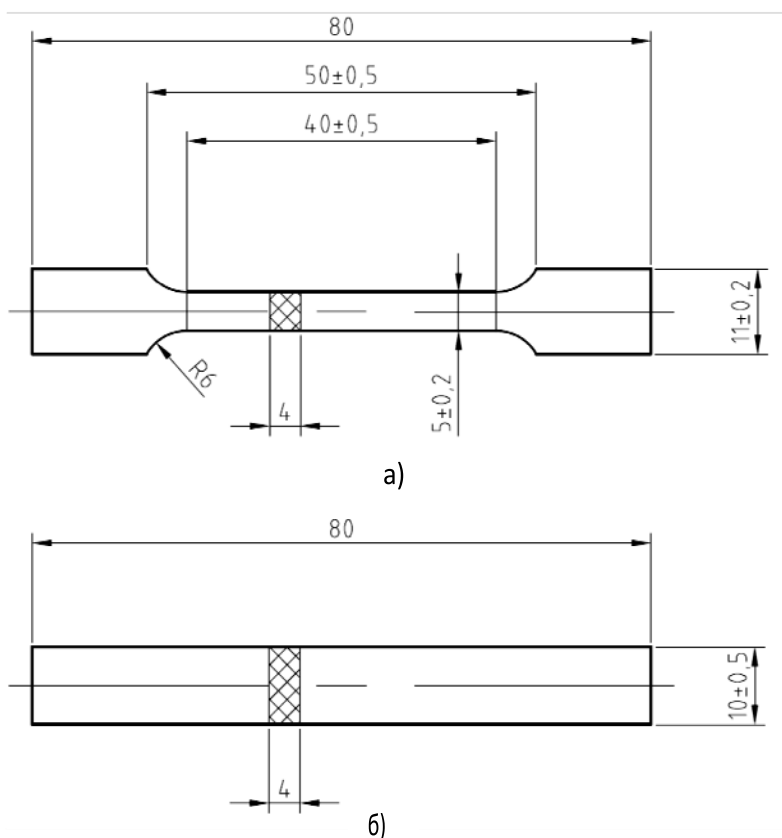
Кесте 1

Тежегіш жастықшаларын жасауда қолданылатын фенолдық ПКМ ұзақ мерзімді беріктігі мен төзімділік шектері [6]

Ұзақ беріктік, МПа			Төзімділік, МПа		
Сынақ уақыты, сағат	Сынақ температурасында, °C		Цикл саны	Сынақ температурасында, °C	
	20,0	30,0		20,0	30,0
1	9,5	5,0	10000	7,0	3,2
10	9,0	4,8	100000	6,8	2,9
100	8,8	4,6	1000000	6,3	2,4
1000	6,5	1,2	10000000	6,0	1,8

Күш салу кезінде ПКМ бөлшектерінің геометриялық өлшемдерінің өзгеруі орын алуы мүмкін, ол көбінесе "салыстырмалы ұзарту" ұғымымен бағаланады:

Созылу кезіндегі салыстырмалы созылу ρ сынамаларды үзілгенге дейін тұрақты жылдамдықпен созу арқылы анықталады. Сынақтарды жүргізу кезінде берілген ұзартулар кезінде және үлгіні жырту сәтінде күш өлшенеді, сондай-ақ сыну сәтінде үлгіні ұзартады. Сынауға арналған үлгі қалыпқа құю әдісімен ПКМ-ден дайындалады және екі жақты қалақша пішініне ие болады. ПКМ механикалық сипаттамаларын анықтауға арналған кескін формасы келесі стандарттармен белгіленеді: МЕМСТ 11262-80 "пластмасса. Созылу сынағы әдісі" (сурет. 1 (а)) және ГОСТ 12015-66 "пластмасса. Реактопласттардан сынау үшін үлгілер жасау. Жалпы талаптар" (сурет. 1 (б)). Сынақтар $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ температурада және белсенді ұстау қозғалысының жылдамдығы (500 ± 50) мм/мин кезінде жүргізіледі.



Сурет. 1. Механикалық сынақтарға арналған үлгілердің нысаны:

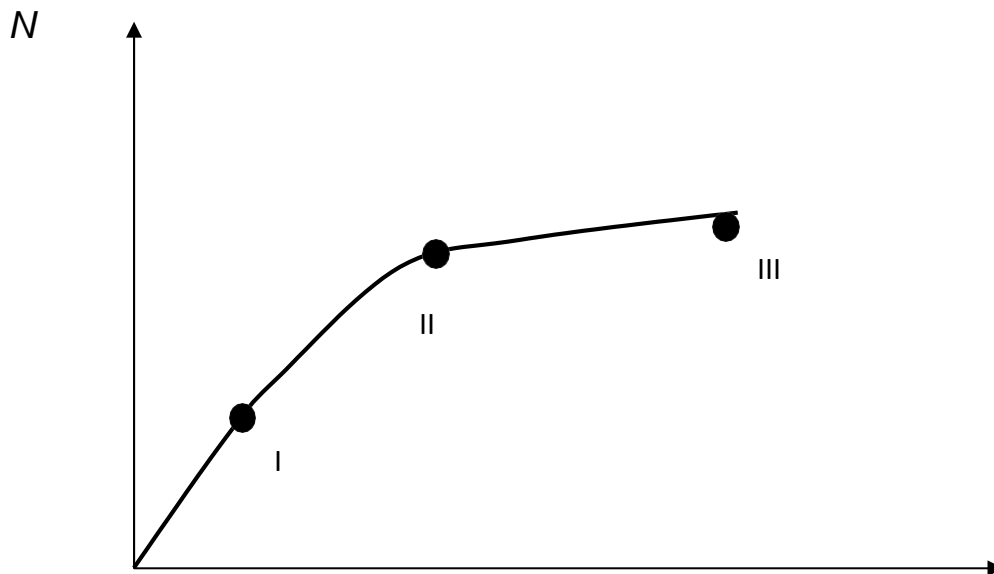
МЕМСТ 11262-80 "пластмасса. Созылу сынағы әдісі" (А) және МЕМСТ 12015-66 "пластмасса. Реактопласттардан сынау үшін үлгілер жасау. Жалпы талаптар" (б)

Сынақ нәтижелері бойынша Деформация – жүктеме координаттарында жазылған созылу диаграммасы алынады, оның мысалы суретте келтірілген. 2 .

0-I жүзінде пропорционалды және бұл бөлімнің сипаты сызықтыққа

жақын. Бұл жағдай материалдың серпімді мінез-құлқына сәйкес келеді (Гук Заңына сәйкес). Осылайша, уақыттың алғашқы сәтінде РКМ серпімді дене сияқты әрекет етеді, оның деформациясы толығымен қайтымды.

I-II бөлімінде графикалық тәуелділік қисық сызықты сипатқа ие болады (салыстырмалы деформацияның жоғарылауымен). Салыстырмалы деформация мөлшері бірнеше пайызға жеткенде, кернеудің өсуі баяулайды. Бұл серпімді болудан басқа, пластикалық деформацияның пайда болуымен түсіндіріледі.



Сурет. 2. Тәуелділік күш-РКМ созылуының салыстырмалы деформациясы (бұзылмай)

Әрі қарай, тұрақты кернеудегі деформация мөлшері қайтымды және қайтымсыз компоненті бар үлкен салыстырмалы деформациялармен сипатталады. II - III –діңгек учаскесінде пластикалық деформация басым болады.

Осылайша, РКМ жүктелген кезде оларда бір уақытта деформацияның бір емес, екі түрі дамиды-серпімді және пластикалық (РКМ жою мәселелері б-тарауда егжей-тегжейлі қарастырылған).

Икемділік қатты заттардың жүктеме әсерінен деформациялану қасиеттерін сипаттайды және жүктеме жойылғаннан кейін бірден өзінің күйін сақтай отырып, бастапқы күйіне оралады.

Бастапқы өлшемдері. Алынған энергия материалда "сақталады". Барлық қатты денелердің жалпы қасиеті-олардың икемділігі белгілі бір шекке дейін, оны серпімділік шегі деп атайды. Осы шектен тыс пластикалық деформация қайтымсыз болады және энергияның бір бөлігі жылу түрінде таралады.

G-ысу деформациясы кезіндегі серпімділік модулі G (сдысу модулі), теңдеуден анықталады

$$G = E / 2 (1 + \mu),$$

Мұндағы μ - бойлық созылу процесінде өзен қимасын өлшеуді сипаттайтын Пуассон коэффициенті; E - уп-рости модулі.

E серпімділігі мен G сдысу модульдері берілген РСМ үшін тұрақты шамалар емес, өйткені олардың шамалары температураға айтарлықтай тәуелді.

ПКМ икемділігі мен серпімділік модулі динамомеханикалық талдау (DMA) әдісін қолдана отырып тиімді анықталады. Динамомеханикалық талдау-бұл материалдың қасиеттері динамикалық жүктеме мен бақыланатын температураның әсерінен оның периодты деформациясы кезінде өлшенетін термиялық талдау әдісі . DMA әдісі қолданылатын циклдік жүктеме уақытына, температурасына, жиілігіне және мәндеріне байланысты материалдардың тұтқыр серпімді қасиеттерін (e' серпімділік модулі, e тұтқырлық модулі, механикалық жоғалту бұрышының тангенсі) зерттеу үшін қолданылады (стандарттар: DIN 53513, DIN 53440, ASTM D 4065, ASTM D 4092) .

ПКМ бөлшектерін пайдалану (жүктеу) процесінде оларда релаксация құбылыстары пайда болады.

Релаксация-бұл жүйенің өзгерген сыртқы энергетикалық жағдайларға сәйкес келетін жаңа күйге өтуінің физикалық процесі. Релаксация өлшемі-уақыт. Шын мәнінде, бұл РСМ қасиеттерінің өзгеруіне себеп болатын релаксация процестері.

Кернеудің релаксациясы мен деформацияның релаксациясы (сойылу) арасында айырмашылық бар. Тұрақты деформациядағы кернеулердің релаксациясы ($\varepsilon = \text{const}$) Максвелл теңдеуімен.

$$\varepsilon_{\tau} = \frac{\sigma_0}{E} \left(1 - e^{\left(\frac{-\tau}{r} \right)} \right),$$

Мұндағы τ - уақыт аралығы арқылы өнімде әрекет ететін кернеу

τ ; σ_0 – кернеулердің бастапқы мәні $\tau = 0$; r - релаксация уақыты. Тұрақты кернеудегі деформацияның релаксациясы ($\sigma = \text{const}$)

Кевин-Войгт теңдеуімен сипатталады:

$$\varepsilon_{\tau} = \frac{\sigma_0}{E} \left(1 - e^{-\left(\frac{\tau}{r}\right)} \right),$$

Мұндағы ε_{τ} - өнімнің уақыт бойынша салыстырмалы деформациясы τ ;

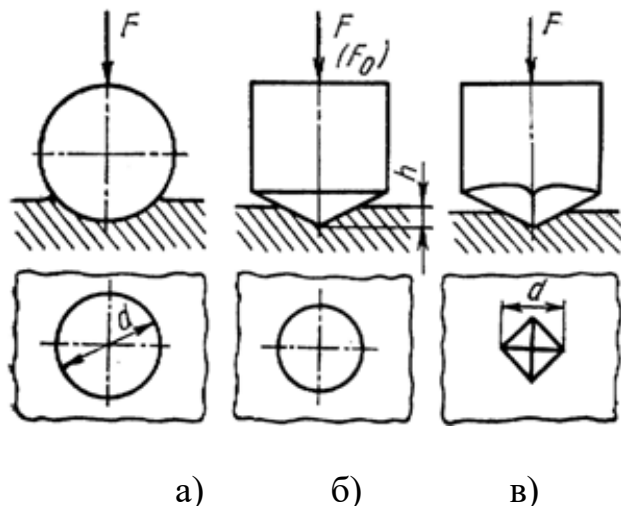
- σ_0 Өнімге қолданылатын кернеу; E - Делий материалының серпімділік модулі;

r - релаксация уақыты

PCM қасиеттеріне байланысты релаксация бірнеше минуттан ондаған сағатқа дейін созылуы мүмкін. Температураның жоғарылауы кернеу мен сусымалы релаксацияны тездетуге көмектеседі.

Деструктивті кернеулердің мәнін PCM қаттылығын өлшеу арқылы жоғары дәлдікпен анықтауға болады, "қаттылық" деп материалдың басқа денелердің оған басылуына қарсы тұру қабілеті түсініледі. Салыстырмалы-бір материалдың екіншісіне қатысты қаттылығы. Бұл ең маңызды диагностикалық қасиет. Абсолютті, ол аспаптық, депрессия әдістерімен өлшенеді. Қаттылық беттің механикалық қасиеттерін сипаттайды. Қаттылықтың шамасы бойынша серпімділік модулін, Пуассон коэффициентінің мәнін, аққыштық шегі мен деструктивті кернеуді бағалауға болады.

Қаттылықты анықтау әдістері индентордың сыналатын материалға басылуына және материалдың пластикалық деформациясына қаттылық өлшемі ретінде қаралуына негізделген [4]. Қаттылықты өлшеудің белгілі әдістері индентордың геометриясымен ерекшеленеді. Бринелл әдісі бойынша болат шар басылады (сурет. 7.3 (а)), рок - велла – конус әдісі бойынша (сурет. 7.3 (б)), Викерс әдісі бойынша – алмас пирамидасы (сурет.



Сурет.3. Бринелл (а)бойынша қаттылықты анықтаудағы инденторлардың схемасы, Рокуэлл (б) және Викерс (в)

Бринеллдің қаттылығын анықтау кезінде доп белгіленген уақыт ішінде сынақ үлгісіне белгілі бір күшпен басылады. Стандартты өлшеулер кезінде шарға жүктеме оның тереңдігі 0,15 мм-ден кем емес, бірақ 0,35 мм-ден аспайтын тереңдікке басу жағдайынан белгіленеді. күш қолдану ұзақтығы-2 мин, шегініс тереңдігін есептеу дәлдігі-0,01 мм-ден кем емес. нәтижесінде үлгінің бетінде диаметрі d және тереңдігі h сфераның бөлігі түрінде із пайда болады.

Бринелл қаттылығының мәні (HB) өрнектен есептеледі

$$HB = \frac{N}{\pi dh}$$

Мұндағы N – күш, инденторға бекітілген; d – доптың диаметрі; h – шегініс тереңдігі.

h_1 қалдық деформациясының мәні 60 секундтан кейін анықталады. жүктемені алып тастағаннан кейін.

E серпімділік Модулінің шамасын өрнектен анықтауға болады .

$$E = \frac{N}{3h\sqrt{hd}}$$

Пуассон коэффициентінің мәні сәйкесінше

$$\gamma = \sqrt{1 - \frac{4KdE}{6N}}$$

$$K_h = 1 - \frac{h_1}{h}$$

Алдын ала бағалау үшін эмпирикалық тәуелділіктерді деструктивті кернеуді σ_p бағалау үшін де қолдануға болады r немесе аққыштық шегі σ_T

$$\sigma_p = 0,86HB^{0,93}, (7.15)$$

$$\sigma_T = 0,35HB^{0,93}. (7.16)$$

Викерстің қаттылығы (HV) Бринелл сияқты анықталады. Айырмашылық тек индентатордың қаттылығы мен формасында. Басып шығару ауданын анықтау үшін оның диагоналі микроскоп көмегімен өлшенеді d . пирамиданың жоғарыда көрсетілген бұрышында Виккерс қаттылық саны формула бойынша есептеледі

$$HV = 0,189F/d^2. \quad (7.17)$$

Рокуэлл әдісімен (HR) қаттылықты анықтау металл бөлшектерін технологиялық бақылаудың ең кең таралған түрі болып табылады және РСМ бақылауында өте шектеулі қолданылады. Рокуэллдің қаттылығы шартты бірліктермен өрнектеледі, конустық индентор қатарынан қолданылатын екі жүктеменің әсерінен басылатын тереңдік айырмашылығының сызықтық функциясы ретінде есептеледі - алдын-ала F_0 және жалпы F , бұл жүктемелердің алдын-ала және негізгі F_1 қосындысына тең:

$$HR = A - (h - h_0)/c,$$

Мұндағы A -қолданылатын шкалаға байланысты таңдалатын белгілі бір тұрақты; h_0 - алдын ала жүктеме кезінде депрессия тереңдігі; h – негізгі жүктеме алынғаннан кейін өлшенген жалпы жүктеме кезінде депрессия тереңдігі; C - қаттылықтың шартты бірліктеріндегі өлшеу құрылғысының шкаласын бөлу бағасы ($C = 0,002$ мм); A және C шкалалары үшін $A = 100$ мкм, ал $B - A = 130$ мкм шкаласы үшін. Рокуэлл әдісімен өлшенген жүктемелер қатаң реттелген: алдын ала - 98 Н, жалпы – 589, 981 және 1471 Н.

Рокуэллге қатысты салыстырмалы түрде жұмсақ материалдардың қаттылығын анықтау үшін Гауһар конустың орнына диаметрі 1,588 мм болат шыңдалған шар қолданылады.көбінесе іс жүзінде шка - ла с қолданылады. А шкаласы қатты қорытпалар сияқты өте қатты материалдар үшін қолданылады, ал В шкаласы сфералық инден торын қолданған кезде қолданылады. Рокуэллдің қаттылық саны тиісті шкаланың белгісін қосу арқылы HR арқылы белгіленеді: HRA, HRC, HRB

ПКМ-дің жоғары жылдамдықпен қолданылатын жүктемелерге қарсы тұру қабілеті соққының тұтқырлығымен бағаланады (кейде бұл личинка соққы беріктігі деп аталады). Соққының тұтқырлығы-бұл материалдың соққы жүктемесінің әсерінен деформация және бұзылу процесінде механикалық энергияны сіңіру қабілеті. Қаттылық-бұл ПКМ - нің кең таралған сипаттамасы (бұл Раяның реологиялық тұтқырлыққа ешқандай қатысы жоқ). Соққы жүктемелерінің созылу – қысу немесе иілу сынақтарынан негізгі айырмашылығы-энергия шығарудың жоғары жылдамдығы. Осылайша, қаттылық материалдың энергияны тез сіңіру қабілетін сипаттайды.

ПКМ - ді өзен соққысына, соққының созылуына, соққының қысылуына немесе бірнеше рет соққыға сынау кезінде соққының

тұтқырлығы анықталады. Ең көп таралған әдіс-маятниктік копрларда жүзеге асырылатын көлденең соққының беріктігін бағалау әдісі. Қазіргі копрларда өлшеу құрылғысы тікелей маятникте орналасқан және бұзылу күші мен импульстің ұзақтығын бекітеді.

$$a_k = \frac{W}{S_0}$$

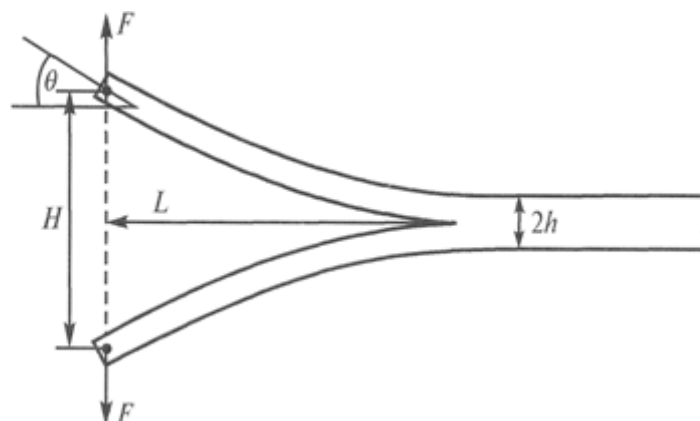
$$W = mg / (\cos\beta - \cos\alpha)$$

мұндағы W – үлгіні бұзу үшін қажет жұмыс; S_0 – кесу симметриясының жазықтығында өлшенген көлденең қиманың ауданы; m – маятниктің массасы; g – ауырлық күшінің үдеуі; l – маятниктің ұзындығы. Бұл әдістің мәні маятниктің үлгіні бекіту орнынан белгілі бір қашықтықта соққымен кесу арқылы консольді - бекітілген үлгіні бұзу болып табылады. Сынақ үлгісі-өлшемі 55x10x10 пластина. Пластинаның ортасында 2x2 кесу жасалады. Үлгі маятниктің кесуге қарама-қарсы жағындағы бір соққысында құлап кетуі керек. Жүктеме жылдамдығы құлау бұрышына байланысты және 3 м 7 м/с құрайды.

ПКМ-нің жарыққа төзімділігі бұзылу тұтқырлығының мөлшері арқылы бағаланады. ПКМ бұзылу тұтқырлығының шамасын сандық бағалау үшін серпімді арқалықты иілу әдісі ең көп таралды. Бұл әдісті жүзеге асырған кезде, кесу жасалған (жасанды жарықшақ жасалған) РСМ үлгісі жарықшақтың өсуі пайда болатындай етіп созылатын құрылғыға бекітіледі (сурет. 7.4 (а)). Жүктемені қолдану схемасы суретте көрсетілген. 4 (б).



а)



б)

Сурет. 4. РКМ (а)сынуының тұтқырлығын анықтауға арналған үлгі және жүктемені қолдану схемасы (б): F-жарықшақтың таралуы кезіндегі күш, h-Арқалықтың қалыңдығы, L-жарықшақтың ұзындығы, Арқалықтың бүгілу нүктесі,Н-сәуленің ұштары арасындағы қашықтық

ПКМ үлгісі 1 мм / мин жылдамдықпен созылады және күш бірте-бірте белгілі бір мәнге дейін артады, содан кейін жарықшақ белгілі бір шамаға бірден дерлік өніп шығады және осы уақытта жүктеме секіріспен төмендейді [40]. Бұл үлгінің толық жойылуына (бөлінуіне) дейін бірнеше рет қайталанады.

Жарыққа төзімділік жарықшақтың таралуы басталатын с шатырының маңызды мәнімен δ_c сипатталады

$$G_{1c} \approx \sigma_y \delta_c,$$

мұндағы σ_y - аққыштық шегі ПКМ, G_{1c} - бұзудың тұтқырлығы.

Динамикалық жағдайда РКМ тепе - тең емес, өңделмеген күйде болады және қасиеттердің өзгеруіне, жарықтардың пайда болуына және олардың дамуына әкелетін зақымданулардың біртіндеп жинақталуы жүреді. Бұл процесс шаршау деп аталады. Шаршау (немесе төзімділік шегі) бөліктің беріктігін сипаттайды және материалдың қасиеттерімен ғана емес, сонымен қатар бөліктің геометриялық пішінімен де анықталады, сонымен қатар оның іргелес элементтермен (түйін дизайнынан) өзара әрекеттесуіне байланысты.

Төзімділік шегі - бұл ең үлкен кернеу, оны қайта қолдану белгілі бір шартты циклдардан кейін оның күйіндегі бөліктің (қосылыстың) бұзылуына әкелмейді. РСМ басым көпшілігі үшін кернеу амплитудасының белгілі бір шегі бар, одан төмен циклдар саны шексіздікке дейін өскен кезде бұзылу болмайды.

Төзімділік сынақтары әртүрлі пайдалану жағдайларында бөлік (қосылыс) жойылғанға дейін жүктеме циклдарының санын анықтаудан тұрады. Кернеулер разрушысу немесе ажырату кезінде бұзушылардан 0,4...0,8 аралығында орнатылады. Бастапқыда сынақтар максималды кернеулерде жүргізіледі және әрбір келесі үлгі үшін олар і-ші үлгі жүктеме циклдерінің базалық санын бұзбай төтеп бергенге дейін 8.12% - ға төмендетіледі.

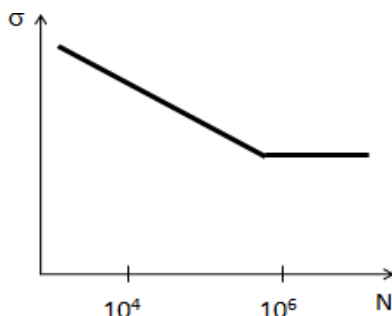
Аналитикалық түрде бұл тәуелділік келесідей болады

$$N = K(\sigma - \sigma^B)^{-m}$$

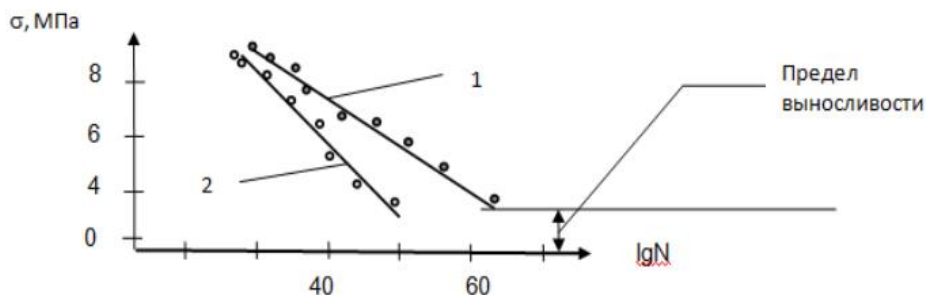
мұндағы N - жойылғанға дейінгі жүктеме циклдарының саны; σ - кернеу; σ_B - төзімділік шегі; K, m - тәуелді коэффициенттер тиісінше ПКМ және жүктеу режимінің қасиеттері.

Көп жағдайда шаршау Велер қисығымен сипатталады, бұл кернеу амплитудасы мен Сынғанға дейінгі жүктеме циклдарының N санының логарифмі арасындағы байланыс

ПКМ (5, сурет.6) [4, 27].



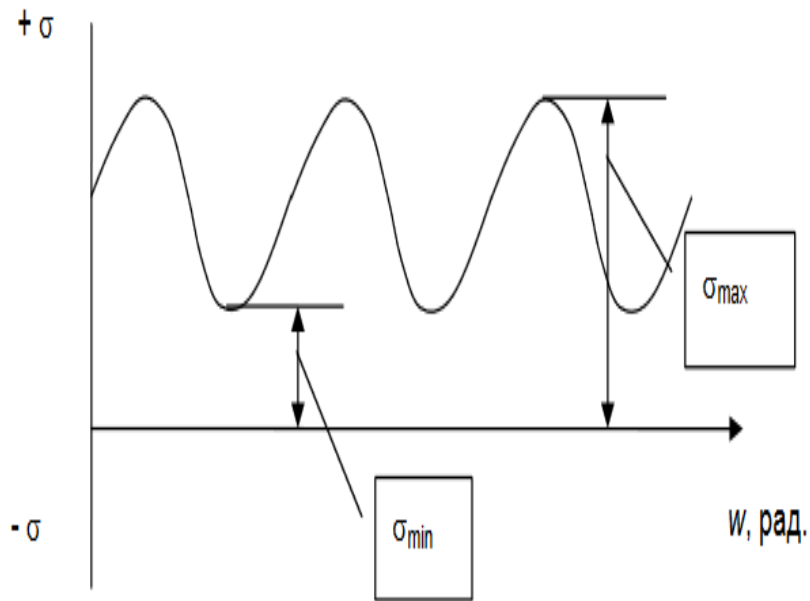
Сурет. 5. Кернеу амплитудасы арасындағы типтік тәуелділік және РКМ жойылғанға дейінгі жүктеме циклдарының N санының логарифмімен



Сурет. 6. Эпоксидті байланыстырғыш сынғанға дейінгі цикл санының логарифмінің созылу (1) және иілу (2)кернеуіне тәуелділігі

Бұл шекті амплитудасы төзімділік шегі деп аталады және оның мәні әрқашан сол материалдың беріктік шегінен әлдеқайда аз.

Егер кернеулер синусоидалы түрде өзгерсе, онда циклдік жүктеме болады (сурет. 7).



Сурет. 7. Циклдік кернеу диаграммасы

РКМ циклдік жүктеме параметрлері орташа болып табылады цикл кернеуі σ_m , кернеу амплитудасы σ_a және асимметрия коэффициенті r_a

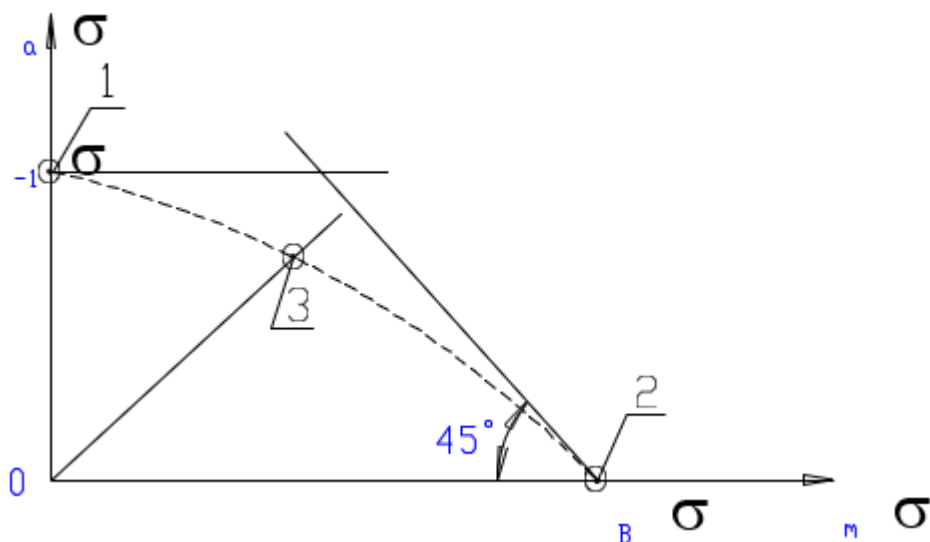
$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2};$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2};$$

$$r_a = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}.$$

$\sigma_{\min} = 0$ -де асимметрия коэффициенті $r = 0$ -ге тең және мұндай цикл пульсация деп аталады. $\sigma_{\min} = -\sigma_{\max}$ асимметрия коэффициентінің \max мәні $r = -1$ болады және мұндай цикл симметриялы деп аталады, ал кернеулер деп белгіленеді σ_{-1}

Рұқсат етілген кернеулер аймақтары кернеулердің шекті амплитудасының диаграммалары бойынша анықталады (сурет. 7.8) Оларды құру үшін симметриялы σ_{-1} және асимметриялық σ_r - жүктеме циклдары (бекітілген Сынақ базасында) кезінде төзімділік шегін σ_B , беріктік шегін білу қажет σ_T .



Сурет. 7.8. Кернеулердің шекті амплитудасының схемаланған диаграммасы

Схемалық түрде орташа созылу кернеулеріндегі кернеулердің шекті амплитудасының диаграммасы 1-2 және 2-3 екі сызықпен сипатталады. 0-1– 3-2 аймағының ішіндегі барлық кернеулерде шаршау болмайды. Берілген РКМ үшін осындай диаграмманы құра отырып, бұл материалға төтеп бере алатын кернеу амплитудасының мәндерін анықтау оңай берілген орташа кернеу кезінде σ_m .

Циклдік кернеулердің әсерінен олар айтарлықтай жеделдетіледі қаттылықтың төмендеуіне әкелетін коррозиялық процестер, бұл өз кезегінде тербеліс амплитудасының одан әрі өсуіне әкеледі.

Бақылау сұрақтары

1. Гриффит теориясы жойылудың қандай түрі үшін жарамды?
2. Қандай жарықтар магистральды деп аталады?
3. РСМ-ді субмикро деңгейінде бұзу механизмін бағалау кезінде қандай тәсілді қолданған жөн, ал қайсысы микро деңгейде?
4. Ішкі микродеңгейде дисперсті толтырылған РСМ бұзылуының қандай түрі байқалады, ал макродеңгейде қайсысы байқалады?
5. Макродеңгейдегі бұзылудың қандай түрі сынғыш және микродеңгейде пластикалық болып табылады?
6. Құрамында талшықты толтырғыштар бар РСМ бұзылуының қандай түрі жабысқақ деп аталады? Бұған жабысқақ дәлел РСМ жойылу түрі?
7. Құрамында талшықты толтырғыштар бар РСМ бұзылуының қандай түрі когезиялық деп аталады? Когезия нені көрсетеді РСМ жойылу түрі?

Дәріс 8

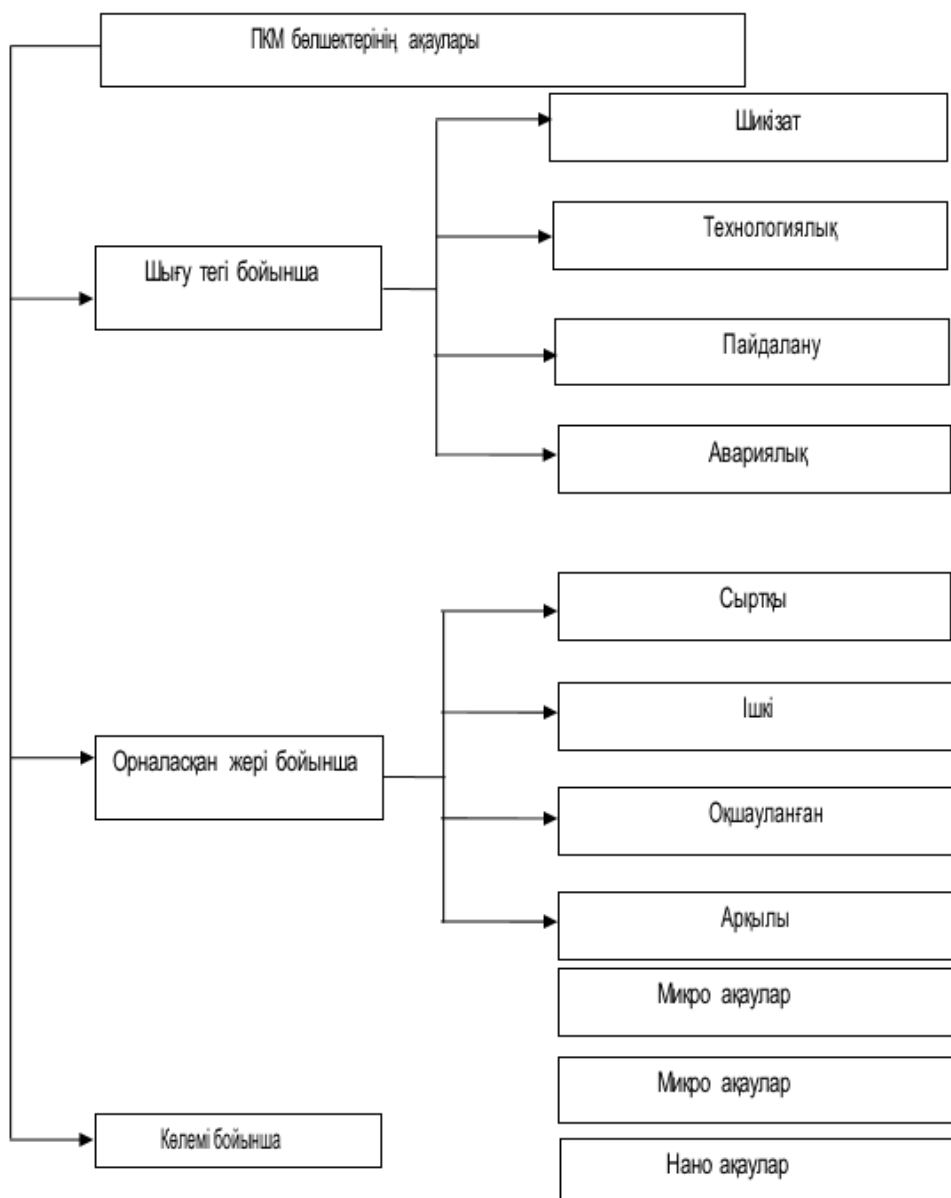
ПОЛИМЕРЛІ БҰЙЫМДАРДЫҢ САПАСЫН БАҚЫЛАУ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР

Сапа мен қауіпсіздікті қамтамасыз етудің негізгі жолдарының бірі Көлік құралдарын әзірлеу және уақтылы пайдалану болып табылады- бұзбайтын бақылаудың сенімді әдістерін анықтау. Неразр астында- бақылау (ҰК) қасиеттері мен параметрлерін бақылауды түсінеді объектінің жарамдылығы бұзылмайтын объект пайдалану [49]. Бұзбайтын бақылау әдістерінің негізгі мақсаты- ла өнімдердегі ақауларды уақтылы анықтаудан тұрады. ПКМ өнімдерінің сапасын бақылау келесі жағдайларда жүргізілуі керек олардың бүкіл өмірлік циклі. Толық өмірлік ОСК астында- өнімнің сынықтары уақытты (және оған сәйкес әрекеттерді) түсінеді- Торо осы өнімді жасаудың нақты міндетін қоюдан бастап оның толық физикалық немесе моральдық тозуы және жойылуы. Өмір- ПКМ бөлшектерінің циклі төрт негізгі кезеңнен тұрады: жобалау, өндіру, пайдалану (оның ішінде жөндеу) және қайта өңдеу. Бұзбайтын заманауи әдістерді қолдану өнімдердің өмірлік циклінің барлық кезеңдеріндегі бақылау- неке қию және РСМ бөлшектерінің беріктігін арттыру (сурет. 8.1). Жобалау кезеңінде олар техникалық құжатты бақылайды- бөлшектерді өндіруге арналған. Өндіріс кезеңінде кіріс, операция аралық және шығу сапасын бақылау. Кіріс бақылауымен сапа тексеріледі- пайдаланылатын шикізат (СБ сапасын бақылау мәселелері егжей-тегжейлі- РКМ үшін RYA 8.3 бөлімінде қарастырылған). Операция аралық бақылау процесінде бақылау қажет- ровать технологиялық режимдерді сақтаудың дұрыстығы мен дәлдігі- олардың сенімділігін, технологиялылығын, конструктивтілігін бағалау- жұмыс және т. б. Дайын өнімдер шығу бақылауына жатады. Осы кезеңде дайын өнімнің берілген талаптарға сәйкестігін тексеріңіз. Пайдаланылатын шикізаттың кіріс бақылауы және Мо Шығыс бақылауы- өнім үздіксіз немесе таңдамалы болуы мүмкін. Үздіксіз- БАҚЫЛАУДА өнімнің (шикізаттың) әрбір бірлігі тексеріледі. Үздіксіз бақылау аса жоғары талаптар жағдайында қолданылады өткізіп жіберуге мүлдем жол берілмейтін өнімдердің сапа деңгейіне одан әрі өндіріске немесе пайдалануға байланысты ақаулар- шығын (материалдық, еңбек және т. б.) немесе сол жағдайларда, бөлшектердің саны үлгілерді немесе үлгілерді алу үшін жеткіліксіз болған кезде өндіруші мен тұтынушының белгіленген тәуекелдері, сондай-ақ егер технологиялық процесс (жабдық) тұрақты қамтамасыз етпейді- Дайындалған бөлшектердің сапасы.

ПКМ бөлшектеріндегі ақаулардың

ПКМ бөлшектерінің ақауларының көптеген жіктелімдері бар [9, 35, 49]. Бұл басылымда біз ПКМ бөлшектерінің пайдалану қасиеттеріне үлкен әсер ететін ақауларды ғана қарастырамыз. 8.2-суретте әртүрлі критерийлер бойынша ПКМ бөлшектерінің ақауларының жіктелуі келтірілген.

Шығу тегі бойынша ақаулар шикізат, технологиялық, пайдалану және апаттық болып бөлінеді.



Сурет. 8.2. ПКМ бөлшектерінің ақауларын әртүрлі критерийлер бойынша жіктеу

Шикізатқа қолданылатын шикізат сапасының бұзылуынан туындаған әртүрлі ақаулар жатады (жоғары ылғалдылық, беттің ластануы, түйіршіктеу және т.б.). Шикізат ақауларын азайту мәселелері 8.3-бөлімде

егжей-тегжейлі қарастырылған.

Технологиялық ақауларға мыналар жатады:

- ПКМ компоненттерінің дұрыс емес дозалануынан Туындаған ақаулар (ПКМ құрамындағы ауытқулар);

- полимер матрицасының толық емделмеуінен Туындаған ақаулар;

- ПКМ компоненттерінің дұрыс бөлінбеуінен және тиісінше бұйымдардың құрылымдық гетерогенділігінен Туындаған ақаулар (арматуралау схемасындағы ауытқулар, әртүрлі масштабтағы құрылымдағы ақаулар, толтырғыштың немесе матрицаның мөлшері жоғары аймақтар);

- технологиялық режимдерді сақтамаудан туындаған өнімнің геометриялық өлшемдерінің жергілікті бұзылуы (қабаттардың мешісуы, қалыңдауы, қатпарлануы, кептелуі және т. б.);

ПКМ бөлшектерінің құрамы мен технологиясының бұзылуы материалдың қасиеттерінің (серпімділік, беріктік, деформация модулі, қаттылық, қаттылық және т.б.) қайталанбауын, сондай-ақ материалдың жұмыс ортасының (су, май, отын және т. б.) және жоғары температураның әсеріне төзімділігінің төмендеуін тудырады .

Технологиялық ақауларды азайту үшін шикізаттың сапасын, жабдықтың жарамды күйін бақылау және технологиялық режимдерді сақтау қажет. Технологиялық ақауларды азайту мәселелері 3 және 4-тарауларда егжей-тегжейлі қарастырылған (әр қалыптау технологиясын сипаттау кезінде).

Пайдалануға бұйымдарды тасымалдау, сақтау, пайдалану және Жөндеу кезеңінде пайда болған ақаулар жатады. Көп жағдайда пайдалану ақаулары механикалық немесе шаршау тозуы мен қартаюдан туындаған зақым болып табылады.

Төтенше жағдайларға көзделмеген сыртқы әсерлерден Туындаған ақаулар жатады. Бұл топтың ақауларына әртүрлі механикалық зақымданулар мен геометриялық өлшемдердің өзгеруі жатады. Сонымен қатар, материалдың ішкі қабаттарында пайда болатын және одан әрі біртіндеп таралатын "жасырын" апаттық ақаулар бар. Бұл топтың ақаулары авариялық әсерден кейін бірден пайда болмайды, сондықтан олар көбінесе операциялық ақаулар деп қателеседі.

Орналасқан жері бойынша ПКМ бөлшектерінің ақаулары сыртқы (Үстірт), ішкі, Өтпелі және оқшауланған болып бөлінеді. Сыртқы ақаулар- бұл әртүрлі беткі жарықтар, сызаттар, чиптер, бояулар және т.б. (сондықтан оларды көбінесе Үстірт деп атайды). Беттік ақаулар олардың пайда болуының бастапқы кезеңінде материалдардың механикалық қасиеттеріне аздап әсер етеді, бірақ оларды жою қажет, өйткені материалдың сыртқы бетінің тұтастығының бұзылуы агрессивті орталардың енуіне одан әрі ықпал етуі мүмкін, бұл, сайып келгенде,

өнімнің қызмет ету мерзімін едәуір қысқартады.

Ішкі ақаулар-бұл әртүрлі құрылымдық ақаулар және тұтастықтың бұзылуы (стратификация, жарықтар, кеуектіліктің жоғарылау аймақтары және т.б.). Ішкі ақаулар РКМ физикалық-механикалық қасиеттерін айтарлықтай өзгертеді және пайда болу тереңдігінде ерекшеленеді. Өнімнің шетінен өтетін ақаулар деп аталады.

Оқшауланған бөліктің (өнімнің) шетінен шықпайтын жабық ақаулар деп аталады. Ақаулардың бұл тобына әртүрлі чиптер мен жабық жарықтар жатады (зақымдану аймағында қалдық деформациясыз материалдың тұтастығын бұзу). Көп жағдайда оқшауланған ақаулар белгілі бір уақыт аралығында ғана болады, содан кейін өнімдерді пайдалану кезінде олар тарала бастайды (олардың таралу жылдамдығы ғана өзгереді) және олар өтпелі кезеңге айналады.

ПКМ бөлшектерінің ақаулары макро (өлшемі 100 мкм-ден жоғары), микро (100 нм-ден 100 мкм-ге дейін) және нано (өлшемі 100 нм-ден аз) масштабты деңгейлері бойынша жіктеледі.

Бақылау сұрақтары

1. Әр түрлі сапаны бақылаудың қандай әдістері қолданылады ПКМ бөлшектерінің өмірлік циклінің кезеңдері?

2. РСМ бөлшектеріндегі ақаулардың негізгі түрлерін олардың шығу тегіне, орналасқан жеріне және өлшеміне қарай атаңыз.

3. Макродеңгейде РСМ құрылымының қандай ақаулары анықталады? Макродеңгейде РСМ құрылымын зерттеудің қандай әдістері қолданылады?

4. Микро деңгейде РСМ құрылымының қандай ақаулары анықталады? Микро деңгейде РСМ құрылымын зерттеудің қандай әдістері қолданылады?

5. Нано деңгейінде РСМ құрылымының қандай ақаулары анықталады? Нано деңгейде РСМ құрылымын зерттеудің қандай әдістері қолданылады?

Дәріс 9

Әртүрлі масштабты деңгейлердегі ПКМ құрылымының ақауларын зерттеу әдістері

Бірқатар мамандардың бағалауы бойынша ең күрделі диагностикалық (бөлшектерді пайдалану процесінде) және бұйымдардың пайдалану қасиеттеріне ең үлкен әсер ететін құрылымдық ақаулар болып табылады, оларды ПКМ бөлшектерін өндіру кезеңінде бақылау қажет. Құрылымдық ақаулар бөлшектерді дайындаудың технологиялық процесінің сапасын сипаттайды (олардың жеке басы өнімді дайындау технологиясында бұзушылықтардың бар екендігін көрсетеді).

ПКМ құрылымдық ақауларын талдау әртүрлі масштабты деңгейлерде жүргізілуі керек:

- макроскопиялық талдау;
- микроскопиялық талдау;
- беттік және көлемдік нанодфектілерді талдау.

ПКМ құрылымын әртүрлі масштабты деңгейлерде және сыртқы факторлардың әсерінен оның өзгеру ерекшеліктерін білу Материалдарды негізделген таңдауға мүмкіндік береді және ұзақ мерзімді табиғи сынақтарды қажет етпейді .

Макроскопиялық деңгейде ПКМ келесі сипаттамалары анықталады:

- компоненттердің біркелкі таралуы (мысалы, полимер матрицасындағы дисперсті толтырғыш);
- құрылымы бойынша көзбен ерекшеленетін материал компоненттерінің саны;
- арматуралық толтырғыштың геометриялық орналасуы;
- материал компоненттерінің геометриялық пішіні.

Құрылымдардың макроанализі, әдетте, визуалды немесе төмен ажыратымдылықтағы оптикалық микроскоптарды қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Микроскопиялық деңгейде макроанализдің бұрын алынған нәтижелерін ескере отырып, келесі міндеттер шешіледі:

- материалдың фазалық құрамын анықтау;
- микро ақаулардың түрі мен санын анықтау;
- толтырғыштардың беткі топологиясын анықтау;
- толтырғыштардың геометриялық сипаттамаларын анықтау.

Бастапқыда құрылымды талдаудың осы деңгейінде зерттелетін материалдың нақты құрылымын зерттеу үшін жеткілікті болатын үлгілердің санын анықтау қажет.

Зерттеушілерге көбінесе көлденең қима бойынша құрылымның өзгеру дәрежесін анықтау міндеті жүктеледі, Сондықтан микроанализ жүргізу кезінде зерттелетін аймақ құрылымының ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік беретін үлкейту дәрежесін дұрыс таңдау қажет. Сол аймаққа морфологияның біртектілігі (немесе біртектілігі) анықталатын мезо деңгей (миллиметрдің оннан бір бөлігінің мөлшері) жатады. Осы мақсатта үлгінің белгілі бір осіне қатысты бірдей қашықтықта орналасқан бірнеше аймақтар таңдалады.

Наноөлшемді ұлғайтуға (нано-деңгей) мүмкіндік беретін ең дәл және қымбат зерттеуді орындау кезінде келесі міндеттер шешіледі:

- наноқұрылымдық ақаулардың түрін анықтау;
- нанобақылаудың геометриялық сипаттамаларын анықтау, әрі қарай беріктік есептеулерін және зерттелетін объектілерді кернеулі деформацияланған талдауды жүргізуге мүмкіндік береді.

Құрылымдық талдаудың осы үш деңгейі бір-бірімен қалай байланысты болады, зерттелетін материалдың құрылымы мен топологиясының ерекшеліктеріне байланысты әр жағдайда анықталады.

1-кестеде әртүрлі масштабты деңгейлердегі көміртекті талшықтар мысалында РСМ толтырғыш құрылымдарын зерттеу кезінде дәлдік пен қажетті өсу дәрежесі бойынша жүйеленген деректер келтірілген. Анықталатын құрылымдық параметрлердің атаулары зерттелетін материалдардың қасиеттеріне байланысты өзгереді.

Кесте 1

Әр түрлі масштабтағы көміртекті талшықтардың құрылымын зерттеу әдістері

	Макродеңгей	Мезо және микро деңгей	Нано деңгей
Әдеттегі үлкейту, рет	до 10	от 102 до 105	106
Қолданылатын әдістер	Визуалды тексеру, сандық камера	Оптикалық және растрлық микроскопия	Рентгендік дифракция
	Рентгендік радиография	Растрлық электронды және атомдық күш микроскопиясы	Туннельді сканерлеу микроскопиясы
Құры	Технологиялық ақаулар	Ластану, Кокс бөлшектері	Кристалдық құрылымның ерекшеліктері

лымдардың анықталатын параметрлері	Тері тесігі, жарықтар және бөгде заттар	Монофиламент беттерінің морфологиясы	Нүктелік ақаулар және ақаулар кластерлері
	Сыртқы өрнек, талшықтардың көлбеуі	Компоненттердің көлемдік үлестері	Нүктелік нано ақаулар

ПКМ бөлшектерінің ең жиі кездесетін макроқұрылымдық ақаулары-бұл тұтастықтың бұзылуы, мысалы, стратификация, желім емес, жарықтар, бөгде заттар және т. б.

Макроқұрылымдық талдау зақымданудың қажетті геометриялық сипаттамаларын анықтау мақсатында жүргізіледі, мысалы, жарықшақтың жоғарғы бөлігінің пішінін белгілеу, оның Шири анықтау, сондай-ақ шаршау сынақтарын жүргізудің әртүрлі кезеңдерінде жасалған үлгілердің бірнеше түрін пайдалану кезінде (магистральдық жарықшақтың өсу кинетикасын анықтауға болады).

ПКМ анықтамасы бойынша микро-гетерогенді және біртекті емес, сондықтан макроқұрылымның олардың қасиеттерімен тікелей байланысы бар. Тіпті оларды қарапайым кесу кезінде немесе бөлім беттерін жылтыратқаннан кейін, тек осы материалға тән құрылымдық ерекшеліктер анықталады. Олардың кейбіреулері қарапайым көзге көрінеді немесе қуаты аз оптикалық микроскоптың көмегімен анықталады.

Дәл осы себепті зерттеушілер макроскопиялық зерттеулердің орнына үлгілерді қарапайым визуалды тексерумен шектеледі.

Визуалды тексеру кезінде адамның көзі 0,4-тен толқын ұзындығының өте тар диапазонында көретінін ескеру қажет

0,7 мкм-ге дейін, бұл қою қызылдан күлгінге дейінгі түс аралығына сәйкес келеді [49]. Адамның тағы бір ерекшелігі - оның көзінің есте сақтау уақыты шамамен 0,1 секундты құрайды және осы қысқа уақыт ішінде визуалды сурет салу өте қиын. Оқушының диаметрі шамамен 6 мм-ге тең және адамның көру қабілетінің тағы бір ерекшелігі-егер ол көзге тым жақын болса, объектіге толық назар аудару мүмкін емес. Ыңғайлы оқу қашықтығы шамамен 150 мм-ге тең және бұл қашықтықта көз миллиметрдің оннан бірнеше бөлігінен аспайтын мөлшерді ажырата алады.

Оптикалық микроскоптармен макроскопиялық зерттеулер фазааралық беттердің геометриялық сипаттамаларын анықтау үшін де қажет. Мысалы, егер ПКМ металл бөлшектерінің жарықтарын жабу үшін жөндеу құрамы ретінде пайдаланылса, онда оның деградациялық қасиеттерін зерттеу қажет. Материалдың бастапқы үлгілерін берілген жұмыс орталарында (машина майлары, майлау-салқындату

сұйықтықтары және т.б.) ұстағаннан кейін, ең алдымен, фазааралық шекара геометриясының өзгергенін немесе өзгермегенін анықтау қажет.

Мұндай фазааралық шекараларды зерттеудің кемшіліктеріне алынған нәтижелер сандық сипаттамаларға ие емес және сипаттамалық сипатта болады.

Материалдардың көптеген қасиеттері олардың микроқұрылымының ерекшеліктерімен тікелей байланысты, мысалы, изотропия дәрежесі (ол тегіс немесе кеңістіктік болуы мүмкін басым бағытта көрінеді) және біртектілік (морфологиялық гетерогенділікте, кристалдардың жергілікті өзгеруінде және т.б.).

Металдар үшін құрылымдық сезімтал емес сипаттамалардың белгілі бір саны бар екені белгілі. Оларға серпімділік модулі, сызықтық жылу кеңею коэффициенті (CLTR) және меншікті ауырлық (тығыздық) жатады. Металл аулаудың аққыштық шегі, жылу өткізгіштік және электр өткізгіштік сияқты қасиеттері, керісінше, құрылымдық сезімтал сипаттамалар болып табылады. ПКМ үшін жоғарыда аталған барлық қасиеттер құрылымға сезімтал, өйткені олар компоненттердің фракцияларының арақатынасына, олардың қасиеттеріне және интерфейс күйіне тікелей байланысты.

Фазалық құрамды анықтау үшін (полимер матрицасы мен толтырғыштың нақты қатынасы) стандартты оптикалық микроскопты қолдануға болады (мысалы, Neophot-21). Берілген оптикалық микроскоп (және осы кластағы басқа микроскоп модельдері) көрінетін жарық пен оптикалық линзалар жүйелерін пайдаланады, бұл сізге ең жоғары ажыратымдылықты шамамен 0,5 мкм алуға мүмкіндік береді (өйткені көздің ажыратымдылығы 0,2 мм, ал максималды үлкейту 400 есе). Оптикалық микроскоптың негізгі техникалық сипаттамалары: ажыратымдылық, пайдалы үлкейту және кескіннің тереңдігі.

ПКМ микроқұрылымдық зерттеулері келесі ретпен орындалады.

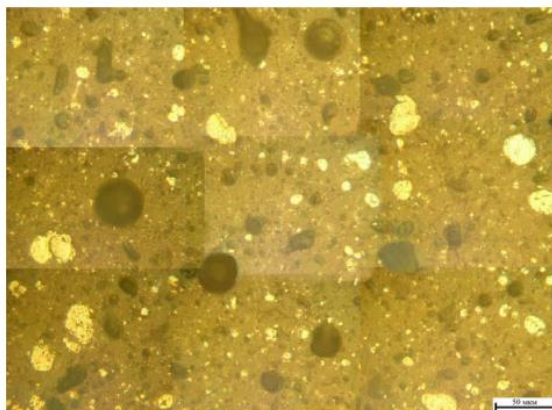
1. Тегістеуіштерді дайындау. Шлифті дайындау сапасы тек микроскопиялық зерттеу процесінде анықталады, сондықтан үлгіні нақтылаудан, сүртуден және кептіруден кейін микроскопқа орнатылады және бақылау суреттері жүргізіледі. Егер алынған фотосуреттердің сапасы қанағаттанарлық болмаса, онда тегістеуіштердің бетін дайындау процесі жалғасады. Содан кейін бақылау суреттері қайтадан жасалады және бұл қажетті тегістеу сапасын қамтамасыз ете алмайынша болады.

2. Микроскопта фотоқұрылымдарды алу. Тегістелген жағы бар Үлгі линзаның үстіндегі микроскоптың слайдына орналастырылады, содан кейін қажетті кескін параметрлері дәйекті түрде жасалады. Арнайы тұтқаларды пайдаланып теңшеу үшін зерттеу үшін ең қызықты тегістеу аймағын табу үшін слайд үстелін көлденең жазықтықта жылжытуға болады. Суреттерді алдын-ала қарауды микроскоптың окулярлары арқылы немесе ДК көмегімен жасауға болады. Кескінді талдау үшін

таңдалған тегістеу аймағы әртүрлі масштабта суретке түседі, содан кейін алынған кескіндер қатты дискіге тасымалданады.

3. Зерттелетін үлгілердің беттерінің панорамалық суреттерін алу. Макроқұрылымдардың кез-келген сандық параметрлерін (мысалы, кеуектілігі) анықтаудың дәлдігін арттыру үшін сізге кез-келген жеке учаскенің емес, бүкіл бетінің фотосуреті қажет. Бұл жағдайда үлгінің бүкіл бетінің фотосуреттері дәйекті түрде түсіріледі, содан кейін олар компьютерде қосылады (біріктіріледі) және нәтижесінде зерттелетін объектінің бірқатар суреттерінен панорама алынады. Панорамалық деп аталатын мұндай суреттің мысалы суретте көрсетілген. 3.

4. Қателерді болдырмау үшін құрылымдардың фотосуреттерін нақтылау, мысалы, тегістеу технологиясымен байланысты. Зерттелетін материалдың беткі қабаттарын дәйекті түрде алып тастаудан тұратын тегістеу технологиясы үлгілердің бетінде сызаттар мен қауіптердің қалуына немесе кескіннің бұлыңғырлығы мен қара дақтардың пайда болуына әкелетінін атап өткен жөн. Зерттелетін материалдың алынған сандық бейнесін өңдеуге болады. Әдетте, мұндай өңдеумен зерттелетін құрылымның сапасын жақсы анықтау үшін фонның түсі өзгереді.



Сурет. 3. Бір панорамалық суретке жиналған тоғыз бөлек алынған РСМ үлгісі бетінің фотосуреттері neophot-21 оптикалық микроскопынан

5. Материалдардың фазалық құрамын сандық бағалау. Құрылымдардың қазіргі сандық талдауы жүргізумен байланысты өлшеу. Тікелей (немесе тікелей) өлшенетін параметрлерді және жанама (есептеулерден кейін) анықталатын параметрлерді ажырату қажет. Тікелей өлшенетін параметрлер алынған кескіннің нәтижелеріне сүйене отырып анықталады, ал жанама өлшенетін параметрлер белгілі бір модельді (немесе алгоритмді) қолдануды талап етеді. Мысалы, егер талшықты толтырғыштың көлденең қимасы жоқ болса дөңгелек және кез-келген басқа форма, содан кейін есептеулер үшін алдымен оның қандай

форма болатындығы туралы болжам жасау керек оны қабылданған болжамға сүйене отырып анықтаңыз. Тік өлшенетін параметрлерге ұзындықтың қалыңдыққа қатынасы да жатады, мысалы, қысқа талшықтарға тән. Морфологиялық анизотропияның бұл дәрежесін бағалау оңай емес тек бағдарлау бойынша үлестіруді анықтаңыз. Бір типтік- құрылымды зерттеудегі қателіктер өлшеудің әдістемелік қателігі болып табылады, ол тек анықталатындығымен байланысты бөлшектердің өлшемдері бір беттік қимада болады, бұл мыналарға әкеледі ең үлкен және ең кішкентай бөлшектерді өлшеу кезінде қателерді қосу. Тікелей өлшенетін параметрдің мысалы көлемді зерттелетін фазаның үлесі немесе компоненттердің көлемдік үлесі. Олар мүмкін кескін негізінде тек жүйенің ажыратымдылығымен шектелетін кез-келген дәлдікпен анықталуы керек. Дәндердің мөлшері, егер ол анықталса, тікелей өлшенетін параметр болып табылады "бетінің ауданы көлемге" қатынасынан.

Құрылымдық модельдеу жалпы сипаттауға мүмкіндік береді бұзылу процесінің динамикасы, бірақ сәнге сандық баға бермейді- параметрлері. Көптеген параметрлік модельдердің арасында, жүктеме кезінде РСМ мінез-құлқын сипаттау үшін қолданылады, барлық ауырсыну- мойынға перколяция теориясы таралады. Бұл байланысты бұл сәйкесінше корреляцияны табуға мүмкіндік береді геометриялық (толтырғышты төсеу схемасын ескеріңіз, әсері әр түрлі- қалыңдығы, ақаулары және т.б.) және физикалық сипаттамалары.

Бақылау сұрақтары

1. ПКМ құрамының сапасының негізгі көрсеткіштерін атаңыз.
2. Байланыстырғыштың негізгі көрсеткіштерін атаңыз және толтырғыш.
3. Үшін қолданылатын негізгі акустикалық әдістерді атаңыз ПКМ өнімдерінің сапасын, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін бақылау. Бойынша оларды қандай критерийлік белгілерге жатқызу әдеттегідей?
4. Сапаны бақылаудың жылу әдістері неге негізделген? Қандай критерийлер бойынша олардың сыныптары қабылданады- жалған ба?
5. Сапаны бақылаудың диэлектрлік әдістері неге негізделген- ПКМ бұйымдары? Қандай критерийлер бойынша олар қабылданды жіктеу?
6. Құйынды ток сапасын бақылау әдістері неге негізделген ПКМ бұйымдары? РСМ қандай түрлерін бақылау үшін олар IP болуы мүмкін- пайдаланылды ма?
7. ПКМ бұйымдары сапаны бақылаудың радиометриялық әдістері неге негізделген

Дәріс 10 Композиттерді компьютерлік модельдеу

DIGIMAT бағдарламасында жобаланған композиттің механикалық қасиеттерін компьютерлік модельдеу әдістемесі

Жылдам дизайн автомобиль және аэроғарыш өнеркәсібі үшін маңызды бола түсуде. Мұндай дизайнның бөлшектері пластикалық композиттер негізінде жасалуы мүмкін. Пластмассалар әртүрлі қолданбалар үшін жеке таңдалуы мүмкін және дизайнның үлкен еркіндігін көрсетеді.

Термопластикалық және терморезистивті матрицаларды қысқа, ұзын немесе үздіксіз шыны немесе көміртекті талшықтар болсын, әртүрлі талшықты күшейткіштермен біріктіруге болады. Дегенмен, композиттер белгілі бір қолдану үшін оңтайлы құрамдас бөлік дизайнын табуға келгенде нақты мәселе болуы мүмкін. Өнімділіктің толық спектрін өте күрделі қасиеттері бар бөлшектерде сынау керек. Статикалық және динамикалық жүктемелер кезінде бұзылу кезіндегі қаттылық пен мінез-құлықты түсіну өте қажет. Шаршаудың қызмет ету мерзімін болжауға сұраныс артып келеді. Негізгі міндет-композиттің өнімділігімен салыстырғанда микроқұрылымның және қасиеттің құрамдас бөліктерінің (процестен туындаған немесе ішінара индукцияланған) әсерін түсіну. Берілген шектеулердегі нақты өнімділікті ескере отырып, ең жақсы дизайнды алу үшін, мысалы, жалпы салмақ, өңдеу кезеңін, құрылысты және тіпті материалдың өзін оңтайландыру циклдарынан өту маңызды. Рөлдің түпкілікті орындалуы олардың үшеуіне бір уақытта байланысты болады. Бүгінгі таңда күрделі, көп масштабты модельдеу жасауға болады. Барлық үш әсер бір-бірімен толығымен байланысты және осылайша бір ерекше тәсілмен зерттелуі мүмкін. [INTEGRATED NONLINEAR MULTI-SCALE MATERIAL MODELLING OF FIBER REINFORCED PLASTICS WITH DIGIMAT: APPLICATION TO SHORT AND CONTINUOUS FIBER COMPOSITES LAURENT ADAM* AND ROGER ASSAKER*].

Композиттердің механикалық қасиеттерін болжамды зерттеу үшін DIGIMAT бағдарламасында есептеу эксперименттері жүргізілді. Сандық модельдеу және физикалық эксперимент негізінде термопластикалық полимерлерден дисперсті толтырылған композиттердің деформация сипатын зерттеу. Шыны толтырғыш бөлшектерінің мөлшері мен пішінінің жобаланған композиттің механикалық қасиеттеріне әсерін анықтау. Қысқа туралған шыны талшықтары бар полимер мен полиамид негізіндегі композициялық материалдар мысалында зерттеу:

- қатты бөлшектердің құрамының композиттердің негізгі механикалық параметрлерінің өзгеруіне әсері;
- әр түрлі термопластикалық матрицалары бар және әртүрлі геометриялық қосындылары бар композициялардың қасиеттері.
- толтырғыш бөлшектердің пішінінің композициялық материалдардың деформациялық әрекетіне әсері;
- ақырлы элементтік торды бөлу әдісінің композиттердің механикалық қасиеттерін модельдеу нәтижелеріне әсері.

- сандық және физикалық эксперименттермен анықталған композициялық материалдың механикалық сипаттамаларын тексеру.

DIGIMAT АЖЖ көмегімен нарықта бар термопластикалық матрицалық композиттік материалдар зерттелді. DIGIMAT NX модулі матрица мен қосылымдар бойынша материалдарды бақылауға мүмкіндік берді. Талдау көрсеткендей, нарықта полиамид матрицасы және қысқа шыны қосындылары бар дайын композициялар басым. Зерттеудің міндеті композициялық материалдың механикалық сипаттамаларын анықтау үшін есептеу экспериментін жүргізу болды.

Екі фазалы композиттердің механикалық сипаттамаларын анықтаудағы теориялық тәсіл Эшелби теориясына негізделген. Эшелби қосындылары бар жүйелердің деформация энергиясын есептеу әдісін ұсынды. Ол алған формула кәдімгі көлемді интеграцияны беткі интеграцияға түрлендіреді. Теорияға сәйкес композиция екі компоненттен тұрады деп қабылданады. r және m индекстері сәйкесінше бекемдетіп қосуды және матрицаны білдіреді.

Дж.Эшелби матрицадан алынған, пластикалық деформацияланған және оған жаңадан салынған изотропты эллипсоидты қосындыдағы кернеу өрісін анықтау мәселелерін шешті [82]. Кейінірек Мори мен Танака эллипсоидты қосылыстардың өзара әсерін ескере отырып, матрицадағы орташа кернеу өрісін шығарды. Эшебли теориясы мен Мори –Танака теоремасына сүйене отырып, Тандом мен Венг изотропты матрицамен талшықты және дисперсті қатайтылған композиттер үшін серпімділік модульдерін есептеді. Бұл модель бірінші және екінші типтегі Юнг модулін, толтырғыш пен матрицаның Пуассон коэффициентін және қосу формасының факторын $0 < \zeta < \infty$ ескереді. 1-6 теңдеулер Юнг модуліне, ығысу және көлемдік модульдерге және композициялық материалдың Пуассон коэффициентіне сәйкес келетін алты тәуелсіз тұрақтыны анықтайды.

$$\frac{E_{11}}{E_m} = \frac{1}{1+} \quad (1)$$

$$\frac{E_{22}}{E_m} = \frac{E_{33}}{E_m} = \frac{1}{1+} \quad (2)$$

$$\frac{\mu_{12}}{\mu_m} = 1 + \frac{c_r}{2c_m S_{1212} +} \quad (3)$$

$$\frac{\mu_{23}}{\mu_m} = 1 + \frac{c_r}{2c_m S_{2323} +} \quad (4)$$

$$\frac{\kappa_{23}}{\kappa_m} = \frac{(1+\nu_m)(1-2\nu_m)}{1-\nu_m(1+2\nu_{12})+c_r} \quad (5)$$

$$v_{12} = \frac{v_m A - c_r (A_3 - v_m A_4)}{A + c_r (A_1 + 2v_m A_2)} \quad (6)$$

A_1, A_2, \dots, A коэффициенттеріне және S_{ijkl} Эшелби тензор компонентіне қосындылардың пішініне және фазалардың серпімді сипаттамаларына тәуелді өрнектерді [82] табуға болады. Осылайша енгізілген серпімділік коэффициенттері материалдың макроскопиялық серпімді қасиеттерін анықтайтын тиімді шамалар болып табылады.

Ұсынылған әдіс бағдарламалық жасақтама кешенін қолданатын модельдеудің DIGIMAT үш негізгі кезеңін қамтиды. DIGIMAT бағдарламалық жасақтамасы - бұл композициялық материалдардың сипаттамаларын анықтау үшін микро деңгейлі тәсілді қолданатын әлемдегі жалғыз бағдарламалық жасақтама. DIGIMAT үшін бастапқы деректер әр фазаның қасиеттері, топологиясы және көлемдік/массалық мазмұны, сондай-ақ композициялық материалдың микроқұрылымы болып табылады. Бұл мәліметтер материалдың математикалық моделін әр фазаның және микроқұрылымның қасиеттеріне сезімтал микро деңгейде құрастырады және композициялық материалдың қажетті механикалық, жылу немесе электрлік сипаттамаларын анықтайды (1-сурет).



Сурет 1 – Композициялық материалдардың сипаттамаларын анықтауға арналған микродеңгейлі тәсіл

Бағдарламалық кешен көп фазалы материалдардың кең спектрін модельдеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді және композициялық құрылымдарды жобалауда кешенді тәсілді қолдануға мүмкіндік береді: материалдарды әзірлеуден және үлгілерді виртуалды сынақтан өткізуден бастап, өндіріс технологиясын модельдеуге және құрылымның соңғы сипаттамаларын алуға дейін.

MSC Digimat MF модулі микро деңгей тәсілінде модельдеуді жүзеге асыру үшін пайдаланылды.

Бастапқы деректер:

- шыны қосындыларының механикалық сипаттамалары;
- матрица материалының механикалық сипаттамалары;
- шыны қосындылардың мөлшері;
- шыны қосындылардың пішіні;

- нығайтатын бөлшектердің пайыздық мөлшері.
 Модельдеуге арналған деректер 5-кестеге келтірілген.
 Кесте 5 - Сандық эксперимент үшін механикалық деректер

Параметрлер	Мәндер
Полимердің серпімділік модулі, МПа	2360
Полимердің тығыздығы, кг/мм ³	$1,14 \cdot 10^{-9}$
Полимердің төменгі аққыштық шегі, МПа	75 МПа
Бринелль бойынша полимердің қаттылығы, МПа	95 МПа
Полиамидтің серпімділік модулі, МПа	3000
Полиамидтің Пуассон коэффициенті	0,37
Полиамидтің төменгі аққыштық шегі, МПа	65 МПа
Бринелль бойынша полиамидтің қаттылығы, МПа	85 МПа
Шыны серпімділік модулі, МПа	7200
Шыны тығыздығы, кг/мм ³	$7,8 \cdot 10^{-9}$
Шынының Пуассон коэффициенті	0,3

Бүгінгі таңда әртүрлі геометриялық қасиеттері бар туралған шыны талшықты жеткізетін көптеген компаниялар бар. Виртуалды эксперимент үшін 6-кестеге келтірілген талшықтардың маркалары, геометриялық сипаттамалары қолданылды.

Кесте 2 - туралған шыны талшықтың геометриялық көрсеткіштері [84-90]

Шыны талшықтарының маркасы	Талшықтардың диаметрі, мкм	Талшықтардың ұзындығы, мм
ECS 11-4.5-560A	11-0,011 мм	4,5-4500
ECS 13-3-552B	13-0,013 мм	6-6000
CS 7938	50 мкм	3000 мкм

Композиттің механикалық қасиеттеріне әсер ететін маңызды факторлардың бірі-кеңістіктегі талшықтардың бағыты. Бұл параметрдің көрсеткіші бағдарлау тензоры T .

$$T = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad (7)$$

мұндағы a_{ij} – x, y, z осьтер бойындағы бағыттарға сәйкес келетін бағдарлау тензорының компоненттері.

Композиттердің механикалық қасиеттерін анықтайтын параметрлер бағдарлама интерфейсінде келесі шамалар арқылы жүзеге асырылады:

- «Mass fraction» - қоспалардың жаппай мазмұны, мынадай жағдайлар қарастырылды 10 %, 20%, 30%;

- «Fixed aspect ratio» - қосу бөлшектерінің пішінін анықтайтын коэффициент, біздің жағдайда ұзындықтың бөлшек диаметріне қатынасы

$$k = \frac{l_f}{d_f} = 468; 187; 60;$$

- «Orientation tensor» - талшықты бағдарлау тензоры, үш жағдай қарастырылды:

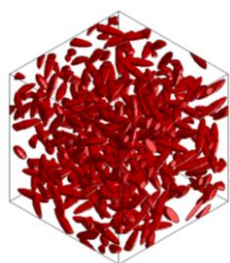
а) $a_{11} = 0,34; a_{22} = a_{33} = 0,33,$

б) $a_{11} = a_{22} = 0,5; a_{33} = 0;$

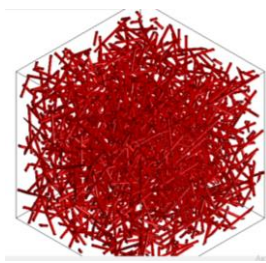
в) $a_{11} = 1; a_{22} = a_{33} = 0$ бағдарлау тензорының қалған мүшелері нөлге тең.

- «Shape» - қосу формасын өзгертуге мүмкіндік береді, біз эллиптикалық қосу формасын таңдадық.

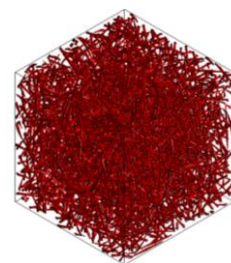
3-суретте қоспалардың сандық үлесінің өзгеруіне байланысты өкілдік элементтің фазалық құрылымының өзгеруі көрсетілген.



а) $m_f = 10\%$



б) $m_f = 20\%$



с) $m_f = 30\%$

Сурет3 – Өкілдік элемент а) $m_f = 10\%$, б) $m_f = 20\%$, с) $m_f = 30\%$

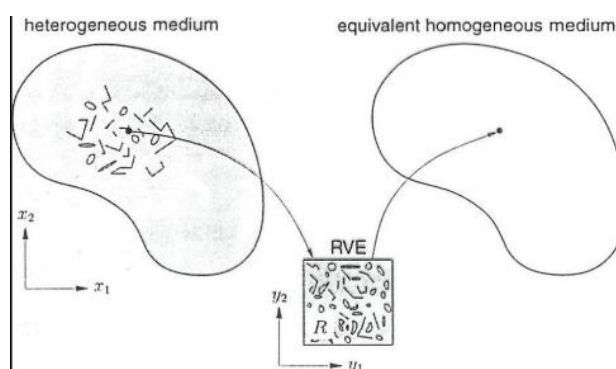
Зерттеу полимерлі және полиамидті матрицалар мен шыны қосындыларға негізделген композиттердің механикалық қасиеттеріне толтырғыш көлемінің әсері, MF модулін және 6-кестеде келтірілген деректерді қолдана отырып жүргізілді, полимердің және бөлшектердің өлшемдік қатынасы $k_r = 467$ болатын қысқа туралған шыны талшықтармен толтырылған композиттік материалдардың деформация қисықтарымен 8-суретте көрсетілген нәтижелер алынды.

Композиттік материалдардың механикалық сипаттамаларының сандық экспериментінің нәтижелері

Digmat құрамындағы композиттік материалдарды модельдеу технологиясы күрделі көп компонентті материалдардың мінез-құлқын дәл болжау үшін микромеханикалық тәсілдерге сүйенеді және композиттік материалды әзірлеу, өндіріс процесі және ақырлы элементтік есептеу арасындағы алшақтықты жоюға мүмкіндік береді.

Digmat әртүрлі матрицалары бар (полимерлі, металл, резеңке) термопластиктердің, терморезистивті пластмассалардың және композиттік материалдардың сипаттамаларын модельдеуге мүмкіндік береді. Материалдардың алынған сипаттамалары кейіннен ақырлы элементтер

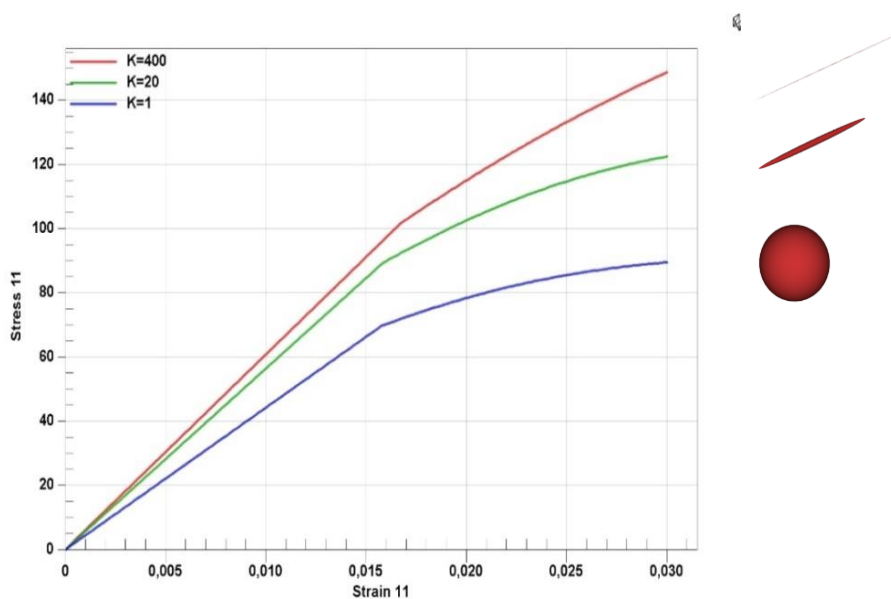
пакеттерінде есептеулер жүргізу үшін берілуі мүмкін. Композиттерді өндірудің технологиялық процестерімен байланысты материалдар сипаттамаларының гетерогенділігін ескеруге болады: қысыммен қалыптау, төсеу, пресеу. .



Сурет 4 - Термопластикалық полимерді көп масштабты талдау [92]

Полимер матрицасына негізделген композиттердің механикалық қасиеттеріне қосу формасының коэффициентінің әсері.

Қосындылардың пішінін, яғни қосындылардың шыны бөлшектерінің өлшемдерінің арақатынасын зерттеу нәтижелері 8-суретте көрсетілген.



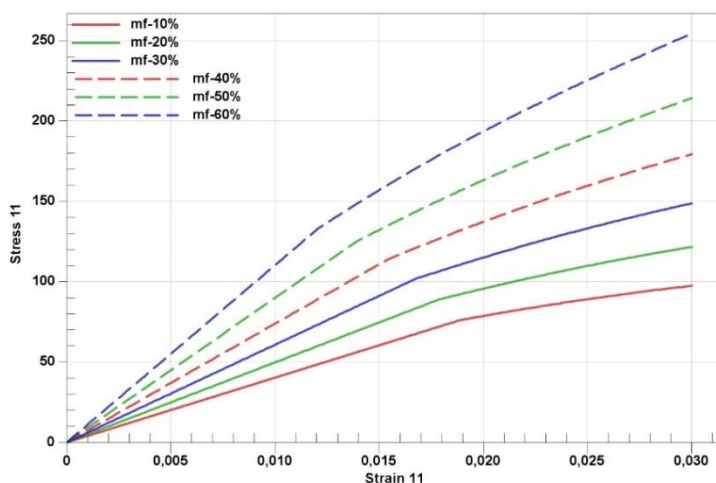
Сурет 5 - Құрамында полимер матрицасына негізделген композиттік материалға арналған кернеу-деформация диаграммалары

а) талшықтар (қызыл сызық) в) эллипсоидты қосындылар (жасыл сызық)
г) шыны сфера (көк сызық)

6-суретте көрсетілген диаграммалар қосылыстардың пішініне байланысты композиттің механикалық қасиеттерінің мәндерінің үлкен таралуын көрсетеді, ине пішініндегі ең үлкен мән.

Толтырғыш көлемінің полимер пен полиамид матрицасы мен шыны қоспаларына негізделген композиттердің механикалық қасиеттеріне әсері.

MF модулін және 6-кестеде келтірілген деректерді пайдалана отырып, бөлшектер өлшемінің қатынасы $k_r=400$ болатын полимерлі және қысқа туралған шыны талшықтармен толтырылған 11-суретте композиттік материалдардың деформация қисықтарымен нәтижелері алынды.



Сурет 6 а арналған кернеу-деформация диаграммалары а) 10% қосу (жасыл сызық) в) 20% қосу (қызыл сызық) г) 30% қосу (көк сызық)

Полимер матрицасының құрамындағы композиттің қасиеттерін модельдеу нәтижелері 7-кестеде келтірілген.

Кесте - 7 Инженерлік тұрақтылар

m_f - массалық үлес %	E МПа	G МПа	μ	ρ Кг/м ³
10	3200	1156	0,35	1.26E-009
20	4029	1498	0,33	1.33E-009
30	5060	1895	0.32	1.415E-009
40	7389	2769	0.32	1.511E-009
50	8991	3386	0.31	1.623E-009
60	11003	4175	0.31	1.74E-009

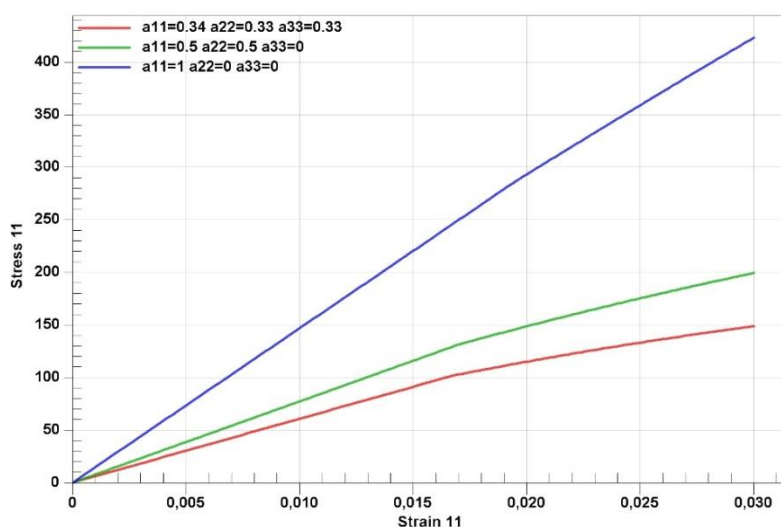
7-кестеде келтірілген деректер қосындылардың массалық үлесі ұлғайған сайын бірінші және екінші типтегі серпімділік модульдерінің ұлғаюын және Пуассон коэффициентінің шамасының төмендеуін көрсетеді, бұл серпімділіктің жоғалуын және материалдың сынғыштыққа деген ұмтылысын көрсетеді.

Полимер матрицасына негізделген композиттердің механикалық қасиеттеріне талшықтың бағытының әсері.

Композиттің механикалық қасиеттеріне әсер ететін маңызды факторлардың бірі – кеңістіктегі талшықтардың бағыты. Бұл параметрдің көрсеткіші бағдарлау тензоры T

$$T = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

Полимер матрицасы мен туралған шыны талшықтарға негізделген композициялық материалдардың механикалық қасиеттерін сипаттайтын әдебиеттерде және компьютерлік модельдерді құру бойынша зерттеулерде талшықтардың бағытын анықтау үшін нақты әдістер мен ұсыныстар болмағандықтан, модельдеу жазық, көлемді және бір осьті бағытта жүргізілді.



Сурет 8 - Полимер матрицасы бар композиттің созылу диаграммалары, талшықтардың әр түрлі бағыттары бар: : а – көлемдік бағытпен $a_{11} = 0.34$, $a_{22} = 0.33$, $a_{33} = 0.33$; b – жазықтық бағытымен $a_{11} = 0.5$, $a_{22} = 0.5$, $a_{33} = 0$; c – жазықтық бағытымен $a_{11} = 1$, $a_{22} = 0$, $a_{33} = 0$

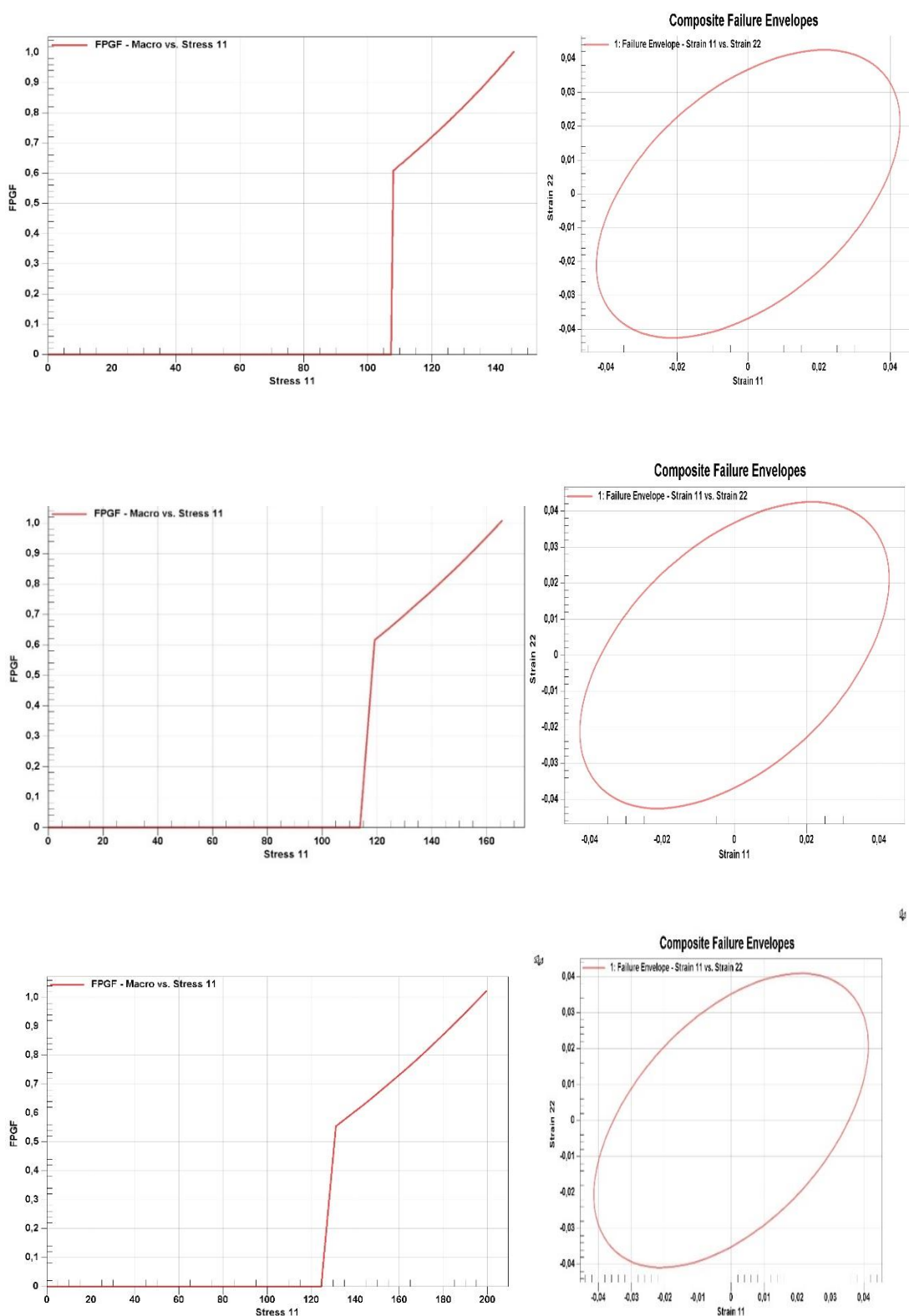
12-суретте келтірілген диаграммада композиттің механикалық сипаттамалары нәтижелерінің үлкен дисперсиясы көрінеді, болашақта модельдеу нәтижелерін табиғи эксперименттердің нәтижелерімен тексеру қажет.

Композиттің сыну критерийі бойынша толтырғыштың массалық үлесінің беріктікке әсері.

Сандық эксперимент жүргізу үшін 30%, 40%, 50% толтырулары бар композициялар таңдалды, өйткені кернеу – деформация қисықтары біздің міндетіміздің жағдайына ең жақын болып табылады. Бірақ бұл қисықтар микро деңгейдегі материалдың беріктік шегі туралы сұраққа жауап бермейді. Материалдың бұзылу кернеулерінің мәндерін анықтау үшін біз MF қолданамыз, мұнда бұзылу критерийі бойынша қосымша параметрлерді енгізу қажет.

Құрылымның беріктігін болжау үшін эквивалентті кернеу критерийлері, сондай-ақ трансверсальды - изотропты денелер (3D) үшін Цай-Хилл критерийі

қолданылды, бірінші жойылған FPGF псевдо-дәнінің өндірісі қолданылды [93].



Сурет 9 - Құрамында полимер матрицасына негізделген композиттік материал үшін ПМ үшін сыну қисықтары, а) 30% қосу (жасыл сызық) в) 40% қосу (қызыл сызық) г) 50% қосу (көк сызық)

9-суретте бұзылу диаграммалары және микро деңгейдегі беріктік беттері көрсетілген. Толтырғыштың массалық үлесінің жоғарылауымен беріктіктің артуы анық, бірақ деформация деңгейінің төмендеуін байқауға болады. Композиттің бұзылуы $\sigma = 150$ МПа , $\varepsilon = 0,045$ – 30% толтырғышпен, $\sigma = 165$ МПа, $\varepsilon = 0,045$ - 40% толтырғышпен және $\sigma = 150$ МПа , $\varepsilon = 0,04$ -50% толтырғышпен жүреді.

Бақылау сұрақтары

- 1 Композиттерде модельдеу дегеніміз не ?
- 2 Композиттерді модельдеуге арналған бағдарламалық өнімді атаңыз .
- 3 Қосуды модельдеу бағдарламасына қандай деректер енгізіледі
- 4 Матрицаны модельдеу үшін қандай деректер енгізіледі DIGIMAT бағдарламасы қандай нәтижелер шығарады
- 5 Композиттің қандай қасиеттері компьютерлік экспериментпен анықталады

Дәріс 11

Полимер мен композиттен басылған бөлшектерде қолдану перспективалары

Бүгінгі таңда 3D басып шығару әртүрлі заттарды жасау үшін қолданылады. Ең алдымен, бұл қосымша әдіспен өндірілетін барлық өнімнің үштен бірін құрайтын функционалдық бөліктер. Басқа мысалдарға электронды схемалар, киім-кешек, жиһаз және тіпті тамақ жатады. Осындай жолмен жасалған алғашқы үйлер (олар туралы: «салынған» деп айту қиын), тіпті автомобильдер де бар, олардың кейбіреулері бірден және толығымен «басылған». Бұл технология медицинада кеңінен қолданылды. Оның көмегімен мүшелердің, қан тамырларының жасанды тіндері, жоғары сапалы протездер (соның ішінде тіс протездері) жасалады.

GRUNDFOS даниялық кеңсесінде 3D басып шығару зертханасы бар, онда сорғы жабдықтарын өндіруге арналған аддитивті технологиялардың мүмкіндіктері зерттелуде. Олардың инженерлері 11 жылдан астам уақыт бойы қосымша өндірісті дамытып келеді. Компания бұл технологияны ең озық (сурет) және жоғары сапалы заманауи аналогтардан да асып түсетін сорғыларды шығару үшін қолдануға болады деп есептейді.



Сурет 1 - Аддитивті өндіріс технологиясы арқылы жасалған мінсіз сорғы

3D басып шығарудың артықшылықтарының бірі - ол дәстүрлі түрде бір бұйымға біріктірілмейтін және бірнеше бөліктен жиналуы керек тұтас жинақтарды шығаруға мүмкіндік береді. Бұл олардың беріктігі мен өнімділік қасиеттерін айтарлықтай арттырады. Осылайша жасалған өнімдердің сапасы мен қасиеттері әдеттегі жолмен алуға болатын өнімдерден әлдеқайда жоғары. Атап айтқанда, изотропия мен дәл геометрияның арқасында 3D принтері тамаша теңдестірілген сорғы дөңгелектерін шығаруға мүмкіндік береді, бұл олардың тиімділігі мен сенімділігін арттырады және олардың қызмет ету мерзімін арттырады. Ұқсас ойлар, мысалы, реактивті турбиналық қалақтарды пішіндеу үшін 3D басып шығаруды пайдаланатын ұшақ қозғалтқышын өндірушілерге нұсқау береді.

Технологияның тағы бір пайдасы – жылдамдық. Бүгінгі күні тіпті ең күрделі 3D басып шығарылған прототипті төрт-бес сағатта жасауға болады. Жиырма жыл бұрын бізге төрт-бес күн, отыз жыл бұрын төрт-бес апта керек

еді. Бұл жаңа жабдықты әзірлеу және дәл баптау процесін айтарлықтай жылдамдатады.

3D басып шығарудың басты артықшылығы - ол дәстүрлі түрде бір бұйымға біріктірілмейтін және бірнеше бөліктен жиналуы керек тұтас жинақтарды шығаруға мүмкіндік береді. Бұл олардың беріктігі мен өнімділік қасиеттерін айтарлықтай арттырады.

3D принтерлер машина жасаудың қандай міндеттерін тиімді шешеді

Жаңа мүмкіндіктер машина жасау өнеркәсібінде 3D жабдықты әзірлеу және енгізуден кейін пайда болды. Әзірге барлық жерде емес, бірақ бірқатар салаларда аддитивті технологиялар дәстүрлі өндіріс әдістерін жылдам алмастыра бастады. Машина жасауда 3D басып шығару әртүрлі тапсырмаларды тиімді, жылдам және тиімді шешуге мүмкіндік беретін жағдайлар жасайды. Бұл міндеттердің ішінде мыналар бар:

- тәжірибелік үлгілерді әзірлеу және жаңа бөлшектер мен тораптарды шығару (концепциялық үлгілер, сынақ үлгілері);

- неғұрлым заманауи жүйелерді және/немесе олардың элементтерін құру;

- жөндеу және/немесе ескі бөлшектерді ауыстыру өндірісі.

3D жабдықтары іс жүзінде өзінің тиімділігін және жоғары сапалы және арзан өнім шығару мүмкіндігін көрсетті.

Заманауи 3D басып шығару жүйелері машина жасау саласындағы инженерлер мен дизайнерлердің алдында тұрған міндеттердің ең кең ауқымын тез және тиімді шешуге мүмкіндік береді. 3D-принтерлер концептуалды үлгілерді жасау кезеңінде де, дайын өнімді шығару үшін де таптырмас болып келеді.

1) Тестілеуге арналған прототиптер. Жаппай өндірісті бастамас бұрын болашақ өнімнің прототиптерін жасаңыз, сынаңыз, қасиеттерін, күшін, функционалдығын тексеріңіз және кемшіліктерді жойыңыз.

2) Аспаптар мен құрылғы компоненттеріне арналған қоршаулар. Сіздің әзірлемелеріңіздің сенімді жұмысын қамтамасыз ететін электрондық құрылғылар мен механизмдерге арналған бірегей корпусстар, қабырғалар, бекіткіштер және басқа құрылғылар.

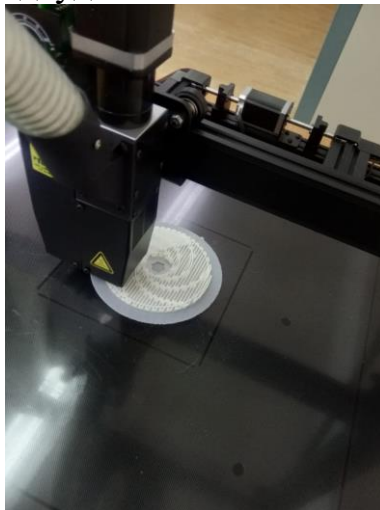
3) Өндірістік құралдар. 3D басып шығару - өндірісті жылдамдату үшін ыңғайлы және тиімді құралдарды жылдам шығару мүмкіндігі.

4) Құю модельдері. 3D принтердің көмегімен сіз жоғары дәлдіктегі трафареттерді, күйіп кеткен үлгілерді, силиконға құюға арналған үлгілерді жасай аласыз.

5) Қолдануға дайын өнімдер. Өндірісте бірден пайдалануға болатын баспа бөлшектері: машина бөлшектері, жөндеу бөлшектері, қозғалтқыш және құрылымдық элементтер, құралдар.

[116] зерттеулердің нәтижесінде сорғы дөңгелектерін жасауға арналған композит құрастырылды. 3D басып шығару арқылы дөңгелектерді жылдам прототиптеу технологиясы әзірленді. Композиттерден жасалған құю

доңғалақтарының энергия үнемдейтін технологиясы әзірленді, түйіршіктелген композиттен күрделі геометриялық пішіндердің бөліктерін 3D басып шығарудың баламалы инновациялық технологиясы әзірленді. Алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы орталықтан тепкіш доңғалақтарды (ОТД) өндіру үшін көрсетілген механикалық қасиеттері бар композициялық материалдың құрамын негіздеуде.



Сурет 2 - Композиттік материалдардың түйіршіктерінен ОТД басып шығару процесі

Полимерлі түйіршіктерді пайдаланып басып шығару материалды таңдаудың әртүрлілігін қоса алғанда, одан да үлкен өндіріс мүмкіндіктеріне есік ашады. FGF технологиясын пайдалану жалпы және тозуға төзімді жабдықты, фрезерлік дайындамаларды және функционалды өнімдерді өндіру құны мен уақытын төмендетуге ықпал ететін негізгі фактор болады.

Иілу процесіне арналған стандартты емес жабдықты дайындау

Қазіргі заманғы өндірістегі бетті штамптау машина жасау өндірісіндегі ең кең таралған және жоғары жылдамдықты операциялардың бірі болып табылады. Тұрақты өлшемдегі жұқа бетті бөлшектерді алу дәлдігі өңдеудің бұл түрін өте қажет етеді. Бөлшектерді осылай жасаудың маңызды кемшіліктерінің бірі жоғары шығындар штамптау жабдықтары, осыған байланысты бұл технологияны тек сериялық және жаппай өндірісте қолданған жөн. Бұл кемшілікті болдырмау үшін ұсақ және бір өндірісте кесу мен тесудің орнына лазерлік кесуді қолдану ұсынылады, ал штамптарда иілудің орнына әмбебап матрицасы мен ауыстырылатын пуансондары бар пресс-иілгіш пресс жиі қолданылады.

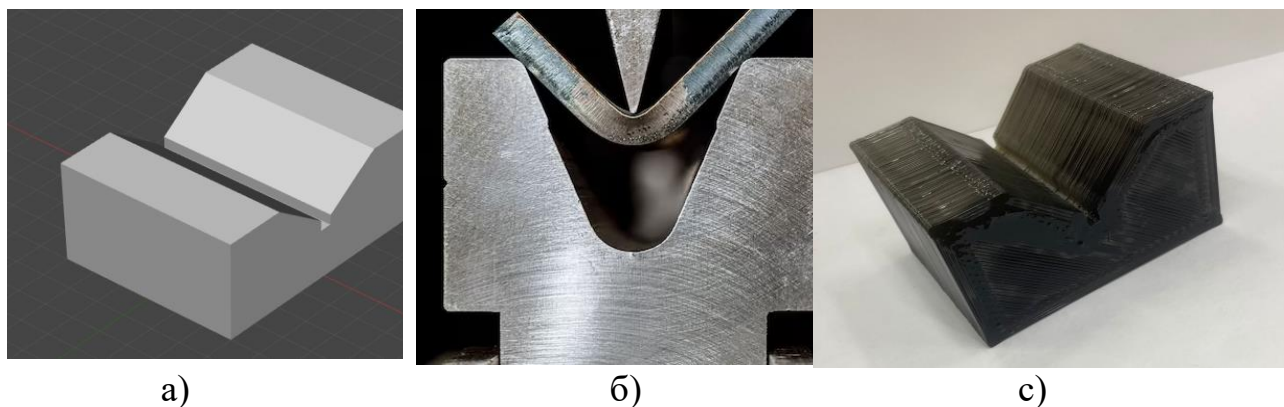
Қаңылтырды қалыптауды әр түрлі күрделі үш өлшемді жалпақ қаңылтыр бөлшектерін жасау үшін қолдануға болады, мысалы, иілу және терең сору арқылы. Қаңылтыр қалыптаудың кейбір артықшылықтары - қалыпталған бөліктің қолайлы механикалық қасиеттері, өндірілген сынықтардың минималды мөлшері және қол жеткізілген жоғары өндірістік қуат. Әдістің басты кемшілігі-жаңа технологиялық желіні орнатуға кететін

шығындар мен уақыт. Сондықтан үнемді өндірісті қамтамасыз ету үшін қаңылтырды өңдеу көбінесе жаппай өндіріспен шектеледі.

Қаңылтырды қалыптауға байланысты негізгі шығындардың бірі-қалыптау құралдарын жасау және өндіру. Әдетте құралды құрал жасаушы әзірлейді және металдан өңделеді, бұл көп уақытты қажет етеді және өте қымбат болуы мүмкін. Құралды әзірлеу кезінде құрал өзінің соңғы формасына жеткенге дейін бір немесе бірнеше түзетулерден өтуі мүмкін.

Иілу процесін үш түрге бөлуге болады: соғу, төменнен иілу және ауада иілу. 3D басып шығарылған иілу қондырғысы иілу процесінде қажетті минималды байланыстың арқасында тек ауада иілуге арналған.

Аспаптық жабдық, үшін V-тәрізді иілу FDM технологиясы бойынша жасалды, атап айтқанда экструзия технологиясы бойынша беттік материалдан дайындамаларды иілу үшін 90° бұрышта (сурет 3) V-ойығы бар матрица (ұзындығы – 80 мм; ені – 60 мм; биіктігі – 50мм) жасалды.



Сурет 3 – Иілуге арналған V-ойығы бар матрица а) КОМПАС бағдарламасында сызылған 3Д моделі; б) болаттан жасалған матрица үлгісі; с) 3Д принтермен TOTAL GF 10% композициялық материалмен басылып шыққан матрица үлгісі;

Беттік материалдардың иілуі Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ технопаркінде ZWHOPE 63T2500 маркалы иілу пресінде (күші - 630 кН) орындалды (сурет 4).



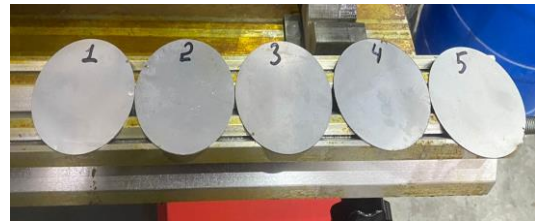
Сурет 4 - Иілгіш пресс

Матрицаны басып шығару параметрлері:

1. Технология – FDM (Fused deposition modeling);
2. Жабдық – Принтер CreatBot F430;
3. Материал – TOTAL GF 10% композициялық материал;
4. Қолдау құрылымдарының материалы – SR-30;
5. Қабаттың қалыңдығы/биіктігі – 0,250 мм;
6. Геометрия қабырғаларының ішкі контурын толтыру – 100% (Solid);
7. Қолдау құрылымдарының болуын немесе болмауын таңдау, тек субстрат болып табылады;
8. Баспа басының қыздыру температурасы – әдепкі бойынша TOTAL GF 10% композициялық материалы үшін;
9. Өндіруші мәлімдеген сызықтық өлшемдердің шекті ауытқуы –
+ - 0,089 мм.

Бұл матрица TOTAL GF 10% композициялық материалынан өнеркәсіптік деңгейдегі жабдықта FDM экструзия технологиясы бойынша жасалған. Бөлшек жұмыс платформасында көлденеңінен орналастырылды, осылайша матрицаның V-ойығы әр қабатта қабаттасқан кезде пайда болады, бұл әр түрлі қабаттардан құралған V-ойыққа перпендикуляр бағытта күш әсер еткенде пайда болатын стратификацияны болдырмайды.

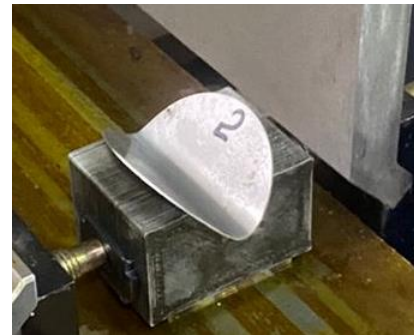
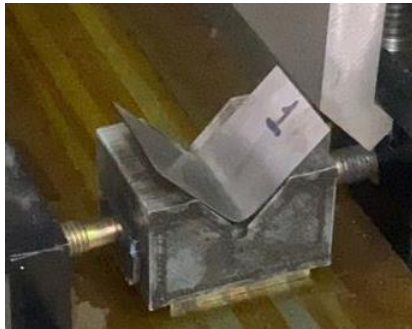
Болат 3 тен жасалған тіктөртбұрышты және домалақ үлгілер (сурет 5-6) иілуге ұшырады. Бірінші үлгі өлшемі 100x50 мм, қалыңдығы 0,8 мм және екінші үлгі диаметрі 81 мм, қалыңдығы 1 мм болатын болат 3-тен жасалған 10 дана дайындамалар сыналды.



а)

б)

Сурет 5 – Болат 3-тен жасалған дайындамалар а) Өлшемі 100x50 мм, қалыңдығы 0,8 мм дайындаманың иілгенге дейін және кейінгі түрі; б) Диаметрі 81 мм, қалыңдығы 1 мм дайындама иілгенге дейін және кейінгі түрі



а)

б)

Сурет 6 - Болат 3-тен жасалған дайындамаларды иу процесі а) Өлшемі 100x50 мм, қалыңдығы 0,8 мм; б) Диаметрі 81 мм, қалыңдығы 1 мм

V-ойығы бар матрица серіппелі бұрышты ескере отырып жасалды және ол 86° – қа тең деп алынды. Екі түрлі үлгілерді иілуге сынағаннан кейін, дайындамалар бұрыш өлшейтін жабдықпен өлшенді және нәтижесі барлық дайындамаларда 90° – ты көрсетті (сурет 7). Бұл көрсеткіш матрицаның дұрыс жобаланғанын айқындайды.



а)

б)

Сурет 7 – Иілгеннен кейін дайындамаларды бұрыш өлшейтін жабдықпен өлшеу сәті а) Өлшемі 100x50 мм, қалыңдығы 0,8 мм; б) Диаметрі 81 мм, қалыңдығы 1 мм

Бұл матрицада бөлшектердің бірнеше партиясы штампталды: бірінші партия нақты геометрияны қажет етпеді және парақтың қалыңдығына байланысты 2-ден 5 градусқа дейін болатын серіппе болды. Екінші партия 100 кН күшпен бөлшекті түзетумен жасалды.

Полимерлі матрицамен технологиялық процесті орындау кезінде келесі фактілер анықталды:

Серіппе іс жүзінде болмады. Эксперименттер ретінде болат матрицасында және композициялық полимер матрицасында материалды өңдеу параметрлері салыстырылды. Эксперименттер нәтижесінде салыстырмалы түрде үлкен ішкі радиус үшін полимер матрицасын өңдеу үшін қолданған жөн, өйткені бірдей сапалы өнімдерді алу кезінде қысым Күшін 20-30% төмендетуге болады. Бұл төмендеу полимер мен болат құралдың қаттылығының айырмашылығына байланысты пайда болады. Болат аналогына қарағанда үлкен мөлшердегі серпімді деформацияға байланысты металл бүкіл бетке мықтап қысылады және бұл жағдайда беттің қалыңдығы материалды түзетуге іс жүзінде әсер етпейді.

Ішкі радиусты және иілгіш сөрелерді түзете отырып, қалыңдығы 0,8 ден 1 мм беттік үлгілерін бұғу бойынша бірқатар эксперименттер жүргізгеннен кейін, құралдың V-тәрізді матрица ойығының бүйір сөрелерінде басу іздері байқалмады. Сондай-ақ, үлгінің матрицамен жанасуы орын алатын бүкіл аймақтың алғашқы тозуы да байқалмады, дегенмен де бірнеше иілуден соң біртіндеп матрицаның өлшемдерінің өзгеруіне әкелуі мүмкін және кейіннен иілуден кейін алынған өнімнің серіппелі бұрышына әсер етуі мүмкін.

Бақылау сұрақтары

1. "Аддитивті технологиялар" ұғымына анықтама беріңіз.
2. Аддитивті технологияның негізінде қандай принцип жатыр?
3. ASTM ұсынған жіктеу бойынша негізгі аддитивті технологияларды атаңыз.
4. Алдын ала қалыптасқан қабатта материалды балқыту әдісінің сорттарын тізімдеңіз. Олардың арасындағы айырмашылықтар қандай?
5. JP технологиясы бар FDM, SLA, MJM дегеніміз не?
6. SLP технологиясының артықшылықтарын атаңыз.
7. Металл ұнтақтарын пайдаланып қоспа өндірісінің негізгі қадамдарын тізімдеңіз.
8. Металл басып шығаратын 3D принтерлерінің қандай түрлерін білесіз?
9. PKT бөлшектері мен бұйымдарын жасау үшін қосымша өндірісті пайдалану қажеттілігі бар ма? Өз пікіріңізді түсіндіріңіз.
10. Қосымша технологияларда қолданылатын металл ұнтақтарының мысалдарын келтіріңіз.

Дәріс 12

Аддитивті технологиялардың жіктелуі

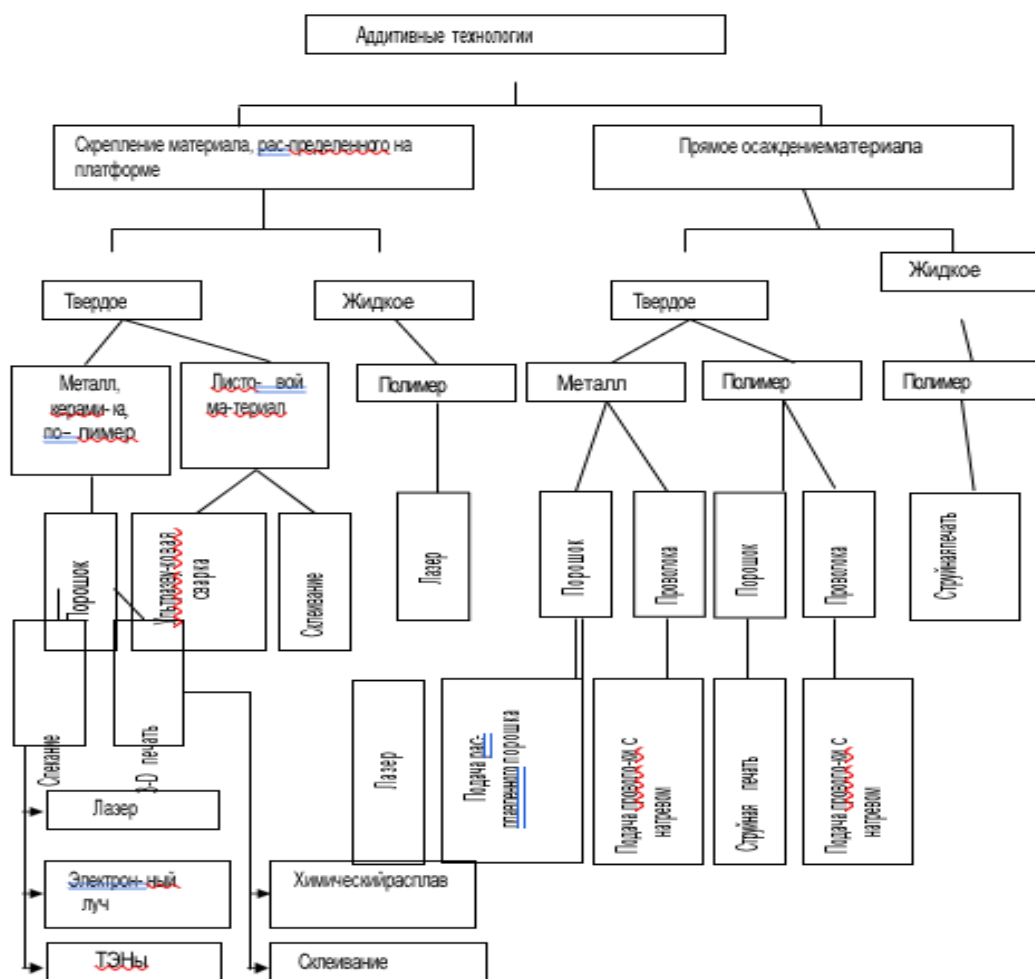
Аддитивті технологияның түрлері қабатты қалыптастыру тәсілдеріне және оны модельдің немесе бөліктің жалпы массивіне қосуға байланысты. Бөлшектің қалыптасу әдісіне байланысты желімдеу, агломерация, балқыту, дәнекерлеу, бүрку және фотополимерлеу технологиялары ажыратылады. Сандық модельдеу әдістерімен жасалған және 3-D принтерлермен жасалған прототиптерді қолдана отырып, бөлшектерді құю технологияларын біріктірілген аддитивті технологиялар қатарына жатқызуға болады. Бөлшекті қалыптастыру әдістері бойынша аддитивті технологиялардың жіктелуі суретте көрсетілген. 9.3. ASTM F2792.1549323-1 additive technology келесідей жіктеледі [21, 26]:

- 1) Material extrusion - "материалды сығу";
- 2) Material Jetting - "материалды шашырату", "реактивті технологиялар";
- 3) Binder jetting- "байланыстырғышты шашырату";
- 4) Sheet lamination - "Парақ материалдарын қосу";
- 5) Vat photopolymerization – "ваннадағы фотополимерлеу";
- 6) Powder bed fusion - "материалды алдын ала қалыптасқан қабатта балқыту";
- 7) Directed energy deposition – "тікелей энергиямен жабдықтау тікелей бөлшекті қалыптастыру орнына".



Сурет. 1 Қосымша технологияларды бөлікті қалыптастыру тәсілдері бойынша жіктеу

Жоғарыда келтірілген жіктеулерді салыстырмалы талдау олардың ұқсастығын көрсетеді, бұл қолданылатын жіктеу белгілерінің жалпылығымен түсіндіріледі. Қосымша технологияларды қолдану арқылы бөлшектерді өндіру үшін қолданылатын технологиялық әдістер мен жабдықтардың дамуымен берілген жіктемелер кеңейтіліп, толықтырылатыны анық. 2-суретте бөлшекті қалыптастыру процесінде материалды қолданудың физикалық жағдайы мен механизмін ескере отырып, аддитивті технологиялардың егжей-тегжейлі жіктелуі келтірілген.



Сурет2Бөлшекті қалыптастыру процесінде материалды қолданудың физикалық жағдайы мен механизмін ескере отырып аддитивті технологияларды жіктеу

Бөлшектерді желімдеу әдістерімен қалыптастырудың аддитивті технологиялары

Материал қабаттарын желімдеу әдістерімен бөлшектерді қалыптастыру технологиялары он жылдан астам уақыт бұрын пайда болды және қазіргі уақытқа дейін әртүрлі бөлшектердің модельдерін өндіруде кеңінен қолданылады - салыстырмалы қарапайымдылық пен арзан бағаға байланысты емес. Бөлшектерді желімдеу әдістерімен қалыптастыру үшін бастапқы материалдар ретінде әртүрлі полимерлі пленкалар қолданылады. Бұл топтың ең кең таралған технологиялық әдістерінің бірі-пластикалық Парак Ламинациясы (PSL), онда модельді құру полихлорвинил (ПВХ) пленкасын қабатты желімдеу арқылы жүзеге асырылады (сурет. 3).



Сурет. 3 PSL жабдықтары-технологиялар

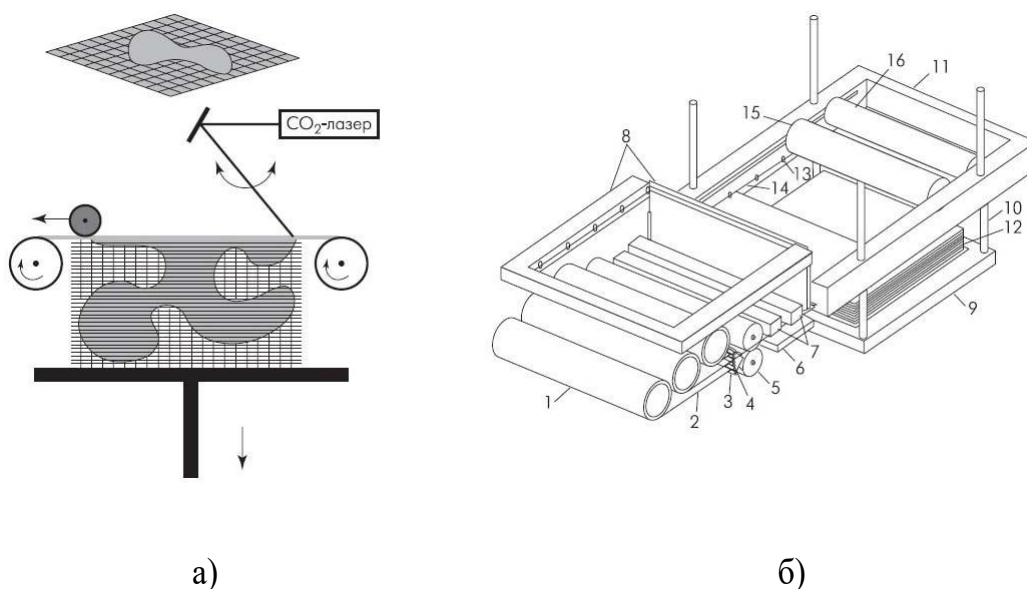
PSL – Plastic Sheet Lamination технологиясы бойынша жұмыс істейтін 3-D принтерлерді кейде laminated Object Manufacturing-пленка материалдарын қабатты желімдеу, мысалы, полимерлі пленка немесе лазер сәулесін немесе кескіш құралды пайдаланып модельді кейінгі пішіндеу ("кесу") бар ламинатталған қағаз деп атайды. Модельдік материал-қалыңдығы 0,15 мм бес түсті полихлорвинил пленкасы: мөлдір (кәріптас), қызыл, көк, кілегей, қара. Модельді қалыптастыру пленка қабаттарын дәйекті желімдеу және жылжымалы басына бекітілген пышақтың көмегімен модель контурын кесу арқылы жүзеге асырылады. Модель жылжымалы (тігінен) платформаға орнатылған арнайы магниттік субстратқа салынған. Желім құрамы пленка қабатының бүкіл бетіне қолданылады, ал құрылыстан кейін пленканы оңай алып тастауды қамтамасыз ету қажет жерлерде антиадгезив қолданылады. Модельдің денесі пленканы дәйекті желімдеу арқылы қалыптасады, ал артық "пленканы осы фильмдерден оңай алып тастауды қамтамасыз ету үшін" бос орындар " желімделмеген күйінде қалады кейінгі өңдеу процесінде "Бос орындар". Антиадгезив 1, 3 және 6 мм штанганың әртүрлі диаметрі бар арнайы "қарындаштар" немесе "киізден жасалған қаламдар" көмегімен қолданылады.

Машиналардың да, шығын материалдарының да төмен құнына байланысты 3-D принтерлер оқу жұмыстарында, макет және сәулет шеберханаларында және дизайн студияларында қолданылды.

ПВХ пленкасының модельдерін А ретінде пайдалануға болады модель шебері (Сурет. 4) полиуретанды шайырларды, сондай-ақ балқытылатын модельдер бойынша металдарды кейіннен құюға арналған балауыз үлгілерін силикон нысандарына құю кезінде. Solido SD 300 3-D принтеріндегі құрылыс дәлдігі барлық осьтер бойынша 150 мм ұзындықта 0,1 мм 0,12 мм шегінде.



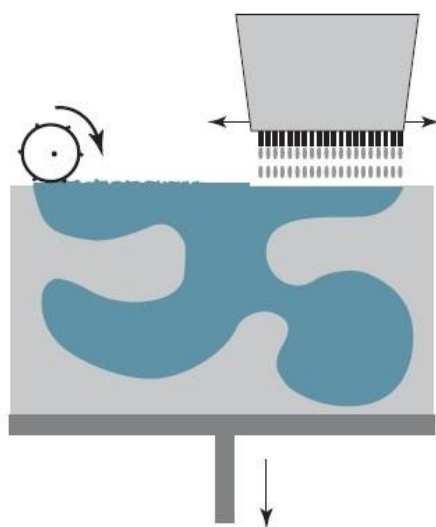
Сурет. 4 полиуретанды мастер-модельдердің мысалдары



Сурет. 5 LOM әдістерімен бөлшектерді қалыптастырудың технологиялық схемасы: 1-Жүк көтергіш таспада пленка материалы бар орамдар, 2-прототиптеуге арналған пленка материалы бар таспа, 3 - роликті селектор материал, 4 - бағыттаушы жүгірушілер, 5-ұзартқыш біліктер, 6-маршрутизатордың тіреуіш негізі, 7-фрезерлік бас кескіш Шабер фиксаторлары (кескіш пленканың тірек негізіне әсер етпейді), 8-қопсытқыш

жақтау 9, 10, 11-негіз, рельстер және құрастыру платформасының жақтауы, 12-пенка кесінділерінің стегі, 13-парақтарды беретін роликтер стекке пленкамен 14-пенка парақтарын беруге арналған нұсқаулықтар 15-қысқыш білік, 16-пенка материалының тірек негізін алып тастауға арналған білік

Пленкаларды қабатты желімдеу әдісімен бөлшектерді қалыптастыру технологиясы (Laminated Object Manufacturing, LOM). Бұл технологияны жүзеге асырған кезде материалдың жұқа парақтары лазер сәулесімен немесе арнайы пышақпен кесіліп, содан кейін бір немесе басқа жолмен бір-бірімен байланысады (сурет. 6). 3-D модельдерін жасау үшін тек пластикті ғана емес, тіпті қағазды, керамиканы немесе металды да қолдануға болады. Модельді құру бірнеше кезеңмен жүзеге асырылады: бірінші кезеңде қағаз пакеті 2-D принтерге жүктеледі және парақтардың әрқайсысында қажетті қабат түспен басып шығарылады. Содан кейін басылған парақтарды оператор 3-D принтерге тасымалдайды, онда олардың әрқайсысында арнайы пышақпен сызылған кескіннің шекарасы бойынша ойық жасалады, содан кейін парақтар бір-біріне жабыстырылады. Үшінші кезеңде оператор кескіні жоқ артық қағазды қолмен алып тастайды, бұл күрделі модельдер үшін біраз уақыт алуы мүмкін. 3-D басып шығару (3-D басып шығару, (3DP)) арқылы бөлшектерді қалыптастыру технологиясы. 3-D басып шығару әдісімен бөлшектерді қалыптастыру кезінде болашақ объектінің негізі байланыстырғыш затты енгізу арқылы қабаттасып желімделетін ұнтақ (гипс композиті) болып табылады. Бөліктің келесі қабатын құру үшін жұмыс үстелінің бүкіл аймағында роликпен ұнтақ жағылады және тегістеледі, оған сия ағынына ұқсайтын баспа басымен бөліктің көлденең қимасы бойынша сұйық желім енгізіледі (сурет. 7).



Сурет. 7 3-D басып шығару әдістерімен бөлшектерді қалыптастырудың технологиялық схемасы

Содан кейін қазірдің өзінде жасалған қабаттары бар үстел төмендейді және процесс қажетті рет қайталаынады. Осы процесінің соңында желім құрамының кебуін тездету үшін бөлік қызады. Осыдан кейін байланбаған артық ұнтақ алынып тасталады, кейіннен жұмыс істеу үшін бункерге автоматты түрде оралады. Қол жетімді жерлерден байланыссыз ұнтақ ауа ағынымен (тазалау станциясын қымбат модельдерге салуға болады) немесе щеткамен жойылады.

Материалды жабысу әдістерімен бөлшектерді қалыптастырудың аддитивті технологиялары

Бөлшектерді қалыптастырудың кең таралған технологиялық әдістерінің бірі-металл ұнтағының композицияларын агломерациялау (балқыту). Бөлшектерді қалыптастыру үшін осы технологияда қолданылатын бастапқы материалдар ретінде ni, Co (CoCrMO, Inconel, NiCrMo), Fe (аспаптық болаттар: 18Ni300, H13; тот баспайтын болат: 316L), Ti (Ti6-4, CpTigr1), Al (AlSi10Mg, AlSi12), ұнтақтар негізіндегі композициялар қолданылады әр түрлі маркалы қола және арнайы қорытпалар.

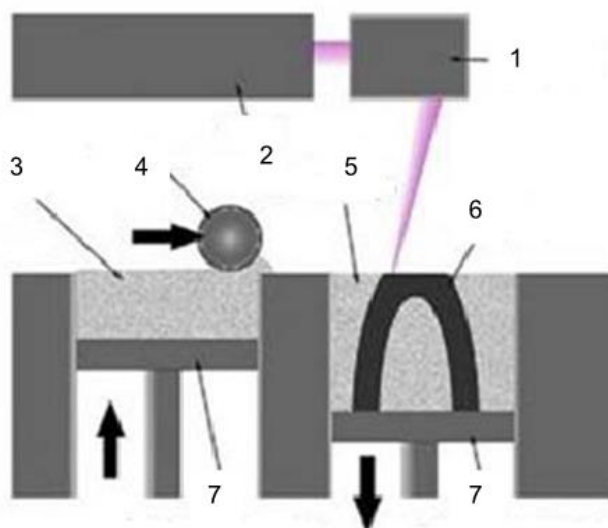
Бөлшектерді жасаудың ең кең тараған әдісі металл ұнтағының бөлшектерін агломерациялау үшін лазерлік қондырғыларды қолдануға негізделген [5]. Бұл әдіс "таңдамалы лазерлік агломерация" немесе SLS технологиясы (selective Laser Sintering, Selective Laser Melting) деп аталады. Аддитивті технологияның бұл түрі металдармен жұмыс істеу үшін ғана емес, сонымен қатар ұнтақ түрінде термопластикамен де қолданылады.

SLS технологиясының бір түрі - металдарды тікелей ла-дәнді агломерациялау әдісі (dmls) (сурет. 8 [5]), таза металл ұнтақтарымен жұмыс істеуге бағытталған. Dmls ОЖ қондырғылары - титан сияқты тотығуға бейім металдармен жұмыс істеу үшін инертті газбен толтырылған герметикалық жұмыс камераларымен жабдықталады.

DMLS принтерлерінің ерекшелігі-шығын материалдарын ұнтақтың балқу температурасынан сәл төмен температураға дейін қыздыру, бұл лазерлік қондырғылардың қуатын үнемдеуге және басып шығару процесін жылдамдатуға мүмкіндік береді.

Лазерлік агломерация процесі жұмыс платформасына қыздырылған ұнтақтың жұқа қабатын жағудан басталады. Ұнтақтың әр қабатының қалыңдығы сандық модельдің бір қабатының қалыңдығына сәйкес келеді. Содан кейін бөлшектер бір-бірімен және алдыңғы қабатпен агломерацияланады. Сандық модельге сәйкес лазер сәулесінің қозғалыс траекториясы айнарлардың электромеханикалық жүйесі арқылы жүзеге асырылады. Қабатты сызу аяқталғаннан кейін артық материал алынып тасталмайды, бірақ кейінгі қабаттарға тірек болады, бұл қосымша тірек құрылымдарын салуды қажет етпестен күрделі пішінді модельдерді, соның

ішінде топсалы элементтерді жасауға мүмкіндік береді. Осының арқасында іс жүзінде өндеуді қажет етпейтін бөлшектерді, сондай-ақ дәстүрлі технологиялық әдістермен, соның ішінде құюмен жасалуы мүмкін емес геометриялық күрделі бөлшектерді алуға болады. HIP (Hot Isostatic Pressing – ыстық изостатикалық пресстеу) және тиісті термиялық өндеумен үйлескенде, SLS технологиясын қолдана отырып жасалған бөлшектер құйылған немесе соғылған бұйымдардан кем түспейді, сонымен қатар олардың беріктігі жағынан асып түседі 20...30% [5, 21].



Сурет. 8 SLS, DLMS және SLM қондырғыларының жұмыс схемасы: 1-айна жүйесі, 2-лазер, 3-шығын материалы, 4-ролик, 5 - жұмыс камерасы, 6-өндірілген модель, 7-жылжымалы платформа [5]

Лазерлік агломерация технологиясының маңызды кемшілігі-Алынған бөлшектердің кеуектілігі, бұл бөлшектердің механикалық қасиеттеріне теріс әсер етеді. Бұл мәселені шешудің бір нұсқасы металдарды тікелей ла - дәнді агломерациялау (DMLS) технологиясын лазерлік балқыту (SLM) әдісімен аддитивті өндіру технологиясына түрлендіру болуы мүмкін. Бұл әдістердің түбегейлі айырмашылығы металл ұнтағын термиялық өндеу дәрежесі болып табылады: SLM технологиялық процесі құю нәтижесінде алынған бөлшектер сияқты материалдардың біртекті қасиеттерін қамтамасыз ету үшін ұнтақ материалын толық балқытуды қамтамасыз етеді.

Катодты сәулелік балқыту (EBM) сонымен қатар материалдың агломерациясына (балқуына) негізделген аддитивті технологияның нұсқасы болып табылады.

EBM принтерлері SLM лазерлік балқыту технологиясынан кем түспейтін бөлшектерді өндірудің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, электронды зеңбіректерді қолдану лазерлік қондырғыларда қолданылатын электромагниттік айна жүйелерінен арылуға мүмкіндік береді, бұл көп уақытты қажет ететін іске қосу жұмыстарын қажет етеді. Осылайша, EBM принтерлері SLM жабдықтарымен салыстырғанда дизайнның

айтарлықтай күрделілігінсіз жоғары қуат пен өнімділікпен ерекшеленеді. ЕВМ технологиясының жабдықтары әртүрлі металдар мен қорытпалармен жұмыс істеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді, бұл әртүрлі металл бөлшектерін жасауға мүмкіндік береді, олардың пайдалану қасиеттері дәстүрлі өндіріс әдістерімен алынған үлгілерден іс жүзінде кем түспейді. Сонымен қатар, құю қалыптары мен пештер сияқты қосымша құралдар мен инфрақұрылымды қолдану қажеттілігі жоқ, бұл өндіріс шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

ЕВМ принтерлерінің негізгі өндірушісі-шведтік Arcam компаниясы. Қазіргі уақытта лазерлік және электронды сәулелік балқыту жабдықтары газ турбиналарының қалақтарын, реактивті қозғалтқыштардың саптамаларын және т. б. өндіру үшін сәтті қолданылады. [5, 26].

Контрольные вопросы

1. Пішіндерді қандай әдістермен жобалауға және жасауға болады RIM технологиясы үшін.
2. Аддитивті қолданудың негізгі артықшылықтарын тізімдеңіз аэроғарыштық техника өндірісіндегі технологиялар.
3. Қосымша технологияларды қолдануға мысал келтіріңіз ұшқышсыз ұшу аппараттарын жобалау және құру.
4. Автомобиль өндірісінің қандай міндеттерін аддитивті шешеді технология.
5. Аддитивті технологияларды қолдануға мысал келтіріңіз автомобиль өнеркәсібі.

Дәріс 13

Материалды агломерациялау әдістерімен бөлшектерді қалыптастырудың аддитивті технологиялары

Бөлшектерді қалыптастырудың кең таралған технологиялық әдістерінің бірі-металл ұнтағының композицияларын агломерациялау (балқыту). Бөлшектерді қалыптастыру үшін осы технологияда қолданылатын бастапқы материалдар ретінде ni, Co (CoCrMO, Inconel, NiCrMo), Fe (аспаптық болаттар: 18Ni300, H13; тот баспайтын болат: 316L), Ti (Ti6-4, CpTigr1), Al (AlSi10Mg, AlSi12), ұнтақтар негізіндегі композициялар қолданылады әр түрлі маркалы қола және арнайы қорытпалар.

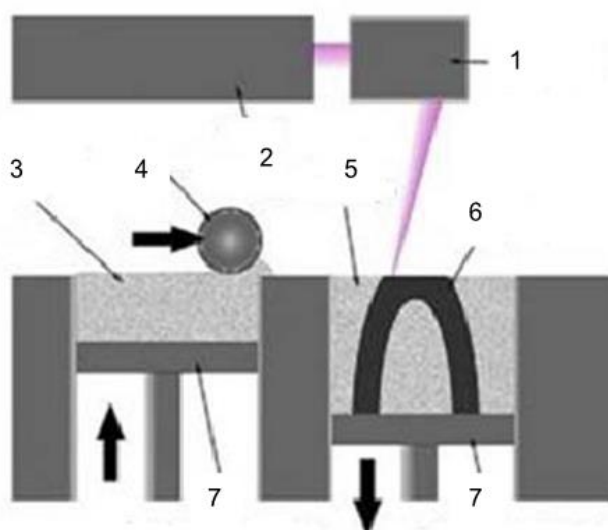
Бөлшектерді жасаудың ең кең тараған әдісі металл ұнтағының бөлшектерін агломерациялау үшін лазерлік қондырғыларды қолдануға негізделген . Бұл әдіс "тандамалы лазерлік агломерация" немесе SLS технологиясы (selective Laser Sintering, Selective Laser Melting) деп аталады. Аддитивті технологияның бұл түрі металдармен жұмыс істеу үшін ғана емес, сонымен қатар ұнтақ түрінде термопластикамен де қолданылады.

SLS технологиясының бір түрі - металдарды тікелей ла-дәнді агломерациялау әдісі (dmls) (сурет. 1), таза металл ұнтақтарымен жұмыс істеуге бағытталған. Dmls ОЖ қондырғылары - титан сияқты тотығуға бейім металдармен жұмыс істеу үшін инертті газбен толтырылған герметикалық жұмыс камераларымен жабдықталады.

DMLS принтерлерінің ерекшелігі-шығын материалдарын ұнтақтың балқу температурасынан сәл төмен температураға дейін қыздыру, бұл лазерлік қондырғылардың қуатын үнемдеуге және басып шығару процесін жылдамдатуға мүмкіндік береді.

Лазерлік агломерация процесі жұмыс платформасына қыздырылған ұнтақтың жұқа қабатын жағудан басталады. Ұнтақтың әр қабатының қалыңдығы сандық модельдің бір қабатының қалыңдығына сәйкес келеді. Содан кейін бөлшектер бір-бірімен және алдыңғы қабатпен агломерацияланады. Сандық модельге сәйкес лазер сәулесінің қозғалыс траекториясы айналардың электромеханикалық жүйесі арқылы жүзеге асырылады. Қабатты сызу аяқталғаннан кейін артық материал алынып тасталмайды, бірақ кейінгі қабаттарға тірек болады, бұл қосымша тірек құрылымдарын салуды қажет етпестен күрделі пішінді модельдерді, соның ішінде топсалы элементтерді жасауға мүмкіндік береді. Осының арқасында іс жүзінде өндеуді қажет етпейтін бөлшектерді, сондай-ақ дәстүрлі технологиялық әдістермен, соның ішінде құюмен жасалуы мүмкін емес геометриялық күрделі бөлшектерді алуға болады. HIP (Hot Isostatic Pressing – ыстық изостатикалық пресстеу) және тиісті термиялық өндеумен үйлескенде, SLS технологиясын қолдана отырып жасалған бөлшектер құйылған немесе

соғылған бұйымдардан кем түспейді, сонымен қатар олардың беріктігі жағынан асып түседі 20...30% [5, 21].



Сурет. 1 SLS, DLMS және SLM қондырғыларының жұмыс схемасы: 1-айна жүйесі, 2-лазер, 3-шығын материалы, 4-ролик, 5 - жұмыс камерасы, 6-өндірілген модель, 7-жылжымалы платформа [5]

Лазерлік агломерация технологиясының маңызды кемшілігі-Алынған бөлшектердің кеуектілігі, бұл бөлшектердің механикалық қасиеттеріне теріс әсер етеді. Бұл мәселені шешудің бір нұсқасы металдарды тікелей ла - дәнді агломерациялау (DMLS) технологиясын лазерлік балқыту (SLM) әдісімен аддитивті өндіру технологиясына түрлендіру болуы мүмкін. Бұл әдістердің түбегейлі айырмашылығы металл ұнтағын термиялық өңдеу дәрежесі болып табылады: SLM технологиялық процесі құю нәтижесінде алынған бөлшектер сияқты материалдардың біртекті қасиеттерін қамтамасыз ету үшін ұнтақ материалын толық балқытуды қамтамасыз етеді.

Катодты сәулелік балқыту (EBM) сонымен қатар материалдың агломерациясына (балқуына) негізделген аддитивті технологияның нұсқасы болып табылады.

EBM принтерлері SLM лазерлік балқыту технологиясынан кем түспейтін бөлшектерді өндірудің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, электронды зеңбіректерді қолдану лазерлік қондырғыларда қолданылатын электромагниттік айна жүйелерінен арылуға мүмкіндік береді, бұл көп уақытты қажет ететін іске қосу жұмыстарын қажет етеді. Осылайша, EBM принтерлері SLM жабдықтарымен салыстырғанда дизайнның айтарлықтай күрделілігінсіз жоғары қуат пен өнімділікпен ерекшеленеді. EBM технологиясының жабдықтары әртүрлі металдар мен қорытпалармен жұмыс істеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді, бұл әртүрлі металл бөлшектерін жасауға мүмкіндік береді, олардың пайдалану қасиеттері дәстүрлі өндіріс әдістерімен алынған үлгілерден іс жүзінде кем түспейді. Сонымен қатар, құю қалыптары

мен пештер сияқты қосымша құралдар мен инфрақұрылымды қолдану қажеттілігі жоқ, бұл өндіріс шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

ЕВМ принтерлерінің негізгі өндірушісі-шведтік Arcam компаниясы. Қазіргі уақытта лазерлік және электронды сәулелік балқыту жабдықтары газ турбиналарының қалақтарын, реактивті қозғалтқыштардың саптамаларын және т. б. өндіру үшін сәтті қолданылады. [5, 26].

Полилактид (PLA) - FDM технологиясы үшін ең көп қолданылатын материалдардың бірі. Бұл жүгері крахмалы немесе қант қамысы сияқты жаңартылатын шикізаттан жасалған биологиялық ыдырайтын термопластика. Басқа термопластиктерге қарағанда оның жылу бұрмалану температурасы төмен, сондай-ақ шыныға өту температурасы төмен. Бұл қасиеттер PLA 3D басып шығаруды жеңілдетеді.

PLA пластмасса екінші ең танымал жіп болып табылады, оның бірқатар даусыз артықшылықтары бар: экологиялық тазалық және басып шығару кезінде жағымсыз иістердің болмауы. Сонымен қатар, бұл пластик іс жүзінде қысқармайды. Бірақ дұрыс параметрлерді таңдасаңыз, сонымен қатар кейбір нюанстарды білсеңіз ғана басып шығару нәтижелері жоғары сапалы болады. PLA - қатты пластик, ABS-тен ауыр, бірақ майысқан кезде сынғышырақ.

Біріншіден, PLA адгезия тұрғысынан аз талап етеді. Сіз көк таспаны немесе желімді пайдалана аласыз. Егер принтер жылытумен жабдықталған болса, онда сіз жай ғана әйнекке басып шығара аласыз.

Екіншіден, экструдерді дұрыс орнату маңызды, ол үшін кәдімгі ақ қағаз парағын салып, саптаманы түсіру керек. Қағаз тыныш тартылуы керек.

PLA пластикпен басып шығарудың жақсы нәтижелеріне қол жеткізу үшін үрлеуді қамтамасыз ету керек. Егер принтер осы функцияны қолдайтын камерамен жабдықталмаса, онда біз желдеткішті немесе фенді орнатуды ұсынамыз. Осылайша, деформацияны болдырмауға болады.

Сондай ақ стандартты басып шығару параметрлерін таңдау керек:

1. Жіптің балқу температурасы-150-215 градус Цельсий;
2. Жұмыс платформасының температурасы-70 градус Цельсий;
3. Қабат қалыңдығының мөлшері-саптама диаметрінің 80% ;
4. Пластмассаны беру коэффициенті-0,85-0,95;
5. Басып шығару жылдамдығы секундына-30-80 мм.

Басқа жіптер сияқты, оңтайлы параметрлер тәжірибе арқылы жеке таңдалады. Саптаманың температурасы 190-200 градус болады және қажет болған жағдайда оны жақсы нәтижеге жеткенше 5 градусқа көтереді. Бастапқыда сіз пластик өндіруші ұсынған деректерді басшылыққа алуыңыз керек.

Кесте 1 – «ESUN» компаниясының FDM басып шығаруға арналған PLA-пластиктің физикалық-механикалық сипаттамалары

Көрсеткіш	PLA
Шарпи соққысының тұтқырлығы	5,62 кДж/м ²
Қабаттар бойымен созылу беріктігі	34,8 МПа
Қабаттар бойымен созылған кезде серпімділік модулі	1,32 ГПа

Иілу күшінің беріктігі	94,2 МПа
Иілуге арналған серпімділік модулі	3,04 ГПа
Максималды иілу жүктемесі	154 Н
Қабаттар арқылы созылу беріктігі	31,2 МПа
Қабаттар бойымен созылған кезде серпімділік модулі	3,07 ГПа
Максималды созылу жүктемесі	1419 Н
Қысу күші	77,4 МПа
Сығымдау серпімділік модулі	2,96 ГПа
Максималды қысу жүктемесі	9719 Н
Ұзарту коэффициенті	30%

Материал диаметрі 1,75 мм және тығыздығы 1,37 г/см³ полимерлі жіппен оралған катушкада жеткізіледі (3-сурет).



Сурет 3- ESUN компаниясының PLA пластиктен жасалған 1,75 мм жіп катушқасы.

"ESUN" компаниясынан АЖЖ-ны басып шығару үшін таңдау бұл материалды өндіруші басып шығару кезінде дәлдігі жоғары (дәлдігі 0,01 мм) деп жариялағанына байланысты, бұл басып шығару режимдерінің пайда болған өнімдердің қасиеттеріне әсерін барынша объективті зерттеуге мүмкіндік береді.

Зерттеудің екінші нысаны ретінде полимер матрицасына негізделген TOTAL GF 10% композиттік материалы таңдалды, ұзындығы 3 мм «ESUN» компаниясы шығарған дискретті шыны талшық қосындылар ретінде пайдаланылды (4-сурет). Толтырылған полимерден жасалған бұйымдардың қасиеттеріне басып шығару режимдерінің әсерін зерттеу үшін бұрын «ESUN» балқымасында шыны талшықпен араластыру арқылы алынған композиттік полимер пайдаланылды, матрицадағы шыны талшықтардың мөлшері 10% құрады.



Сурет 4 - TOTAL GF 10% материал түйіршіктерінің фотосуреті

Кесте 2 - ESUN компаниясынан FDM басып шығару үшін TOTAL GF 10% физикалық және механикалық сипаттамалары

Көрсеткіш	TOTAL GF 10%
Шарпи соққысының тұтқырлығы	11,5 кДж/м ²
Қабаттар бойымен созылу беріктігі	75,4 МПа
Қабаттар бойымен созылған кезде серпімділік модулі	2,9 ГПа
Иілу күшінің беріктігі	98,2 МПа
Иілуге арналған серпімділік модулі	3,2 ГПа
Максималды иілу жүктемесі	210 Н
Қабаттар арқылы созылу беріктігі	72,2 МПа
Қабаттар бойымен созылған кезде серпімділік модулі	2,9 ГПа
Максималды созылу жүктемесі	4030 Н
Қысу күші	80 МПа
Сығымдау серпімділік модулі	3,1 ГПа
Максималды қысу жүктемесі	9800 Н
Ұзарту коэффициенті	20 %

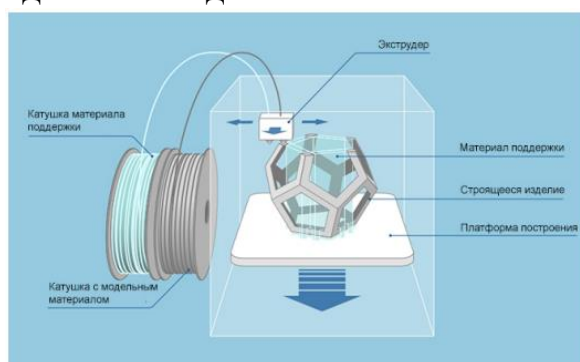
Жіп (Филамент) пен түйіршік үлгілерін 3D басып шығару технологиясы үшін қолданылатын жабдықтар

Үлгілердің бір бөлігі FDM технологиясымен жасалған (3 - сурет) - кеңінен қолданылады және полимерлі басып шығару үшін ең қол жетімді. Бұл принтерлер жіпті экструзиялау әдісін қолданады, онда басып шығару механизмі жіпті жартылай сұйық күйге дейін балқытады, балқытылған материалдарды сығып алады және құрастыру платформасына жеке қабаттарды қолданады.

FDM-дің негізгі артықшылықтары-бұл арзан шығындар, әсіресе шағын көлемді машиналар үшін және бірнеше материалдардан объектілерді басып шығару мүмкіндігі. Әр түрлі баспа орындарындағы материалдың қасиеттерін бірнеше экструдер көмегімен әртүрлі химиялық және механикалық

сипаттамаларды алу үшін оңтайландыруға болады. FDM процесінің шектеулеріне бастапқы материал жіп түрінде болуы керек, ал жіптің балқу температурасы өте жоғары болмауы керек, тек ULTEM (полиэфиримид) және PEEK (полиэфиркетон) сияқты кейбір техникалық полимерлерден басқа. Дегенмен, кейбір микро экструзия жүйелері жіп тәрізді материалды алу қажеттілігін толығымен жояды. Әр түрлі күшейту түрлерін қосу мүмкіндігі осы кемшіліктердің кейбірін жоя алады. Сонымен қатар, FDM көмегімен басып шығару кезінде, егер балқытылған материалдың балқымасының тұтқырлығы жоғары болса, бұл экструзияға кедергі келтіруі мүмкін, содан кейін басып шығару жылдамдығын төмендетеді. Керісінше, егер балқыманың тұтқырлығы төмен болса, құрылымдық тұрақсыздықты тудыратын қолдау көрсетілмейтін жерлерді ұстай алмауына байланысты баспа учаскелері істен шығады. Сондықтан FDM үшін материалдың балқымасының тұтқырлық диапазоны шектеулі болады. FDM үшін жіп жасау кезінде пластик балқытылады және жіп пішініне экструдталады. FDM-де жіппен басып шығарылған кезде, жіп балқу температурасына жақын қайтадан қызады. Сондықтан жоғары сапалы басып шығару үшін жіптің химиялық тұрақтылығын сақтау және температураның ауытқуына қарамастан физикалық белсенділікке төтеп беру өте маңызды.

Басып шығару сапасын бірнеше параметрлерді, соның ішінде басып шығару қабатының температурасын, саптаманың басының температурасын, саптаманың өлшемін, қабаттың қалыңдығын, басып шығару бағытын, басып шығару жылдамдығын және растр бұрышын басқару арқылы өзгертуге болады. Зерттеу қабаттың дұрыс температурасы мен конвективті жылу берудің бақыланатын жағдайлары дәйекті қабаттардың жоғары адгезиялық беріктігіне әкелуі мүмкін, осылайша баспа бөліктерінің механикалық қасиеттерін жақсартады деп болжайды.



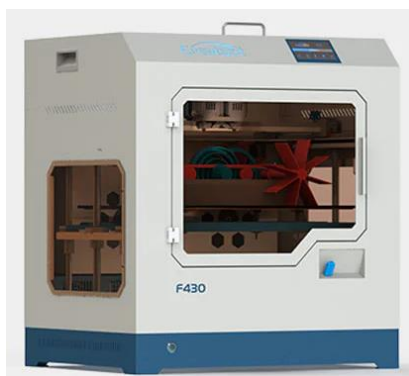
Сурет 5- FDM баспасының құрылымы [80]

PLA пластиктен үлгілерді басып шығару үшін CREATE BOT F430 принтері пайдаланылды (4-сурет). Принтердің техникалық сипаттамалары 3-кестеде көрсетілген.

Кесте 3 - CREATE BOT F430 принтерінің сипаттамалары

Көрсеткіш	CREATE BOT F430
-----------	-----------------

3D басып шығаруға арналған материалдар	ПЛА, АБС т.б. (балқу температурасы 420 градусқа дейінгі кез келген материалдар)
Басып шығару аймағы	400 x 300 x 300 мм
Басып шығару бастарының саны	2
Саптаманың диаметрі	0,4 мм (0.4/0.5/0.6/0.8/1.0-қосымша)
Қабаттың минималды қалыңдығы	0,02 мм
Басып шығару рұқсаты	0,04 мм
Z осі бойынша орналасу дәлдігі	0,00125 мм
X Y осьтері бойынша орналасу дәлдігі	0,0127 мм
Басып шығару жылдамдығы	55 мм/с
Максималды басып шығару жылдамдығы	180 мм / с
Қозғалыс жылдамдығы	200 мм / с
Экструдердің температурасы	420 градус Цельсийге дейін
Жұмыс платформасының қыздыру температурасы	макс. 110 градус Цельсий (керамикалық стол)
Жұмыс камерасының жылыту жүйесі	70 градус Цельсийге дейін



Сурет 6 - Принтер CreatBot F430

Композитті үлгілер PioCreat G5 3D принтерінде (5-сурет) FGF (Fused Granular Fabrication) – түйіршіктелген қорытпаларды қолданып өндіру технологиясы арқылы басып шығарылды. FGF әдісі полимерлі экструзиядағы дамудың жаңа кезеңі ретінде қарастырылады. FGF- басып шығару әдісінің жұмыс істеу принципі. Экструдерді FGF 3D принтерінде жылжыту принципі дәстүрлі FFF (Fused Filament Fabrication) - балқытылған жіппен жасау принтеріндегідей, алайда, филаменттің орнына шығын материалы композиттік түйіршіктер болып табылады. Түйіршіктерді өңдеу үшін бункер және бұрандалы экструдер сияқты қосымша қондырғылар қолданылады. Экструдердегі бұранда түйіршіктерді беру жүйесінің кірісінен саптаманың тесігіне жылжытады. Саптама арқылы экструдталғанға дейін балқытылған композиция бұранданы айналдыратын қозғалтқыш арқылы жоғары қысымға ұшырайды.



Сурет7 - Принтер PicoCreat G5

Түйіршіктер (6-сурет) жіпті өндіруге арналған негізгі шикізат болып табылады. Шығын материалдарын өндірудің технологиялық кезеңдерінің бірін жою арқылы біз өнімнің төмен құнын аламыз.



Сурет 8 - TOTAL GF 10% маркалы композиттік түйіршіктер

FFF технологиясының негізгі кемшіліктерінің бірі басып шығарылған қабаттар бойымен алынған өнімдердің төмен беріктігі болып табылады. Орташа алғанда Z осі бойынша созылу күші материалға арналған паспортқа қарағанда 3 есе төмен. FFF және FGF технологияларын пайдалана отырып, 3D принтерлерде басып шығарылған үлгілердің беріктігін зерттеу FGF әдісімен алынған үлгілердің (түйіршіктер мен ұсақталған қалдықтар) механикалық қасиеттерінің FFF әдісімен алынған үлгілермен салыстыруға болатынын көрсетті. Экструдер өнімділігі сағатына 2 кг болатын өнеркәсіптік жабдыққа келетін болсақ, біз барлық осьтерде механикалық қасиеттері бойынша біртекті, қысыммен құйып қалыптау арқылы алынған өнімдермен салыстырылатын өнімдер аламыз. Композиттік түйіршіктермен басып шығару бойынша тәжірибелер жүргізілді, басып шығару параметрлері 4 кестеде көрсетілген.

Кесте 4 – PicoCreat G5 3D принтерінің техникалық сипаттамасы

Басып шығару материалы	Пластиковые гранулы
Басып шығару саптамаларының саны	1
Экструдердің температурасы	450 °C
Үстел температурасы	150 °C
Басып шығару аймағы	500x500x500 мм
Калибрлеу	Автоматты
Басып шығару / өсіру жылдамдығы	80 - 100 мм/с
Қабаттың қалыңдығы	0.2 - 1.0 мм
Түстер саны	1 түс
Саптама	0.8 - 2 мм
Қолдануға болатын материалдар	PLA/ PETG/ PVC/ ABS/ PC/ PA/ HDPE/ TPU/ EVA; PC+ABS; PA+Fiber; WPC; MQP-S+PA12; EVA

Полимерлі түйіршіктерді пайдаланып басып шығару материалды таңдаудың әртүрлілігін қоса алғанда, одан да үлкен өндіріс мүмкіндіктеріне есік ашады. Егер біз жіп нарығы туралы айтатын болсақ, онда ассортимент тез өсетіні сөзсіз, бірақ ол түйіршікті термопластиканың үлкен таңдауы мен алуан түрлілігіне сәйкес келмейді. Бұл жағдайда түйіршіктердің құны әдетте материалдың бірдей түріне арналған жіп құнынан 24 есе төмен болады. Бұл жіп жасау үшін қажет өндіріс процесінің қосымша қадамдарына байланысты. FGF технологиясын пайдалану жалпы және тозуға төзімді жабдықты, фрезерлік дайындамаларды және функционалды өнімдерді өндіру құны мен уақытын төмендетуге ықпал ететін негізгі фактор болады.

Бақылау сұрақтары

1. Прототип жасау технологиясын таңдау неге байланысты.
2. Опцияларды бөлуге болатын топтарды тізімдеңіз прототиптерді конструкторлық қолдану.
3. Архитектурада модельдердің құрылысы не үшін қолданылады?
4. Аддитивті технологияларды қолдану мысалдарын келтіріңіз машина жасау.
5. Реактивті құю технологиясын сипаттаңыз.

Лекция 14

Бөлшектерді балқыту арқылы қалыптастырудың аддитивті технологиялары

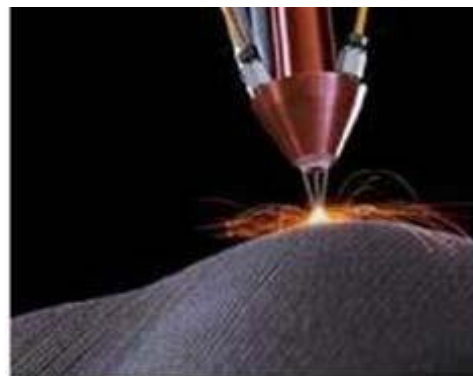
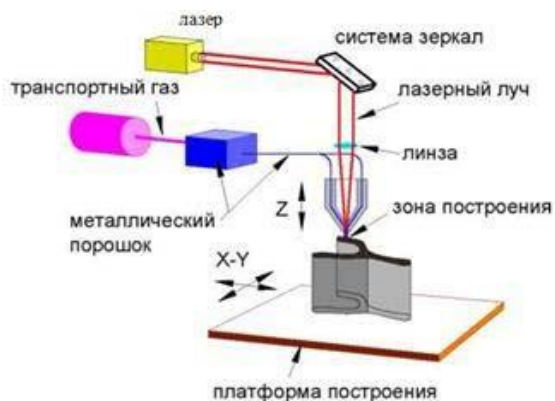
Тікелей лазерлік аддитивті құрылыс (CLAD) [1] негізделген металл ұнтағын бөлшектердің зақымдалған беттеріне лазермен дереу балқыту арқылы бүрку (сурет. 1 [1]).



Сурет. 1. Тікелей лазерлік аддитивті бөлшектерді құру схемасы (CLAD)

Күрделі көпфункционалды дизайнның арқасында "баспа басын" орнату және жылжыту үш жазықтықта жүзеге асырылады және тік осьтің айналасында айналады, бұл бөліктің бетіне кез-келген көлбеу бұрышта жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

CLAD қондырғысының ерекшелігі-титанмен және басқа тотығатын металдармен және қорытпалармен жұмыс істеу үшін инертті атмосферасы бар герметикалық жұмыс камерасының болуы. Бөлшектерді тікелей лазерлік аддитивті құру (CLAD) технологиясы тек 3-D басып шығару үшін ғана емес, сонымен қатар машина бөлшектерін 3-D жөндеу үшін де қолданылады. Мұндай құрылғылар үлкен көлемді өнімдерді, мысалы, авиациялық қозғалтқыштарды және басқа да күрделі, жауапты машина жасау өнімдерін жөндеу үшін қолданылады. Материалды тікелей энергиямен қамтамасыз ету нүктесінде тұндыруға және бөлшектің фрагментін қалыптастыруға негізделген аддитивті технологиялық әдістер суретте схемалық түрде ұсынылған «Direct Deposition» тобына жатады.



(источник www.ipmd.net)

Сурет. 2 Технологиялық схема және direct Deposition әдісін іске асырудың мысалы [2]

Технологиялық әдістердің бұл тобына мыналар кіреді:

DMD-direct Metal Deposition (POM компаниясы, АҚШ);

LENS-Laser Engineered Net Shape(OPTOMEC, АҚШ);

DM – Direct Manufacturing (Sciaky, АҚШ),

MJS - Multi-phase Jet Solidification (Fraunhofer Ifam, Германия; FDM, АҚШ) және т. б.

9.6. Стереолитография әдістерімен бөлшектерді қалыптастырудың аддитивті технологиялары.

Бөлшектерді стереолитография әдісімен қалыптастырудың технологиялық әдістері бөлшектің қалыптасу нүктесіне бағытталған жарық сәулесінің әсерінен емделетін арнайы жарыққа сезімтал шайырларды қолдануға негізделген. Жарық әсерінің түріне байланысты лазерлері бар 3-D принтерлер (лазерлік стереолитография немесе SLA технологиясы (Steriolithography Laser Apparatus)), ультракүлгін шамдары бар немесе көрінетін жарықты пайдаланатын ("лезде" қабатты жарықтандыру-фотополимер қабатын ультракүлгін шамның немесе Прожектордың жарқылымен емдеу) ажыратылады. Стереолитография бөлшектерді қалыптастырудың жоғары дәлдігімен ерекшеленеді және бөлшектің бетінің тазалығы мен құрылысының дәлдігіне қойылатын талаптар анықталатын жағдайларда қолданылады.

Лазерлік стереолитографияға арналған жабдық (250x250x250 мм құрылыс аймағының өлшемдері бар CLA-250 стереолитографиялық машинасы) алғаш рет 1986 жылы 3-D Systems ұсынған. SLA процесінің негізі ультракүлгін лазер (қатты күйдегі немесе CO₂) болып табылады, онда лазер

сәулесі SLS технологиясындағыдай жылу емес, жарық нүктесі ретінде әрекет етеді. Лазер сәулесі CAD моделінің ағымдағы қимасын сканерлейді және сұйық полимердің жұқа қабатын емдейді. Содан кейін бөлікті қалыптастыратын платформа модельді құру қадамының шамасына фотополимері бар ваннаға батырылады, қатайтылған қабатқа сұйық полимердің жаңа қабаты қолданылады, содан кейін оны лазерлік сәулемен өңдеу жүзеге асырылады. Осылайша, лазерлік стереолитография әдісімен бөлікті қалыптастырудың технологиялық процесі 3 - D моделіне сәйкес бөліктің денесін қабаттастыруды қарастырады.



а)



б)



в)

Сурет. 3 SLA моделі (а) және турбоагрегаттың жұмыс дөңгелегін құю (б), "ТМЗ" ААҚ турбинасының жұмыс дөңгелегінің қабық пішіні және құймасы (в) [3]

Лазерлік стереолитографияның маңызды артықшылығы-термиялық кернеулер мен деформациялардың пайда болуын болдырмайтын қалыпты температуралық жағдайда бөлшектің түзілуінің жоғары дәлдігі. Лазер сәулесінің дақ диаметрі $\varnothing 0,1$ мм $0,05$ мм, бұл бөліктің ең кішкентай бөліктерін жоғары дәлдікпен өңдеуге мүмкіндік береді. Ресейде SLA технологиялары "Салют", "Сухой", УМПО, "Рыбинские моторлар" кәсіпорындарында, Тушинск машина жасау зауытында ("ТМЗ") энергетикалық машина жасауда қолданылады (сурет. 5 [4]). Автомобиль өнеркәсібінің жетекші институтында біз осы технология бойынша Ресейде алғаш рет қозғалтқыштың басы мен цилиндрінің құймаларын алдық.

9.7. Құю өндірісіндегі аддитивті технологиялар

Машина жасау бұйымдарын құю өндірісінде құю бөлшектерін жедел өндіру үшін аддитивті технологиялар қолданылады:

- құю модельдері;
- мастер-модельдер;
- құю қалыптары мен құю жабдықтары.

Құю синтезі модельдерін жасау үшін құю балауызы, ұнтақ полистирол және әртүрлі фотополимер материалдары қолданылады. Құю балауызы балауыз моделін тікелей өсіру және қабықшалы немесе гипсокерамикалық қалыптарға құю арқылы металл құюды одан әрі алу үшін үлгі материал ретінде қолданылады. Модельді құру үшін Multi Jet Modelling (MJM) технологиясы қолданылады, оның негізінде көп сиялы бастарды (сиялы принтерлер түріне сәйкес) пайдаланып балқытылған материалды қолдану жатыр. "Сиялы басып шығару" технологиясына InkJet немесе polyjet технологиясы да кіреді.

Сиялы басып шығару технологиясы құю жабдығын жасамай-ақ металдан құйманы тез алуға мүмкіндік береді. 3-D Systems компаниясының заманауи projet 3000 сериялы машиналары Екі модельдік материалда құю балауызы мен акрил фотополимерінде жұмыс істей алады. Бұл технологиялық әдістер шебер модель мен құю моделінің Қалыптау жабдықтарын жасау кезеңдерін болдырмай, бөлшектің құю формаларын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Сиялы басып шығарудың аддитивті технологиясын жүзеге асыру үшін машина жасау өнімдерін өндірудің жалпы технологиялық тізбегінде орнатылған өнеркәсіптік технологиялық жабдық болып табылатын S-Max типті машиналар қолданылады. Бұл технологиялық әдістер мен жабдықтар әлемнің жетекші елдерінің көптеген автомобиль зауыттарында қолданылады.

Ұнтақты полистиролдан синтез моделін жасау дәстүрлі күйдірілген модельді құю үшін жасалады. Технология прототиптер жасау үшін, сондай-ақ машина жасау бұйымдарын өнеркәсіптік аз сериялы өндіру үшін қолданылады. Полистирол модельдері SLS технологиясы бойынша жұмыс істейтін Af машиналарында жасалады. ұнтақты материалдардың қабатты агломерациясы (9.4 бөлімін қараңыз).

Технология орташа дәлдік талаптары бар салыстырмалы түрде үлкен өлшемді күрделі пішінді құйманы жылдам жасауға мүмкіндік береді. Spray forming металын бүрку арқылы құрылымдық және арнайы қорытпалардан дайындамаларды алу технологиясын 1970 жылы проф.Singer (Swansea University, Ұлыбритания) ұсынған.

Технологияның мәні металды субстратқа қабатты бүрку және кейіннен өңдеу үшін дайындаманы қалыптастыру болып табылады. Металл балқыту камерасында балқытылады, содан кейін арнайы саптама арқылы инертті газ ағынымен шашыратылады. Көлемі 10-нан 100 мкм-ге дейінгі металл бөлшектері субстратқа тұнбаға түседі, осылайша дайындаманың денесін құрайды. Металды қалыптауға қарапайым ағызу арқылы алынған құйылған дайындамадан айырмашылығы, spray forming әдісімен жасалған дайындама материалдың жоғары біркелкілігіне ие. Бұл технологияның ең маңызды артықшылықтарының бірі - берілген пайдалану қасиеттері бар жаңа материалдар мен әртүрлі жабындарды жасау мүмкіндігі. "Spray forming" технологиясы Арнайы қорытпалардан аэроғарыштық мақсаттағы жауапты бөлшектерді жасау үшін қолданылады, дегенмен ол сериялық өндірісте, атап айтқанда, "Мерседес" автомобильдерінің қозғалтқыштары үшін Al-Si қорытпасынан цилиндрлердің жеңдерін жасау үшін де сәтті қолданылады. Аддитивті технологияларды қолдану автомобиль үшін ең маңызды Құю өндірісі бойынша ғылыми-зерттеу және жобалау жұмыстарының ұзақтығын ондаған есе қысқартуға мүмкіндік береді: Қозғалтқыш цилиндрлерінің блоктары мен бастары, Көпірлер мен беріліс қораптарының корпусық бөлшектері. Бұл бөлшектерді эксперименттік жетілдіруді және өндірісті дайындауды ескере отырып, дәстүрлі әдістермен жасау үшін алты айдан астам уақыт қажет болды. 3-D жобалау және өндірістің аддитивті технологияларының көмегімен екі апта ішінде конструктивті күрделі өнім жасауға болады.

Аддитивті технологияны дамытудың тән мысалы-Ford компаниясына тиесілі 3-D прототиптеу орталықтарының жұмысы, онда күн сайын бірнеше жүздеген түрлі бөлшектер шығарылады. Бұл жағдайда әртүрлі материалдар қолданылады - құмнан нейлонға дейін. Мысалы, 3-D басып шығару көмегімен қозғалтқыштың ең күрделі бөлігін қабылдау коллекторын жасаңыз.

Ford компаниясының зауыттарында аддитивті технологиялардың әртүрлі түрлері қолданылады: лазерлік стереолитография, селективті лазерлік

агломерация және байланыстырушы сиялы басып шығару, балқыту әдісімен модельдеу және т. б.

Фордтың 3-D басып шығару орталықтары АҚШ-та (үш орталық) және Еуропада (екі орталық) орналасқан. Дир - борн қаласындағы (Мичиган штаты) бір ғана зауытта жыл сайын 20 000-ға жуық бөлшектер қосымша технологиялық әдістерді қолдана отырып шығарылады. 2004 жылы компанияның барлық зауыттарында шамамен 5000 дана 3-D басып шығару әдістері жасалғанын ескере отырып, аддитивті технологиялар қарқынды дамып, автомобильдердің сериялық өндірісіне енгізіліп жатқанын атап өтуге болады.

Өнеркәсіптік өндіріске аддитивті технологияларды жедел енгізудің негізгі факторы материалдар мен технологиялық жабдықтар құнының күрт төмендеуі болып табылады. Шығын материалдарының құнын төмендету, олардың номенклатурасын кеңейту, прототиптеу процестерінің уыттылығын жою, виртуалды модельдер нарығын құру бойынша жұмыстар аддитивті технологиялар алдағы жылдары сериялық машина жасау өндірісінде қолданылады деп болжауға толық негіз береді.

Бақылау сұрақтары

1. "Аддитивті технология" дегеніміз не?
2. Бөлшектерді өндірудің қандай технологиялық әдістері аддитивті технологияларға жатады?
3. Бөлшектерді өндірудің аддитивті технологияларының дәстүрлі технологияларға қарағанда қандай артықшылықтары бар?
4. Материал қабаттарын желімдеу әдістерімен бөлшектерді қалыптастыру технологиясының тән ерекшеліктері қандай?
5. Металл ұнтағы композицияларын агломерациялау (балқыту) арқылы бөлшектерді қалыптастыру кезектілігі қандай?
6. Бөлшектің тікелей лазерлік аддитивті құрылысы мен материал қабаттарын желімдеудің айырмашылығы неде?
7. "Лазерлік стереолитография" дегеніміз не?
8. Лазерлік стереолитографияның қандай түрлері материалға Жарық әсерінің түрлерімен ерекшеленеді?
9. Қую бөлшектерінің қандай түрлері тозу технологияларын қолдана отырып шығарылады?
10. Синтез модельдерін жасау үшін қандай материалдар қолданылады?

Дәріс 15

ПКМ көмегімен машина бөлшектерін жөндеу технологиясы, толтырғыштардың әртүрлі түрлері бар

Тоқылған толтырғыштар (маталар, төсеніштер, таспалар) қолданылады Елеулі мөлшердегі зақымдарды жою (30 мм-ден астам). Солардың- машина бөлшектерін жөндеудің нологиялық процесі Құрамында тоқылған толтырғыштар бар РСМ төменде көрсетілген. Бастапқыда (қажет болған жағдайда) стандарттар орындалады зақымданудың одан әрі таралуын болдырмау бойынша операциялар- күту (мысалы, жарықшақтың ұштарын бұрғылау және кесу). Екінші кезеңде бетті дайындау жүзеге асырылады. Әрі қарай, тоқылған толтырғыш кесіледі. Тоқылған- толтырғыш зақымдалған элементке қабаттасады. Сондықтан толтырғышты кесу кезінде кем дегенде бос орын қалдыру керек 10...15 мм. Төртінші кезеңде тоқылған толтырғышты сіндіру жүзеге асырылады байланыстырушы. Бұл кезеңде біркелкі қамтамасыз ету қажет- толтырғышты байланыстырғышпен сулау және ауаның болмауы қосу. Бесінші кезеңде сіндірілген толтырғыш зақымдануға қолданылады- элемент. Алтыншы кезеңде қажет болған жағдайда қосымша орындалады- тоқылған толтырғыштың шекарасы бойынша байланыстырғышты қолдану. Сондай-ақ бұл кезеңде артық байланыстырғыш жойылады және тең қамтамасыз етіледі- байланыстырғыштың өлшеуіш қабаты (артық қоспасыз). Алып тастау қажет- 4, 5 және 6 кезеңдер уақыт аяқталғанға дейін жүзеге асырылуы керек байланыстырғыштың өміршеңдігі.

Жетінші кезең-жөндеу материалын бекіту. Бұл кезеңде қалпына келтірумен кез келген манипуляцияны болдырмау маңызды- және т. б. қосу) және қамтамасыз ету ұсынылған емдеу режимдерін оқыңыз (температура, ылғалдылық ауа).

1. Алдын алу операциялары одан әрі процестер ақаудың таралуы
2. Бетті дайындау
3. Тоқылған толтырғышты кесіңіз
4. Тоқылған толтырғышты сіндіру байланыстырушы
5. Сіндірілген матаны қолдану зақымдану орнына
7. Емдеу
8. Механикалық өңдеу
6. Қосымша қолдану шекара бойынша байланыстырушы тоқылған толтырғыш
9. Жөндеу сапасын бақылау

Соңғы операциялар механикалық өңдеу болып табылады- (қажет болған жағдайда) және жөндеу сапасын бақылау- көзбен қарайды. Қажет болса, көп қабатты қосылымды құру, қадамдар 3-тен 7-ге дейін қайталануы мүмкін. Сонымен қатар, пропидің келесі қабаттары- Танна матасы алдыңғы маталардың үстіне қойылады, осылайша олар сағат- алдыңғы қабатпен тығыз қабаттасқан. Қалпына келтіру үшін үздіксіз талшықтар (жіптер, байламдар) қолданылады- машиналардың цилиндрлік бөлшектерінің зақымдану жаңалықтары. Жөндеу кезінде цилиндрлік бөлшектер машиналар ең көп таралуы еден- чил көп қабатты талшықты орау әдісі (көміртекті немесе шыны-локна) салыстырмалы түрде жұқа қабаттарда, содан кейін емделеді әр қабат. Машина бөлшектерін жөндеу технологиялық процесі- үздіксіз талшық орамдары суретте көрсетілген.1. Тоқылған толтырғышты пайдалану сияқты, бірінші кезеңде таратуды одан әрі болдырмау үшін операциялар- зақымдану елдері. Екінші кезеңде тазарту және майсыздандыру жоғарғы жағында жүзеге асырылады- ности. Ластану қалдықтарын кетіру үшін беті үрленеді Сығылған ауа. Үшінші кезеңде байланыстырғыш қолданылады ақау шекаралары. Әрі қарай жөндеу бандажы қалыптасады. Қалыптастыру кезінде жолақ талшықты орау кішкене қабаттасумен жүзеге асырылады ақаудың орналасқан жері. Орау қолмен жасалуы мүмкін немесе арнайы орау машинасында. Әрбір келесі айналым бұл жағдайда ол алдын ала емделген қабатқа оралады, сондықтан сақинаның мандрельге қысымы үнемі өсіп отырады- бұралған және қатайтылған бұрылыс. Талшықтың кернеуін арттыру алынған құрылымның беріктігіне жағымды әсер етеді. Кезінде орам арматураның жақсы ылғалдануын қамтамасыз етуі керек байланыстырушы. Таңғыш қабаттарының саны зақымдану мөлшеріне байланысты- Дания. Қажетті қалыңдықты алу үшін ораманы салыстырыңыз- қалыңдығы аз (бір қабаттың қалыңдығы артық болмауы керек- 1 мм) оларды кейіннен емдеумен . Бандажды қалыптастырғаннан кейін қосымша қалыптасқан таңғышқа байланыстырғышты жағу және ДДҰ-ны алып тастау- тұншықтыратын қоспалар (роликпен жолақты илеу арқылы). Әрі қарай, жолақты толық емдеу жүзеге асырылады. Бойлық- тұрғын үй және емдеу режимдері қолданылатын түрге байланысты байланыстырушы

Соңғы операциялар қатайтылған бандажды механикалық өңдеу (қажет болған жағдайда) және сапаны бақылау болып табылады көзбен орындалатын жөндеу жұмыстары.

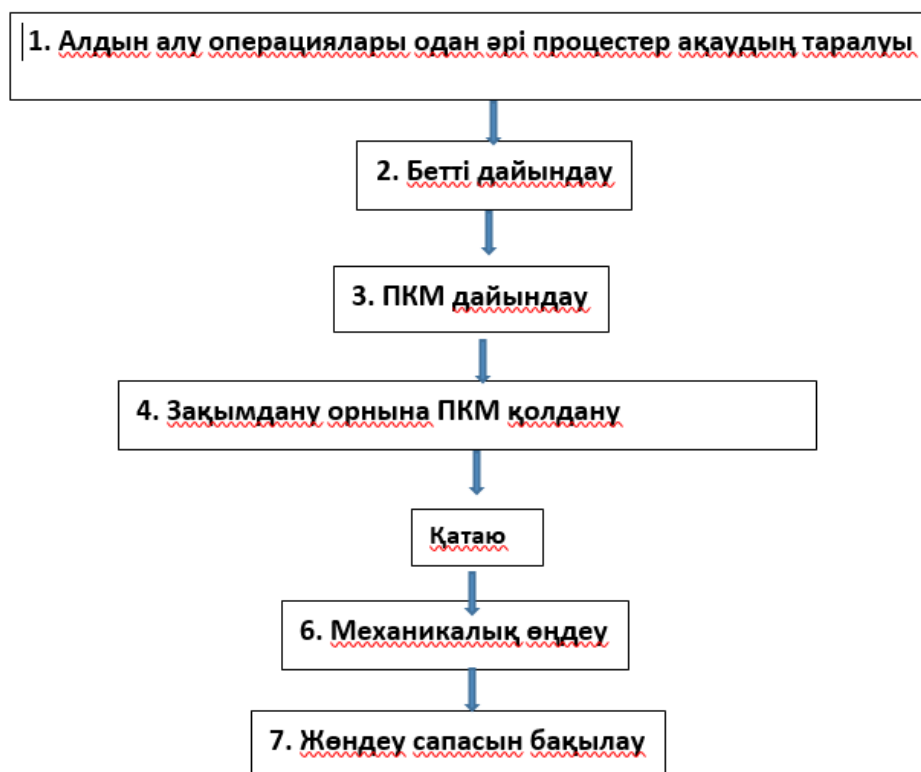


Сурет. 1. Үздіксіз талшықтары бар РСМ көмегімен жөндеу кезіндегі әрекеттердің жалпы реттілігі

Мұндай орау тек күшті жолақтарды алуға мүмкіндік бермейді, бірақ цилиндрлік элементтегі жолақтың керілуін арттырыңыз.

Конструктивтік ерекшеліктеріне байланысты орау қажет болған жағдайда салыстырмалы түрде үлкен қалыңдықтар, оның анизотропиясын ескере отырып, жолақтың қалыңдығын алдын-ала есептеу ұсынылады. Есептеу бандаждың оңтайлы қалыңдығы қамтамасыз ету критерийі бойынша жүргізіледі кепілдендірілген созылу , бұл қалыңдықтың аймағын алуға мүмкіндік береді, бұл жолақтың мандрельден бөлінуіне әкелмейді. Дисперсті толтырғыштар (әр түрлі пішінді бөлшектер) кішігірім зақымдарды жабу үшін қолданылады (30 мм-ден аз). Машина бөлшектерін жөндеудің технологиялық процесі Құрамында дисперсті толтырғыштар бар РСМ суретте көрсетілген. 2

Дисперсті толтырғыштар (әр түрлі пішінді бөлшектер) кішігірім зақымдарды жабу үшін қолданылады (30 мм-ден аз). Машина бөлшектерін жөндеудің технологиялық процесі Құрамында дисперсті толтырғыштар бар РСМ суретте көрсетілген. 2

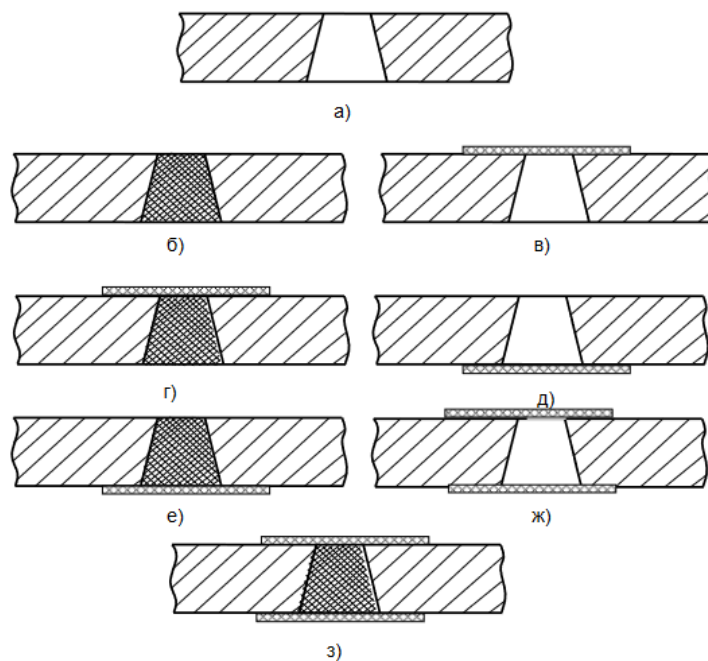


Сурет. 2 Жөндеу кезіндегі әрекеттердің жалпы реттілігі құрамында дисперсті толтырғыштар бар ПКМ пайдалану

Үшінші кезең, ақаудың таралуын болдырмау және бетті дайындау бойынша стандартты операциялардан кейін дисперсті толтырылған ПКМ дайындау операциясы. Осы қадам РСМ компоненттерін өлшеу керек (шайыр, қатайтқыш, толтырғыш) қатаң белгіленген пропорцияларда және оларды араластырыңыз. Компоненттерді біріктіру және араластыру әдісі (қолмен, механикалық, УЗ көмегімен) байланыстырушы және толтырғыштың түріне байланысты таңдалады. Бұл кезеңде байланыстырғышта толтырғыштың біркелкі таралуына қол жеткізу маңызды (шөгінділерсіз және кесектерсіз (агломерациясыз)). Наноөлшемділігі бар дисперсті толтырғыштарды пайдаланған кезде әртүрлі модификация әдістерін қолдану керек компоненттердің коагуляциясын болдырмауға мүмкіндік беретін байланыстырғыш (мысалы, пайдалану жақсы нәтиже береді) ультрадыбыстық байланыстырғыштың модификациясы). Содан кейін дайын композиция зақымдалған элементке қолданылады. Дисперсті толтырылған ПКМ пайдалану кезінде Жөндеу құрамы ол шамадан тыс қолданылады, өйткені емдеу процесінде оның қысқаруы орын алады. Араластыру және қолдану

операциялары өміршеңдік уақыты аяқталғанға дейін орындалуы маңызды ПКМ және емдеу процесінің басталуы. Қолдану аяқталғаннан кейін композицияның толық емделуін күту керек. Емдеу ұзақтығы мен режимдері қолданылатын байланыстырғыш түріне байланысты. ПКМ толық емделгеннен кейін механикалық өңдеу (артық емделген ПКМ жою). Қорытынды операция (алдыңғы қаралғандардағыдай) орындалатын жөндеу сапасын бақылау болып табылады көрнекі түрде

Соңғы операциялар, алдыңғы жағдайлардағыдай, ПКМ бекіту, механикалық өңдеу және визуалды түрде орындалатын жөндеу сапасын бақылау болып табылады. Айта кету керек, ақаулардың бірдей түрін (мысалы, тесік) тоқылған (арматураланған) немесе дисперсті толтырғыштарға негізделген РСМ-ді қолдану арқылы және олардың комбинациясын қолдану арқылы жоюға болады (сурет. 3).



Сурет. 3. Тесу сызбасы (А) және оны жабудың мүмкін нұсқалары: б) дисперсті толтырылған ПКМ тесіктерін толтыру; в) тесіктерді арматуралау сыртқы жағынан; г) дисперсті толтырылған ПКМ тесіктерін толтыру және сыртқы жағынан арматуралау; д) ішкі жағынан арматуралау; е) дисперсті толтырылған ПКМ тесіктерін толтыру және арматуралау ішкі жағынан; ж) сыртқы және ішкі жағынан арматуралау; з) дисперсті толтырылған ПКМ тесіктерін толтыру және арматуралау сыртқы және ішкі жағынан

Бақылау сұрақтары

1. Машина бөлшектеріндегі ақаулардың негізгі түрлерін атаңыз. Машина ақауларының қандай түрлері қалпына келтіріледі және қайсысы қалпына келтіріледі- тиімсіз бе?

2. Машина бөлшектерінің жөнделуі қандай факторларға байланысты?

3. РСМ көмегімен қалпына келтірілген машина бөлшектерінің бұзылуының негізгі түрлерін атаңыз. Бөлшектердің бұзылуының қандай түрі ПКМ көмегімен қалпына келтірілгендер жөндеу материалының беріктігі ма беріктігінен едәуір асып кеткен кезде басым болады- қалпына келтірілетін бөліктің материалы? Бөлшектердің бұзылуының қандай түрі, РСМ көмегімен қалпына келтірілген, қалпына келтірілетін бетті дұрыс дайындамаған кезде басым болады?

4. Машиналарды жөндеу үшін РСМ құру кезінде толтырғыш пен байланыстырғышты таңдау қандай факторларды анықтайды?

5. Машиналарды жөндеу кезінде қолданылатын РСМ емдеу ұзақтығы мен режимдері қандай факторға байланысты?

