

"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:

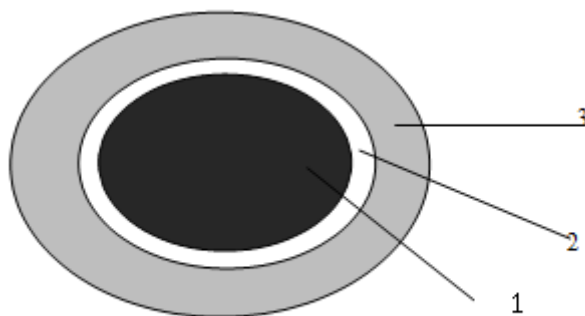
- металл композициялық материалдар (металл матрицасы бар);
- полимерлік композициялық материалдар (полимерлік матрицамен);
- резеңке композициялық материалдар (резеңке матрицасы бар);
- керамикалық композициялық материалдар (керамикалық матрицамен).

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.



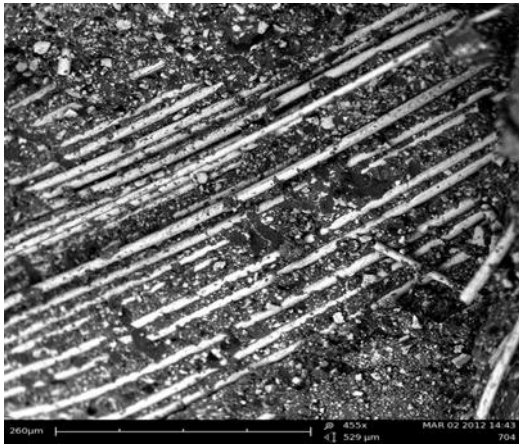
Сурет. 2. Байланыстырғышты матрицаға айналдыру схемасы

«Мінсіз» жағдайда байланыстырушы мынадай қасиеттерге ие болуы тиіс:

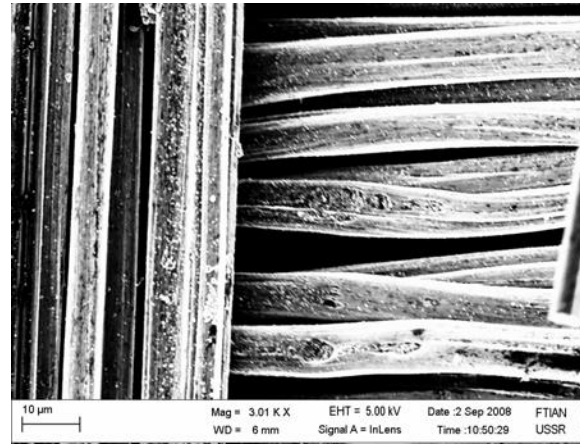
- матрицаның деформациялық қасиеттері толтырғыштардан төмен болмауы тиіс;
- байланыстырғыштың біршама үлкен серпімділік модулі болуы тиіс ($E > 2000$ МПа);
- байланыстырушы толтырғышқа жақсы адгезияға ие болуы тиіс ($\sigma_{ад} > 20$ МПа).

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.

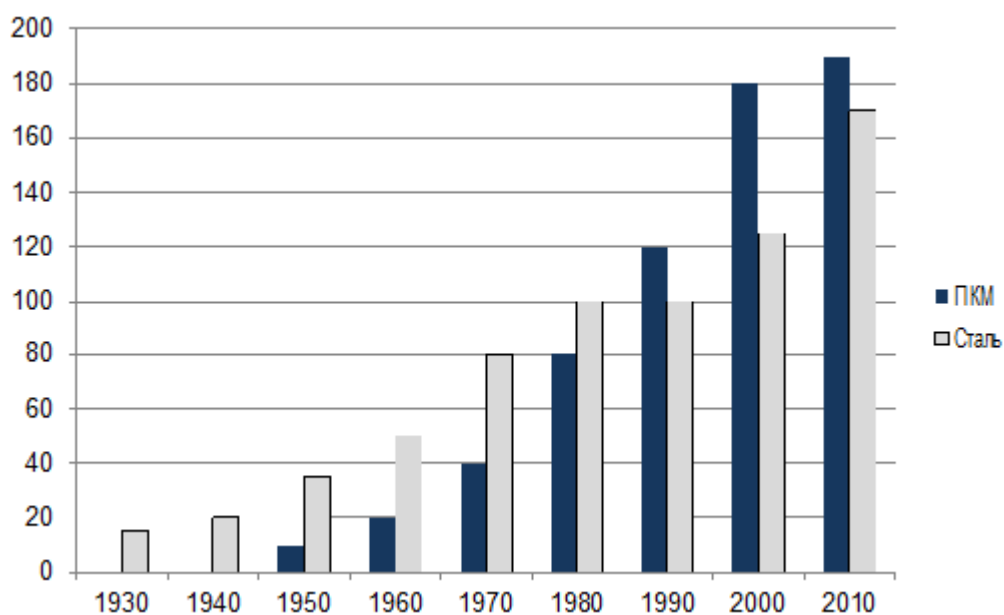
Донорлық-акцепторлық байланыс (химиялық және сутегі байланысы сияқты) зарядты тасымалдау байланысының бір түрі болып табылады. Электронның ауысуы болатын Молекула донор (Д) деп аталады. Электронды акцептор (а) алатын Молекула. Мұндай ауысу мүмкін болуы үшін олар бір-біріне жеткілікті жақындауы керек. 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.

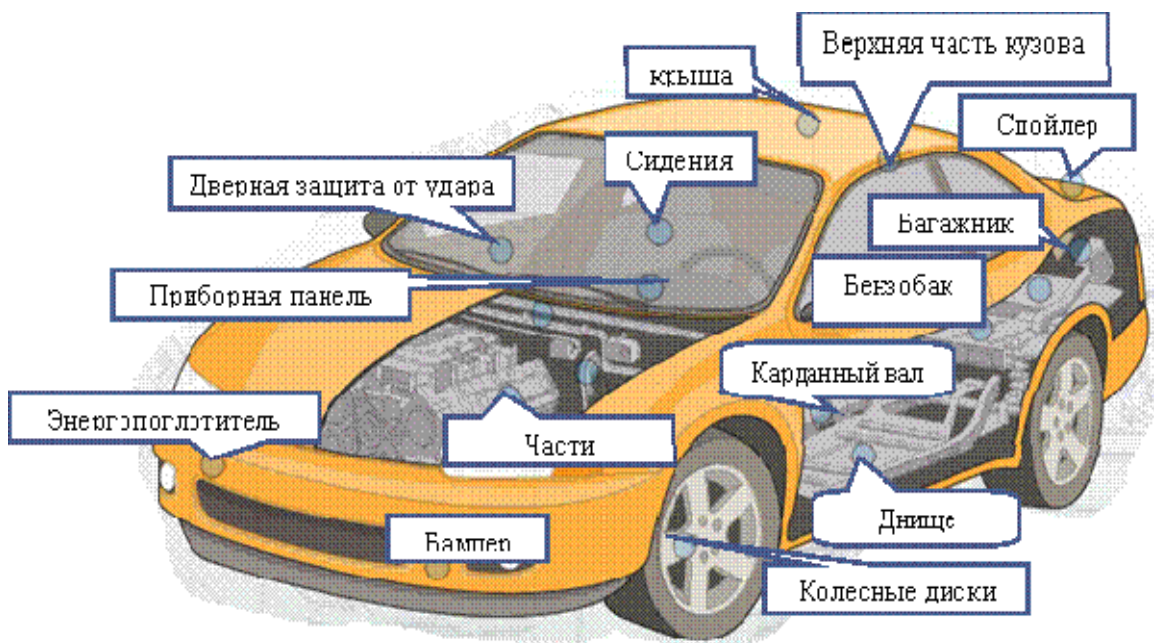
ПКМ технологиялылығын ерекше атап өткен жөн. Балқу температурасының төмендігі, иілгіштіктің жоғары деңгейі, металл емес материалдардың жақсы өңделуі олардан машина жасау бұйымдарын өндірудің технологиялылығында едәуір артықшылықтарды қамтамасыз етеді. Бұдан басқа, шуды, дірілді, динамикалық жүктемелерді, 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.

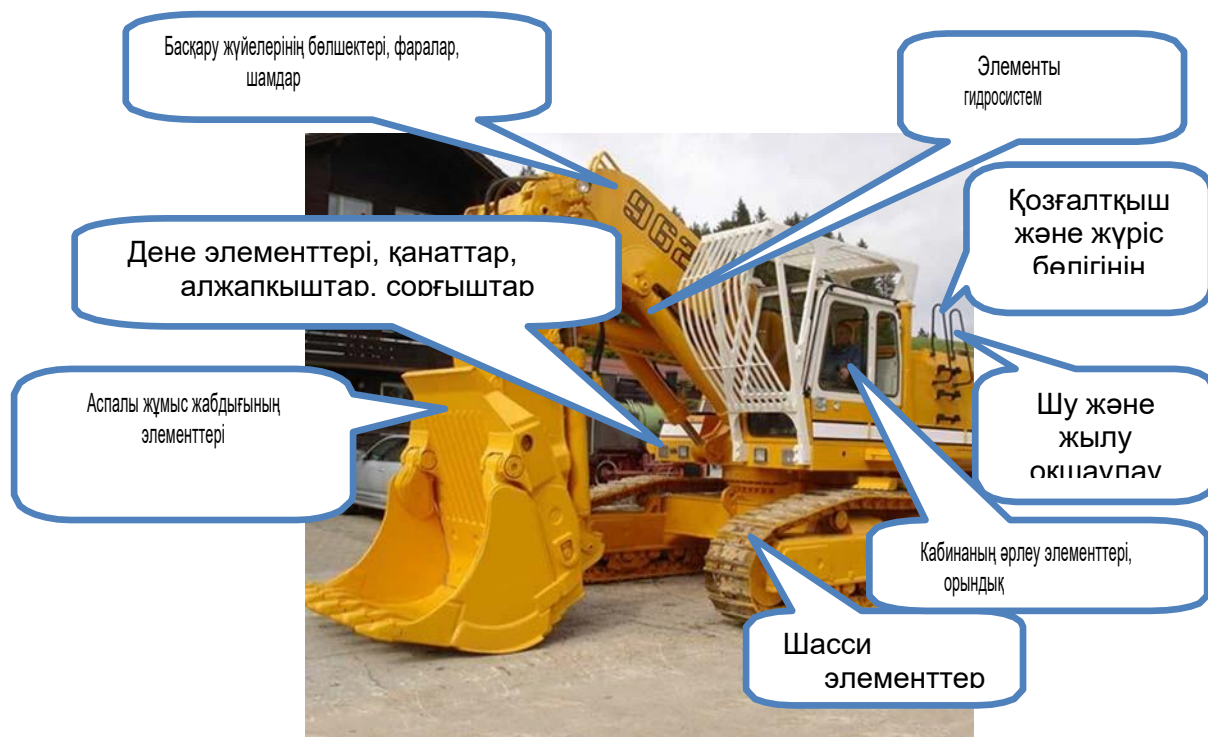
Автомобиль жасауда композициялық материалдарды қолдану мысалы қазіргі уақытта 1.6-суретте, құрылыс машиналарын жасауда 1.7-суретте көрсетілген.

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.