

Дәріс 6

ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚИРАУ 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 қирау 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):

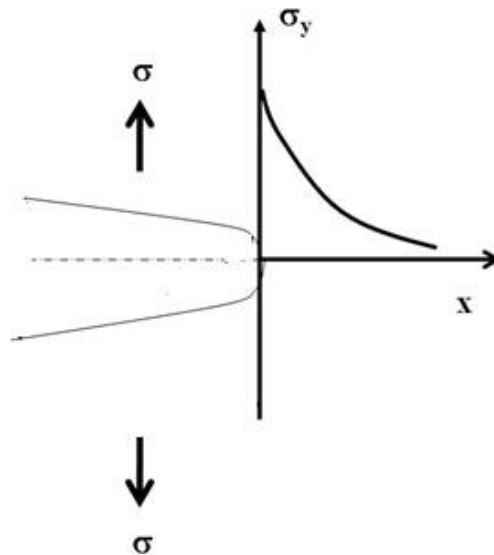
- сыртқы кернеулер белгілі бір нүктеде шоғырланған

(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.

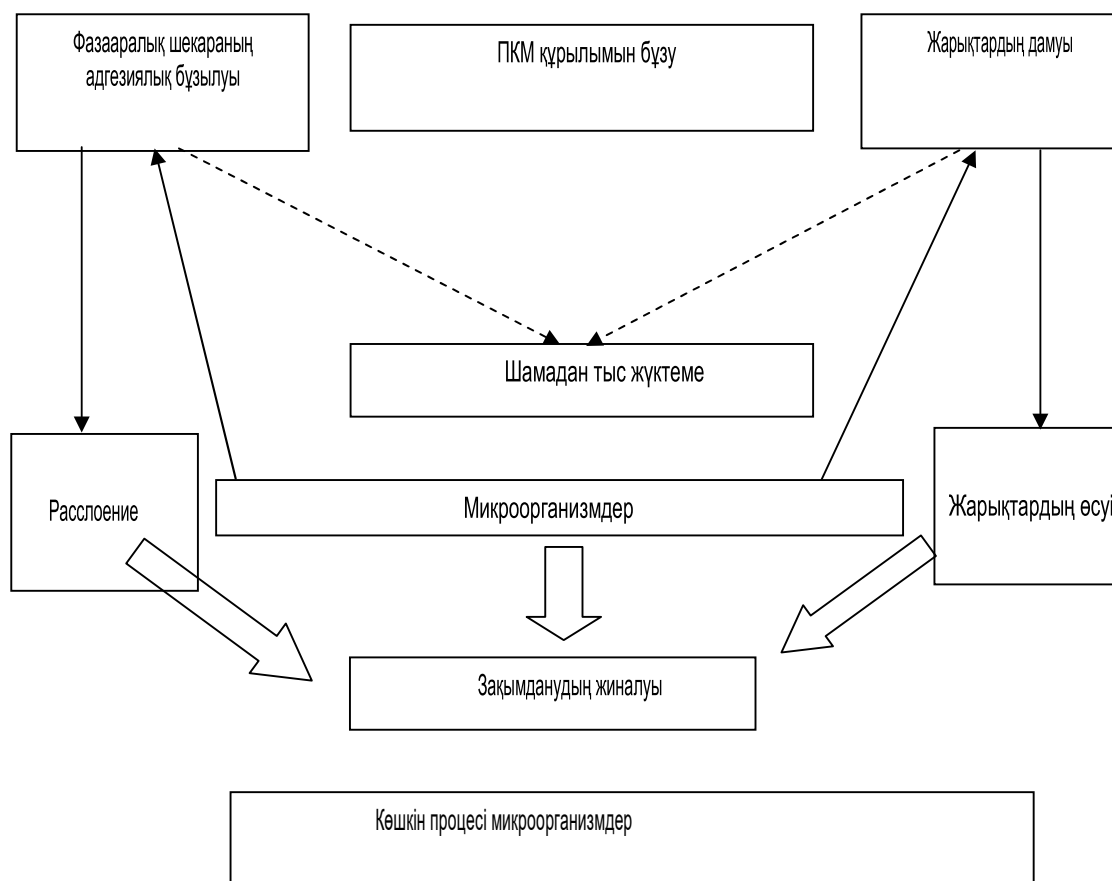
Микро деңгейде толтырғыш тәуелсіз құрылымдық бірлік ретінде қарастырылады.

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.

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.

Карло әдісі. Бұл әдіс әдебиетте статистикалық модельдеу әдісі деп те аталады, өйткені есептеу кезінде кездейсоқ сандар қолданылады. Монте-Карло әдісі модельдері аналитикалық теңдеулер алынбайтын күрделі стохастикалық теңдеулермен 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?