

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

ӘОЖ 620.22+67.017

Қолжазба құқығында

МУСТАФА ЛАУРА МОЛДАКЕРИМОВНА

Көмірпластиктің беріктік қасиеттерін арттыру үшін эпоксидті шайыр мен көміртекті ұлпаларды жетілдіру әдістерін әзірлеу

6D071000 – Материалтану және жаңа материалдар технологиясы

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшілер:
техника ғылымдарының докторы,
профессор, Исмаилов М.Б.
АҚ «ҰҒЗТО»,
Қазақстан Республикасы

техника ғылымдарының докторы,
профессор, Санин А.Ф.
О. Гончар атындағы «ДҰУ»,
Украина, Днепр

Қазақстан Республикасы,
Алматы, 2021

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР.....	5
БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР.....	6
КІРІСПЕ.....	7
1 ЭПОКСИД ШАЙЫРЫ МЕН КӨМІРТЕКТІ МАТАНЫ ЖЕТІЛДІРУ НЕГІЗІНДЕ КӨМІРПЛАСТИКТИҢ БЕРІКТІК ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ШОЛУ.....	13
1.1 Құрылымдық композиттердегі көмірпластик.....	13
1.2 Көмірпластиктен бұйымдар алу әдістері.....	16
1.3 Көмірпластиктің негізгі компоненттері.....	18
1.4 Көмірпластиктің бұзылуы.....	22
1.5 Көміртекті маталардың модификациялау тиімділігі және тәсілдері.....	23
1.6 Көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне модификацияланған көміртекті матаны әсері.....	25
1.7 Эпоксид шайырын модификациялау тиімділігі және тәсілдері.....	26
1.8 Пластификаторлардың эпоксид шайырына және көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне әсері.....	27
1.9 Термопласттардың эпоксид шайырына және көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне әсері.....	30
1.10 Пластификатор мен термопласттің модификациялау механизмі.....	33
Бірінші тарау бойынша тұжырым.....	34
Дисертация жұмысының мақсаты мен міндеттері.....	35
2 ЗЕРТТЕУЛЕР ЖҮРГІЗУ ӘДІСТЕРІ, ӘДІСТЕМЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖАБДЫҚТАУ.....	36
2.1 Көмірпластик алудың негізін құрайтын компоненттер сипаттамасы	36
2.1.1 Эпоксид шайыры.....	36
2.1.2 Көміртекті мата.....	37
2.1.3 Пластификаторлар.....	37
2.1.4 Термопласттар.....	39
2.1.5 Азот қышқылы.....	43
2.1.6 Вакуумды инфузия технологиясына арналған шығын материалдары..	44
2.1.7 Эпоксид шайыр мен көмірпластик үлгілеріне арналған жабдықтар....	44
2.2 Үлгілерді дайындау әдісі.....	45
2.3 Зертханалық зерттеулер жүргізу үшін пайдаланылаған әдістемелер мен технологиялық жабдықтар.....	48
2.3.1 Сығу сынағы.....	48
2.3.2 Созу сынағы.....	49
2.3.3 Соққы тұтқырлығы.....	51
Екінші тарау бойынша тұжырым.....	52
3 ЭПОКСИДТІ ШАЙЫРҒА ПЛАСТИФИКАТОРЛАР МЕН ТЕРМОПЛАСТТАРМЕН МОДИФИКАЦИЯЛАУ АРҚЫЛЫ ЭПОКСИДТІ ШАЙЫРДЫҢ БЕРІКТІГІ МЕН СОҚҚЫҒА	

ТҮТҚЫРЛЫҒЫНА ӘСЕРІ.....	53
3.1 Модификацияланбаған эпоксидті шайырлардың механикалық сипаттамалары.....	53
3.2 Эпоксидті шайырдың механикалық қасиеттеріне пластификаторлардың әсерін зерттеу.....	54
3.3 Эпоксидті шайырларға термопласттармен модификациялау арқылы соққы тұтқырлығы мен беріктік қасиеттеріне әсерін анықтау.....	57
3.4 Соққы тұтқырлығын едәуір арттыратын эпоксидті шайырдың ең перспективті модификаторларын таңдау.....	59
Үшінші тарау бойынша тұжырым.....	63
4 МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН КӨМІРТЕКТІ МАТАНЫҢ КӨМІРПЛАСТИКТІҢ БЕРІКТІК СИПАТТАМАЛАРЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	64
4.1 Бастапқы модификацияланбаған көмірпластиктің механикалық сипаттамалары.....	64
4.2 Көміртекті матаның химиялық белсенділігін, азот қышқылымен тотығу процесі арқылы көтеріп, көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне әсерін зерттеу.....	68
Төртінші тарау бойынша тұжырым.....	72
5 МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ЭПОКСИДТІ ШАЙЫРДЫҢ КӨМІРПЛАСТИКТІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ ЗЕРТТЕУ.....	74
5.1 Эпоксид шайырын пластификаторлармен модификациялау арқылы көмірпластиктің механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу.....	74
5.2 Эпоксид шайырын термопласттармен модификациялау арқылы көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсерін зерттеу.....	76
Бесінші тарау бойынша тұжырым.....	78
6 КӨМІРПЛАСТИКТІҢ БЕРІКТІК СИПАТТАМАЛАРЫНА МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН КӨМІРТЕКТІ МАТА МЕН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ЭШ ҚОС ӘСЕРІН МЕН ВАКУУМДЫҚ ИНФУЗИЯМЕН ҚАЛЫПТАУЛАРДЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	80
6.1 Қосарланған модификация мен қолмен қалыптаудың көмірпластикке әсері.....	80
6.2 Қосарланған модификация мен вакуумдық қалыптаудың көмірпластикке әсері.....	81
Алтыншы тарау бойынша тұжырым	84
7 ҚОСАРЛАНЫП МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН БЕРІКТІГІ ЖОҒАРЫ СОҚҚЫҒА ТӨЗІМДІ КӨМІРПЛАСТИК ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ-ЭКОНОМИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН БАҒАЛАУ.....	85
Жетінші тарау бойынша тұжырым.....	87
ҚОРЫТЫНДЫ	88
ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	92

ҚОСЫМША А – Зерттеу тақырыбы бойынша жарияланымдар тізімі.....	100
ҚОСЫМША Ә – Патент пайдалы модельге.....	101
ҚОСЫМША Б – Енгізу актісі.....	102
ҚОСЫМША В – Аспаптар.....	105

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Бұл диссертациялық жұмыста келесі стандарттарға сәйкес сілтемелер қолданылған:

МЕСТ 6.38–90 – Құжаттаманың сәйкестендірілген жүйелері. Ұйымдастырушылық–жарлықтық құжаттама жүйесі. Құжаттарды ресімдеуге

қойылатын талаптар

МЕСТ 7.32–2001 – Ақпарат, кітапхана және баспа істері жөніндегі стандарттар жүйесі. Ғылыми-зерттеу жұмысы жөніндегі есеп. Ресімдеу

құрылымы мен ережелері

МЕСТ 8.417–81 – Мемлекеттік өлшемдер біртұтастығын қамтамасыз ету жүйесі. Физикалық шамалардың бірліктері

ҚР СТ МЕСТ 15.011–2005 – Патенттік зерттеулер

ASTM D6641-14 – Standard Test Method for Determining the Compressive Properties of Polymer Matrix Composites Laminates Using a Combined Loading Compression (CLC) Test Fixture, ASTM D 6641 / D 6641 M – 09

МЕМСТ

22349–77–Қатаятынқұймашайырлар.

Сынау үшін үлгілерді дайындау.

МЕСТ 4647-2015 Пластмассалар. Шарпи бойынша соққы тұтқырлығын анықтау әдісі

МЕСТ 32656-2014 Композиттер полимерлерді сынау әдістері. Созылу сынақтары

МЕСТ 33519-2015 Қалыпты, жоғары және төмен температурада сығуды сынау үшін полимерлі композиттер әдісі

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Бұл диссертациялық жұмыста белгілеулер мен қысқартулар қолданылған:

«МжКБИ» АҚ	– «Металлургия және кен байыту институты» акционерлік қоғамы;
«ҰҒЗТО» АҚ	– «Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы» акционерлік қоғамы;
ПКМ	полимерлі композиционды материал;
МЕСТ	– мемлекеттік стандарт;
t	– температура, °С;
ПҰА	– плотсыз ұшу аппараты;
ЭШ	– эпоксид шайыры;
ПЭПА	– полиэтиленполиамин;
ДЭГ	– диэтиленгликольдің диглицидил эфирі;
ООПГ	– олигооксипропиленгликольді;
ХБЭХПК	– хлорбутилді эфирді хлорпропион қышқылы;
ТКФ	– трикрезилфосфат;
ГДМА	– глицидилметакрилат;
ТХЭФ	– трихлорэтилфосфат;
ОК	– олейн қышқылы;
ПСФ	– полисульфон;
ПК	– поликарбонат;
ПС	– полистирол;
УПС	– соққыға төзімді (ударопрочный) полистирол;
Кσ	– созылу немесе сығылу беріктігінің сезімталдық коэффициенті;
σ _{сж}	– сығуға беріктік шегі, МПа;
σ _р	– созылу беріктігінің шегі, МПа;
ε	– деформация, %;
η	– тұтқырлық, Па*с;
ρ	– тығыздық, кг/м ³ ;
E	– серпімділік модулі, ГПа;
a _{уд}	– соққы тұтқырлығы, кДж/м ² .

КІРІСПЕ

Шешілуге бағытталған ғылыми немесе ғылыми – технологиялық проблемалардың заманауи деңгейіне баға беру.

Қазіргі материалтанудың өзекті тапсырмаларының бірі жоғары механикалық қасиетке ие полимерлі композициялық материалдарды (ПКМ) алу [1]. Аэроғарыш саласындағы техникалардың корпустарын, қуат элементтерін, сондай-ақ жеке компоненттерін өндіру үшін арнайы құрылымдық материалдар қажет [2]. Ондай материалдар келесідей талаптарға сай болуы керек: жеңілдік, жоғары беріктік пен серпімділік модулінің максималды мәні, термиялық кеңеюдің минималды коэффициенті, діріл және шаршау беріктігі. Осы сипаттамаларға сәйкес материалдар ретінде көмірпластик алюминий, магний, титан, тағы басқа да металл қорытпаларына қарағанда едәуір артықшылықтарға ие [3]. Алайда осындай жақсы көрсеткіштерге қарамастан, көмірпластик әлі де өндірісте кең таралмаған, оның негізгі себептері бұл материалдың қымбаттығы, сондай-ақ оның соққылық әсерлерге әлсіздігі [4,5]. Өндірістегі алғашқы буын көмірпластиктер соққыға беріктігі бойынша өте әлсіз болды. Осыған байланысты көмірпластиктер осы уақытқа дейін тек статикалық жүктемелерге арналған конструкцияларда ғана қолданылды.

Көмірпластикті қолданудың артықшылығы - олар құрылымның салмағын 15-50% азайтады, коррозияға және әртүрлі деформацияларға төзімділікті арттырады және жоғары сапалы күрделі өнімдерін жасауға мүмкіндік береді [6-9].

Нарықтағы кеңінен таралған көмірпластиктер жоғары беріктікке ие, бірақ соққыға сезімтал болып келеді. Аэроғарыш саласында көмірпластиктің қолданылу аясын кеңейту үшін, соққыға төзімді көмірпластик жасап шығару өзекті мәселе болып тұр. Көмірпластик-байланыстырушы матрицадан және арматуралық көміртекті маталардан тұратын композициялық материал. Көмірпластиктің физика-механикалық сипаттамаларын жақсартып, соққыға төзімді етіп алу үшін көміртекті мата мен эпоксидті шайырды (ЭШ) модификациялау әдістері арқылы қол жеткізу мүмкін.

Көмірпластиктің механикалық қасиеттерін жақсарту үшін ең алдымен екі фактордың дұрыс таңдалған үйлесімі қажет – талшықтың полимермен берік байланысы және ЭШ беріктігі. Бірінші факторды жақсарту талшық бетін модификациялау арқылы жүзеге асырылады [10-13], ал екінші факторды, яғни байланыстырғыштың беріктігін арттыру, ЭШ құрамына түрлі модификаторларды қосу арқылы қол жеткізіледі [14-21].

Талшық бетін модификациялау – көміртекті матаны тотықтыру әдісімен жүргізіледі. Көміртекті мата беті химиялық бейтарап болғандықтан, мата мен полимер арасындағы берік адгезия байланысын қамтамасыз ету үшін олардың бетіне карбоксил және гидроксил топтарын қондыруарқылы тотықтыру керек. Тотықтырғыш реагенттер ретінде көбінесе HNO_3 , $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ қышқылдары мен олардың негізіндегі қоспалар қолданылады: өңдеу нәтижесінде карбоксил –

COOH, карбоксил-гидроксил – COOH және OH топтары көміртекті талшықтың бетін белсендіреді. Тотықтыру деректері бойынша, модификациялайтын қоспалардың құрамы, олардың қолдану шарттары туралы зерттеу мәселелері бүгінгі күнге дейін ашық күйінде қалып отыр және қосымша зерттеулер жүргізуді талап етеді.

Байланыстырғыштың беріктігін арттыру– ЭШ модификациялау арқылы іске асырылады. ЭШ модификациялау әдістерінің бірі оның құрамына түрлі химиялық қосылыстарды енгізу болып табылады. ЭШ беріктігі мен соққы тұтқырлығын жоғарлатушы модификаторлар ретінде пластификаторлар мен термопласттар кеңінен қолданылады. Бірақ, модификатордың мөлшері, қосу технологиясы, құрамының өзгеруінің кең ауқымында зерттеу бойынша деректер жоқ.

Көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығына қосарланған әдіс туралы мәліметтер жоқ, ауқамды зерттеуді талап етеді.

Көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығын жоғарлату міндеті бойынша көміртекті матаны тотықтыру мен ЭШ әртүрлі модификаторларды енгізу арқылы және қосарланған модификация әдісі іске асыру мәселесі қойылған.

Диссертациялық жұмыс жоғарыда келтірілген мәселелерді зерттеуге және шешуге бағытталған

Тақырыпты жасақтаудың негіздемесі және бастапқы деректері.

Отандық өндіріске жоғары беріктік пен соққыға төзімді көмірпластик қажеттілігіне байланысты, мемлекеттік бюджеттен қаржыландырылатын мемлекеттік ғылыми бағдарламалар шеңберінде жасалды: 2018-2020 жж. «Ғарыш қызметі саласындағы қолданбалы ғылыми зерттеулер» 008 Республикалық қаржылық бағдарламасы - «Қорғаныс және аэроғарыштық қосымшалар үшін соққыға төзімді көмірпластик өнімдерін өндіру технологиясын әзірлеу».

Бастапқы деректер ретінде эпоксидті шайыр: «ЭД-20» және «Этал инжент-Т»; көміртекті мата: «Саржа 3К»; пластификаторлар ретінде: (трикрезилфосфат (ТКФ), трихлорэтилфосфат (ТЭФ) және глицидилметакрилат (ГДМА) және олейн қышқылы (ОК); термопласттар ретінде: полисульфон (ПСФ), поликарбонат (ПК), полистирол (ПС) және соққыға төзімді полистирол (УПС) пайданылды. Көмірпластикті дайындау әдісі – қолмен қалыптау және вакуумдық қалыптаумен жүргізілді.

Ғылыми – зерттеу жұмыстарын жүргізу қажеттілігін негіздеу

Қазіргі уақытта Нұр-Сұлтан қаласында Ұлттық ғарыш орталығының құрылысы жүргізілуде, оның құрамдас бөлігі ғарыш аппараттарын жобалау және өндіру жөніндегі кәсіпорын болып табылады. Мұндай өндірісті құрумен Қазақстандық-Француздық "Ғалам" ЖШС айналысады.

Аэроғарыштық аппараттардың жиынтықтауыштарына соққыға төзімді көмірпластик қажет. Жоғары беріктікке ие көмірпластик Қазақстанда өндірілмейді, осыған байланысты оларды импорттауға тура келеді. Көмірпластик беріктігі 415 МПа-дан асатын зымыран және қос

мақсаттағы тауарлар мен технологиялар тізіміне енгізілген (технология экспорттық бақылаудың халықаралық келісімдерімен жіктелген). Осыған байланысты аэроғарыштық мақсаттағы материалдар өндірісінің отандық технологияларын дамыту қажет.

Қойылған міндеттер көміртекті матаны тотықтыру арқылы белсенділігін арттыру және ЭШ модификациялау арқылы беріктігі мен соққы тұтқырлығын жоғарлату көмірпластиктің жана технологиясын құруға бағытталған кешенді зерттеулердің жүргізілуін талап етеді.

Әлемдік тәжірибеде, көмірпластиктің статикалық беріктік дейгейін сақтай отырып, соққыға төзімді көмірпластик алу технологиясын қажет етеді. Бұл технология өте күрделі, себебі беріктік қасиетінің бір индикаторын жоғарылатқанда, басқа қасиеттеріне теріс әсер ету мүмкін. Сол себепті, көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығын бір уақытта арттыру күрделі зерттеулерді қажет ететіндігі анық.

Жасақтаманың жоспарланып отырған ғылыми-техникалық деңгейі патенттік зерттеулер жөніндегі мағлұматтар және қорытындылар

Жасалған технологияның ғылыми-техникалық деңгейі теориялық бөлімнің жаңа жетістіктерін пайдаланумен анықталады және көміртекті матаны тотықтыру арқылы эпоксидті шайырға адгезиясын арттырумен, эпоксидті шайырға модификаторларды қосу арқылы көмірпластиктің механикалық қасиеттерін жоғарлатуға негізделген. Көміртекті матаның белсенділігін арттыру арқылы және ЭШ модификациялау арқылы осы әдістің қос әсері алғаш рет дүниежүзілік тәжірибеде беріктік деңгейін жоғарлата отырып, соққыға төзімді көмірпластик үлгілерін алуға мүмкіндік береді.

Соққыға төзімдікөмірпластиктер аэроғарыштық және қорғаныс техникалар өндірісі үшін қолданылады, осыған орай олардың өндірістік технологиясы, зымырандық және ядролық технологияларды экспорттық қадағалаудың Халықаралық келісімдерімен қатаң құпияландырылған. Әдеби шолу кезінде жұмыстардың әдебиеттік және патенттік талдауында 2 тікелей дереккөз анықталды, бұл тақырыптың жақындығын көрсетеді, патент нәтижелері осы диссертациялық жұмыстың әдебиеттерге аналитикалық шолу түрінде көрсетілген. Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер жаңалыққа ие және Қазақстандағы соққыға төзімді көмірпластик бойынша бірінші тәжірибелік жұмыс.

Диссертацияны метрологиялық қамтамасыз ету туралы мәліметтер.

Эпоксид шайыры мен көмірпластик үлгілерін созу және сығу үшін сынау Instron және Shimadzu машиналарында жүргізілді. Үлгілердің соққы тұтқырлығын сынау үшін МК-15 маятникті коперде жүргізілді.

Эксперименттік зерттеулер пайдалану кезеңінде мемлекеттік тексеруден өткен, зерттеу мен инженерлік мақсаттарға сәйкес келетін және "өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы Заңға"сәйкес келетін аспаптарды пайдалана отырып жүргізілді. Эксперименттік зерттеулер: әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, "МжКБИ" АҚ, Жану проблемалары институты, С.М. Киров атындағы Машина жасау зауыты сертификатталған жабдықтарында жүргізілді.

Тақырыптың өзектілігі. Қазіргі уақытта Қазақстанда отандық ғарыш саласы қарқынды дамып келеді. Ғарыштық аппараттар, ғарыш аппараттарының энергетикалық элементтері, ұшақтар, ұшқышсыз ұшу аппараттары, ғарыштық және геофизикалық мақсаттарға арналған аса жеңіл класты зымыран ұшыру аппараттарының корпусарын дайындау үшін жоғары беріктік және соққыға төзімді көмірпластик қажет. Көміртекті мата мен эпоксид шайырын модификациялау арқылы соққыға төзімді көмірпластик әзірлеу және оларды қолдану технологиясы ғарыштық материалтанудың өзекті міндеті болып табылады.

Бұл жұмыстың өзектілігін осы тақырыптың мемлекеттік ғылыми бағдарламалар аясында қаржыландырылуы растайды.

Тақырыптың жаңалығы

Алынған нәтижелердің жаңалығы, Қазақстанда алғаш рет сығу беріктігін жоғарлата отырып, көмірпластиктің соққы тұтқырлығын арттыратын қосарланған модификациялаудың технологиясы жасақталды.

Алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы:

Бастапқы және модификацияланған (пластификаторлар мен термопласттармен) ЭД-20 және «Этал Инжект-Т» ЭШ сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсері зерттелді. Ең жақсы нәтижелер ЭШ 10 % ТКФ пластификатор қосқанда алынды:

-ЭД-20 шайыры бойынша: сығу беріктігі 99,6 МПа (2 % - ға өсті), ал соққы тұтқырлығы 39,5 кДж/м² (2 есе өсті);

«Этал Инжект-Т» шайыры бойынша: сығу беріктігі 122,2 МПа (15% - ға өсті), ал соққы тұтқырлығы 80,3 кДж/м² (90% - ға жақсарды). Шайырларды беріктік қасиеттерінің өсуі пластификаторлар мен термопласттардың ЭШ химиялық әрекеттесуімен байланыстырдық.

Көмірпластиктің берітігін арттырудың әдістерінің бірі, көміртекті матаның бетін 2 минут азот қышқылында тотықтыру арқылы көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына әсерін зерттедік:

-ЭД-20 шайыры мен көміртекті мата 2,5 минут тотыққан кезде алынған көмірпластиктің созу беріктігі 833 МПа-дан 900 МПа-ға дейін, сығу беріктігі 300 МПа-дан 385 МПа-ды құрады.

-«Этал инжект-Т» шайырымен және көміртекті мата 2 минут тотыққан кезде көмірпластиктің созу кезінде беріктігі 15% - ға 1000 МПа-дан 1150 МПа-ға, сығу кезіндегі беріктік 17% - ға 425 МПа-дан 497 МПа-ға дейін артты. Көміртекті матаны азот қышқылында тотықтыру арқылы көміртекті матаның бетіне функционалды топтар пайда болады, бұл топтар көміртекті мата мен эпоксид шайыры арасындағы үйлесімділікті жақсарта алады. Осылайша, механикалық қасиеттері артады.

Алғаш рет модификацияланған ЭШ мен модификацияланған көміртекті матаның көмірпластиктің механикалық қасиеттеріне қосарлы әсері туралы нәтижелер алынды.

Осы диссертацияда ұсынылған Технология алғаш рет 425-600 МПа дейін сығылу күші бар және 250 кДж/м² дейін соққы тұтқырлығы бар көміртекті

талшықтарды алуға мүмкіндік береді. Бұндай көмірпластиктер ұшу аппараттарының конструкциясының соққыға төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Жұмыстың мемлекеттік бағдарламалармен және ғылыми-зерттеу жұмыстарымен байланысы. Осы ғылыми-зерттеу жұмысы "Қазақстан Республикасында ғарыш қызметін дамытудың 2015-2017 жылдарға арналған" мемлекеттік бағдарламасының іс-шараларымен және 2018-2020 жылдарға арналған "Ғарыш қызметі саласындағы қолданбалы ғылыми зерттеулер" 008 «Қорғаныс және аэроғарыштық қосымшалар үшін соққыға төзімді көмірпластик өнімдерін өндіру технологиясын әзірлеу» республикалық бюджеттік бағдарламамен байланысты.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты. Көміртекті матаны азот қышқылымен тотықтыру әдісі және эпоксидті шайырға пластификатор, термопласт қосу әдісі арқылы көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығын жақсарту.

Зерттеу нысаны. Эпоксидті шайырға модификаторларды қосу және көміртекті матаны қышқылдармен тотықтыру арқылы көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығын жоғарлату.

Зерттеу мәні. Көмірпластиктің беріктік қасиеттерін арттыру үшін эпоксидті шайыр мен көміртекті маталарды модификациялау әдістерін әзірлеу.

Зерттеу міндеттері және ғылыми-зерттеу жұмысы барысында олардың орындалу реті:

Бірінші тарауда көмірпластикті өңдеудің заманауи тәсілдеріне талдамалық шолу және зерттеу бағытын таңдау жүргізілді. Алынған нәтижелер бойынша көмірпластиктің ең әлсіз буыны эпоксид шайыры екені белгілі болды, соны модификациялау керек екендігі және көміртекті матаны тотықтыру арқылы эпоксид шайырына адгезиясын арттыруды қажет ететіндігі анықталды. Екінші тарауда зерттеулер жүргізу әдістері мен көмірпластик алудың негізін құрайтын компоненттер келтірілген.

Үшінші тарауда эпоксидті шайырларды «ЭД-20» және «Этал инжект-Т» пластификатор және термопласттармен модификациялау арқылы полимер матрицасының беріктігі мен соққы тұтқырлығы жоғарлатылды. Төртінші тарауда көміртекті матаны азот қышқылымен тотықтырып, эпоксидті шайырға адгезиясын арттыру арқылы көмірпластиктің беріктік қасиеттері арттырылды. Бесінші тарау нәтижелері модификацияланған эпоксидті шайыр арқылы жасалған көмірпластиктің механикалық қасиеттерін зерттеу қажеттілігін көрсетті. Жоғарыда келтірілген барлық тараулардың нәтижесінен алтыншы тарауда көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына модификацияланған көміртекті мата мен модификацияланған ЭШ қос әсерін және вакуумдық инфузия әдісімен қалыптау арқылы соққыға төзімді көмірпластик алу бойынша технологияны жасақтауға мүмкіндік берді. Жетінше тарауда осы зерттеу нәтижесінде жасақталған технологияның экономикалық тиімділігі есептелді.

Зерттеудің мақсаты мен міндеттері өзара бір - біріне байланысты тізбектер болып табылады. Осы диссертациялық жұмыста шешілетін әрбір

жеке міндет, ортақ мақсатқа жетуге бағытталған. Барлық жоғарыда аталған міндеттер ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізу барысында орындалды.

Зерттеудің әдістемелік базасы. Диссертациялық жұмысты орындау кезінде қолданылған, негізгі зерттеулер мен талдаулар әдістеріне төмендегілер жатады:

-ЭШ мен көмірпластик үлгілерін созу және сығу үшін сынау Instron, WDW-5E және Shimadzu сынақ машиналарында жүргізілді. («Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ», "МжКБИ" АҚ, Жану проблемалары институты);

-үлгілердің соққы тұтқырлығына сынақтар МК-15 маятникті коперде жүргізілді. (С.М. Киров атындағы Машина жасау зауыты, Алматы).

Қорғауға шығарылатын қағидалар

- ЭШ пластификаторлар мен термопласттармен модификациялау арқылы ЭШ-ын беріктігі мен соққыға тұтқырлығына әсері;

- Модификацияланған көміртекті матаның көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына әсері;

- Модификацияланған ЭШ көмірпластиктің механикалық қасиеттеріне әсері;

- Көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына модификацияланған көміртекті мата мен модификацияланған эпоксид шайырдың қос әсерін және вакуумдық инфузия қалыптаудың әсері.

1 ЭКПОКСИД ШАЙЫРЫ МЕН КӨМІРТЕКТІ МАТАНЫ ЖЕТІЛДІРУ НЕГІЗІНДЕ КӨМІРПЛАСТИКТІҢ БЕРІКТІК ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ШОЛУ

1.1 Құрылымдық композиттердегі көмірпластик

Зымыран-ғарыш және авиациялық техниканың даму деңгейін айқындайтын замауи құрлымдық материалдар – композициондық материалдар (КМ) болып табылады. Композиттер: полимерлі композициондық материалдар (ПКМ), металл композициондық материалдар (МКМ), керамикалық құрылымдық композициондық материалдар (ККМ) болып бөлінеді. Аэроғарыш саласындағы техникалардың корпустарын, қуат элементтерін, сондай-ақ жеке компоненттерін өндіру үшін арнайы құрылымдық материалдар қажет. Аэроғарыштық мақсаттағы құрылымдық материалдарға қойылатын негізгі талаптар: жеңілдік, жоғары беріктік пен серпімділік модулінің максималды мәні, термиялық кеңеюдің минималды коэффициенті, діріл және шаршау беріктігі. Жоғарыда аталған талаптарға жауап беретін композитті материал көмірпластик болып саналады [3]. Көмірпластик пен металл қорытпаларының салыстырмалы сипаттамалары 1-кестеде көрсетілген [4].

Кесте 1 – Аэроғарыштық мақсаттағы негізгі конструкциялық материалдар[4]

Материалдар	Тығыздығы, г/см ³	Беріктік шегі, МПа	Серпімділік модулі, ГПа	Термиялық кеңею коэффициенті $\times 10^6$, 1/град	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²
Алюминий қорытпасы	2,7	500	70	23	250
Магний қорытпасы	1,8	380	45	27	200
Көмірпластик	1,5	425-1200	40-140	1,5-0,5	100

Көмірпластик-байланыстырушы матрицадан және арматуралық көміртекті маталардан тұратын композициялық материал. 1- кестеде көрініп тұрғандай, салыстырмалы сипаттамалар бойынша көмірпластиктің беріктігі жоғары және тығыздығы мен термиялық кеңею коэффициенті айтарлықтай төмен, осы сипаттамаларға сәйкес көмірпластик алюминий, магний, қорытпаларынан қарағанда аэроғарыштық техникада қолдануға сұранысы жоғарлауда. Алайда, осындай жақсы көрсеткіштерге қарамастан, көмірпластик әлі де өндірісте кең таралмаған [5], оның себебі көмірпластиктің соққы тұтқырлығының төмендігінде. Сол себепті, осы диссертациялық жұмыста көмірпластиктің беріктігін сақтай отырып, соққы тұтқырлығын артыруға қол жеткізу.

Көмірпластик зымыран-ғарыш техникасынан, кеме жасаудан, автомобиль жасаудан (бампер, капот қақпақтары, есіктер) бастап тұрмыстық техникаға (ноутбук, телефон корпустарын өңдеу), ұшқышсыз ұшу аппараттарына, спорттық құрал-саймандарға (велосипедтер, хоккей таяқшалары, шаңғылар), балық аулау құралдарына және т.б. дейін әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады. Авиакұрылыста қолданылатын конструкциялық материалдардың пайыздық көрсеткіші сурет-1 келтірілген.



Сурет 1 – Авиакұрылыста қолданылатын конструкциялық материалдар

1-суреттен көрініп тұрғандай көптеген жылдар бойы негізгі құрылымдық материалдар (65...75 %) алюминий қорытпалары болды, ал қазір көмірпластикті тұтынатын әлемдік көрсеткіші 2 – суретте көрсетілген.



Сурет 2 – Көмірпластик тұтынудың әлемдік көрсеткіші

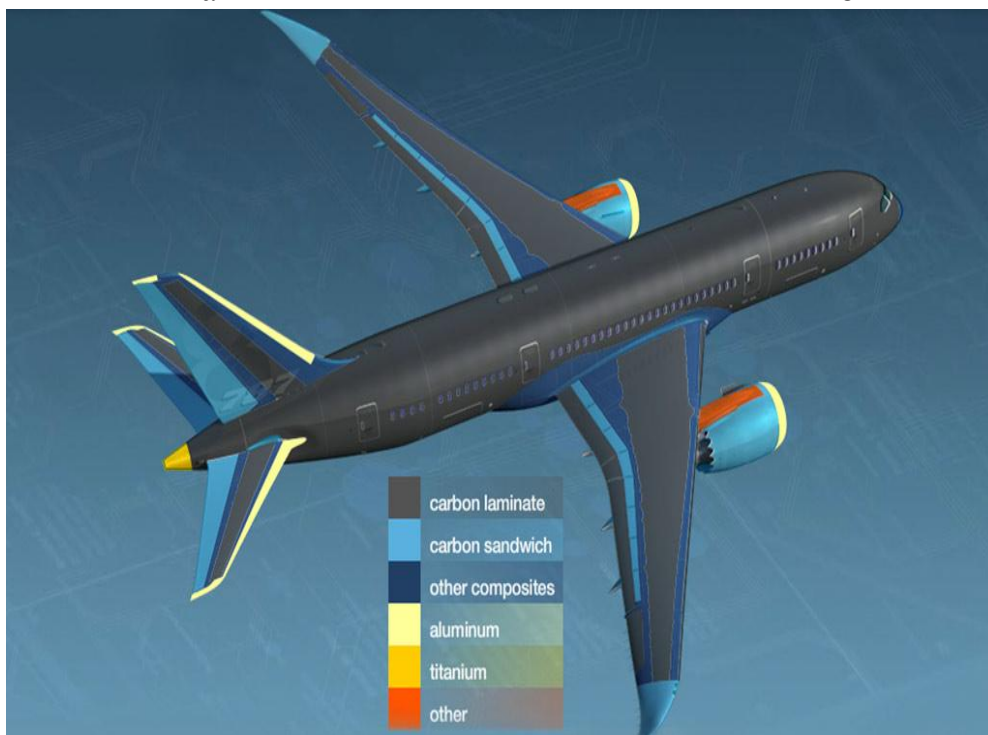
Соңғы жылдары авиациялық құрылымдарда көмірпластик қолдану [6,7] айтарлықтай өсті 3 –суретте көрсетілген.



а



б



в

а – ұшу аппаратының бөлігі; б – күн батареялары;
в – жолаушы авиалайнерлер;

Сурет 3 – Ғарыш аппараттарының көмірпластик пен жасалған элементтері

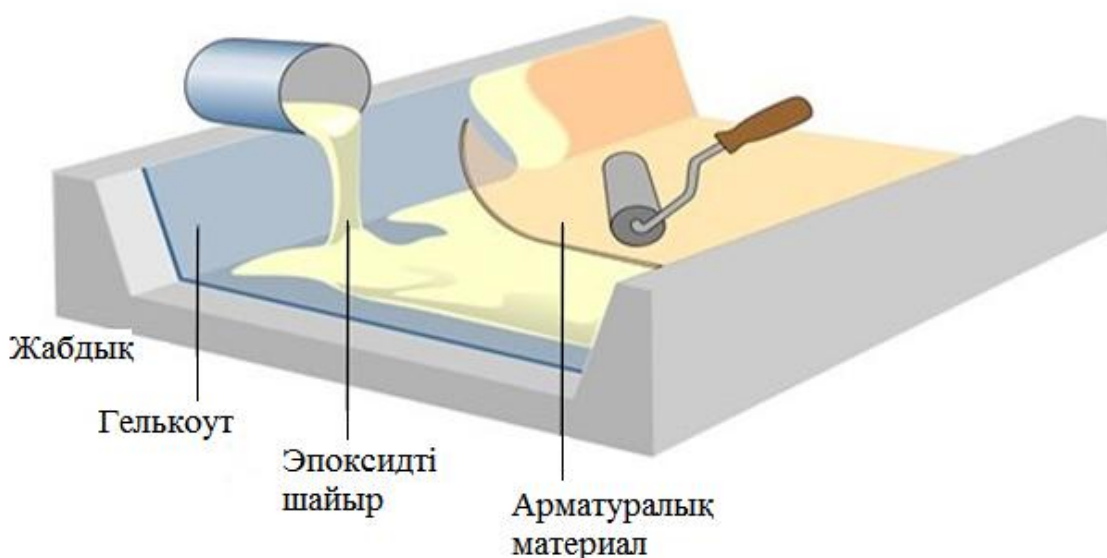
Көмірпластикті қолданудың артықшылығы - олар құрылымның салмағын 15-50% азайтады, коррозияға және әртүрлі деформацияларға төзімділікті арттырады және жоғары сапалы күрделі өнімдерін жасауға мүмкіндік береді[8,9].

1.2 Көмірпластиктен бұйымдар алу әдістері

Көмірпластикті жасау технологиясы. Бүгінгі таңда композициондық материалдарды қалыптаудың бірнеше әдістері бар. Оларды шартты түрде "ашық" және "жабық" деп бөлуге болады. Ашық қалыптау ауада, жабық қалыптау жоғары қысымда немесе вакуумда жүргізіледі.

Қалыптаудың негізгі түрлері: препрегі технология, полимерді құйма (RTM) және вакуумдық инфузия болып бөлінеді. Ашық қалыптау (қолмен сіңдіру) арқылы процестің қарапайымдылығы мен оның төмен құнына байланысты дайын өнімді мүмкіндігінше тез алуға мүмкіндік береді.

Қолмен сіңдіру-бұл кішігірім бөлшектерді өндіруде қолданылатын қалыптаудың қарапайым түрі. Ол 4-суретте көрсетілген.

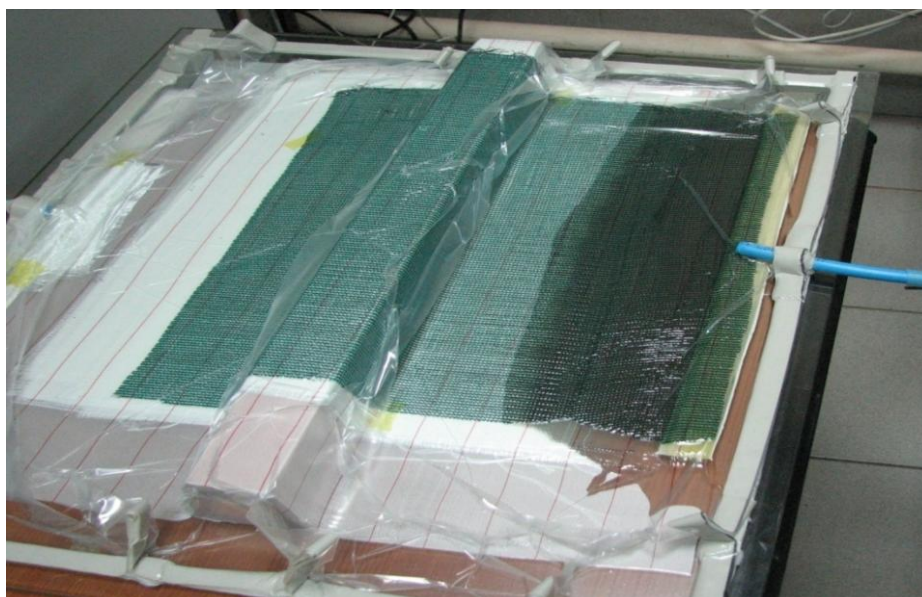


Сурет 4 –Көмірпластикті қолмен қалыптау әдісі [22]

Бұл қалыптау әдісі алдын-ала дайындалған төсеніштерді немесе маталарды қолдануға негізделген. Бұл әдіс материалды жоғары біркелкілігіне қол жеткізеді және өте берік етеді. Әдісте өнім сапасының технологиялық көрсеткіштерін бақылау мүмкіндігі бар. Көмірпластик қатайғаннан кейін дайын өнім қалыптан алынады және өңделеді: қырларындағы артық көміртекті талшықты немесе өңделген эпоксидті кесіледі; технологиялық процестің талаптарына сәйкес тесіктерді бұрғылау және т.б. жұмыстар жүргізіледі [23].

Жабық қалыптау әдістері орта және үлкен көлемдегі сапалы бөлшектерді өндіруді өнімді әрі өте қолайлы, салыстырмалы түрде төмен шығындар мен зиянды қалдықтардың болуымен сипатталады.

Вакуумдық инфузия көмірпластиктен габаритті бұйымдарды алуға мүмкіндік береді, және тұтастай алғанда композициондық материалдарды алудың басқа әдістерімен салыстырғанда ең жақсы беріктік сипаттамалары бар [24]. Тұтқырлығы төмен және процесс кезінде өміршеңдігі ұзақ болатын байланыстырғыштар инфузияға жарамды.



Сурет 5 – Вакуумдық инфузия процесі [25]

Вакуумдық инфузия процесі вакуумдық пакетті құрастырудан (5-сурет) және одан әрі арматуралық матаны байланыстырғышпен сіндіруден тұрады. Вакуумдық инфузия қазіргі уақытта композиттерді өндірудің ең перспективті технологиясы болып табылады. Себебі, бұл технология арқылы материалдың кеуектігінің төмендеуін және керекті көлемде материал алуға болатындығы дәлелденген [26].

Автоклавты қалыптау кезінде көміртекті матаның сіндірілген қабаттары жоғары қысым мен температурада қатырылады. Бұл жағдайда үлгілердің сапасы жоғары, қалыптау уақыты айтарлықтай төмендейді. Бұл әдіс негізінен жабдықтың жоғары құнына байланысты сериялық өндірісте қолданылады (6-сурет).



Сурет 6 – Көмірпластикті автоклавпен қалыптау [27]

1.3 Көмірпластиктің негізгі компоненттері

Көмірпластиктің негізгі компоненттері көміртекті талшық (мата) және ЭШ. Көміртекті талшық, ол негізінен көміртегі атомдарынан тұрады. Мұндай жіптер өте жұқа (диаметрі шамамен 0,005-0,010 мм), оларды ұзу қиын. Осы жіптерден маталар тоқылады. Олардың әр түрлі тоқу өрнектері болады [28, 29].

ЭШ талшықтардың өзара бірігуін қамтамасыз етеді, бұйымның пішінін және арматуралық талшықтардың өзара орналасуын бекітеді. Қабаттар эпоксидпен бірге ұсталады [30].

Көміртекті талшық - бұл 6-9 мкм диаметрі бар 99,9% көміртектен тұратын химиялық таза материал. Бұл өте жоғары созылу беріктігін (5-6 ГПа) және серпімді модульді ($E \approx 400-550$ ГПа) және төмен тығыздықты ($1,6-1,9$ г/см³) біріктіретін бірегей материал [22]. Көміртекті талшықтар бірқатар ерекше қасиеттерге ие (беріктік, жылуға төзімділік), бұл оларды басқа арматуралық талшықтардан ерекшелендіреді. Әр түрлі талшықтардың салыстырмалы сипаттамасы 2-кестеде келтірілген [31].

Кесте 2 – Арматуралық талшықтардың салыстырмалы сипаттамасы [31]

Көрсеткіші	Талшықтың түрлері			
	Базальты талшық	Шыны талшық	Арамид талшық	Көміртекті талшық
1	2	3	4	5
Созу беріктігі, ГПа	2,5-3,0	3,1-4,3	2,9-3,4	3,5-7,0
Серпімділік модулі, ГПа	84-87	87-90	70-140	230-900
Салыстырмалы ұзару, %	3,1	5,3	2,8-3,6	1,5-2,0
Талшықтың диаметрі, мкм	6-21	6-21	6-15	5-15
Қолдану температурасы, °С	-260+600	+300	+290	+700

Көміртекті талшықтың беріктік қасиеттері 2-кестеден көрсетілгендей, басқа талшықтардан қарағанда әлдеқайда жоғары [32, 33]. Сол себепті, қазіргі уақытта аэроғарыш өнеркәсібінде қолданылатын арматуралық элементтердің негізгі түрлерінің бірі болып табылады. Көмірпластиктен жасалған бұйымдар спутниктердің массасын шамамен 25% жеңілдетеді [34].

Композициялық материалдың механикалық қасиеттерін жақсарту үшін арматуралық талшықтарды модификациялаудың белгілі бір әдістерін қолдана отырып, талшық пен матрицаның өзара әрекеттесуін оңтайландыру қажет [35, 36]. Мысалы, көміртекті талшықтары мен көміртекті маталар химиялық инертті, ал олардың көмірпластик матрицасымен әрекеттесуі тек физикалық өзара әрекеттесу арқылы жүреді. Талшықтың бетін модификациялау әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылуы мүмкін, мысалы: қышқылмен тотығу, плазмалық

өңдеу, сирек кездесетін элементтермен өңдеу, гамма сәулелерімен өңдеу және т.б. Полимер матрицасына көміртекті талшықтың адгезиясын арттыру үшін олардың беті тотығу арқылы өңделеді. Тотығу кезінде көміртекті матаның бетіне функциональды топтар пайда болып, сол арқылы көміртекті мата полимерлі матрицамен жақсы әрекеттеседі.

Алынған композициялық материалдардың қасиеттеріне полимер матрицасының физико-механикалық сипаттамалары да айтарлықтай әсер етеді[37].

Матрица композиттің монолиттілігін қамтамасыз етеді, бұйымның пішінін және арматуралайтын талшықтардың өзара орналасуын бекітеді[38].

ЭШ- бұл химиялық қосылыс, ол қатайтқышты қосқаннан кейін өте берік полимерге айналады. ЭШ қасиеттері маркасына, қатайтқышқа, өңдеу жағдайларына байланысты [39]. Матрица ретінде көбінесе эпоксидті шайырлар, фенолформальдегидті шайырлар, полиамидтер қолданылады [40].

Кеңінен қолданылатын полимерлі байланыстырғыштардың салыстырмалы сипаттамалары 3-кестеде келтірілген [31].

Кесте 3 – Әр түрлі шайырлардың салыстырмалы сипаттамалары [31]

Қасиеттері	Шайырлар				
	Поли-эфирлі	Фенол-формальдегидті	Эпоксидті	Кремний-органикалық	Полиимидті
Тығыздығы, г / см ³	1,1-1,46	1,2-1,36	1,1-1,4	1,15-1,36	1,2-1,45
Созылу серпімділік модулі, ГПа	1,5-4,5	1,4-6,8	1,9-5,0	1,5-3,7	3,2-5,5
Созылу беріктік, МПа	23,5-68,4	22,5-78,3	27,4-110	6,8-34,2	90-95
Салыстырмалы ұзару, %	0,5-0,6	0,4-0,3	1,2-10,0	0,3-1,5	1,0-4,0
Соққы тұтқырлығы, кДж / м ²	2,0-10,7	2,0-11,3	2,9-24,5	2,3-5,4	4,0-12,0
Сызықтық кеңеюдің температуралық коэффициенті $\times 10^6$, К ⁻¹	60-90	60-80	48-80	20-40	50-58
Мартенс бойынша жылуға төзімділік, °С	60-80	140-180	140-150	250-280	250-370

3-кестеден көрініп тұрғандай, ЭШ басқа шайыр түрлерімен салыстырғанда жоғары беріктікке ие. Оның салыстырмалы икемділігі мен арматураға жоғары адгезиясы арқасында композитке қосылған кернеулер материалдың бүкіл көлеміне таралады және жоғары берік талшықтармен қабылданады.

Полимерлі матрица негізінен материалға құрылымдық тұтастық береді. Композиттің соңғы сипаттамаларына полимердің химиялық құрылымы, оның қасиеттері мен қатаюы қатты әсер етеді. Матрицадан талшыққа жүктемені беру үшін адгезия жеткілікті болуы керек. Бірақ, ол тым үлкен болмауы керек (қатты матрицалар үшін), әйтпесе талшықтар матрицадан аршылмайды, жойылу энергиясы төмендейді, ал композиция морт сынғыш болып шығады [41, 42]. Сондықтан композиттерді жасау кезінде байланыстырғыштың барлық физика-механикалық және технологиялық қасиеттерін, сондай-ақ компоненттер арасындағы өзара әрекеттесудің барлық түрлерін ескеру қажет. ЭШ негізіндегі материалдар технологиялық және пайдалану қасиеттерінің бірегей кешеніне ие [43]. Олардың негізгі артықшылықтары:

- көптеген материалдарға жоғары адгезия;
- қатаю кезінде зиянды заттардың бөлінбеуі[44];
- температуралық кең диапазонында қатаю мүмкіндігі;
- қатаю процесінде аз шөгуді [45];
- физика-механикалық және электр оқшаулау қасиеттері[46];
- химиялық төзімділік[47].

Эпоксидті композиттер қасиеттерінің жоғары деңгейі келесі технологиялық факторларға байланысты [48]:

- тұтқырлық (ЭШ-ға еріткіштерді, пластификаторларды енгізу арқылы қол жеткізуге болады);
- өміршендік (өміршендік уақытының жоғарылауы қатаюдың түрі мен мөлшерін таңдау, сондай-ақ қыздыру арқылы қамтамасыз етіледі). ЭШ әр түрлі маркаларының негізгі сипаттамалары 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4 – Әр түрлі қатайтылған эпоксидті шайырлардың сипаттамалары

№	Маркасы	Сығу беріктігі, МПа	Созылу серпімділік модулі, МПа	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²	Тұтқырлық/толқ қатаю уақыты, сағат.	Қатаю шарттары	Әдеби көзі
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ЭД-20	113	2040	5-25	4-8 / 24	ЭШ + 5-30% қаттайтқыш, қатаю температурасы 20°C төмен емес	[49]

4-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
2	ЭД-22	110-115	3400	20	1,5 / 24	ЭШ + 5-30% қаттайтқыш, қатаю температурасы 20°C төмен емес	[49]
3	«Этал-Инжект-SL»	-	2340	-	- / 28	24 сағат 23°C және 4 сағат 75°C	[50]
4	«Этал-Инжект-Т»	125	-	-	- / 4	4 сағат 150°C+ 1 сағат 180°C	[50]
5	«Этал-Инжект-ТТ»	-	-	-	-/4	4 сағат 150°C + 1 сағат 180°C	[50]

Жоғарыдакелтірілген 4-кестеденэпоксидтер (1-3-тармақтар) "суыққатаю" түріне жататындығын көруге болады, олар бөлме температурасында жоғары тұтқырлыққа ие, сол себепті көміртекті матағасінуін қиындатады. ЭШ арасында (3-4-тармақтар) "ыстық қатаю" түріне жататын «Этал Инжект-Т», қатайтқышпен араластырғаннан кейін сұйық күйде қалады, бұл қалыптау кезінде шайырдың матаға сінуін жақсартады. «Этал Инжект-Т» шайыры жоғары беріктікке ие. Сол себепті диссертациялық жұмыста суық қатайтын ЭД-20 пен ыстық қатайтын «Этал инжект-Т» ЭШ қолданылды.

Жоғары беріктігі бар көмірпластикалу үшін тек қана көміртекті матаны модификациялау емес, сонымен қатар полимер матрицасының қасиеттерін өзгерту керек [42].

Көмірпластик стратегиялық маңызды заманауи аэроғарыштық және қорғаныс техникасын өндіруге арналған конструкциялық материал. Бүкіл

әлемде көмірпластиктің соққы тұтқырлығы мен беріктігін көтеру жұмыстары жүргізілуде.

1.4 Көмірпластиктің бұзылуы

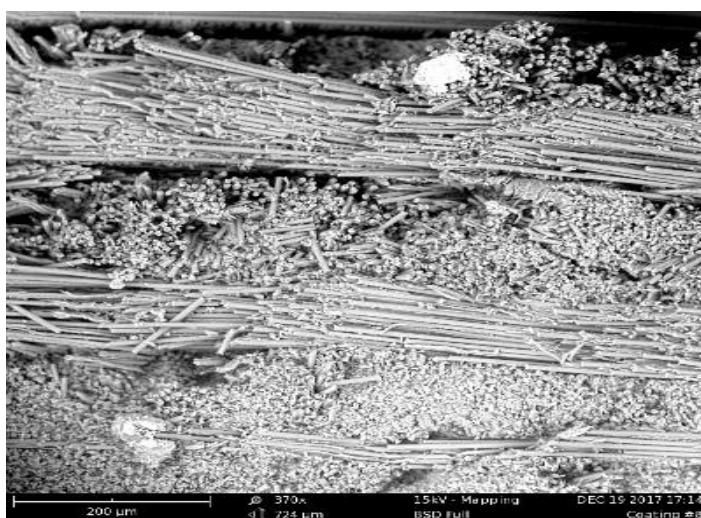
Нарықтағы кеңінен таралған көмірпластиктер жоғары беріктікке ие, бірақ соққыға сезімтал болып келеді. Көмірпластиктің кемшілігі, оның соққылар мен морт сыну әлсіздігіне байланысты, сол себепті көмірпластиктің пайдалану өндірісін шектейді. Көмірпластиктің негізгі құраушысы: көміртекті талшық пен ЭШ екені белгілі, сол құраушылардың беріктік сипаттамалары 5- кестеде көрсетілген.

Кесте 5 – Көмірпластиктің негізгі құраушыларының беріктік қасиеттері

Негізгі компонент	Беріктік, МПа	Серпімділік моділі, ГПа
Көміртекті мата (созылу)	2500-3000	200-300
Эпоксид шайыры (созылу/сығу)	130	10

Кестеде көрініп отырғанымыздай, көмірпластиктің негізгі құраушыларының арасында әлсіз буыны, беріктіктің көрсеткіштері төмен ЭШ. Бұл мәселені жою үшін, технологиялық өзгешілік енгізу керек. Ол үшін, ЭШ модификациялау қажет. Негізгі міндет ЭШ беріктігі мен соққы тұтқырлығын арттыратын тиімді модификаторларды эксперименттік іздеу болып табылады.

Көмірпластиктің бұзылуын сипаттау үшін, оның сынақтан кейінгі құрылымын микроскопия әдісімен бұзылу орнының зерттеу 7-суретінде көрсетілген.



Сурет 7 – Көмірпластиктің сынақтан кейінгі бұзылу орны

7-суреттен көрініп тұрғандай, бос көміртекті матаның байламдары көрінеді, бұл дегеніміз көміртекті мата мен ЭШ бір-біріне химиялық тұрғысынан "желімделмеген". Қатты жүктеме кезінде көмірпластиктің ЭШ-ы көміртекті матадан қарағанда бірінші деформацияланады, матрица мен арматура бөлініп, процестің соңында көміртекті маталар жыртыла бастайды.

Көміртекті маталардың (көмірпластиктің арматурасының) беріктігі, ЭШ беріктігінен 20 есе үлкен. Көміртекті мата химиялық инертті. Механикалық жүктеме кезінде көмірпластиктің бұзылуы, ең бірінші ЭШ-да жарықтар пайда болады және көміртегі маталар ЭШ-нан бөліне бастайды. Осы жағдайларға байланысты көмірпластиктің беріктік сипаттамаларының жоғарылауы үшін көміртекті матаның бетін химиялық активтендіру арқылы (химиялық адгезияны ЭШ-ға берік байланысын арттыру үшін) және ЭС беріктігін арттыру керек. Ол үшін полимер матрицасының немесе көміртегі матаның қасиеттерін өзгерту керек, яғни модификациялау арқылы, көмірпластиктің беріктік сипаттамаларын жоғарылату жолдарын табу керек.

1.5 Көміртекті матаның модификациялау тиімділігі және тәсілдері

Полимерлі матрицаға адгезияны арттыру үшін олардың бетін тотықтыру қажет. Көміртекті талшықтың модификациялау процесі үш әдіспен жүргізіледі:

- газ тәрізді тотығыштармен;
- электрохимиялық әдіспен.
- сұйық тотықтырғыш әдісімен жүзеге асырылады.

Көміртекті материал бетінің тотығу үшін газ тәрізді тотықтырғыштармен көміртекті талшықты өңдеу жоғары температурада жүргізілетіні белгілі; тотықтырғыш реактивтер: ауа оттегі, галогендер, CO_2 , ауа мен озон қоспасы арқылы [52]. Көміртекті талшықты ауада өңдеу, технологиялық қарапайымдылығына байланысты ең перспективті әдіс. Бірақ бұл әдісте оттегінің көміртекпен реакцияланып 600°C кезінде көміртекті талшықтың меншікті салмағы 1,5% - ға дейін күрт төмендейді.

Көміртекті материал бетінің тотығу үшін электрохимиялық әдіс электролит ерітінділерінде жүргізіледі. Бұл әдіспен талшықтардың байланыстырғышқа адгезиясы жақсарады, ол көбінесе талшықтың бетінде қышқыл бар функционалды топтардың пайда болуына байланысты. Сол себепті көміртекті талшықтардың беріктігін арттырады. Тотығу процессіне аз уақытта қол жеткізуге болады, бұл жағдайда физика-химиялық сипаттамалары аздап нашарлайды [12].

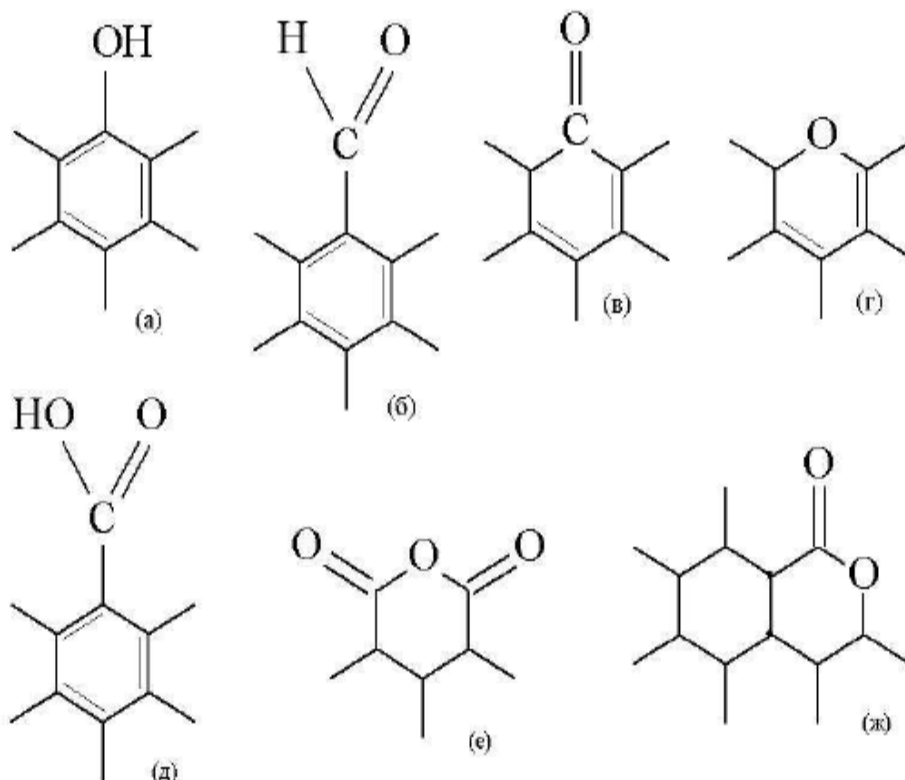
Көміртекті талшық пен полимер арасындағы берік адгезия байланысын қамтамасыз ету үшін, көміртекті матаның бетін кедір-бұдыр болу керек, оларды карбоксил және гидроксил топтарын бетіне қосу арқылы алуға болады. Көміртекті матаның беті мен полимер матрицасы арасындағы химиялық байланыстар мен Ван-дер-Ваальс күштерінің әсерінен болатын өзара әрекеттесумен анықталады [53, 54]. Ол үшін сұйық тотықтырғыш әдісімен көміртекті талшықтарды өңдеу керек. Бұл әдіс неғұрлым арзан және тиімді.

Тотықтырғыш реагенттер ретінде көбінесе HNO_3 , $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ қышқылдар мен олардың негізіндегі қоспалар қолданылады: осы өңдеу нәтижесінде карбоксил – COOH , карбоксил-гидроксил – COOH және OH топтары көміртекті талшықтың бетін химиялық белсендіреді [55].

Процестердің бұл түрін келесі топтарға бөлуге болады:

- радикалдардың тотығуы;
- бұрыннан бар функционалдық топтардың тотығуы;
- құрамында оттегі бар функционалдық топтарды тікелей енгізу әдістері [56, 57, 58].

Модификацияның ең тиімді әдісі-қышқылдармен өңдеу.



а – гидроксильді; б – альдегидті; в – кетонды; г – эфирлі;
д – карбоксильді; е – ангидридті; ж – лактонды

Сурет 8–Беткі қабатында пайда болатын функционалды топтар [55]

Тотықтырғыш реагенттер ретінде оттегі бар қышқылдар мен олардың негізіндегі қоспалар жиі қолданылады: HNO_3 , $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ массалық қатынасы 3: 1, HClO_4 , H_2SO_4 , $\text{HNO}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KMnO}_4$, $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$, амин топтары бар қосылғыштар 8- суртетте көрсетілген.

1.6 Көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне модификацияланған көміртекті матаның әсері

Көміртекті талшықтың (КТ) беткі қабатын модификациялауға арналған көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне әсері туралы әдеби шолу жасалды [59, 60 б. 68-70].

Жұмыста [10] модификацияланған КТ-ның көмірпластиктің беріктігіне әсері зерттелді, деректер 6-кестеде келтірілген.

Кесте 6 – Көміртекті талшыққа азот қышқылымен өңдеудің көмірпластиктің қасиеттеріне әсері

Қышқыл	Өңдеу уақыт, сағ.	Талшықтың сипаттамалары			Ығысу кезіндегі көмірпластиктің беріктігі, МПа
		Меншікті беті, м ² / г	Кедір-бұдырлық коэффициенті	COOH-топтардың құрамы x10 ² , масс. %	
Өңдеусіз		0,40	1,21	0,64	38
Сұйылтылған	6	0,62	1,88	-	54
	24	0,71	2,16	-	78
Концентрацияланған	0,5	1,21	3,67	-	77
	1,0	1,20	3,64	1,0	68
	6	1,03	3,27	1,7	50
	15	1,20	3,64	1,7	55
	24	1,03	3,12	1,85	54

Кесте 6 деректерінен азот қышқылының ерітіндісінде көміртекті талшықтың өңделуі көмірпластиктің ығысу беріктігін 1,5-2 есе арттыруға мүмкіндік беретіндігі көрсетілген. Көміртекті талшықты сұйылтылған HNO₃ өңдеу уақытының ұлғаюымен көмірпластиктің беріктігі артады, концентрацияланған HNO₃ өңдеу жағдайында уақытының ұлғаюымен көмірпластиктің беріктігі төмендейді. Алайда, бұл деректер азот қышқылындағы көміртекті талшықты өңдеудің оңтайлы режимін анықтамайды.

Авторлар [59] HNO₃ қышқыл тотығуын 1,5 сағат ішінде (90 °С) қызған кезде жүргізді, өңдеуден кейін талшықтың беті қатайып, беткі өңдеуден кейін оттегінің концентрациясы едәуір артты, бұл талшық пен матрица арасындағы адгезияны жақсартты.

Жұмыста [61] азот және тұз қышқылдарының көмегімен химиялық модификациялау әдісін қолдана отырып, көміртегі талшықтарының бетін зерттеді. Тұз және азот қышқылдарымен алынған және өңделген көміртегі талшықтарының орташа созылу беріктігін талдау тотығу уақытының 5-тен 20 минутқа дейін жоғарылаған сайын беріктік (2143 МПа-дан 1531 МПа-ға дейін)

мәндердің төмендегенін көрсетеді. Алайда, бұл қасиет азот қышқылымен өңделген үлгілерде тұз қышқылымен өңделгенге қарағанда едәуір азаятыны анықталды, бұл азот қышқылының қышқылдығымен түсіндіріледі.

Әдеби дереккөзден [59-61] модификацияланған көміртекті талшық көмірпластиктің механикалық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. Алайда, бұл жұмыстарда көміртекті талшықтың модификациясының әртүрлі түрлерінің беріктендіру тиімділігінің салыстырмалы деректерін көрсете отырып, неғұрлым егжей-тегжейлі сипаттама берілмейді, модификациялайтын қоспалардың құрамы, оларды қолдану шарттары туралы нақты деректер жоқ.

1.7 Эпоксид шайырын модификациялау тиімділігі және тәсілдері

Көп жағдайда көмірпластиктің сипаттамалары екі фактордың әсерінен жақсартуға болатынын айтқанбыз, ең бірінші көміртекті талшықтың модификациялау әсерін зерттедік, енді эпоксид шайырының жетілдіру әсерін қарастырамыз.

Осыған байланысты эпоксидті шайырларды модификациялау әдістерін жасау арқылы, болашақта олардың негізінде беріктік талаптарды қанағаттандыратын композиттер алу негізгі міндет болып табылады. Эпоксидті шайырларды полимерлі матрицалар ретінде қолданудың кейбір шектеулері бар, өйткені ЭШ үш өлшемді өзара байланысқан желілік құрылымы оларды сынғыш етеді және оларды сіңіру мен жүктемені бөлуді қиындатады. Эпоксидті материалдардың едәуір сынғыштығы мен қаттылығына байланысты басқа физика-механикалық сипаттамалардың қанағаттанарлық деңгейін сақтай отырып, олардың икемділігін арттыру мәселесі ерекше өзекті болып табылады. Эпоксидті шайыр мен құрамында эпоксидті топпен әрекеттесетін функционалды топтары бар қосылыстарды бірге қосу, серпімді эпоксидті композициялар алудың ең көп таралған және тиімді әдістерінің бірі болып табылады. Табиғаты бойынша морт сынғыш эпоксидті шайырлардың соққы беріктігін модификаторларды енгізу арқылы арттыруға болады [62,63].

Модификациялау: химиялық және физикалық болып бөлінеді. Біріншісі- құрамына кіретін қосылыстарды қосу арқылы полимер торының құрылымын өзгерту. Мысалы, лапроксидтердің қосылуы (глицидил топтары бар спирттердің қарапайым полиэфирлері, мысалы, глицерин ангидридi) функционалдылық пен молекулалық салмаққа байланысты түйінаралық фрагменттің молекулалық массасын ұлғайту арқылы қатайтылған шайырға серпімділік береді. Фенол-формальдегидті шайырлардың қосылуы эпоксидті қатайтқышсыз тікелей қыздыру арқылы жақсартуға мүмкіндік береді, қатты қаттылық береді, антифрикциялық қасиеттерді жақсартады, бірақ соққы тұтқырлығын төмендетеді.

Физикалық модификацияға шайырға байланыстырғышпен химиялық байланысқа түспейтін компоненттерді қосу арқылы қол жеткізіледі. Мысалы, резеңке қосу қатайтылған шайырдың тұтқырлығын арттыруға мүмкіндік береді. Коллоидты титан диоксидінің қосылуы оның сығуберіктігін арттырады.

Модификаторлар ЭШ кейбір беріктік сипаттамаларын арттырады, бірақ тұтқырлықты азайтады, композициялардың аязға төзімділігін жақсартады, адгезиялық қасиеттерін, ылғалға төзімділігін және ең бастысы диэлектрлік қасиеттерін төмендетеді [64].

Эпоксидті шайырлардың модификациясы оның матрицасына әртүрлі қоспалар қосу арқылы жүреді. Қоспалар, өз кезегінде, полимер түзудің әртүрлі кезеңдерінде алынған функционалды топтарға жауап бере алады. Эпоксидті композициялардың қасиеттерін жақсарту әдісінің бірі -модификаторларды енгізу. ЭШ модификациясыкөбінесе пластификаторлар [17], термопласттар [18], нанобөлшектер [19, 20] және эластомерлер [21] сияқты әртүрлі қоспаларды енгізу арқылы жүзеге асырылады.

1.8 Пластификаторлардың эпоксид шайыры мен көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне әсері

Көмірпластикті модификациялау әдістерінің бірі – пластификация – композицияға төмен молекулалы қоспа-пластификаторларды қосу арқылы полимердің қасиеттерін өзгерту. Пластификаторлар жүйенің тұтқырлығын, молекулалық құрылымдардың икемділігі мен қозғалғыштығын өзгертеді. Көптеген пластификаторлар полимердің беріктігін және серпімді модулін жоғалтпай арттыруға мүмкіндік береді.

Авторлар [65] жұмыста ЭД-20 негізіндегі эпоксидті шайырға қатайтқыштың екі түрін полиэтиленполиамин (ПЭПА) және төмен молекулалық полиамид ПО-300 маркасын қолдана отырып, компоненттің қасиеттеріне трекрезилфосфат (ТКФ) әсерін зерттеді. Эпоксид шайырының беріктік қасиеттеріне ТКФ пластификаторының әсері 7 және 8 кестеде көрсетілген.

Кесте7– Эпоксид шайыры мен ПЭПА қатайтқышқа ТКФ пластификаторының әсері [65]

Композиция құрамы, 15 масса мөлшерде ПЭПА	Иілу беріктігі, МПа	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²	Бринелл бойынша қаттылық, МПа
100ЭД-20	17	3	225
70ЭД-20+30ТКФ	34	13	84

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде, 7-кестеде көрсетілгендей, ЭД-20 шайырына қатайтқыш ПЭПА арқылы алынған компонентке 30 масса мөлшерінде ТКФ пластификаторының қосқанда, иілу беріктігінің көрсеткіштері 2 есе, соққы тұтқырлығы 4 есе артатындығы анықталды.

Кесте 8 – Эпоксид шайыры мен ПО-300 қатайтқышқа ТКФ пластификаторының әсері [65]

Состав композиции, Композиция құрамы, 40 масса мөлшерде ПО-300	Иілу кезіндегі бұзушы кернеу, МПа	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²	Бринелл бойынша қаттылық, МПа
1	2	3	4
100ЭД-20	76	13	185
70ЭД-20+30ТКФ	8*	36	-
Ескерту: * - бұзылмайды			

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде, 8-кестеде көрсетілгендей ЭШ-мен ПО-300 пластификатор ТКФ енгізген кезде соққыға төзімділік 2,5 есе артады, оның мәні 36 кДж/м² құрайды, иілуге сынақтар болған жағдайда үлгінің бұзылуы болмайды.

Жұмыс авторлары [66] пластификатор ретінде олеин қышқылын (ОК) (ТУ 9145-172-4731297-94), олигооксипропиленгликольді (ООПГ), δ-хлорбутилді эфирді-β-хлорпропион қышқылын (ХБЭХПК) қолданды.

Композицияның негізі ретінде ЭД-20 және ПЭПА қатайтқышы алынды және ЭШ пластификаторлардың әсері зерттелді, нәтижелер 9 - кестеде көрсетілген.

Кесте 9 – Пластификаторлардың эпоксидті полимердің қасиеттеріне әсері [66]

Композицияның құрамы	G _{из} , МПа	a _{уд} , кДж/м ²
1	2	3
100ЭД-20	17	3
100ЭД-20+10ОК	92	13
100ЭД-20+15ОК	105	17
100ЭД-20+20ОК	68	10
100ЭД-20+10ХБЭХПК	83	8
100ЭД-20+15ХБЭХПК	91	10
100ЭД-20+20ХБЭХПК	60	6
100ЭД-20+10ООПГ	48	7
100ЭД-20+15ООПГ	68	10
100ЭД-20+20ООПГ	53	5
Ескертпе - G _{из} иілу кезіндегі бұзушы кернеу; a _{уд} -соққы тұтқырлығы		

Физика-механикалық қасиеттерді талдау 9 кестеде көрсеткендей, олейн қышқылының 15 массасын енгізу композиттің иілу жүктемелеріне төзімділігін 4-6 есе және соққыға төзімділігін 3-5 есе арттырады. Алайда,

пластификатордың құрамы одан әрі 20 массаға дейін артырғанда иілу және соққы тұтқырлығы айтарлықтай төмендейді.

[67] жұмыста эпоксидті композиттер серпімділік пен соққыға жақсы нәтиже көрсетті, онда диэтиленгликольдің диглицидил эфирі (ДЭГ-1), трикрезилфосфат (ТКФ) және трихлорэтилфосфат (ТЭФ) пластификатор ретінде пайдаланылды.

Кесте 10 – Эпоксидті композиттердің қасиеттері [67]

Композиция құрамы	Модификаторсыз	ДЭГ-1, 20%	ДЭГ-1, 30%	ТКФ, 30%	ТХЭФ, 30%
Иілу кезіндегі бұзушы кернеу, МПа	17	86	110	34	34
Соққы тұтқырлығы, кДж / м ²	3	10	15	13	8

10- кестеде көрсеткендей ең жақсы көрсеткіштер ЭШ ТКФ және ТХЭФ модификациялау кезінде алынды. Эпоксид шайырмен ПЭПА қатайтқышқа ТХЭФ және ТКФ енгізу кезінде иілу жүктемелеріне төзімділік көрсеткіштері шамамен 2 есе және соққы жүктемелеріне төзімділік 2-4 есе өсті.

Авторлар [68] ЭД-20 маркалы эпоксидті шайырына ПЭПА қатайтқышына трихлорэтилфосфат ТХЭФ және ТКФ қосып модификациялады. 70 ЭД-20 + 30 ТКФ + 15ПЭПА құрамын пайдалану кезінде беріктіктің жоғары корсеткіштері алынды. Бұл композицияның физика-механикалық және термофизикалық қасиеттері келесідей: модификаторы жоқ композициямен салыстырғанда соққы тұтқырлығы 9-дан 14 кДж/м²-ге дейін өсті, иілу беріктігі екі есе өсті, бұл 98 МПа құрайды.

Жұмыста [69] ТКФ модификаторлары бар ЭД-20 шайыры негізінде композициялар жасалды. Шайыр қатайтқыш ретінде ПЭПА қатайтқышы қолданылды. Үлгілер қалыңдығы 1 мм престелген таблеткалар түрінде алынды, құрамында ЭД-20 массасының 70%, 15% ПЭПА, 30% ТКФ бар. Сынақтар иілу, соққы тұтқырлығы бойынша жүргізілді және гель түзілу уақыты, эпоксидті композициялардың қатаю уақыты мен температурасы сияқты көрсеткіштерді анықтады. Зерттеу нәтижелері шайыр құрамына ТКФ пластификаторын енгізу соққы тұтқырлығын 3 есе (10 кДж/м²), иілгіштігін 3 есе (57 МПа), қаттылығын 59 % (197 МПа) жақсартатынын көрсетті. Сондай-ақ, гель түзілу уақыты 24-тен 60 минутқа дейін артады, кату уақыты 39-дан 115 минутқа дейін және кату температурасын 125-тен 44 °С-қа дейін төмендетеді.

Жұмыста [70] қоспалардың шайырдың физикалық қасиеттеріне әсерін зерттелді. Полиэфир шайырыға ТКФ енгізді. Қоспаны ультрадыбыспен араластырудан кейін үлгілер пеште 3 сағат 70°С, 1 сағат 100°С және 1 сағат 150°С кезінде өңделді. Нәтижесінде иілу беріктігі 88-ден 94 МПа-ға дейін өсті, серпімділік модулі 0,63-0,7*106 кгс / см².

Авторлар [71] модификаторлардың шайырдың механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеді. Композитті алу үшін келесі материалдар мен компоненттер пайдаланылды: қанықпаған полиэфир шайыры, қатайтқыштар – метилэтилкетон пероксиді және кобальт нафтанаты, модификатор – ТКФ. Композициядағы ТКФ концентрациясы шайыр массасының 5%, 10% және 15% құрайды. Механикалық қасиеттерді талдау көрсеткендей, 5% ТКФ енгізу созылу беріктігін 1,3 есе арттырады (98 МПа). 15% ТКФ қосу соққы тұтқырлығын 12% ($1,47 \text{ кДж/м}^2$) жақсартады.

Автордың жұмысында [72] пластификаторларды қолдана отырып, ЭД-20 шайырына негізделген эпоксидті композиттер жасалып, зерттелді. Шайырды өңдеу үшін амин типті қатайтқыш қолданылды – ПЭПА. Пластификация үшін олеин қышқылы қолданылды. Шайыр құрамындағы ОҚ концентрациясы шайыр массасының 10%, 15% және 20% құрайды. Қасиеттерді талдау нәтижелері ОҚ енгізу иілу беріктігін 6 есе (105 МПа), соққы тұтқырлығын 5,5 есе (17 кДж/м^2) арттыратынын көрсетті.

Авторлар [73] диэтиленгликоль диглицидил эфир (ДЭГ-1) пластификаторының, ПЭПА және ПО-300 қатайтқыштары бар ЭД-20 шайырының механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеді. ЭД-20 шайыры мен ПЭПА қатайтқышқа ДЭГ-1 30 мөлшерін енгізу кезінде соққы тұтқырлығы 15 кДж/м^2 құрады, бұл модификаторды қоспай шайырмен салыстырғанда 5 есе жоғары. ЭД-20 шайыры мен ПО-300 қатайтқышқа ДЭГ-1 40 мөлшерін қосқанда соққы тұтқырлығы 13-тен 20 кДж/м^2 -ге дейін өсті, иілу кезінде үлгілер жойылмайды.

1.9 Термопласттардың эпоксид шайыры мен көмірпластиктің беріктік сиппатамаларына әсері

Қазіргі уақытта эпоксид шайырын модификациялау кеңінен қолданылатын әдістердің бірі - термопласттарды қосу. Модификатор ретінде термопласттарды таңдау себебіміз тығыздығы ЭШ тығыздығына ұқсас, жеңіл және берік болып келеді.

Термопласттардың көмірпластиктің механикалық қасиеттеріне әсері туралы бірқатар жұмыстарды қарастырамыз.

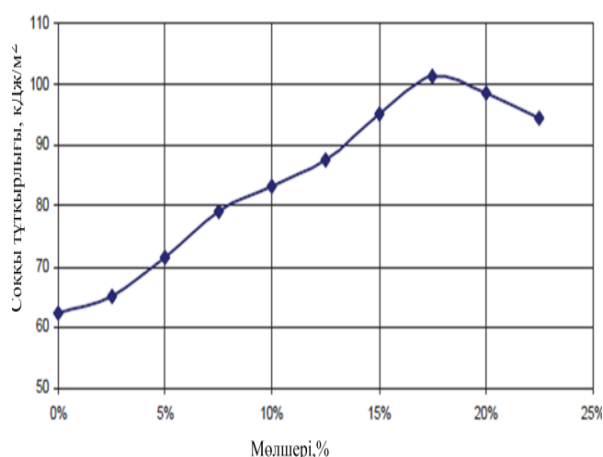
Жұмыста [74] полисульфон (ПСФ) және полиэфирсульфон (ПЭСФ) термопласттары қолданған. Эпоксид шайырға 5, 10, 20% мөлшерінде модификаторларды қосқандағы оның беріктік сипаттамалары 11-кестеде көрсетілген.

Кесте 11 – Термопласттардың эпоксидті шайырларға әсері [74]

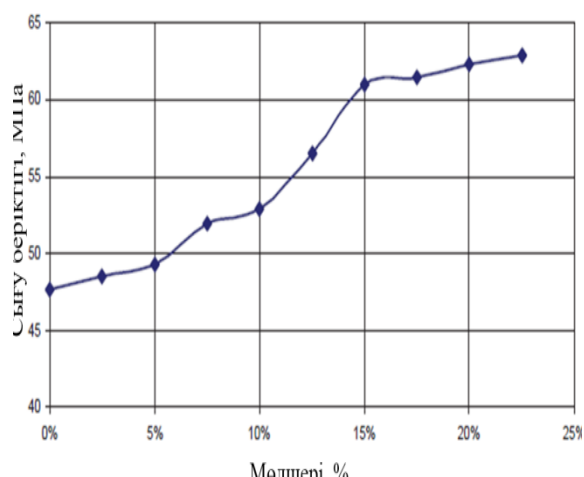
Модификатордың саны	Модифика торсыз	ПСФ 5 %	ПСФ 10 %	ПСФ 20 %	ПЭСФ 5%	ПЭСФ 10 %	ПЭСФ 20 %
A, Дж/м ²	24,9	67,4	77	103	69,3	98,5	102,3
σ, МПа	48,8	73,2	71,5	79,9	94,0	88,7	75,7

11-кестеден көріп отырғанымыздай, ЭШ-да полисульфон құрамының 20% - ға дейін ұлғаюымен композиттің соққы тұтқырлығы бастапқы мәннен 24,9 Дж/м²-ден 103 Дж/м²-ге дейін, ал иілу беріктігі 48,8 МПа-дан 79,9 МПа-ға дейін артады. 20% мөлшерде полиэфирсульфонмен модификацияланған жағдайда ЭШ соққы тұтқырлығы 102,3 Дж/м² максимумға жетті; максималды иілу беріктігі 94,0 МПа модификатордың 5% мөлшерінде қол жеткізіледі, модификатор мөлшерінің одан әрі өсуімен беріктік монотонды түрде 75,7 МПа дейін төмендейді.

Жұмыс [75] поликарбонат (ПК) Lexan маркалы термопласт пайдаланылды.



Сурет9 -Композициялық материалдың соққы тұтқырлығының ПК концентрациясына тәуелділігі [75]



Сурет10 - Композициялық материалды сығу кезіндегі беріктіктің ПК концентрациясына тәуелділігі [75]

9 және 10-суреттерден көріп отырғанымыздай, 15-20% поликарбонатты қосу композиттік материалдың соққы тұтқырлығын 2 есе арттырады, сонымен қатар сығу беріктігі 1,5 есе артады [6].

Жұмыста [75] қатайтылған эпоксидті материалдардың термомеханикалық сипаттамаларына термопластикалық модификаторлардың әсері зерттелді. Зерттелетін жүйелер үшін негіз ЭД-20 эпоксидті шайыр болды, диаминдифенилсульфон (ДАДФС) қатайтқыш ретінде қолданылды. Модификаторлар полисульфон (ПСФ), полиэфирсульфоны (ПЭСФ), сондай-ақ олардың қоспалары болды. Модификаторлары бар қатайтылған үлгілердің соққы тұтқырлығы мен сығылуына арналған эксперименттердің нәтижелері 12-кестеде келтірілген.

Кесте 12 - Модификаторлардың ЭШ беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсері[75]

Модификатордың саны	Механикалық шығындар бұрышының тангенсі бойынша анықталған T_g , °C	Термодинамикалық қисық бойынша анықталған T_g , °C	A , Дж/м ²	$\sigma_{сж}$, МПа
1	2	3	4	5
Модификаторсыз	160	165	24,9	48,8
ПСФ 5 %	170	173	67,4	73,2
ПСФ 10 %	178	182	77,0	71,5
ПСФ 20 %	183	187	103,0	79,9
ПЭСФ 5 %	170	172	69,3	94,0
ПЭСФ 10 %	175	179	98,5	88,7
ПЭСФ 20 %	184	188	102,3	75,7
ПСФ 2,5 % ПЭСФ 7,5 %	184	188	57,7	66,2
ПСФ 5 % ПЭСФ 5 %	186	190	57,1	79,8
ПСФ 7,5 % ПЭСФ 2,5 %	176	180	49,4	113,0

12-кестеден көріп отырғанымыздай, термопластардың мөлшері ұлғайған сайын сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығы өседі. Ал, екі термопласты араластырып қосқанда модификацияланбаған мәннен жоғары, бірақ жекке-жекке қосылған термопласттардың мәнінен төмен [75].

Жұмыстың авторлары [76] эпоксидті олигомер, полисульфон термопластының көмірпластиктің беріктігіне әсері қарастырды. Жұмыс нәтижелері модификаторларды пайдалану кезінде композициялық материалдың сығылу беріктігі 223,4 МПа-дан 268,9 МПа-ға дейін (20% - ға) жоғарылағанын көрсетті.

Жұмыста [77] полисульфон қосылған эпоксид шайыры негізінде алынған композиттер қарастырылды. Мұндай көмірпластиктің иілу және ығысу кезіндегі беріктігі біркелкі артады. Полисульфонның эпоксид шайырына 10 массалық мөлшерінде қосылған көмірпластиктің беріктігі 35%, ал 20 массалық мөлшерінде қосылған көмірпластиктің беріктігі 5-20% артады. Алайда, жұмыста композиттердің бұзылуының тұтқырлығы туралы мәліметтер жоқ [77].

Эпоксидті матрица және полиэфиримид термопласт негізінде алынған көмірпластикке зерттеу жүргізілді. Модификатордың концентрациясының жоғарылауымен иілу кезінде композициялық материалдың беріктігі шамамен 68 МПа-дан 82 МПа-ға дейін (20%) өсетіні анықталды [78].

Жұмыстың авторлары [79] эпоксидті олигомер мен термопласттар (полиэфиримид, поликарбонат және феноксид) көмірпластикке әсерін қарастырды. Ұнтақ түріндегі барлық модификаторлар арматуралық толтырғыштың қабаттары арасында енгізілген. Полиэфиримидпен немесе феноксидпен түрлендірілген көмірпластиктің беріктігі 2,5 еседен артық өсті.

Жұмыста [80] ЭШ қосылған термопласт модификаторының мөлшері 40% болған кезде, композиттің бұзылуының тұтқырлығы шамамен 2 есе өсетіндігі анықталды.

1.10 Пластификатор мен термопласттің модификациялау механизмі

Пластификатор әдетте полимерге сұйық күйде енгізіледі. Сұйық пластификатор полимер фазасына енген кезде оның молекулалық және коллоидтық диспергациясы пайда болуы мүмкін. Егер пластификатор полимерге жақын болса, онда молекулалық диспергирлеу жүреді, яғни полимерде пластификатордың шынайы ерітіндісі өздігінен пайда болады – полимер пластификаторда ісінеді. Егер пластификатордың полимерге жақындығы болмаса, ол өздігінен полимерге енбейді, яғни ісіну пайда болмайды.

Полимерге пластификатордықосқан кезде, соңғысының молекулалары, сондай-ақ еріткіш молекулалары полимер фазасына еніп, оның құрылымын өзгертеді. Өзгеру дәрежесі пластификатордың полимерге термодинамикалық жақындығына байланысты болады. Егер жақындық үлкен болса, онда оның молекулалары кез-келген полимерлі құрылымдарға еніп, оларды біртіндеп бұзады, мұндай пластификация ішкі құрылымдық пластификация деп аталады.

Егер пластификатор полимерде нашар еритін болса және онымен өте аз мөлшерде араласса, онда оның молекулалары тек құрылымаралық кеңістікке енеді, мұндай пластификацияны құрылымаралық деп аталады [81].

Қосылған пластификатордың әсерінен полимердің беріктігі мен басқа механикалық қасиеттерінің өзгеруі пластификация механизміне байланысты.

Ішкі құрылымдық пластификация кезінде пластификатордың құрамы жоғарылаған сайын полимердің беріктігі мен серпімділік модулі үздіксіз төмендейді және серпімділік артады.

Құрылымаралық пластификация кезінде пластификатордың аз мөлшерде енгізілуі беріктік пен модульдің жоғарылауына алып келеді.

Пластификаторларды қосу кезінде беріктіктің жоғарылауы созылған кезде орналасқан молекулааралық құрылымдардың қозғалғыштығының жоғарылауымен түсіндіріледі, бұл әрқашан полимердің қатаюына ықпал етеді.

Пластификатордың тиімді болуы үшін оны мұқият араластырып, полимер матрицасына енгізу керек. Бұл әдетте полимер пластификаторда ерігенше немесе пластификатор полимерде ерігенше қыздыру және араластыру арқылы жүзеге асырылады [72].

Әдетте, термопласт эпоксидті шайырда ериді, ал өңдеу процесінде фазалық бөліну жүреді, ол эпоксидті шайырдың молекулалық массасының өсуімен байланысты болады [76,82]. Бұл әсер әдебиетте келтірілген [80],

термопласттың артуы байланыстырғышпен талшықтарды сіндіруді қиындатады, көмірпластиктің беріктігінің төмендеуі термопласттың (полисульфонның) молекулалық массасының жоғарылауымен байланысты болады.

Өңдеудің температуралық режимі фазалық бөлінудің түрін, дисперсті фазалы бөлшектердің мөлшерін анықтайды. Фазалық бөліну түрі ПКМ соққы беріктігіне айтарлықтай әсер етеді. Өңдеу процесінде бөлінетін полимер фазалы бөлшектердің мөлшері 1 мкм-ден аз болатын біртекті дисперсияны құрайды, бұл ішкі кернеулердің төмендеуін және соққы тұтқырлығын, икемділігі мен сынуға төзімділігін арттырады.

Қоспаның ең үлкен модификациялық әсеріне қол жеткізу үшін матрица мен қоспалар арасындағы күшті байланыс қажет. Фазалар арасындағы химиялық байланыстарды қалыптастыру кезінде ең берік интерфазалық өзара әрекеттесу болатыны анық, яғни модификатор өңделетін жүйенің құрамдас бөліктерінің бірімен реакция жасай алатын функционалды топтарға ие болуы керек [83].

Бірінші тарау бойынша тұжырым

Ұсынылған әдеби талдауға сүйене отырып, келесі қорытынды жасауға болады:

1) көміртекті маталардың (көмірпластиктің арматурасының) беріктігі, ЭШ (көмірпластиктің матрицасының) беріктігінен 20 есе үлкен. Механикалық сынақ кезіндегі көмірпластиктің бұзылу механизмі келесідей, ең бірінші ЭШ-да жарықтар пайда болады және көміртегі маталар ЭШ-нан бөліне бастайды. Себебі, көміртекті мата инертті болғандықтан, ЭШ-мен химиялық тұрғысынан "желімделмеген". Қатты жүктеме кезінде көмірпластиктің ЭШ-ы беріктігі төмен болғандықтан, бірінші деформацияланады. Көміртекті матаға ЭШ жақсы сіңбегеннен кейін, матрица мен арматура бөлініп, процестің соңында көміртекті маталар жыртыла бастайды. Осы жағдайларға байланысты көмірпластиктің беріктік сипаттамаларының жоғарылауы үшін көміртекті матаның бетін химиялық активтендіру керек, яғни тотықтыру керек (химиялық адгезияны ЭШ-ға берік байланысын арттыру үшін) және ЭШ қоспалар қосу арқылы, яғни модификациялау арқылы беріктігін арттыру керек.

2) көмірпластик алу үшін көбінесе қолданылатын шайыр ЭД-20 «суық катаю», яғни 24°C бөлме температурасында ЭШ тез қатайды және беріктігі төмен болсада өндірісте кеңінен қолданады. Себебі, жоғарғы температуралы пештерді қажет етпейді. Ал «Этал Инжект-Т» ЭШ «ыстық катаю» кезінде, яғни 150°C жоғарғы температурада қатайды, бөлме температурасында сұйық түрінде болғандықтан матаға сіңуі жақсарады. Жоғары температурада қатты сұйықтанып матаға сіңуі жоғарлайды. Этал инжект- Т қолданылған туралы мәліметтер жоқ және шайырлардың арасында жоғары беріктікке ие болғандықтан, қызығушылық тудырды. Сол себепті диссертациялық жұмыс суық қатайтын ЭД-20 пен ыстық қатайтын «Этал инжект-Т» ЭШ салыстыруды қажет етеді;

3) көміртекті талшық пен полимер арасындағы берік адгезия байланысын қамтамасыз ету үшін, оны функционалды топтарын бетіне қосу, яғни көміртекті матаны тотықтыру арқылы алуға болады. Тотықтыру деректері бойынша, тотықтыратын қышқыл мен судың концентрациясы, оларды қолдану шарттары туралы мәліметтер жоқ. Көмірпластиктің соққы тұтқырлығы мен беріктік қасиеттеріне әсері бойынша деректер жоқ;

4) эпоксидті композициялардың қасиеттерін жақсарту әдісінің бірі - модификаторларды енгізу. ЭШ модификациясы ең алдымен пластификаторлар, термопласттар сияқты әртүрлі қоспаларды енгізу арқылы жүзеге асырылады. Әдеби іздеу деректерінде пластификаторлардың (ДЭГ, ТХЭФ, ООПГ, ХБЭХПК, ТКФ) ЭШ-дың иілу қасиеттерінің әсері туралы дереккөздер анықталды, көбінесе иілу беріктігі зерттелген, ал негізгі беріктік созу және сығу зерттелмеген. ЭШ пластификатормен модификациялау арқылы көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне әсері туралы деректер жоқ. ЭШ термопласт тобынан көбінесе полисульфонның әсері зерттелген, басқа да термопласттарды енгізу мен мөлшерін зерттеуді қажет етеді.

5) көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне модификацияланылған көміртекті мата мен модификацияланған ЭШ қос әсері туралы деректер жоқ, зерттелмеген.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты мен міндеттері

Диссертациялық жұмыстың мақсаты көміртекті матаны азот қышқылымен тотықтыру әдісімен және эпоксидті шайырға пластификатор, термопласт қосу әдісі арқылы көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығын жақсарту.

Қойылған мақсат мынадай міндеттерді шешуді қамтыды:

1) ЭШ-ын пластификаторлар мен термопласттармен модификациялау арқылы беріктігін арттыру;

2) көміртекті матаның химиялық белсенділігін, азот қышқылымен тотығу процесі арқылы көтеріп, көмірпластиктің беріктік қасиеттерін арттыру;

3) модификацияланған ЭШ көмірпластиктің механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу;

4) көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына модификацияланған көміртекті мата мен модификацияланған ЭШ қос әсерін және вакуумдық инфузия қалыптаудың әсерін зерттеу.

2 ЗЕРТТЕУЛЕР ЖҮРГІЗУ ӘДІСТЕРІ, ӘДІСТЕМЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖАБДЫҚТАУ

2.1 Көмірпластик алудың негізін құрайтын компоненттер сипаттамасы

2.1.1 Эпоксид шайыры

Зерттеу нысаны ретінде шайырдың екі түрін: ЭД-20 «суық қатаятын» және Этал инъект –Т «ыстық қатаятын», төрт түрлі пластификатор, термопластың төрт түрі қолданылды. Көміртекті матаны тотықтыру үшін азот қышқыл қолдандық. Төменде олардың сипаттамалары келтірілген.

Шайырлар

Эксперименттерде полимерлі байланыстырушы ретінде ЭШ-нің 2 түрі қолданылды:

1) ЭД-20[35] ПЭПА қатайтқышымен; компонентінің массалық қатынасы 85:15; қатаю режимі бөлме температурасында 48 сағат. Қалған негізгі сипаттамалары 13-кестеде көрсетілген.

Кесте 13 –ЭД-20 сипаттамалары [35]

Түрі	Мөлдір тұтқыр
Темір-кобальт шкаласы бойынша түс	8
Эпоксидті топтардың үлес салмағы,%	20.0-22.5
Хлор ионының массалық үлесі,%	0,005
Ұшатын заттардың массалық үлесі,%	0.8
Динамикалық тұтқырлық, Па * с, 25°C	12-15
Қайнау температурасы,	222-224
Тығыздығы, кг / м ³	1166
Жанғыштық шегі, °С	төменгі: 122 жоғарғы: 225

2) "Этал Инъект-Т" [36]; шайыр мен қатайтқыштың массалық қатынасы 100:49; қатаю режимі 150°C 4 сағат + 180°C 1 сағат. Қалған негізгі сипаттамалар 14- кестеде көрсетілген.

Кесте 14—«Этал инъект-Т» сипаттамалары[36]

Шайыр / беріктендіргіш қатынасы (pbw)	100: 49.9/ 100: 51.5
Түрі	Тұтқыр сұйықтық
Шайыр бөлігінің эпоксидті саны	32-34
Брукфилд бойынша қосылыстың тұтқырлығы 45 °С	160 ± 50 сПз
Шайырдың тұтқырлығы - А компоненті Брукфилд бойынша 25° С	артық емес: 460 ± 30 сПз / 400 ± 30 сПз

14-кестенің жалғасы

Қатырғыштың тұтқырлығы - В компоненті Брукфилд бойынша 25° С	200 сПз / 450 ± 50 сПз
Мартенс бойынша ыстыққа төзімділік	кем дегенде 180°С
А және В компоненттерінің араластыруға дейінгі температурасы, ° С	40-45 / 40-45
Созылу күші, МПа	кем емес: 100/120
Статикалық иілу күші, МПа	кем емес: 140/150
Температура стекловарния Tg	199°С
Қатаю режимі	4 сағат 150°С + 1 сағат 180°С

2.1.2 Көміртекті мата

Арматуралық материал ретінде Саржа 3К-1200-200 маркалы көміртекті мата қолданылды. Саржа (3К – ровинг жіптерінің саны, К=1000; 1200 – орамның ені мм; 200 – г/м²-дегі беттік тығыздық) – жоғары серпімділік модульге ие, төмен температуралық кеңею коэффициенті бар, химиялық инертті және төмен меншікті салмағы бар органикалық материал. Көміртекті матаның техникалық сипаттамалары 15-кестеде көрсетілген [84].

Кесте 15 – Көміртекті матаның техникалық сипаттамалары [84]

Сипаттамалары	
Түрі	Көміртекті мата
Беттік тығыздық, г/м ²	200
Ұзарту	1.8 %
Талшықтардың бағыты:	0° / 90°
Жіп диаметрі	7 мкм
Талшықтар беріктігі	2500 МПа

2.1.3 Пластификаторлар

Пластификаторлар ретінде трикрезилфосфат (ТКФ), трихлорэтилфосфат (ТЭФ) және глицидилметакрилат (ГДМА) және олейн қышқылы (ОК) пайдаланылды.

Трикрезилфосфат (ТКФ) – ортофосфор қышқылының трикрезил эфирі. Трикрезилфосфат мөлдір (немесе сарғыш) майлы сұйықтық, суда ерімейді, майларда және басқа да органикалық еріткіштерде жақсы ериді [85]. Қалыпты температура мен қысым кезінде тұрақты. Жалпы сипаттама 16-кестеде келтірілген.

Кесте 16 –Трикрезилфосфаттың жалпы сипаттамасы [85]

Сыртқы түрі	Майлы сұйықтық
Химиялық формула	C ₂₁ H ₂₁ O ₄ P; (CH ₃ C ₆ H ₄ O) ₃ PO
Қышқыл саны, мг КОН / г	0,1 макс.
Тығыздығы (20 ° С температурада), г / см ³	1.17 -1.18
Бос фенолдың үлес салмағы,%	0,1 макс.
Жарқырау температурасы, °С	228 макс.
Қайнау температурасы, °С	280-290
Тұтану температурасы, °С	249
Автоматты температура, °С	369
Ұшатын заттардың массалық үлесі,%	0,1 макс.

Трихлорэтилфосфат (ТХЭФ) – ортофосфор қышқылы мен этиленхлоргидриннің толық эфирі. ТХЭФ-иіссіз, мөлдір немесе ашық сары сұйықтық. Ауада және гександа ериді, суда ерімейді. Жалпы сипаттама 17-кестеде келтірілген.

Кесте 17 – Трихлорэтилфосфаттың жалпы сипаттамасы [85]

Молекулалық масса	285.49
Фосфор құрамы,%	10.3-11.3
Хлордың мөлшері,%	36.3-37.5
Судың мөлшері,%	0,07
Ашық тигельдегі жану температурасы, ° С	200-232
Қайнау температурасы, ° С	330
Тұтқырлығы 20 ° С, Па * с	36-31
Тығыздығы 20 ° С, г / см ³	1.415-1.428
Қышқыл саны, мг КОН / г,	0.38
pH	бейтарап

Глицидилметакрилат (ГДМА) - өткір иісі бар мөлдір сұйықтық. Органикалық еріткіштерде жақсы ериді, ал суда нашар ериді. ГДМА-ны әртүрлі полимерлі материалдарға енгізу олардың механикалық, адгезиялық сипаттамаларын және химиялық төзімділігін арттырады. Жалпы сипаттамалар 18 кестеде көрсетілген.

Кесте 18 – Глицидилметакрилат сипаттамалары[85]

Молекулалық масса	142.16
Тығыздығы 20 ° С, г / см ³	1.079
Балқу температурасы, ° С	65
Мұздату температурасы, ° С	-79
Қайнау температурасы, ° С	41.5
Суда ерігіштік	2,57%

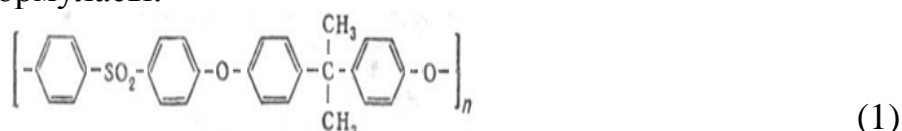
Олеин қышқылы - моноқанықпаған май қышқылы. Ол қанықпаған май қышқылдарының Омега-9 тобына жатады. Олеин қышқылы - табиғатта ең көп таралған қанықпаған қышқыл. Олеин қышқылы табиғи түрде стеарин қышқылын дегидрлеу немесе қанықпаған май қышқылдарының тізбекті ұзарту жолымен түзіледі. Таза олеин қышқылы - түссіз, иіссіз, тұтқыр сұйықтық, балқу температурасы α-формасы үшін 13,4°С, ал β-формасы үшін 16,3°С. Тығыздығы 0,895 г / см³ (18°С) [86].

2.1.4 Термопласттар

Эпоксидті шайырларды модификациялау үшін төрт термопластар іріктелді: полисульфон (ПСФ), поликарбонат (ПК), полистирол (ПС) және соққыға төзімді полистирол (УПС).

Полисульфон (ПСФ) – қоңырдан ашық сарыға дейін қатты мөлдір полимер. Суда және қарапайым органикалық еріткіштерде ерімейді. ПСФ әр түрлі сілтілерге, майларға, отындарға, минералды қышқылдар мен минералды тұздардың ерітінділеріне төзімді [87] .

Құрылымдық формуласы:



Полисульфонның сыртқы түрі 11- суретте және жалпы сипаттамасы 19-кестеде көрсетілген.



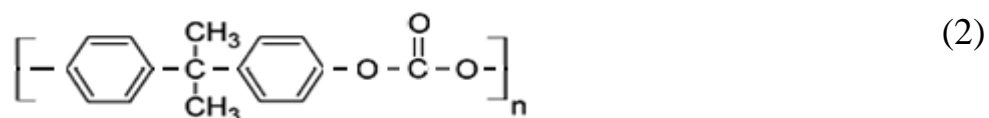
Сурет 11 –Полисульфонның жалпы түрі [87]

Кесте19 – Полисульфонның жалпы сипаттамасы [87]

Орташа салмақтық молекулалық массасы	64900-65100
Тығыздығы, кг / м ³	1,27
Шыныдан өту температурасы, °С	183
Балқу температурасы, °С	220-240
Созылу кезіндегі беріктік, МПа	60-70 85-88
Иілу кезінде, МПа	50
Созылу кезіндегі салыстырмалы ұзарту, %	2,9
Созылу кезіндегі серпімділік модулі, ГПа	110-120
Соққы тұтқырлығы, кДж / м ²	150

Поликарбонат (ПК) — көмір қышқылы (фосген) және дифенилолпропан хлорангидридi полиэфирi. ПК мөлдір, ультратрафиолет сәулелеріне төзімді және төмен гигроскопиялық және микроорганизмдердің әсеріне төзімді. ПК термопластиканы өңдеу үшін қолданылатын барлық әдістермен өңделеді. Метил хлориді әдетте еріткіш ретінде қолданылады [87].

Химиялық құрылымдық формуласы:



Поликарбонаттың сыртқы түрі 12- суретте және жалпы сипаттамасы 20-кестеде көрсетілген.



Рисунок 12 – Поликарбонаттың жалпы түрі [87]

Кесте 20 – Поликарбонат жалпы сипаттамасы[87]

Тығыздығы, г / см ³	1,20
Шынылау температурасы, °С	162
Беріктігі, МПа кезінде: - созылу - қысу - статикалық иілу	56-70 84 77-91
Серпімділік модулі, МПа: - созылу - иілу	1900-2200 2200-2400
Кесіндісі бар меншікті соққы тұтқырлығы, кГ см / см ²	25,2-33,6
Жыртылу кезіндегі салыстырмалы ұзарту, %	60-100
Роквелл қаттылығы	R=115

Полистирол (ПС) - радиацияға төзімділігі жоғары, тез қартайтын және жақсы диэлектрикке ие полимер. ПС сілтілердің, қышқылдардың (азот қышқылынан басқа) әр түрлі ерітінділеріне және спирттер, гексан, гептан, мұнай эфирі сияқты еріткіштерге төзімді. Толуол, бензол, дихлорэтан, хлороформ сияқты хош иісті және хлорланған көмірсутектерде және кейбір кетондар мен эфирлерде жақсы ериді.

Химиялық құрылымдық формуласы:



(3)

Полистиролдың сыртқы түрі 13- суретте және жалпы сипаттамасы 21-кестеде көрсетілген.



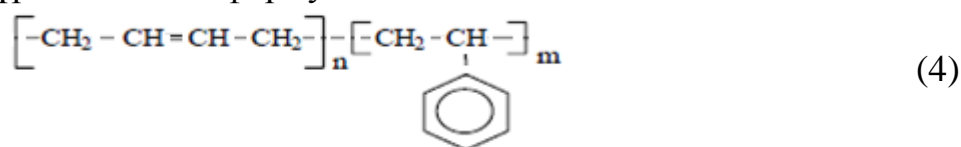
Сурет 13 – Полистиролдың жалпы түрі

Кесте21 – Полистирол жалпы сипаттамалары [87]

Физикалық қасиеттері	Мәні
Тығыздығы, г / см ³	1,05
Әйнектеу температурасы, °С	93
Өздігінен тұтану температурасы, °С	440
Созылу кезіндегі беріктік шегі, МПа	40-50
Иілу кезіндегі серпімділік модулі, ГПа	3,2
Салыстырмалы ұзарту, %	1,2-2
Жылу өткізгіштік, Вт (м·К)	0,08-0,12
Мартенс бойынша жылуға төзімділік, °С	70
Бринелл бойынша қаттылық, МПа	140-200
Меншікті электр кедергісі, Ом·см	1015

Соққыға төзімді полистирол (УПС) жоғары температураға төзімді және соққыға төзімді. УПС пайдалану температурасы - 40-тан + 100°С-қа дейін[87].

Химиялық құрылымының формуласы:



Соққыға төзімді полистиролдың жалпы түрі 14суретте көрсетілген.



Сурет 14 – Соққыға төзімді полистиролдың жалпы түрі [87]

Модификатор ретінде термопласттардың таңдау себебіміз: жеңіл, берік және тығыздығы жағынан ЭШ тығыздығына жақын. Термопласттар үлкен өлшемде болғандықтан, оны зертханалық жолмен ұнтақтап, саңылау өлшемі ≤ 0,4 мм елеуіштен өткізілді. Алынған термопласттар ұнтақтары ЭШ қосылып 500 айн/мин жылдамдықпен араластырғышпен 20 минут араластырып, қалыпқа құйылды.

2.1.5 Азот қышқылы

Көміртекті талшықтың бетін өңдеу үшін азот қышқылы (HNO_3) қолданылды. Азот қышқылының пайыздық құрамы мен тығыздығын анықтау ареометрдің көмегімен жүзеге асырылады. Ареометр-сұйықтықтардың тығыздығын өлшеуге арналған құрылғы, жұмыс принципі Архимед заңына негізделген 15-суретте көрсетілген.



Сурет15 – Ареометр

Тұрақты массалық ареометрмен сұйықтықтың тығыздығын өлшеу үшін құрғақ және таза ареометрді осы сұйықтық бар ыдысқа ол еркін жүзетін етіп орналастырады. Тығыздық мәндері ареометрдің шкаласы бойынша есептелінеді. Ареометрмен өлшегенде азот қышқылының тығыздығы 1369 кг/м^3 құрады, бұл 60% азот қышқылы мен 40% дистелденген су құрады, ол келесі тәжірибелерде көміртек талшықтарының бетін өзгерту үшін қолданылды.

2.1.6 Вакуумды инфузия технологиясына арналған шығын материалдары

Көмірпластик үшін вакуумды инфузия арқылы вакуумдық пакет жасауда келесі материалдар пайдаланылды:

Вакуумдық түтік. Вакуумдық түтіктің көмегімен қысым пайда болады және вакуум пленкасының астына ауа сорылады, нәтижесінде сіңдіру процесі жүреді. Түтік полиэтиленнен жасалған. Оның диаметрі 8-ден 16 мм-ге дейін өзгеруі мүмкін. Түтік диаметрін таңдау қалыптасатын бөліктің өлшемдеріне байланысты.

Бөлгіш мата. Қалыпталған көмірпластикті вакуумдық жабдықтан жеңіл ажыратып алуға арналған, материал ретінде ССМ-РЕ90-180 маркалы полиэтилен қолданылады.

Тұмшалағыш таспа. Тұмшалағыш таспа вакуумдық қап жасау және вакуумдық түтікті бекітуге қолданылады. Бұл жұмыста біз CCVM-KONTUR-15M-120C маркалы таспаларды қолданамыз.

Вакуумдық пленкалар. Вакуумдық пакет ретінде қызмет етеді және қалыптауды қамтамасыз етеді. Вакуумдық пленканы таңдау көбінесе қолданылатын байланыстырғыштың қатаю температурасына байланысты.

2.1.7 Эпоксид шайыр мен көмірпластик үлгілеріне арналған жабдықтар

Эпоксид шайырындағы пластификаторлар мен термопласттардың дисперсиясы «СТ-400А» ультрадыбыстық ваннасын қолдану арқылы жүзеге асырылды. (қосымша В, сурет В.1). Техникалық сипаттамалары 22- кестеде көрсетілген.

Кесте 22 – Ультрадыбыстық ваннаның СТ-400А техникалық сипаттамалары

Техникалық сипаттама	
Жұмыс кернеуі	220 В
Қуатты тұтыну	35 ватт
Ультрадыбыстық жиілік	35 ~ 65 кГц
Ваннаның өлшемдері	165x90x40 мм
Құрылғының өлшемдері	210x105x115 мм
Салмақ	1 кг

Композициондық материал алу үшін эпоксид шайырымен көмірпластик үлгілерін қатайту процесі SNOL 24/200 кептіргіш пеште жүзеге асырылды. (қосымша В, сурет В.2). Негізгі сипаттамалар 23- кестеде көрсетілген.

Кесте 23 – SNOL 24/200 кептіру шкафының техникалық сипаттамалары

Максималды температура	200 °С
Көлемі	24 л
Камераның өлшемдері	300 x 380 x 200 мм
Айналым	табиғи
Камералық материал	қара болат
Термореттегіш	сандық
Максималды қуат	1,0 кВт
Жұмыс кернеуі	220/50 В / Гц
Өлшемдері	400 x 515 x 410 мм
Салмақ	17 кг

2.2 Үлгілерді дайындау әдісі

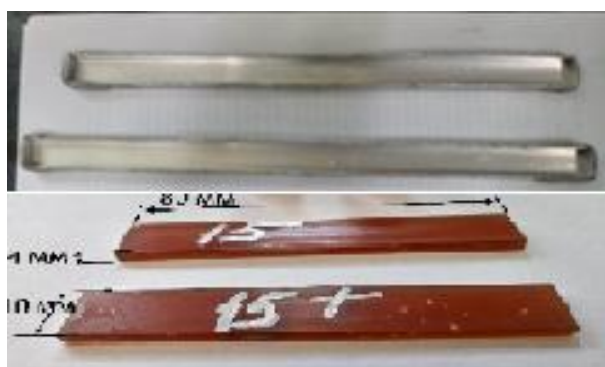
Жұмыста ЭШ және көмірпластикті пластификаторлар мен термопласттар түрімен модификацияланған үлгілері дайындалды.

Эпоксид шайыр үлгілерін жасау.

Шайырды модификациялау әр композиция үшін жалпы массаның 5, 10, 15 және 20 % мөлшерінде эпоксид шайырына (ЭД-20, «Этал инъект-Т») енгізілді және 1 сағат ішінде 65 кГц жұмыс жиілігінде СТ-400а ультрадыбыстық араластырғышпен араластырылып, біртекті масса пайда болғаннан кейін қатайтқыш қосылып, тағы 20 минут араластырылды. Дайын қоспақалыптарға құйылдыжәне қатырылды. Үлгілер 16- суретте көрсетілген.



а



б

а- сығуға арналған үлгілер; б- соққы тұтқырлыққа арналған үлгілер

Сурет 16 – Эпоксид шайырды құйған қалыптар мен үлгілер

Қалыптың екі түрін қолданды:

1) сығу үшін арналған үлгілер диаметрі 30 мм және биіктігі 38 мм болатын цилиндрлік қалыпқа құйылды.

2) соққы тұтқырлығына үлгілер ұзындығы $l = 80$ мм, ені $b = 10$ мм, қалыңдығы $h = 4$ мм болатын қалыпқа құйылды.

Модификацияланған ЭД-20 шайырының қатаю процесі бөлме температурасында 48 сағатты құрайды. Ал Этал-Инжект-Т шайыры үшін термиялық өңдеу қажет. Өңдеу температурасы 150°C 4 сағат және 180°C кезінде қосымша 1 сағат. Содан кейін үлгілер қалыптан алынып, нөмірленеді. Қатайтылған үлгілердің нақты өлшемдері тегістеу қондырғысында реттеледі.

Көміртекті талшықты тотықтыру арқылы көмірпластик үлгілерін алу

Көмірпластик алу үшін келесі компоненттер пайдаланылды:

1) матрица: эпоксид шайырлар ЭД-20 "суық" қатаю және Этал Инжект-Т "ыстық" қатаю;

2) пластиналардың арматуралық компоненттері: көміртекті мата – саржа.

Көміртекті матаның ұзындығы 250мм, ені 100 мм етіп, 20 қабат кесіліп алынды. Көміртекті талшықтың бетін тотықтыру процесі үшін азот қышқыл HNO_3 ерітіндісі қолданылды. Көміртекті мата үлгілерін модификациялау процесі 60% HNO_3 ерітіндісінде әртүрлі 0,5-тен 20 минутқа дейін ұстау уақытында жүргізілді, содан кейін мата бірнеше рет дистилденген сумен

жуылады және 1,5 сағат ішінде 110°C температурада кептіріледі. Тотығып кептірілген көміртекті матаға эпоксид шайырын жағып көмірпластик алынды.

Көмірпластик үлгілерін жасау. Көмірпластиктерінің үлгілерін дайындау екі түрлі әдіспен алынды:

1) Қолмен қалыптау

2) Вакуумдық қалыптау арқылы жүргізілді [88,89].

Қолмен қалыптау процесі бірнеше кезеңнен тұрады:

- Төсеу формасы дайындалады. Бұл жағдайда шыны бетке қолданылды.

Шыны беттен көмірпластикті бөліп алу үшін, бөлгіш ретінде Loctite 330 NS маркалы бөлгіш спирт қолданылды.

- Көміртекті мата 250x100 мм пішінде алынып қабат-қабат төселінеді.

- Модификацияланған байланыстырушы компонент дайындалады.

Модификаторлар ретінде ТКФ, ТХЭФ, ГДМА және ОК пластификаторлары, ПСФ, ПС, ПК және УПС термопласттары қолданылды.

- Матаның әр қабатын ЭШ қолмен сіңдіру (сурет 17а).

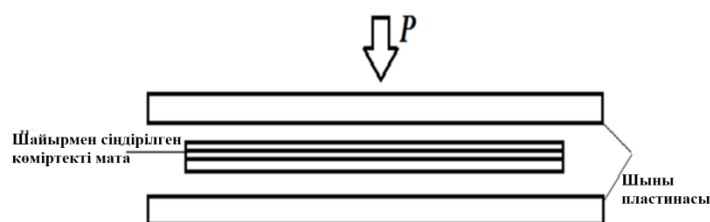
- Үлгі қабаттарының жалпы саны - 20 қабат.

- Соңғы кезеңде көміртекті талшық қатты роликтің көмегімен илектеледі: илектеу материалдағы ауа көпіршіктерінен арылуға мүмкіндік береді.

Көмірпластиктерін қатайту $p=0.02$ МПа қысымымен жүргізілді. Қысымды қолдану үшін салмағы 2 кг болатын жүк қолданылды (17б сурет).



а



б

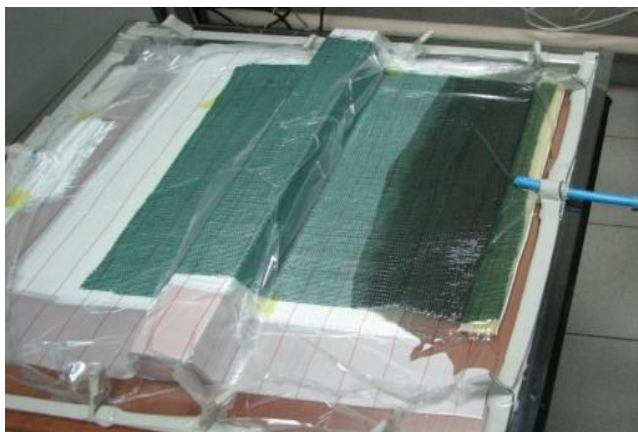
а – ЭШ мата сіңдіру; б – қысыммен көмірпластик өндеу

Сурет 17 – Көмірпластиктерін кейіннен престоумен қолмен қалыптау

Қалыптан өнімді шығару толық қатқаннан кейін ғана жүргізілді. Көмірпластикті қату уақыты пайдаланылған эпоксидтің түріне байланысты. Этал Инжект-Т маркалы эпоксидті шайыры бар пластинаны қатаю келесі температуралық режимді пайдалану кезінде жүргізілді: 150°C кезінде 4 сағат және 180°C кезінде 1 сағат.

Вакуумдық қалыптау: бұл әдіс алдыңғыдан ерекшеленеді, өйткені төселгеннен кейін өнім герметикаланады және вакуумдалады. Бұл операция алынған бөліктердің кеуектілігін едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Бұл әдіс уақыттың үлкен шектеулеріне ие, өйткені эпоксидтің қатуы басталғанға дейін

тығыздау және вакуумдау керек. Көмірпластик дайындау процесінде вакуумдау инфузия процессі 18-суретте көрсетілген.



Сурет 18– Вакуумдық инфузия қалыптау процессі

Вакуумдық инфузия үшін алдыңғы әдістің айырмашылығы-құрғақ көміртекті мата қабаты төселіп және вакуумдық түтік пакетіне шайыр беру түтігі қосылады. Шайырды беру түтігі эпоксидті шайырмен контейнерге түсіріліп, ортасында қысқыш құрылғымен қысылады. Қаптаманың герметикалығын тексергеннен кейін және ауаны алдын-ала сорып алғаннан кейін, қысқыш алынып, атмосфералық қысым мен пакетте пайда болған қысым айырмашылығының әсерінен шайыр көмір қабаттарын сіңдіре бастайды.

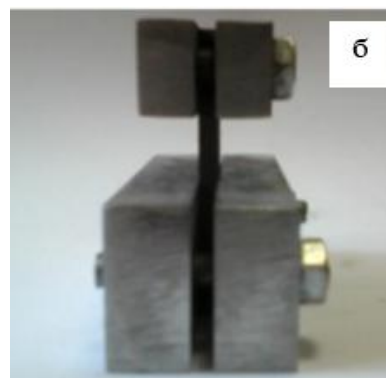
2.3 Зертханалық зерттеулер жүргізу үшін пайдаланылаған әдістемелер мен технологиялық жабдықтар

2.3.1 Сығу сынағы

Қатайтылған эпоксидті шайырдың үлгілері деформация жылдамдығы 5 мм/ мин, кезінде 100 кН ең жоғары күшке жеткенге дейін Instron электромеханикалық сынау машинасында сығуға сыналды(қосымша В, сурет В.3).

Пластификаторлар мен термопласттар құрамы бар көмірпластиктің механикалық беріктігін өлшеу МЕМСТ 33519-2015 және ASTM D6641-14 сәйкес механикалық сынау машинасында жүргізілді.

Пластиналарды сығу сынау кезінде беріктікті дұрыс анықтаудың маңызды факторы сынақ кезінде ұштардың параллелдігі мен үлгінің тұрақтылығын сақтау болып табылады. Ол үшін болат плиталар мен бекіту болттарынан жасалған айлабұйым қажет [90]. Үлгі құрылғыға бекітіліп, сынақ тақтасына қойылады. Бұл құрылғы қысу сынақтарын жүргізу процесін жеңілдетеді (19-сурет).



а - беткі көрінісі; б – бүйір көрінісі
 Сурет 19 – Пластиналарды сығуға арналған құрылғы

Үлгінің биіктігі, ені, қалыңдығы немесе диаметрі кемінде үш жерде $\pm 0,01$ мм аспайтын қателікпен өлшенеді. Минималды мәндерге сәйкес үлгінің көлденең қимасы есептеледі. ЭШ үлгілерін сынау мынадай операцияларды қамтиды:

1. Әр үлгінің геометриялық өлшемдері 0,5 мм дәлдікпен микрометрмен өлшенді.
2. Үлгі ASTM D 6641 сәйкес құрал- сайманға орналастырылды.
3. Сынақ жылдамдығы 1, 5, 10, 20, 30 мм/мин.
4. Сынақ үлгісі үшін жүктеме қисығы-қозғалыс жазылды.
5. σ беріктік шегінің сипаттамаларын есептеу жүргізілді. Сығу кезіндегі беріктік шегі σ , МПа формула бойынша анықталды:

$$\sigma = \frac{F_m^c}{h \cdot b}, \quad (5)$$

мұндағы F_m^c - үлгінің бұзылуының алдындағы ең үлкен жүктеме, кг
 h - үлгінің көлденең қимасының ауданы, мм².

6. Әрбір сынақ партиясы үшін алынған барлық мәндердің арифметикалық мәні есептеліп, беріктік шегі үшін "орташа мән" ретінде жазылды.

Сол сияқты, үлгілерді көмірпластиктердің сығылуына сынау жүргізілді. Көмірпластиктерінің әрбір үлгілерінің қалыңдығы мен ені қателігі ($\pm 0,5$) мм болатын штангенциркуль көмегімен өлшенді, әрбір үлгі жүйелі түрде жабдықта толтырылды, сынақ ASTM D 6641 стандарты бойынша жүзеге асырылды [91].

2.3.2 Созу сынағы

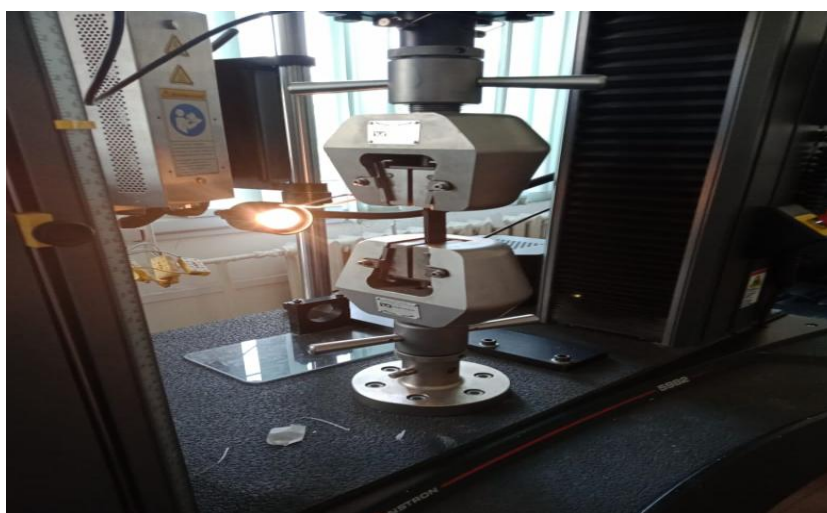
Көмірпластиктен жасалған пластиналардың беріктік сипаттамаларын анықтау үшін МЕСТ 32656-2014 сәйкес арнайы нысан бойынша сынау үшін үлгілер әзірленген. Өлшемдері ені 25 мм $\pm 0,5$ мм, жалпы ұзындығы 250 мм [92]. Көмірпластик үлгісіне қондырғыға ұсталатын әр жағынан қалыңдығы 2 мм шыны талшық пен эпоксидті шайырмен жабыстырылады. Бұл операция қысымды көмірпластик арқылы біркелкі жіберуге мүмкіндік береді және

байланыс орындарындағы сынудың алдын алады. Үлгі20- суретте көрсетілген [93, 94, 95].



Сурет 20 – Созылу сынағына арналған үлгі

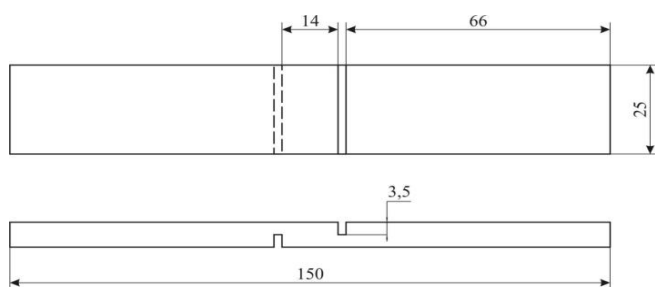
Көмірпластик үлгісінің сынақ жасалатын кезі 21-суретте көрсетілген.



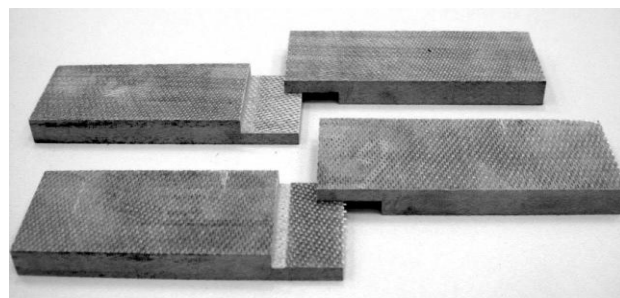
Сурет 21–Көмірпластик үлгісінің сынақ машинасында қармау үлгісі

Көмірпластиктің беріктігінің маңызды параметрлерінің бірі-ығысу беріктігі. Бұл параметр қабатты композиттің қабат аралық адгезиясының беріктігін анықтайды. Сынақтар екі жақты кесілген жолақтар түрінде арнайы геометрия үлгілерін бір осьті созу кезінде жүзеге асырылады. Үлгілер жұмыс [96] ұсыныстарын ескере отырып жасалады.

Созылу сынақтарына арналған екі жақты кескіні бар үлгінің эскизі 22 а суретте көрсетілген. Үлгінің есептік қимасы кесіктер арасындағы және оның бойлық осі мен материал қабаттарына параллель орналасқан алаң болып табылады. Сынақтардан кейін бұзылған үлгілердің мысалдары 22б суретте көрсетілген.



а



б

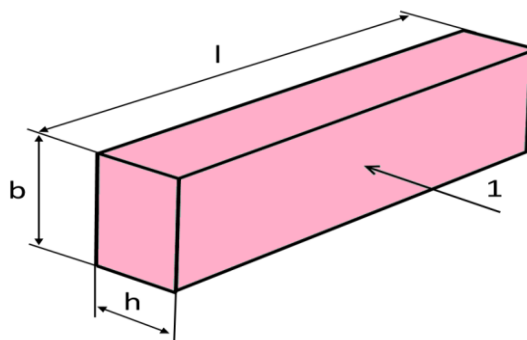
а - екі жақты кесінділері бар үлгінің эскизі; б-сынаудан кейінгі бұзылған үлгілердің түрі

Сурет 22–Қабатаралық сырғыту беріктігін өлшеуге арналған үлгі(беріктік үлгіні созу арқылы өлшенеді)

2.3.3 Соққы тұтқырлығы

Соққы тұтқырлығы МЕСТ 4647-2015 сәйкес Шарпи әдісімен анықталады. Бұл стандарт пластмассаларға қолданылады және кесілген және кесілмеген үлгілердегі соққы тұтқырлықты анықтау әдісін белгілейді[97]. Белгіленген әдіс соққы кернеулерінің әсерінен үлгілердің сынғыштығын немесе тұтқырлығын бағалау үшін қолданылады.

Үлгілердің соққы тұтқырлығын сынау үшін 23-суретте көрсетілгендей, кесілмеген үлгі түрі таңдалды.



Сурет 23-Соққы тұтқырлығын сынауға арналған үлгі

Көмірпластиктің қатайтылған үлгілері тегістеу қондырғысында дәл өлшемдерге жеткізілді. Соққы тұтқырлығын сынауға арналған үлгі 24-суретте көрсетілген.



Сурет 24 - Соққы тұтқырлығын сынауға арналған көмірпластик

Үлгілердің соққы тұтқырлық сынақтары МК-15 маятникті коперінде жүргізілді (Қосымша В Сурет В7). Шарпи әдісі бойынша материалдарды соққы тұтқырлығына сынауға арналған қондырғының принципті схемасы 25-суретте көрсетілген.

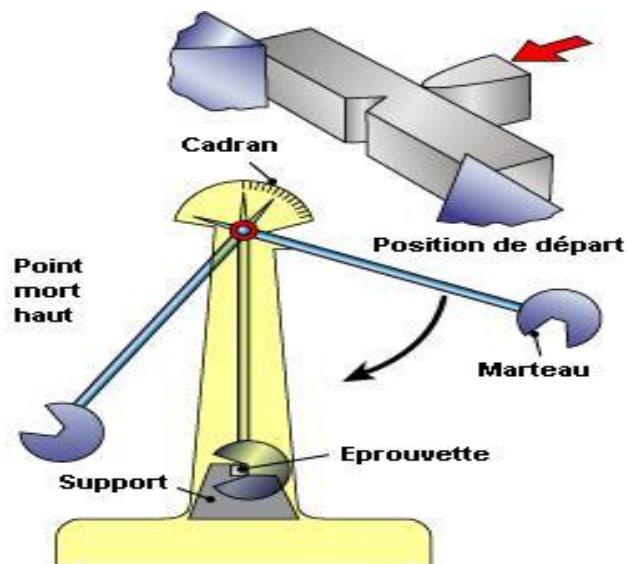
Кесілмеген үлгілердің соққы тұтқырлығы a_n кДж/м²-де мынадай формула бойынша есептеледі:

$$a_n = A \cdot 10^3 / (b \cdot h) \quad (6)$$

A-үлгіні кесусіз бұзуға жұмсалған әсер ету энергиясы, Дж;

b-үлгінің ортасындағы ені, мм;

h-үлгінің ортасындағы қалыңдығы, мм.



Сурет 25 - Соққы тұтқырлығына сынауға арналған қондырғының принципті схемасы

Маятникті коперде сынақтар жүргізілгеннен кейін үлгілердің бұзылуына жұмсалған энергия көрсеткіштерінің алынған деректері бойынша материалдың соққы тұтқырлығы есептеледі.

Екінші тарау бойынша тұжырым

Көмірпластиктің беріктік қасиеттерін жақсарту үшін қолдануға ұсынылған материалдар:

-ЭШ-нің 2 түрі қолданылды: ЭД-20 және "Этал Инжект-Т";

- пластификатордың 4 түрі таңдалды: трикрезилфосфат (ТКФ), трихлорэтилфосфат (ТЭФ) және глицидилметакрилат (ГДМА) және олейн қышқылы (ОК) пайдаланылды;

- термопластардың төрт түрі: полисульфон (ПСФ), поликарбонат (ПК), полистирол (ПС) және соққыға төзімді полистирол (УПС);

-саржа тоқуындағы көміртекті мата.

Эпоксид шайыры мен көмірпластик үлгілерін созу және сығу үшін сынау Instron және WDW-5E сынақ машиналарында жүргізілді.

Үлгілердің соққы тұтқырлығына сынақтар МК-15 маятникті коперде жүргізілді.

Осы жұмыста қолданылған тәжірибелік әдістемелер сертифицикатталған және әлемдік стандарттарға жауап беретін, құралдарда жүргізілді.

3. ЭПОКСИДТІ ШАЙЫРҒА ПЛАСТИФИКАТОРЛАР МЕН ТЕРМОПЛАСТТАРМЕН МОДИФИКАЦИЯЛАУ АРҚЫЛЫ ЭПОКСИДТІ ШАЙЫРДЫҢ БЕРІКТІГІ МЕН СОҚҚЫҒА ТҮТҚЫРЛЫҒЫНА ӘСЕРІ;

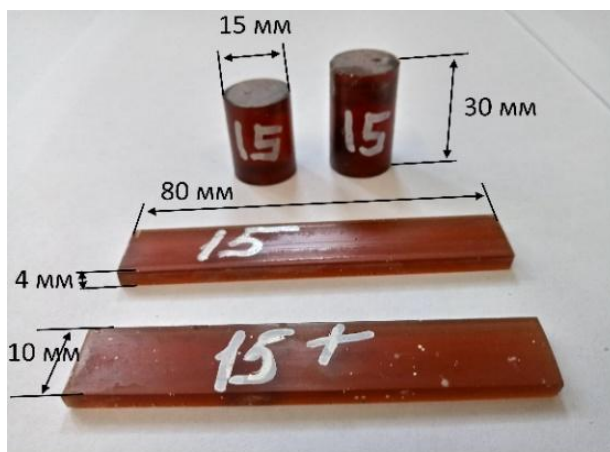
3.1 Модификацияланбаған эпоксидті шайырлардың механикалық сипаттамалары

Көмірпластик өндіруде қолданылатын байланыстырғыштың техникалық және технологиялық сипаттамалары дайын композиттің беріктік көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер ететіні белгілі. Осыған сүйене отырып, өндіріс үшін байланыстырушы компонентті таңдау маңызды мәселе болып табылады.

Жұмыста шайырдың екі түрі қолданылды: 1) бөлме температурасында өңдеуге арналған эпоксидті шайыр ЭД-20; 2) жоғары температурада өңдеуге арналған эпоксидті шайыр «Этал инжект-Т».

Созу, сығу және соққы тұтқырлығының сынақтарының нәтижесінде эпоксид шайыры үлгілердің беріктігі туралы мәліметтер алынды. Эпоксид шайыры орташа беріктігін анықтау үшін сериялық (қайталама) сынақтар жүргізілді (үштен беске дейін).

Эпоксид шайырдың беріктік сипаттамаларын сынау үшін үлгілер жасалды. Сынақтарға арналған үлгілердің жалпы түрі 26-суретте көрсетілген.



Сурет 26 –Эпоксид шайырыннан жасалған сынаққа арналған үлгілері

Эпоксид шайырының екі түрі ЭД-20 және «Этал инжект-Т»қолданылды, шайырлардың беріктік сипаттамаларының нәтижелері 24-кестеде көрсетілген.

Кесте 24– Эпоксид шайырының беріктік сипаттамалары

Эпоксид шайыры	Қатаю процесі, °С	Сығу беріктігі, МПа	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²
ЭД-20	24	97	20,1
«Этал Инжект-Т»	150	106	42,34

Шайырлардың сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығын салыстыра отырып «Этал Инжект-Т» шайырының беріктігі ЭД 20 шайырына қарағанда 9% жоғары, соққы тұтқырлығы 2 есеге үлкен болатындығы анықталды. Екі шайырдың да беріктік қасиеттері жақсы көрсеткіш көрсетті, шайырлардың қолданылуы өндіріс түріне байланысты таңдалады.

3.2 Эпоксидті шайырдың механикалық қасиеттеріне пластификаторлардың әсерін зерттеу

Көмірпластиктің негізгі технологиясымен жасалған көмірпластиктер соққыға сезімтал, яғни соққы тұтқырлығы төмен болып келеді.

Көмірпластиктің әлсіз буыны-бұл икемділік пен беріктіктің төмен көрсеткіштері бар эпоксидті шайыр. Соққыға сезімталдығын жоғалту үшін және бұл мәселені жою үшін, тек қана көміртекті матаны модификациялау емес, сонымен қатар полимер матрицасының қасиеттерін өзгерту қажет. Ол үшін алдымен модификаторларды қолдана отырып, эпоксидті шайырлардың беріктік сипаттамаларын жоғарылату жолдарын табу керек.

Бірнеше әдеби мәліметтерден эпоксид шайырына пластификаторлар мен термопласттар қосылған кезде созылу/сығылу күші мен соққы тұтқырлығының жоғарылауының жақсы көрсеткіштері бар екендігі анықталды. Сол себепті, эпоксид шайырына пластификатор және термопласт қосу арқылы соққы тұтқырлығын жоғарылауға [98 б.50].

Ең бірінші эпоксид шайырларына ЭД-20 пен «Этал инжект-Т»-ға пластификаторлардың әсерін зерттейміз. Модификаторлар ретінде төрт түрлі пластификаторлар қолданылды: трикрезилфосфат (ТКФ), глицидилметакрилат (ГДМА), трихлорэтилфосфат (ТХЭФ) және олейн қышқылы (ОК) эпоксид шайырдың массасының 5%, 10% және 15% мөлшерінде қосылды.

ЭД-20 эпоксидті шайырға пластификаторлармен модификациялау әсері, 25 - кесте көрсетілген.

Кесте 25 – Пластификаторлардың ЭД-20 шайырдың беріктігіне (сығу) және соққы тұтқырлығына әсері

ЭШ	Модификаторлар	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²			Сығу беріктігі, МПа		
		5%	10%	15%	5%	10%	15%
ЭД-20	-	20,1			97		
ЭД-20	Трикрезилфосфат	39,1	39,5	40,2	111,1	99,6	95,1
ЭД-20	Олейн қышқылы	37,3	38,1	38,6	108,3	97,8	97,5
ЭД-20	Глицидилметакрилат	26,1	27,4	29,9	111,4	119,4	115,7
ЭД-20	Трихлорэтилфосфат	26,4	27,5	28,1	112,8	103,4	83,8

29 кестеден көрініп тұрғандай, ЭД-20 шайырға қосылған пластификаторлардың ішіндегі ең жақсы көрсеткіштер ТКФ пен ОК.

Ең жақсы нәтиже 5% трикрезилфосфатпен модификацияланған үлгі, сығу беріктігі 14% - ға 97 МПа-дан 111,1 МПа-ға дейін өсті, ал соққы тұтқырлығы 94% - ға 20,1 кДж/м²-ден 39,1кДж/м²-ге дейін жақсарды. ТКФ пластификаторының мөлшерін ұлғайтқан сайын соққы тұтқырлығы өсіп, ал сығу беріктігі төмендейді.

ЭД-20 шайырына пластификаторлардың әсерін зерттедік, енді «Этал инжект-Т» шайырына пластификаторлардың әсерін зерттейміз. Этал инжект-Т эпоксидті шайырға пластификаторлармен модификациялау әсері, 26 - кесте көрсетілген.

Кесте 26 – Пластификаторлардың «Этал инжект-Т» шайырдың беріктігіне (сығу) және соққы тұтқырлығына әсері

ЭШ	Модификатор	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²			Сығу беріктігі, МПа		
		5%	10%	15%	5%	10%	15%
Этал Инжект-Т	-	42,34			106		
Этал Инжект-Т	Трикрезилфосфат	74,2	80,3	73,2	108,3	122,2	114,6
Этал Инжект –Т	Олейн қышқылы	68,2	65,6	61,2	108	120	113,2
Этал Инжект-Т	Глицидилметакрилат	48,5	49,7	52,2	109,4	118,1	116,6
Этал Инжект-Т	Трихлорэтилфосфат	58,7	59,8	60,0	108,5	99,4	91,2

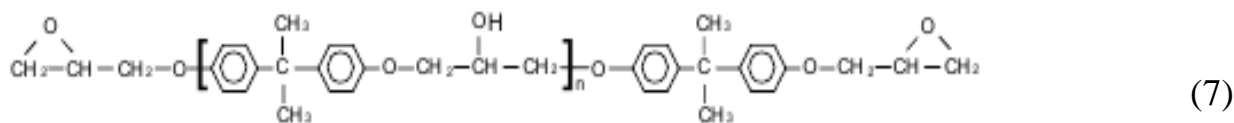
«Этал инжект-Т» модификациясы жағдайында механикалық сипаттамалардың жоғарылауы байқалады, бірақ 10% жоғары мөлшерде қосылған пластификатордың мәндері төмендейді. Ең жақсы нәтиже «Этал инжект-Т» үшін, 10% трикрезилфосфатпен модификацияланған үлгі, сығу беріктігі 15 % - ға 106 МПа-дан 122,2 МПа-ға дейін өсті, ал соққы тұтқырлығы 90% - ға 42,34 кДж/м²-ден 80,3 кДж/м²-ге дейін жақсарды [99 с.65].Пластификаторлар ТКФ қосқандағы ЭШ-ға әсерін 27- кестеден көрсетілген.

Кесте 27 –«Этал инжект-Т» шайырына ТКФ пластификаторының әсері

Қасиеттері	ЭШ	ЭШ+қатайтқыш	ЭШ+қатайтқыш+ТКФ
Сығу беріктігі, МПа	-	106	122,2
Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²	-	42,34	80,3
Тұтқырлық, Па·с	0,7	1,75	1,1
Өміршендігі, минут		6	13

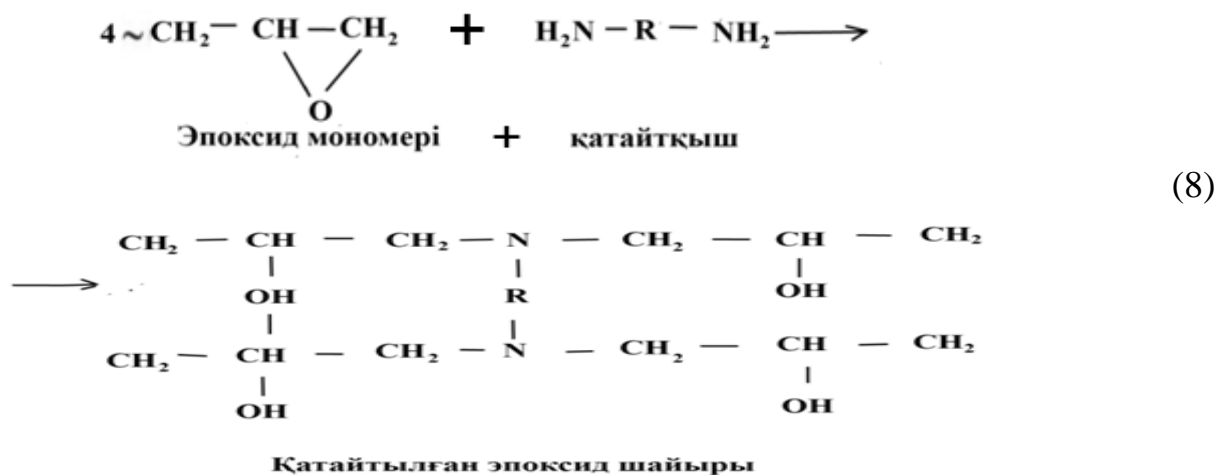
Алынған 31- кестедегі қасиеттерді түсіндірейік.

Қатайтқыш қосылмаған эпоксидті шайырлардың құрылымы келесі формуламен көрсетілген:



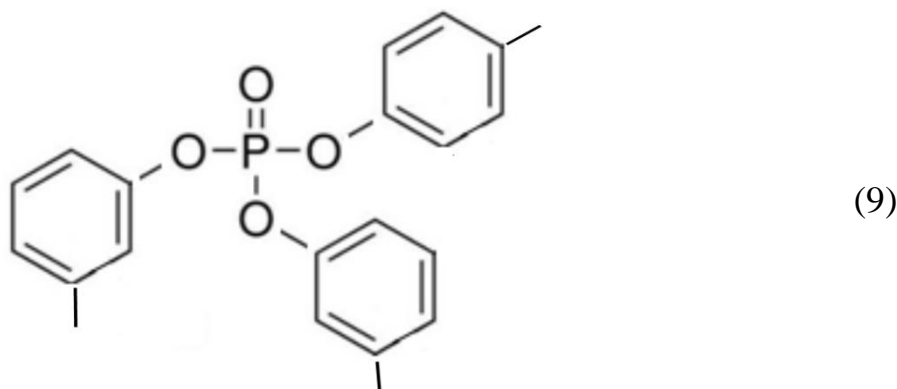
Құрылымдық формулада n саны эпоксидті полимердегі мономерлердің санын көрсетеді (эпоксидті шайырдың полимерлену дәрежесі) n саны өскен сайын сұйықтық көрсеткіші азайып тұтқырлық көбейеді, n 25-ке жеткенде шайыр әбден қатаяды [100].

Келесі формулада эпоксид шайырға қатайтқыш қосып қатаю реакциясының жеңілдетілген нұсқасы:



ЭШ құрамына қатайтқышты қосқанда, қатайтқыштың сутегі атомы ЭШ оттегі атомымен әрекеттесу арқылы екі үрдіс бірге жүреді: біріншіден тізбек өседі, тезбектер арасыда біріктіріледі, осылай үш өлшемді тармақталған құрылым пайда болады.

Пластификатор трикрезилфосфаттың химиялық формуласы.



Көрініп тұрғандай ТКФ молекуласы өте белсенді, бос валенттілігі болғандықтан, әрекеттесуге икем болады. Қатаюу процессінде үш өлшемді тармақталған құрылым құрылғанда қатайтқыш қана емес пластификаторда әсер етеді, себебі пластификатор химиялық белсенді, соның нәтижесінде беріктікке әсер етіп,оны ұлғайтады. Пластификатор ТКФ-ті сұйық ЭШ мен қатайтқышқа қосылғанда өзара әрекеттеседі. Пластификатордың бос валенттігіне байланысты ЭШ бірнеше мономерлерін өзіне тартып мономер n тизбегін азайтады, n саны азайған соң қоспаның тұтқырлығы төмендеп, өміршеңдігі ұзарады. Қорыта келгенде пластификатор ЭШ барлық жағынан оң әсер етеді: сұйық кезінде тұтқырлық төмендеп өміршеңдігі ұзарады, ал қатайған соң соққы тұтқырлығы мен беріктігі жоғарлайды.

3.3 Эпоксидті шайырларға термопласттармен модификациялау арқылы соққы тұтқырлығы мен беріктік қасиеттеріне әсерін анықтау

Эпоксид шайырларына ЭД-20 пен «Этал инжент-Т»-ға термопласттардың әсерін зерттейміз. Модификаторлар ретінде төрт түрлі термопласттар қолданылды: полисульфон (ПСФ), поликарбонат (ПК), полистирол (ПС) және соққыға төзімді полистирол (УПС) эпоксид шайырдың массасының 5%, 10% және 15% мөлшерінде қосылды.

Термопласттардың эпоксидті шайырдың беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсерін зерттедік. ЭД-20 эпоксидті шайырға термопласттармен модификациялау әсері, 28 - кестеде келтірілген.

Кесте 28 –Термопласттардың ЭД-20 эпоксидті шайырдың қасиеттеріне әсері

Эпоксидті шайыр	Модификатор	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²			Сығу беріктігі, МПа		
		5%	10%	15%	5%	10%	15%
ЭД-20	-	20,1			97		
ЭД-20	Поликарбонат	31,1	32,5	35,2	114,2	103,4	97,1
ЭД-20	Полисульфон	24,9	26,5	28,8	109,2	142,6	125,6
ЭД-20	Соққыға төзімді (ударопрочный) полистирол	31,2	33,6	24,7	99,5	97,1	94,3
ЭД-20	Полистирол	31,5	34,6	36,8	102,3	98,5	94,2

Алынған нәтижелер 32-кестеде көрсетілгендей, полисульфонмен модификацияланған ЭД-20 композициялары үшін сығу беріктігінің айтарлықтай өсуі байқалады. ЭД-20-ға 10% полисульфон қосылған кезде сығу беріктігі 46% - ға жақсарып, соққы тұтқырлығы 30% - ға өсті. Полистиролды модификатор ретінде пайдалану сығу беріктігінің аздап төмендеуімен соққы тұтқырлығының 83% өсуіне әкелді.

«Этал инжект-Т» шайырына термопласттардың әсерін зерттейміз. Этал инжект-Т эпоксидті шайырға термопласттармен модификациялау әсері, 29 - кестеде көрсетілген.

Кесте 29 –Термопласттардың «Этал инжект-Т» эпоксидті шайырдың қасиеттеріне әсері

Эпоксидті шайыр	Модификатор	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²			Сығу беріктігі, МПа		
		5%	10%	15%	5%	10%	15%
«Этал инжект-Т»	-	42,34			106		
		5%	10%	15%	5%	10%	15%
«Этал инжект-Т»	Поликарбонат	54,5	57,5	70,1	111,1	108,2	107,4
«Этал инжект-Т»	Полисульфон	48,7	45,3	43,6	111,2	117,8	128,2
«Этал инжект-Т»	Соққыға төзімді (ударопрочный) полистирол	46,1	44,5	38,3	65,1	71,2	69,4
«Этал инжект-Т»	Полистирол	71,4	70,0	65,9	79,1	76,4	73,3

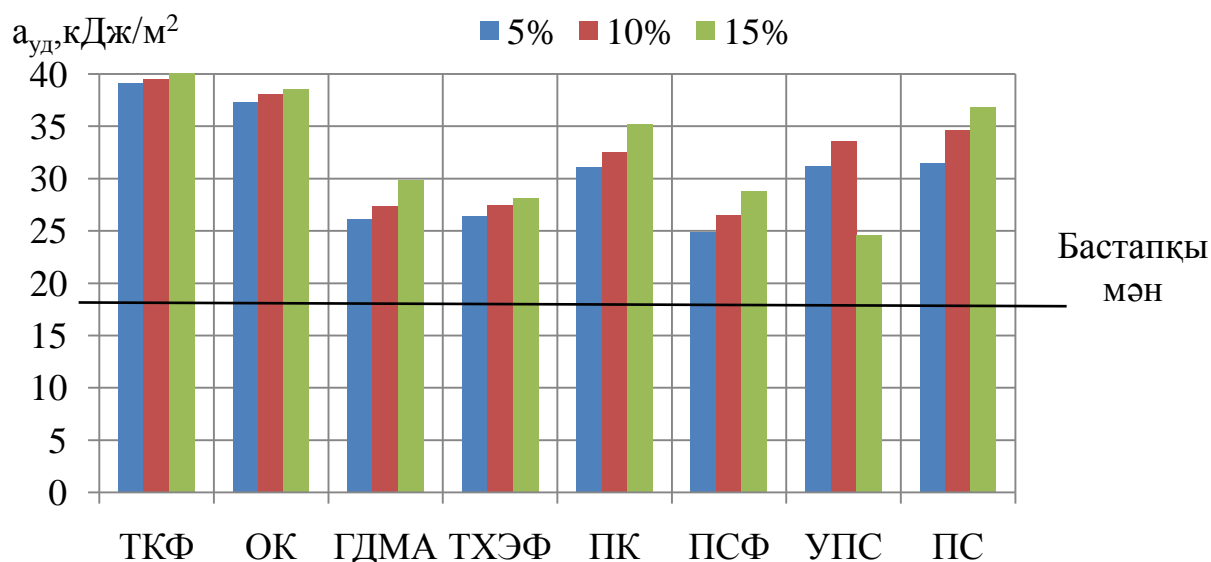
«Этал Инжект-Т» термопласттармен модификациялау кезінде барлық жағдайларда 15% мөлшерінде соққыға төзімді полистиролды модификациялаудан басқа, соққы тұтқырлығының өсуі байқалады. 15% поликарбонат және 5% полистирол қоспалары бар үлгілер үшін соққы тұтқырлығының 66% - ға дейін айтарлықтай жоғарылауы көрінеді. Полисульфон модификаторы концентрациясының 5% - дан 15% - ға дейін артуымен сығу беріктігі 111,2 МПа-дан 128,2 МПа-ға дейін артады, базалық үлгімен салыстырғанда соққы тұтқырлығы 3% - ға дейін аздап артады. Сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығының бір мезгілде артуы поликарбонатты қосу арқылы алынады, 15% және 5% енгізу кезінде сығу беріктігі 107,4 МПа, соққы тұтқырлығы 70,1 кДж/м² артады. Алынған мәліметтер нәтижесінде ең тиімді модификатор 15% термопласт поликарбонат екендігі анықталды [99 б.96].

ЭД-20 шайырына термопласттар $\leq 0,4$ мм ұнтақ ретінде бөлме температурасында қосылды, бұл жағдайда термопласттар шайырмен химиялық тұрғыда толық әрекеттеспеді.

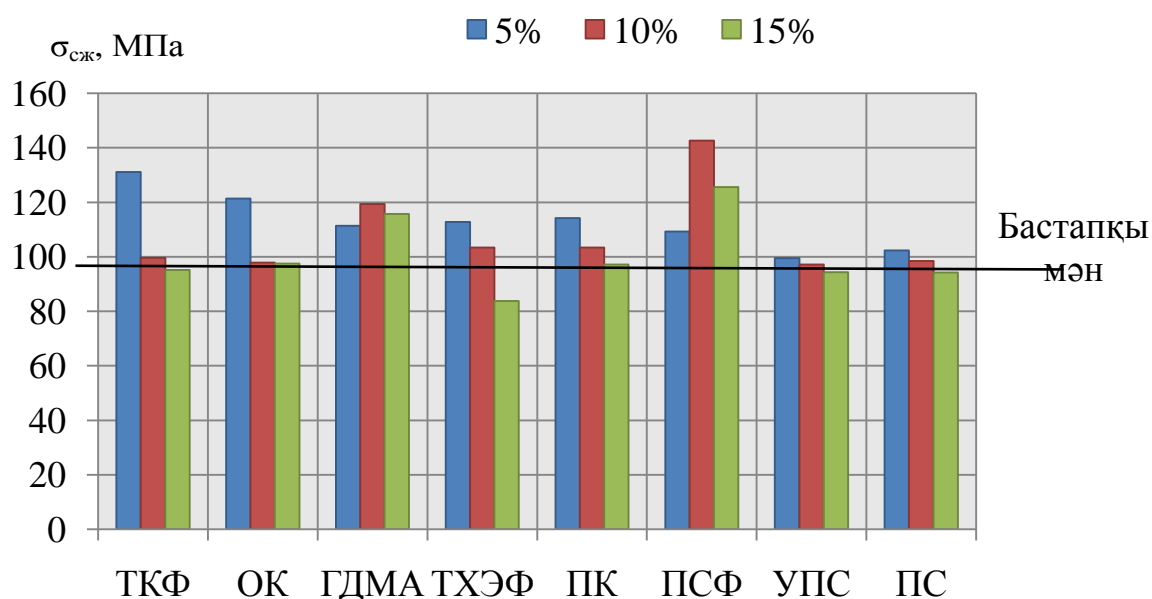
«Этал инжект-Т» шайырына термопласттар қосқан кезде 150-180⁰С температураға дейін қыздырылды, бұл жағдайда термопласттардың бет жағы еріп, ЭШ араласып сәл химиялық берік құрылым құрған. Жақсы өнімділікке қол жеткізу үшін модификатор мен шайыр матрицасы арасындағы күшті адгезиялық әрекеттесуге қол жеткізу керек. Фазалық өзара әрекеттесу беріктігі фазалардың үйлесімділігіне байланысты болатыны анықталды.

3.4 Соққы тұтқырлығын едәуір арттыратын эпоксидті шайырдың ең перспективті модификаторларын таңдау

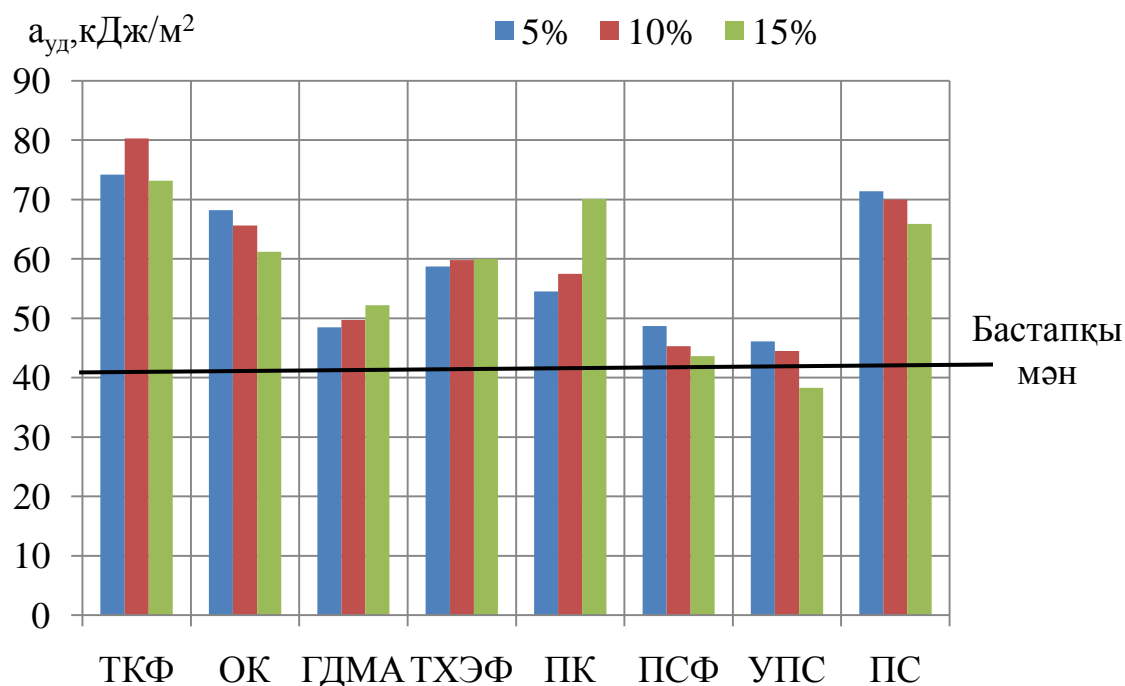
27-30-суреттерде модификацияланған қоспалардың эпоксидті шайырдың беріктігіне (сығылуына) және соққы тұтқырлығына әсерінің жалпы нәтижелері көрсетілген.



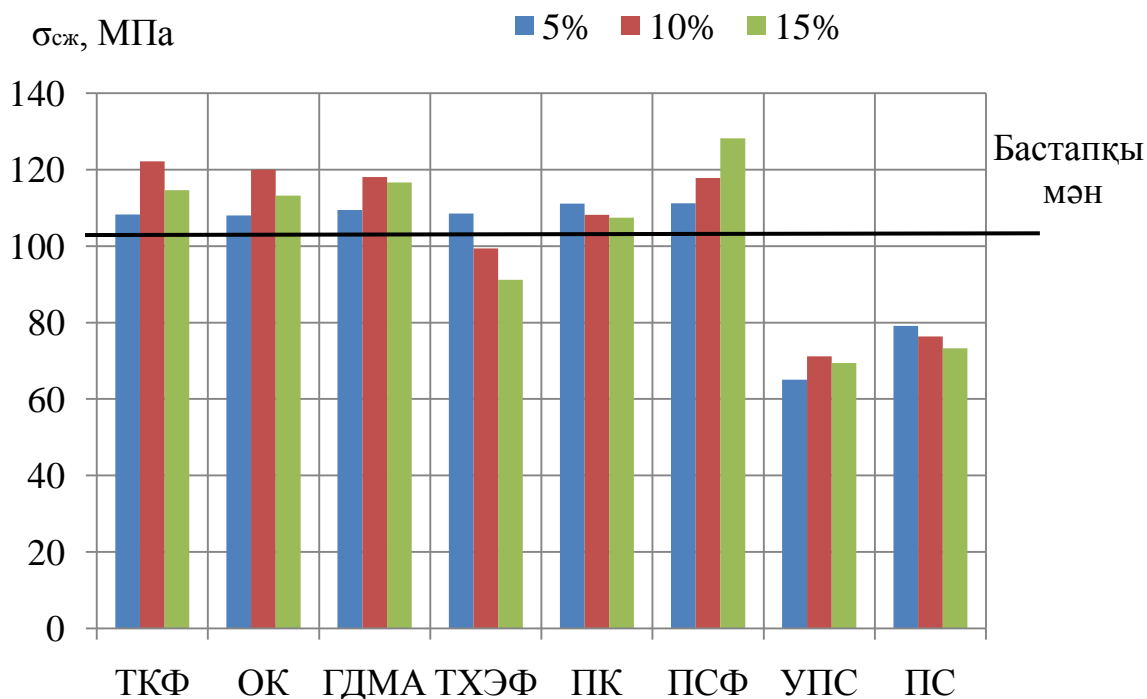
Сурет 27 – Эд-20 шайырының соққы тұтқырлығына модификаторлардың әсер ету диаграммасы



Сурет 28 – Эд-20 шайырының сығу беріктігіне модификаторлардың әсер ету диаграммасы



Сурет 29 – «Этал инжект-Т» шайырының соққы тұтқырлығына модификаторлардың әсер ету диаграммасы



Сурет 30 – «Этал инжект-Т» шайырының сығу беріктігіне модификаторлардың әсер ету диаграммасы

Беріктік қасиеттерін салыстырмалы талдау кезінде модификаторларды «Этал инжект-Т» шайырына енгізу ЭД-20-ға қарағанда үлкен әсерін беретіні

анықталды. Модификаторлардың жалпы санынан ең перспективті таңдалады, бұл шайырдың соққы тұтқырлығын арттырып қана қоймай, сонымен қатар кейбір жағдайларда сығу беріктігін арттырады:

- 10 % пластификатор трикрезилфосфат: беріктіктің (сығу беріктігі) 18% - ға артуы; соққы тұтқырлығының 90% - ға артуы.

15% термопласт поликарбонаты: беріктіктің жоғарылауы (сығу) 2%; соққы тұтқырлығының жоғарылауы 66%.

Эпоксидті шайырдың аралас модификациясы

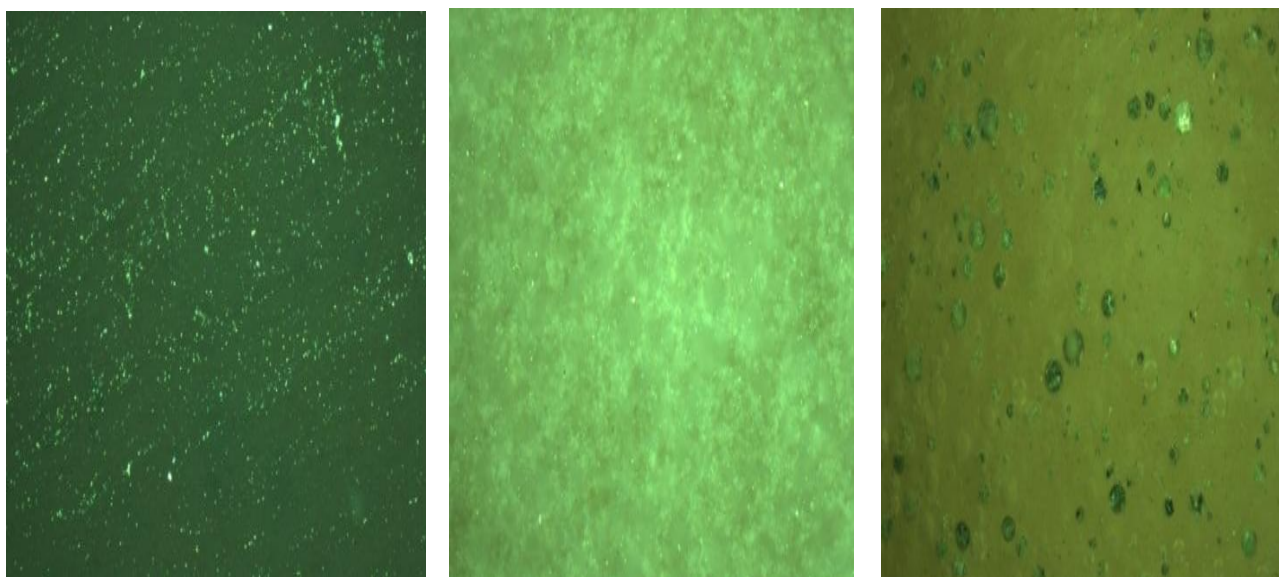
Жүргізілген эксперименттер мен алынған нәтижелер бойынша қол жеткізілген көрсеткіштерді жақсарту мақсатында шайырды одан әрі біріктірілген модификациялау арқылы ең жақсы сипаттамалары бар модификаторлар таңдалды. Жоғарыда келтірілген нәтижелердің ішінде ең жақсы модификаторлар трикрезилфосфат пластификаторы, термопласттар (поликарбонат, полистирол, соққыға төзімді полистирол) болды. Шайырлардың беріктігіне аралас модификацияның әсері бойынша нәтижелер 30-кестеде көрсетілген.

Кесте 30 – Шайырды аралас модификациялау кезіндегі беріктік сипаттамаларының нәтижелері

Эпоксидті шайыр	Модификатор, %жалпы массадан	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²	Сығу беріктігі, МПа
ЭД-20	ТКФ - 10, ПС - 5	37,2	103
ЭД-20	ТКФ – 10, ПК - 5	38	107
ЭД-20	ТКФ - 10, УПС- 5	36,6	96
«Этал инжект-Т»	ТКФ - 10, ПС - 5	71,9	108,4
«Этал инжект –Т»	ТКФ – 10, ПК - 5	75,8	112,3
«Этал инжект-Т»	ТКФ - 10, УПС - 5	69,1	118,4

Эксперименттер барысында 30 – кестеде көрсетілгендей аралас модификация беріктік сипаттамаларын қосымша арттыруға мүмкіндік бермейтіні белгілі болды. Беріктік пен соққы тұтқырлығы көрсеткіштері сол деңгейде қалды, яғни трикрезилфосфат пластификатормен қол жеткізілген деңгейінде.

Біріктірілген модификациясы бар «Этал инжект-Т» үлгілерінің бетінің микроқұрылымдары 31-суретте көрсетілген.



а

б

в

- а) трикрезилфосфат-10% және полистирол - 5%; б) полкарбонат - 5% және трикрезилфосфат -10%;
 в) трикрезилфосфат - 15% және ударопрочный полистирол - 5%

Сурет 31 – Аралас модификацияланылған «Этал инжект-Т» үлгілерінің бетінің микроқұрылымы, x200

Оптикалық суретте көрініп тұрғандай, ЭШ қосылған модификаторлардың түстері ерекшеленеді, себебі құрамы басқаша және әртүрлі модификатордың әсеріне байланысты. ЭШ полистиролды қосқанда толық ерімейді, түйіршіктер көрінеді. Ал поликарбонат қосқанда сурет бір тұтас көрінеді, себебі толық ЭШ ериді. Соққыға төзімді полистирол ЭШ ерімей, олигомер құрылып алынатыны көрсетілген.

Шайырдағы компоненттердің толық еруі беріктік көрсеткіштеріне әсер еткен болуы мүмкін.

Мұның себебі компоненттердің химиялық әсерлесуінің ерекшеліктері болуы мүмкін. «Этал инжект-Т» мен екі (біріктірілген) модификатормен модификациялау кезінде компоненттердің үйлесімділігі мәселесі ерекше мәнге ие болады. Әдетте, кейбір термопласттар, эпоксидте ериді, ал өңдеу процесінде фазалық бөліну жүреді. Екі модификаторды бөлінуі кезінде олар бір-біріне біркелкі таралуға кедергі келтіреді деп болжауға болады, бұл шайырдың соққы тұтқырлығының төмендеуіне әкеледі. Өңдеу процесінде шығарылған термопласт фазасы гетерогенді дисперсияны қалыптастырады және термопласт бөлшектердің конгломераттарының пайда болуына әкеледі, мұндай бөлшектер басқа модификатордың фазасында орналасуы мүмкін, осылайша шайырдың негізгі матрицасымен байланысын жоғалтады және олардың матрицамен беткі адгезиясы нашарлайды.

Осылайша, эпоксидті шайырдың тиімді модификаторларын іздеу және алынған нәтижелерді талдау бойынша жүргізілген эксперименттерге сүйене отырып, соққыға төзімді көмірпластик алу кезінде әрі қарай зерттеу үшін ұсыныстар ретінде пайдаланылуы мүмкін келесі тұжырымдар жасалуы керек.

Үшінші тарау бойынша тұжырым

Эпоксидті шайырдың тиімді модификаторларын іздеу және алынған нәтижелерді талдау бойынша жүргізілген эксперименттерге сүйене отырып, әрі қарай зерттеу ұсыныстар ретінде соққыға төзімді көмірпластик алу үшін тұжырымдар жасалынды.

-Пластификаторлардың сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсері зерттелді:

Модификаторлар ретінде төрт түрлі пластификаторлар қолданылды: ТКФ, ГДМА, ТХЭФ, ОК. Осы пластификаторлар арасында оң нәтиже 10 % -ды көлемде ТКФ қосқанда мындай нәтиже көрсетті: ЭД-20: сығу беріктігі 99,6 МПа (2 % - ға өсті), ал соққы тұтқырлығы 39,5 кДж/м² (2 есе өсті); «Этал Инжект-Т»: сығу беріктігі 122,2 МПа (15% - ға өсті), ал соққы тұтқырлығы 80,3 кДж/м² (90% - ға жақсарды).

-Термопласттардың ЭШ сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсері зерттелді:

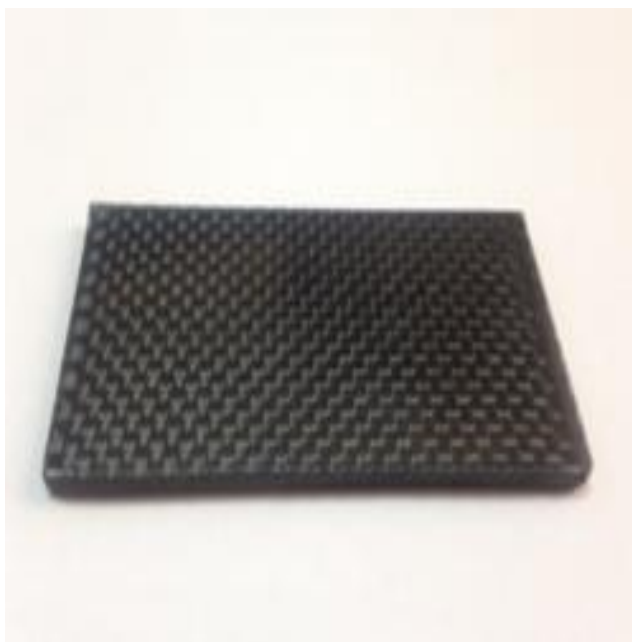
Модификаторлар ретінде төрт түрлі термопласттар қолданылды: ПСФ, ПК, ПС, УПС. Осы термопласттардың арасында эпоксид шайырына 15 % -ды көлемде ПК қосқанда мындай оң нәтиже көрсетті: ЭД-20: сығу беріктігі 97,1 МПа сол деңгейде, ал соққы тұтқырлығы 35,2 кДж/м² (75% - ға өсті); «Этал Инжект-Т»: 107,4 МПа сол деңгейде, ал соққы тұтқырлығы 70,1 кДж/м² (65 % аздап артады).

- Шайырларды беріктік қасиеттерінің өсуі пластификаторлар мен термопласттардың ЭШ химиялық әрекеттесуімен байланысты деген тұжырым жасалды.

4 МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН КӨМІРТЕКТІ МАТАНЫҢ КӨМІРПЛАСТИКТІҢ БЕРІКТІК СИПАТТАМАЛАРЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

4.1 Бастапқы модификацияланбаған көмірпластиктің механикалық сипаттамалары

Модификацияланбаған шайырлар арқылы көмірпластиктің механикалық сипаттамаларына әсерін салыстырайық. Көмірпластиктің үлгісі 32- суретте көрсетілген.



Сурет 32- Көмірпластик үлгісі

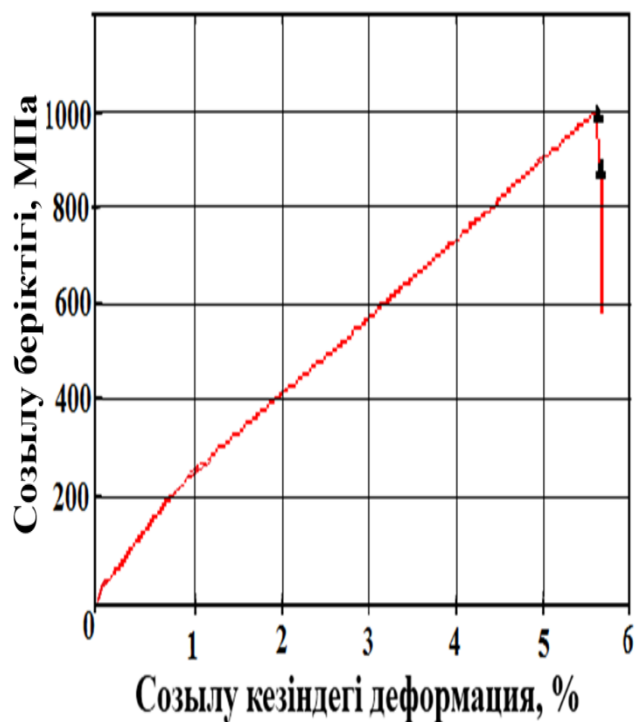
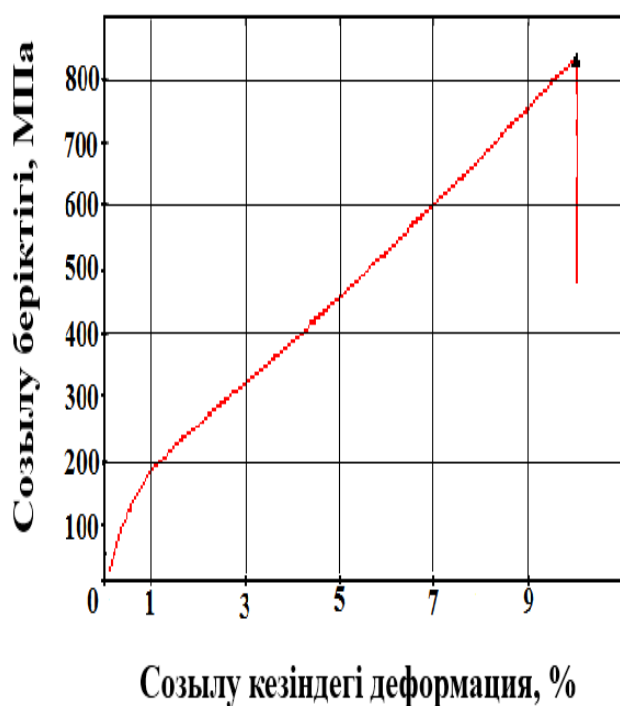
Көмірпластик үлгілерін соққы тұтқырлыққа дайындалып сыналды, соққы тұтқырлығының сипаттамалары нәтижелері 31 – кестеде көрсетілген.

Кесте 31–Екі түрлі шайырмен алынған көмірпластиктің соққы тұтқырлығының сипаттамасы

Эпоксид шайыры	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²
ЭД-20	97
«Этал Инжект-Т»	192

ЭД-20 шайырымен жасалған көмірпластиктің соққы тұтқырлығына карағанда, «Этал инжект-Т» шайырмен жасалған көмірпластиктің соққы тұтқырлығы 50% жоғары.

ЭД-20 (33а-сурет) және «Этал Инжект-Т» (33 б-сурет) бар көмірпластик үлгілерінің созылуына сынаудың орташа көрсеткіштері бар нәтижелер 33- суретте келтірілген.

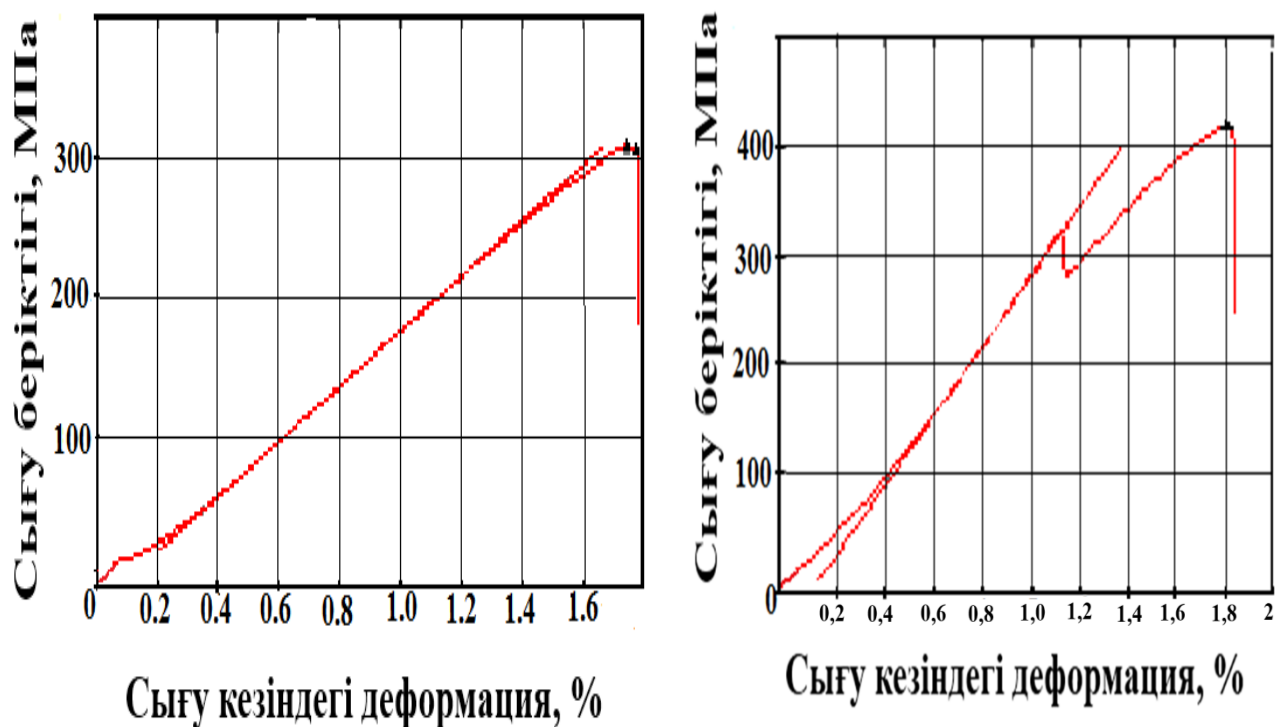


а б
а – ЭД-20 үлгілері; б – «Этал Инжект-Т» үлгілері

Сурет 33 – Эпоксидті шайырдың екі түрін қолдана отырып, көмірпластик үлгілердің созылу беріктігі

Эталь инжект Т эпоксидті қосылысынан алынған көмірпластик созылуының беріктігі ЭД-20 шайырын қолданғанға қарағанда 20% жоғары екендігі байқалады. «Этал инжект-Т» – 1000 МПа салыстырмалы деформациясы 5,5 %, ал эпоксидті матрицасы бар көмірпластик үлгінің толық бұзылуы ЭД-20 салыстырмалы түрде 10% созылған кезде пайда болады, созылу кезіндегі максималды беріктік 833 МПа құрайды.

Пластиналарды сығу беріктігі үшін сынау кезінде, «Этал инжект-Т» эпоксидті шайыры бар үлгілердің беріктік сипаттамалары ЭД-20 эпоксидті шайырынан алынған үлгілерге қарағанда жоғары болды. Сығу беріктіктің нәтижелері 34-суретте көрсетілген.



а б
а – ЭД-20 үлгілері; б – «Этал Инжект-Т» үлгілері

Сурет 34 – Эпоксидті шайырдың екі түрін қолдана отырып, көмірпластик үлгілердің сығу беріктігі

Эпоксидті компаундтан «Этал инжект-Т» жасалған көмірпластиктерін сығу кезіндегі беріктік көрсеткіштері ЭД-20 шайырына қарағанда 30% - ға жоғары екенін көруге болады. Салыстырмалы деформация кезінде «Этал инжект-Т» – 425 МПа сынамаcы cынғанда беріктік шегі 8 %, саналған серпімділік модулі 31,5 ГПа болды, ал эпоксидті матрицасы бар көмірпластикалық үлгінің толық бұзылуы ЭД-20 салыстырмалы деформация кезінде 10 %, максималды беріктік – 300 МПа болады. Сынған кездегі деформация 1,8% маңайында. Саналған серпімділік модулі 20 ГПа болды.

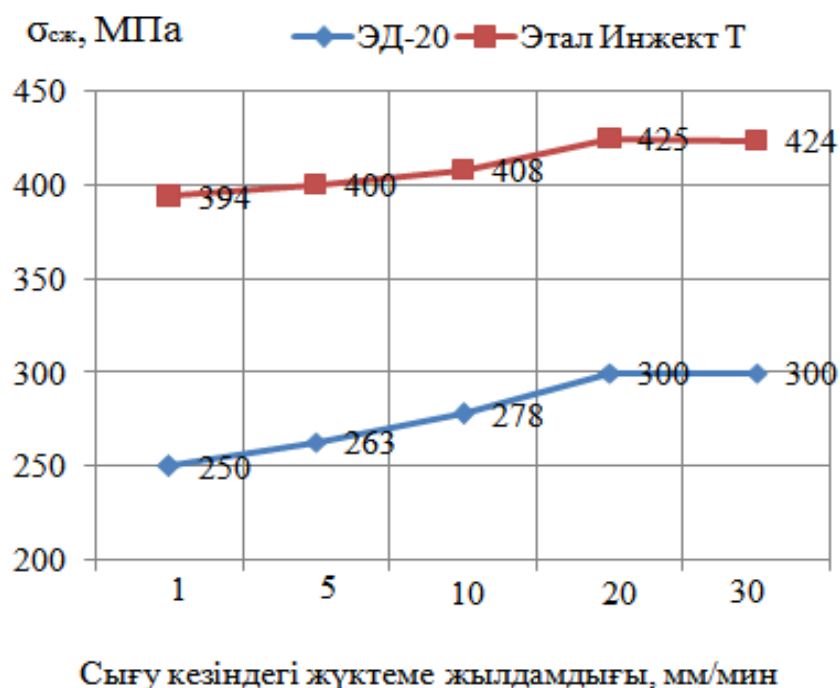
Көмірпластик үлгілерін сынау әртүрлі жүктеме жылдамдығымен жүргізуге болады және бұл фактор сыналатын материалдың беріктік көрсеткіштеріне әсер етеді, бұл [96] жұмыста айтылған. Жұмыстың авторлары эксперименттердің нәтижелерін келтіреді, онда жүктеме жылдамдығының жоғарылауымен беріктік көрсеткіші артады.

Көмірпластиктің ең жоғары беріктігін көрсететін оңтайлы жағдайды табу үшін көмірпластик үлгілерінің сығылуына сынақтар мынадай жүктеме жылдамдықтарында жүргізілді: 1, 5, 10, 20 және 30 мм/мин. Көмірпластик үлгілерінің сығылуына арналған сынақтардың нәтижелері 32-кестеде келтірілген.

Кесте 32 – Көмірпластик үлгілерін әртүрлі жүктеме жылдамдығында сынау

Жүктеу жылдамдығы, мм / мин	«Этал инжект-Т» сығу кезіндегі беріктік шегі, МПа	ЭД-20 сығу кезіндегі беріктік шегі, МПа
1	394	250
5	400	263
10	408	278
20	425	300
30	424	300

Көмірпластикалық үлгілердің беріктік көрсеткіштерін сынау кезінде жүктеме жылдамдығының әсері 35-суретте айқын көрсетілген.



Сурет 35– Көмірпластик үлгілернің беріктік көрсеткіштеріне жүктеме жылдамдығының әсері

Ұсынылған суретте жүктеме жылдамдығының 20 мм/мин дейін жоғарылауымен үлгілердің беріктік көрсеткіштері жоғарылайды. Максималды беріктік көрсеткіші Этал инжект-Т үшін 425 МПа, ал ЭД-20 үшін 300 МПа құрайды, ол 20 мм/мин жүктемеде алынған, жүктеме жылдамдықтың одан әрі жоғарылауы беріктікке ықпал етпейді. «Этал Инжект-Т» шайырынның жылдамдық жүктемесіне [101] сынағы бойынша сәйкес келеді. Сондықтан жүктеудің бұл жылдамдығы кейінгі сынақтар үшін таңдалды.

Осы алынған нәтижелер көмірпластиктің бастапқы модификацияланбаған нәтижесі, оны нәтижелерді жақсарту үшін көміртекті мата мен эпоксид шайырын модификациялау арқылы жетілдіру керек.

4.2 Көміртекті матаның химиялық белсенділігін, азот қышқылымен тотығу процесі арқылы көтеріп, көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне әсерін зерттеу

Көміртекті талшықтар (КТ) сілтілер мен қышқылдармен әрекет етпейтіні белгілі, ал қышқылдардың ішіндегі ең күштісі азот қышқылы одан соң күкірт қышқылы. Қышқылдар КТ әсер еткенде реакция талшықтың бетінде ғана болады. Экспериментті екі қышқылмен жасалды, бірақ күкірт қышқылымен КТ әсерін байқамадық, әр қарай эксперименттік жұмыстарды азот қышқылымен жасалды. Қол жетімді ең жоғары концентрациялы азот қышқылының 60% -дық болды. Көмірпластикті нығайту әдістерінің бірі, көміртекті матаның бетін азот қышқыл ертіндісінде тотықтыру арқылы көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына әсерін зерттедік. Азот қышқылында тотығу уақыты 0,5 минуттан 20 минут аралықтарында болды. Көмірпластик алу үшін екі шайыр қолданды: суық қатаюдығы ЭД-20 және ыстық қатаюдағы «Этал инжект-Т».

Көмірпластиктің үлгілерін ЭД-20 шайырымен және көміртекті матаның азот қышқылымен тотықтырып алынған көмірпластиктің нәтижесін салыстыруы 33- кестеде көрсетілген.

Кесте 33 – ЭД-20 шайырымен және көміртекті матаның 60% азот қышқылымен тотықтырып алынған көмірпластиктің нәтижелері

Ұстау уақыты, мин	Созу беріктігі, МПа	Сығу беріктігі, МПа	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²
Тотықпаған	833	300	97
0,5	840	320	97,5
1	860	350	96,5
1,5	875	375	97
2	892	380	97
2,5	900	385	97,5
3	890	383	96
3,5	886	378	96,9
4	880	372	97,3
4,5	875	366	97,5
5	871	361	97,2
5,5	865	354	96,5
6	863	350	96,3
10	858	340	95
15	855	326	94
20	845	315	94,5

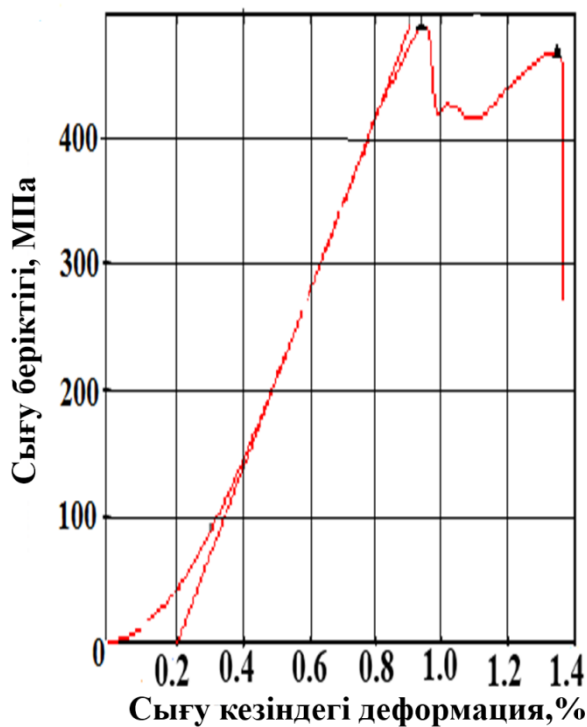
Алынған нәтижелерге сәйкес 33 –кестенің көміртекті матаның азот қышқылында ұстау уақыты 2,5 мин кезінде ЭД-20 шайырымен алынған көмірпластиктің созу беріктігі 900 МПа,сығу беріктігі 385 МПа құрайды. Ал соққы тұтқырлығы бұл жағдайда өзгеріссіз.

Көмірпластиктің үлгілерін «Этал инжект-Т» шайырымен және көміртекті матаның азот қышылымен тотықтырып алынған көмірпластиктің нәтижесін салыстыруы 34- кестеде көрсетілген.

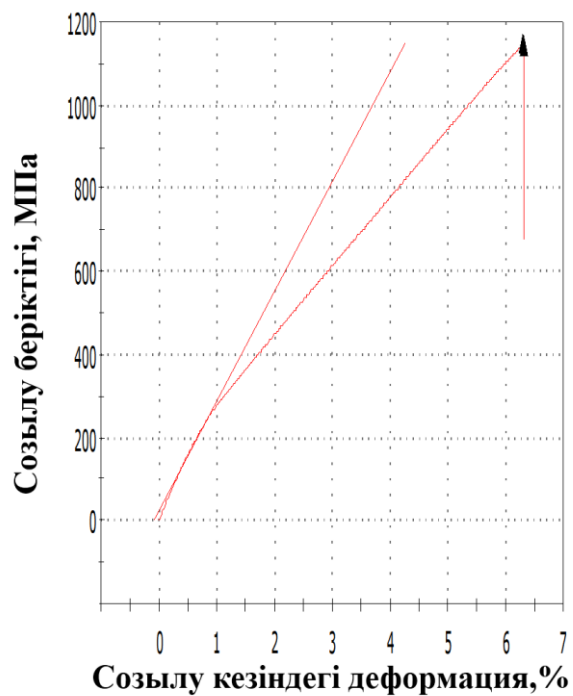
Кесте 34 – «Этал инжек-Т» шайырымен және көміртекті матаның азот қышылымен тотықтырып алынған көмірпластиктің нәтижелері

Ұстау уақыты, мин	Созу беріктігі, МПа	Сығу беріктігі, МПа	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²
Тотықпаған	1000	425	192
0,5	1063	443	192
1	1115	465	192,5
1,5	1135	480	193
2	1150	497	192,7
2,5	1120	475	192,5
3	1117	450	192
3,5	1115	434	192
4	1112	395	191,8
4,5	1110	390	191,5
5	1108	387	191
5,5	1109	382	190,8
6	1107	380	190,5
10	1105	376	185
15	1103	372	180
20	1002	370	176

Көрсетілген нәтижелер бойынша 34- кестеде,көмірпластиктің оңтайлы нәтижесі«Этал инжект-Т» шайырымен және көміртекті матаның азот қышқылында ұстау уақыты 2 минут кезінде алынды. Алынған нәтижелер 36 – суретте келтірілген.



а



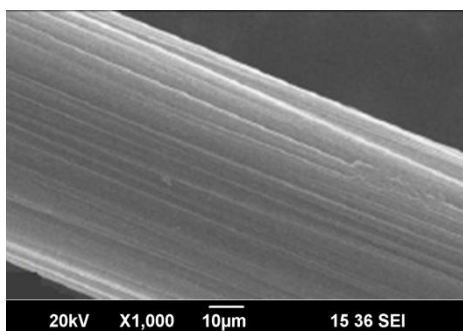
б

а – сығу беріктігі; б – созу беріктігі

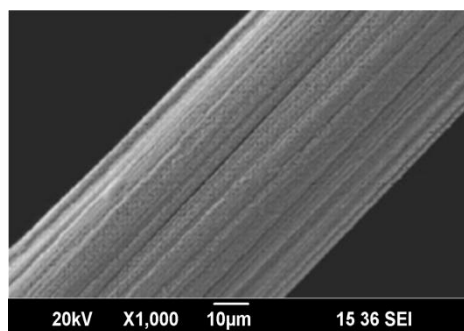
Сурет 36– HNO_3 қышқылында 2 минут ішінде модификацияланған көміртекті матаның көмірпластиктің беріктігіне әсері

Көміртекті матаны азот қышқылында ұстау уақыты 2 минут кезінде алынған, Этал инжект-Т шайырымен алынған көмірпластиктің сығу беріктігі бастапқы үлгіден 17% - ға, 425-тен 497 МПа-ға дейін, созу беріктігі 1000 МПа-дан 1150 МПа-ға дейін артты, ал соққы тұтқырлығы 193 кДж/м^2 құрады [55 б.73].

Көміртекті матаны азот қышқылымен тотықтырылған құрлымы 37 – суретте келтірілген.



а

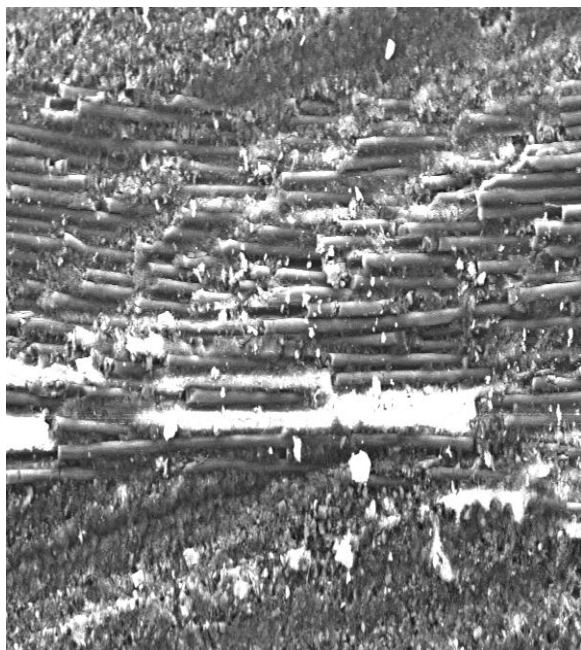


б

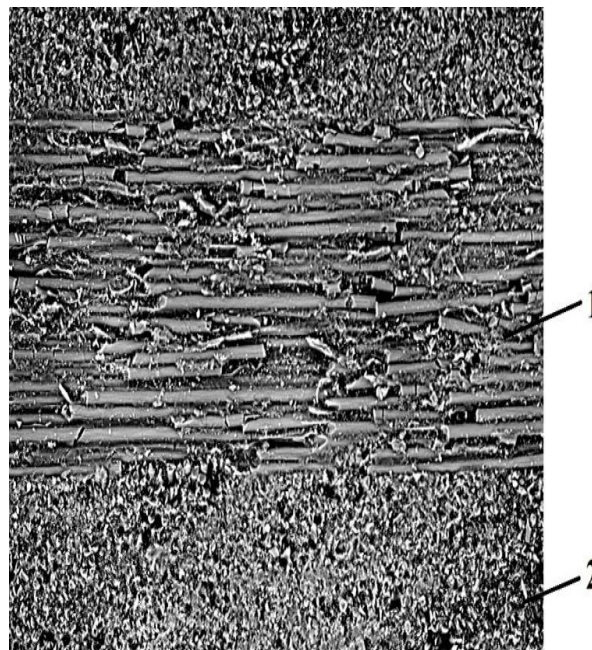
а– тотықпаған x1000; б – HNO_3 қышқылында 2 минут тотыққан x1000

Сурет 37 –Көміртекті матаның құрлымы

Көміртекті матаны азот қышқылымен тотықтырған кезде көміртекті матаның бетінде функционалды топтар пайда болады, нәтижесінде матаның беті кедір-бүдірлі болады, бұл әсер 37 – суретте көрсетілген. Бұл функционалды топтар көміртекті мата менэпоксид шайыры арасындағы үйлесімділікті жақсарта алады және химиялық қосылыс түзеді. Осылайша, механикалық қасиеттері артады. Көмірпластиктің микроқұрылымы 38 – суретте көрсетілген.



а – электронды сурет X200;



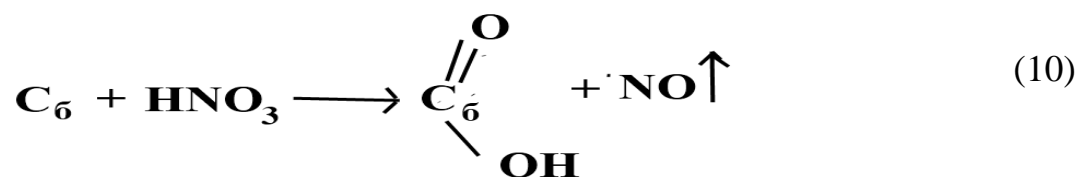
б – оптикалық сурет X520;

1-бойлық көміртекті талшықтар; 2-көлденең көміртекті талшықтар

Сурет 38 – Көмірпластиктің микроқұрылым

Микроқұрылымдық зерттеу кезінде, электрондық пен оптикалық суреттерде көмірпластиктің құрылымындағы талшықтар көрсетілген, көміртекті маталар біркелкі және тығыз төселген көрініп тұр. Көміртекті мата байланыстырушы эпоксидті шайырымен толық байланысқан және 1 мкм мөлшерде кеуектік түзілуі байқалады. Көміртекті мата ұзындығы 2-10мкм аралығында, ені 1 мкм болатыны көрсетілген.

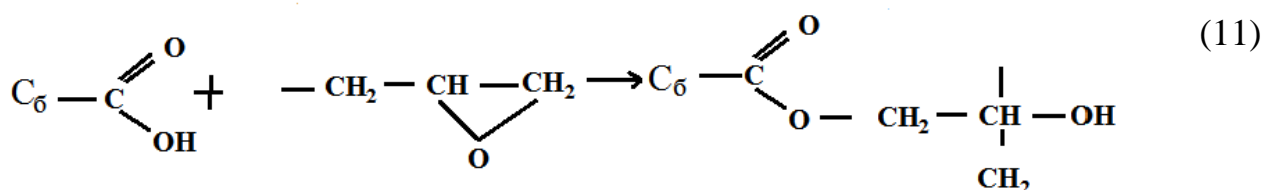
Азот қышқылымен модификацияланған көміртекті талшықтың химиялық формуласы:



мұндағы, Сб- талшықтың бетіндегі көміртек атомы.

Көміртекті талшықтың беті мындай функциональдытоппен жабылады, бұл функциональды топ химия жағынан белсенді болады.

Модификацияланған КТ эпоксидті шайырмен химиялық әрекеттесуі келесі түрде жазылуы мүмкін [52-53].



Жоғарыда келтірілген химиялық реакцияға сәйкес, көмірпластикті алу үш кезеңнен тұрады:

- 1) СООН тобының бетіне енгізу арқылы көміртекті талшықты белсендіру;
- 2) модификацияланған көміртекті талшықтың функционалдық тобына қатайтқышсыз сұйық эпоксидті шайырдың байланысуы;
- 3) эпоксид тобымен өзара әрекеттесу және эпоксидті шайырға қатайтқыш қосқан кезде өзара байланысқан полимердің пайда болуы.

Химиялық байланыс теориясында көміртекті матаны азот қышқылымен тотықтырған кезде элементтерінің химиялық белсенділігіне байланысты реактивті функционалды топтардың концентрациясын арттыратын химиялық байланыс пайда болады [102 б.73]. Бұл функционалды топтар көміртекті мата мен эпоксид шайыры арасындағы үйлесімділікті жақсарта алады және химиялық қосылыс түзеді. Осылайша, механикалық қасиеттері артады.

Төртінші тарау бойынша тұжырым

- Көмірпластикке ЭШ екі түрі зерттелді. Бөлме температурасында қатаятын ЭД-20 мындай көрсеткіштерге ие: созу кезінде 833 МПа, сығу кезінде 300 МПа,сынған кездегі деформация 1,8%, соққы тұтқырлығы 90 кДж/м²,серпімділік модулі 20 ГПақұрады.

«Этал Инжект-Т»мындай көрсеткіштерге ие: созу кезінде 1000 МПа, сығу кезінде 425 МПа, сынған кездегі деформация 1,8%, соққы тұтқырлығы 192 кДж/м², серпімділік модулі 31,5 ГПақұрады.

- Сығу кезіндегі жүктеме жылдамдығы зерттелді. Алынған нәтижелердің арасынан 20 мм/мин жүктеме жылдамдығы таңдалды, себебі ары қарай сығу беріктігі тұрақталады. Сол себепті, 20 мм/мин жылдамдығы таңдалды.

- көміртекті матаны азот қышқылында тоттығу уақыты 0,5-тен 20 минутқа дейінгі режимдері зерттелді.

- ЭД-20 шайыры мен көміртекті мата 2,5 минут тотыққан кезде алынған көмірпластиктің созу беріктігі 833 МПа-дан 900 МПа-ға дейін, сығу беріктігі 300 МПа- дан 385 МПа-ды құрады. Ал соққы тұтқырлығы бұл жағдайда өзгеріссіз.

- «Этал инжект-Т»шайырымен және көміртекті мата 2 минут уақыт тотыққан кезде көмірпластиктің созу кезінде беріктігі 15% - ға 1000 МПа-дан 1150 МПа-ға, сығу кезіндегі беріктік 17% - ға 425 МПа-дан 497 МПа-ға дейін артты.

5 МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ЭШ КӨМІРПЛАСТИКТИҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ ЗЕРТТЕУ

5.1 Эпоксид шайырын пластификаторлармен модификациялау арқылы көмірпластиктің механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу

Алдыңғы бөлімдерде модификаторлардың эпоксидті шайырға әсері зерттелді. Бұл бөлімде әртүрлі модификаторлардың (пластификаторлар, термопласттар) көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсері қарастырылған. Көмірпластиктің эпоксидті шайырын трикрезилфосфат және олеин қышқылы пластификаторларымен модификациялау жүргізілді [103б.180].

Жұмыстың көпшілігі «Этал индекст-Т» шайырында жүргізілді. ЭД-20 шайырының бөлме температурасында тез катаюы мен қиындықтарына байланысты алынған жақсы нәтижелерді ЭД-20 шайырында қайталанды.

Пластификаторлармен модификацияланған көмірпластиктің беріктік сипаттамаларының нәтижелері 35 және 36-кестеде көрсетілген.

Кесте 35 – Көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына пластификаторлардың әсері

Модификатор	Сығу беріктігі, МПа				
	0%	5%	10%	15%	20%
ТКФ	425	464	510	492	443
ОК		442	408	391	342

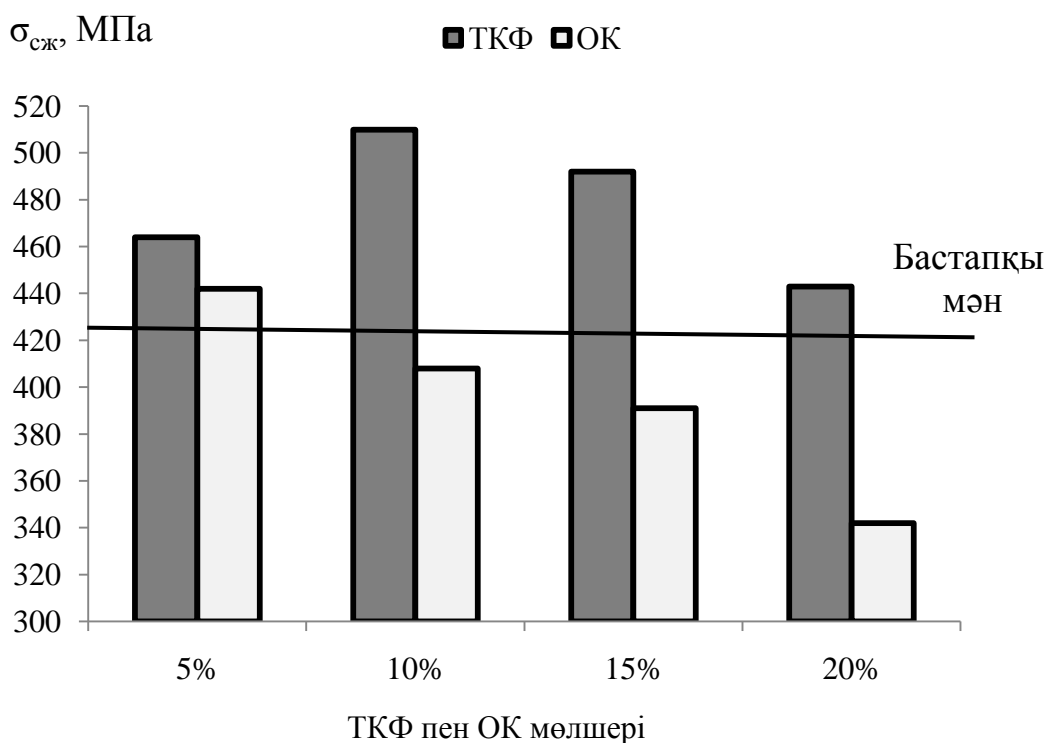
Кесте 36 – Көмірпластиктің соққы тұтқырлығына пластификаторлардың әсері

Модификатор	Соққы тұтқырлық, кДж/м ²				
	0%	5%	10%	15%	20%
ТКФ	192	208	224	212	205
ОК		230	234	246	211

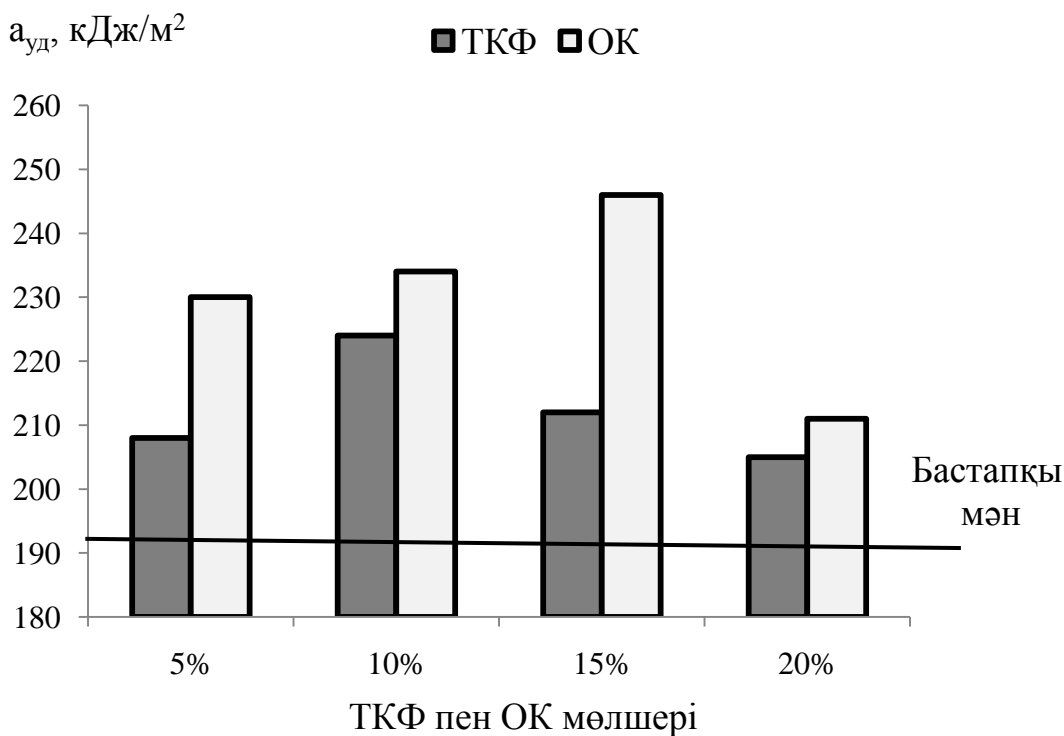
Модификацияланбаған көмірпластиктің 35 және 36 – кестелерде көрсетілгендей, сығу беріктігі 425 МПа, соққы тұтқырлығы-192 кДж/м² құрады. Көмірпластикті ОК модификация кезінде құрамын 15% - ға дейін ұлғайтса, көмірпластиктің соққы тұтқырлығы 246 кДж/м² дейін барынша артады, бірақ бұл ретте сығу беріктігі төмендейді, ал сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығының бір уақытта артуы ОК 5% мөлшерінде алынды, сығу беріктігі 4%-ға, ал соққы тұтқырлығы 20 % – ға артты.

«Этал инжект-Т» шайырымен алынған көмірпластиктің оңтайлы нәтижелер пластификаторлардың арасынан – 10% ТКФ модификациялау кезінде алынды. Бұл үлгінің сығу беріктігі 510 МПа (17% – ға өсті), соққы тұтқырлығы-224 кДж/м² (14% - ға өсті) болды [103].Этал инжект-Т шайырын

модификациялау арқылы көмірпластикке әсерінің мәндері график түрінде 39 және 40 суреттерде толығырақ көрсетілген



Сурет 39 – Көмірпластиктің беріктігіне пластификатор ТКФ пен ОК әсері



Сурет 40 – Көмірпластиктің соққы тұтқырлығына пластификатор ТКФ пен ОК әсері

Дәл осы эксперименттер ЭД-20 шайырын пластификаторлармен модификациялау арқылы көмірпластик алу үшін қайталанылды. ЭД-20 шайыры арқылы модификацияланбаған көмірпластиктің сығу беріктігі 300 МПа, ал соққы тұтқырлығы 97 кДж/м². Алынған жақсы модификатор ретінде ТКФ пластификаторын ЭД-20 шайырына қосып көмірпластикке әсері зерттелді. ЭД-20 шайырымен алынған нәтиже сығу беріктігі 408 МПа, ал соққы тұтқырлығы 105 кДж/м² көрсетті.

Көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына әсер ететін негізгі факторлардың бірі эпоксидті шайырдың көміртекті матамен әрекеттесуі. Бұл ЭШ құрамына пластификаторларды енгізу арқылы тұтқырлықты төмендетіп, өміршендігін ұзарту арқылы, сұйықталған ЭШ көміртекті матаға белсенді өзара әрекеттесуге қамтамасыз етуге әкелетіндігімен түсіндіріледі.

5.2 Эпоксид шайырын термопласттармен модификациялау арқылы көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсерін зерттеу

Келесі қадам термопласттардың көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне әсерін зерттедік. Айта кету керек, ЭШтермопластпен модификацияланған кезде барлық жағдайларда беріктік сипаттамаларының жоғарылауы байқалды.

Сондықтан бұл термопласттарды көмірпластикке әсерін зерттеу міндеті тұрды. Көмірпластиктің эпоксидті шайырын термопласттармен модификацияланды: поликарбонат (ПК), полисульфон (ПСФ), полистирол (ПС), соққыға төзімді полистиролдарды (УПС) эпоксидті шайырдың жалпы массасына 5, 10, 15, 20% енгізу арқылы.

Бұл жұмыстадакөпшілігі Этал индекст-Т шайырында жүргізілді. ЭД-20 шайырының бөлме температурасында тез қатаюы мен қиындықтарына байланысты, «Этал инжект-Т» шайырында алынған жақсы нәтижені ЭД-20 шайырында қайталанды.

«Этал инжект-Т» шайырын термопласттармен модификациялау арқылы көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсерін зерттеу нәтижелері 37 және 38-кестелерде келтірілген.

Кесте 37 – «Этал инжект-Т» шайырын термопласттармен модификациялау арқылы көмірпластиктің беріктігіне әсері

Модификатор	Сығу беріктігі, МПа				
	0%	5%	10%	15%	20%
ПК	425	412	420	452	423
ПСФ		426	447	439	419
УПС		436	442	450	427
ПС		345	340	319	301

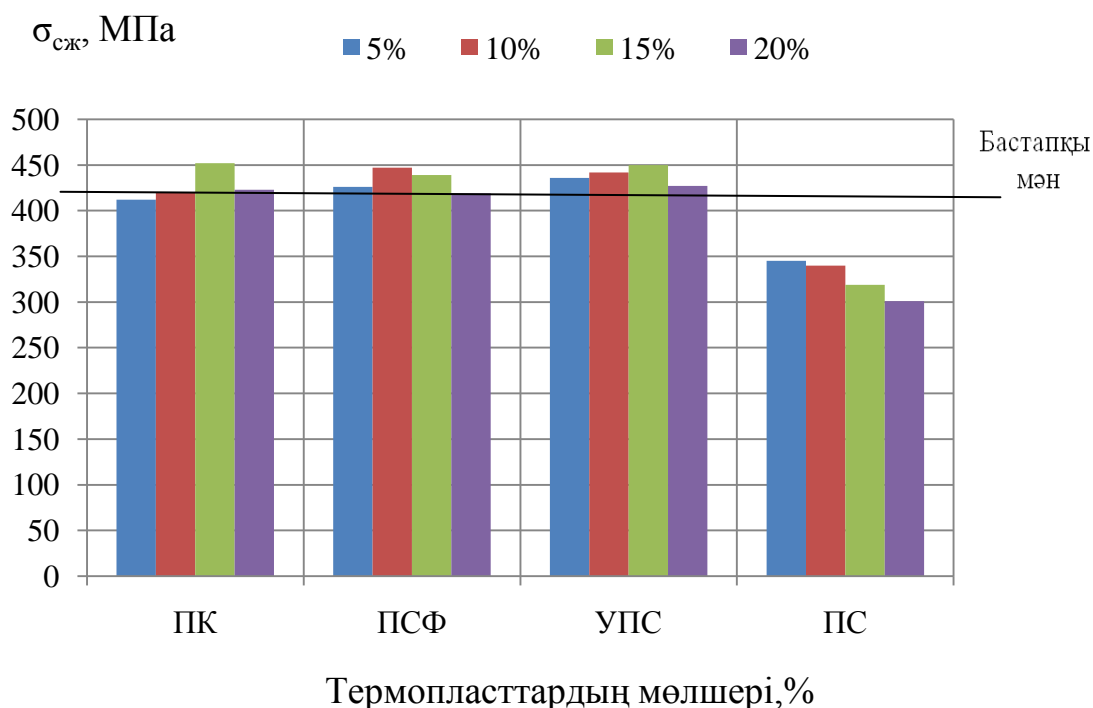
Кесте38 – «Этал инжект-Т» шайырын термопласттармен модификациялау арқылы көмірпластиктің соққы тұтқырлығына әсері

Модификатор	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²				
	0%	5%	10%	15%	20%
ПК	192	193	195	201	192,3
ПСФ		180	188	190	189
УПС		170	190	200	195
ПС		156	173	184	175

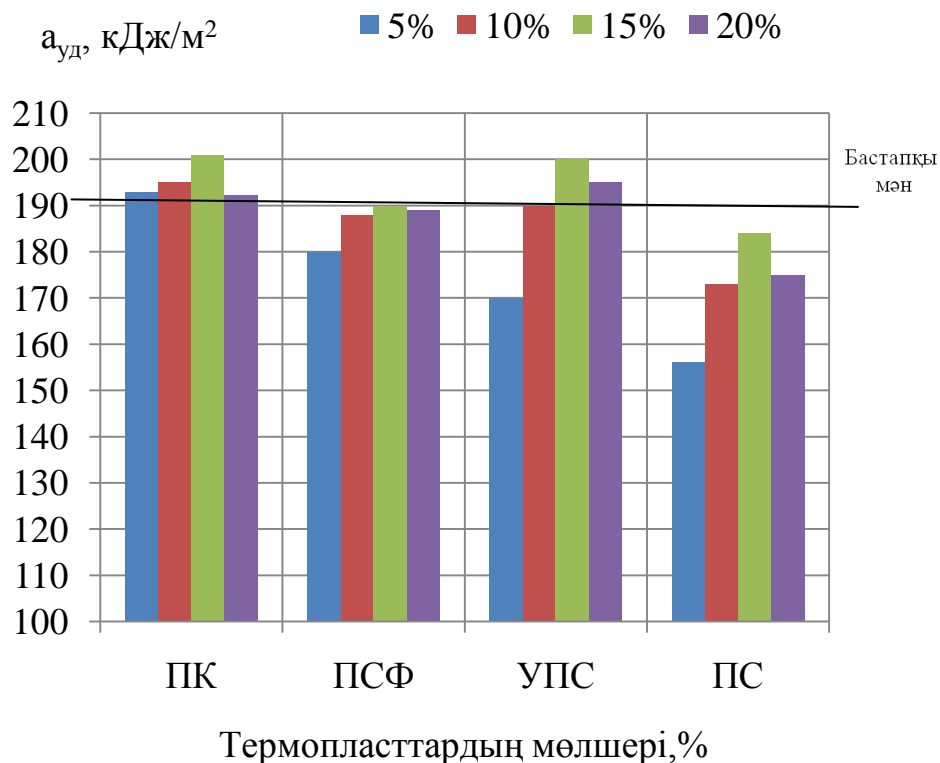
37 және 38 кестелердегі мәліметтерде көрініп тұрғандай, ПК, ПСФ және УПС модификаторлардың мөлшері 15% - ға дейін артуы кезінде сығу беріктігі 425 МПа-дан 452 МПа-ға дейін артады, ал соққы тұтқырлығы базалық үлгімен салыстырғанда 4% - ға дейін артады. Модификаторлардың 20%-ға мөлшері ұлғайғанда, беріктік сипаттамалары күрт төмендейді.

Сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығын бір уақытта арттуы 15% ПК пен УПС термопласттармен модификацияланған көмірпластикте алынды, сығу беріктігі 452 МПа (6% – ға), соққы тұтқырлығы-201 кДж/м² (4% - ға) артты.

Көмірпластиктің сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығына термопласттардың әсерінің жалпы нәтижелері 41 және 42 суреттерде көрсетілген.



Сурет41 – Көмірпластиктің беріктігіне термопласттардың әсері



Сурет 42 – Көмірпластиктің соққы тұтқырлығына термопласттардың әсері

Дәл осы эксперименттер ЭД-20 шайырын термопласттармен модификациялау арқылы көмірпластик алу үшін қайталанылды. ЭД-20 шайырына 10%ПК термопласттын қосу кезінде көмірпластиктің сығу беріктігі 342 МПа, соққы тұтқырлығы 99 кДж/м² құрады.

Көмірпластикті термопласттармен модификациялау кезінде соққы тұтқырлығы сәл артады. Термопласттар ЭШ бет жағы еріп, химиялық құрылым құрған, толық байланыс болмағаннан соң көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне толық әсер ете алмады.

Бесінші тарау бойынша тұжырым

Көмірпластикті модификаторлармен нығайту бойынша жүргізілген эксперименттер негізінде алынған нәтижелерді талдаудан келесі тұжырымдар:

-Пластификаторлардың көмірпластиктің сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсері зерттелді:

Модификатор ретінде екі түрлі пластификатор қолданылды: ТКФ, ОК. Осы пластификаторлар арасында көмірпластикке оң нәтиже 10 %-ды ТКФ қосқанда мындай нәтиже көрсетті: ЭД-20 сығу беріктігі 408 МПа (36%-ға жоғарлады), ал соққы тұтқырлығы 105 кДж/м² (8 %-ға артты); «Этал инжект-Т» арқылы көмірпластиктің сығу беріктігі 510 МПа-ға (17% - ға дейін өсті), ал соққы тұтқырлығы 224 кДж/м² (14% - ға дейін жақсарды).

-Термопласттардың көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне әсері зерттелді:

Модификаторлар ретінде төрт түрлі термопласттар қолданылды: ПСФ, ПК, ПС, УПС. Осы термопласттардың арасында эпоксид шайырына оң нәтиже 15% -ды көлемде ПК қосқанда мындай нәтиже көрсетті: ЭД-20 көмірпластиктің сығу беріктігі 342 МПа (14%-ға артты), соққы тұтқырлығы 99 кДж/м² (2%-ға артты); «Этал инжект-Т» көмірпластиктің сығу беріктігі 452 МПа (6% – ға), соққы тұтқырлығы-201 кДж/м² (4% - ға) құрады.

-Модификаторлар арасында сығу беріктік деңгейін жоғарлата отырып, соққы тұтқырлығын арттыратын 10%-ды ТКФ пластификаторын көмірпластиктің беріктік қасиетін жақсартатын модификатор ретінде ұсынамыз.

6 КӨМІРПЛАСТИКТИҢ БЕРІКТІК СИПАТТАМАЛАРЫНА МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН КӨМІРТЕКТІ МАТА МЕН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ЭШ ҚОС ӘСЕРІН МЕН ВАКУУМДЫҚ ИНФУЗИЯМЕН ҚАЛЫПТАУЛАРДЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

6.1 Қосарланған модификация мен қолмен қалыптаудың көмірпластикке әсері

Жоғарыда алынған жақсы нәтижелерді енді біріктіріп, осы тарауда көміртекті матаны және эпоксид шайырын модификациялаудың қос әсері арқылы көмірпластиктің беріктік сипаттамаларының одан әрі ұлғаюына қол жеткізу міндеті қойылды.

Көмірпластиктің эпоксид шайырын модификациялау кезінде ең жақсы нәтиже 10 %-ды трикрезилфосфат қосу арқылы алынған, ал көміртекті матаны модификациялау кезінде 2 минут азот қышқылында тотыққан кезде жақсы нәтижелер алынды. Осы алынған нәтижелерді біріктіру арқылы, ары қарай көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне әсерін зерттейміз.

Пластификаторды ЭШ-мен араластыру 65 кГц жиілікте 20 минут ішінде ультрадыбыстық диспергаторды қолдану арқылы жүргізілді. Мұндай ультрадыбыстық әсер ауа көпіршіктерінің азаюына, тұтқырлықтың төмендеуіне, газсыздандыруға және тұтастай алғанда құрылымның өзгеруіне ықпал етті, бұл композит құрылымының монолиттілігін қамтамасыз етеді.

Көміртекті матаның ұзындығы 250 мм, ені 100 мм етіп 20 қабат кесіліп алынды. Көміртекті талшықтың бетін тотықтыру үшін көміртекті матаны 60% HNO_3 ерітіндісінде 2 бойы өңдеу жүргізілді, содан кейін мата бірнеше рет дистилденген сумен жуылады және 1,5 сағат ішінде 110°C температурада кептіріледі. Тотығып кептірілген көміртекті матаға трикрезилфосфат қосып модификацияланған эпоксид шайырын жағып қолмен қалыптау әдісімен көмірпластик алынды.

Қосарланған модификация мен қолмен қалыптап алынған көмірпластиктің нәтижелері екі шайырды қолдана отырып орындалды, нәтижелер 39-40 - кестелерде көрсетілген.

Кесте 39 – Модификацияланған ЭД-20 шайыры мен тотыққан көміртекті мата арқылы қолмен қалыптаумен алынған көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына әсері

Қасиеттер	Таза көмірпластик	HNO_3 , 2 минут	10% ТКФ	10% ТКФ+ HNO_3 , 2 минут
Сығу беріктігі, МПа	300	385	408	417
Созу беріктігі, МПа,	833	900	950	976
Серпімділік модулі, ГПа	20	48	52	58
Сығу кезіндегі деформация, %	1,8	0,9	0,8	0,7
Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²	97	97,5	105	120

Кесте 40 – Модификацияланған «Этал инжект-Т» шайыры мен тотыққан көміртекті мата арқылы қолмен қалыптаумен алынған көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына әсері

Қасиеттер	Таза көмірпластик	HNO ₃ , 2 минут	10% ТКФ	10% ТКФ+ HNO ₃ , 2 минут
Сығу беріктігі, МПа	425	497	510	535
Созу беріктігі, МПа,	1000	1150	1207	1273
Серпімділік модулі, ГПа	31,5	71	76	80
Сығу кезіндегі деформация, %	1,8	0,9	0,8	0,7
Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²	192	195	224	230
Қабатаралық ығысу, МПа	43	52	45	53

39 және 40 - кестедегі алынған нәтижелерді салыстыра келе, жеке-жеке модификациялауға қарағанда, қосарлап модификациялау кезінде көмірпластиктің беріктік қасиеттері жоғарылайтынын көруге болады.

ЭД-20 шайырымен модификацияланған және тотыққан көміртекті мата арқылы алынған көмірпластиктің соққы тұтқырлығы 97 кДж/м²-ден 120 кДж/м²-ге дейін (23 % - ға) өсті, сығу беріктігі 300 МПа-дан 417 МПа дейін (39 % - ға) өсуі байқалады.

«Этал инжект-Т» шайырымен соққы тұтқырлығы 192 кДж/м²-ден 230 кДж/м²-ге дейін (19 % - ға) өсті, сығу беріктігі 425 МПа-дан 535 МПа дейін (24 % - ға) өсуі байқалады.

«Этал инжект-Т» шайыры арқылы алынған көмірпластиктің қабатаралық ығысуы зерттелді, 40-кесте салыстыра келе модификацияланбаған көмірпластиктің қабатаралық ығысуы 48 МПа құраса, ал көміртекті матасын азот қышқылында тотығып алынған көмірпластиктің ығысу беріктігі 52 МПа-ды құрады. Ал пластификатормен модификацияланып алынған көмірпластиктің ығысу беріктігі оң нәтиже бермеді.

6.2 Қосарланған модификация мен вакуумдық инфузия қалыптаудың көмірпластикке әсері

Қабатаралық ығысу нәтижелері арқылы компоненттер арасында беткі адгезияның әлсіздігі қолмен қалыптау кезінде қысымның жеткіліксіз болуына байланысты болады. Сол себепті көмірпластиктің адгезиялық қасиетін жақсарту мақсатында вакуумды инфузия қалыптау әдісі қолданылды, бұл матрицаның көміртекті матаға адгезиясын арттыруға көмектеседі, композитте кеуектердің пайда болу мүмкіндігін жояды, материалдың біркелкілігін жақсартады. Қосарланған модификация мен вакуумды инфузия қалыптау арқылы алынған көмірпластиктің нәтижелері 41 және 42 кестеде көрсетілген.

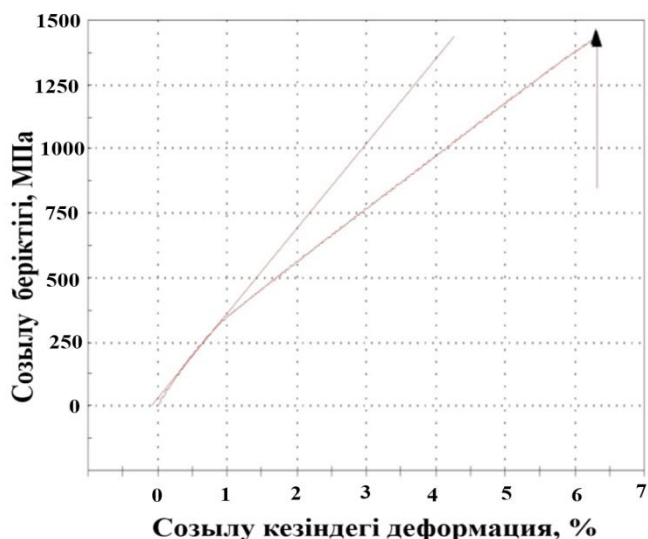
Кесте 41 – Модификацияланған ЭД-20 шайыры мен тотыққан көміртекті мата арқылы вакуумдық инфузия қалыптау арқылы алынған көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына әсері

Қасиеттер	Таза көмірпластик	10% ТКФ+ HNO ₃ , 2 минут
Сығу беріктігі, МПа	300	425
Созу беріктігі, МПа,	833	990
Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²	97	135
Серпімділік модулі, ГПа	20	59
Сығу кезіндегі деформация, %	1,8	0,7

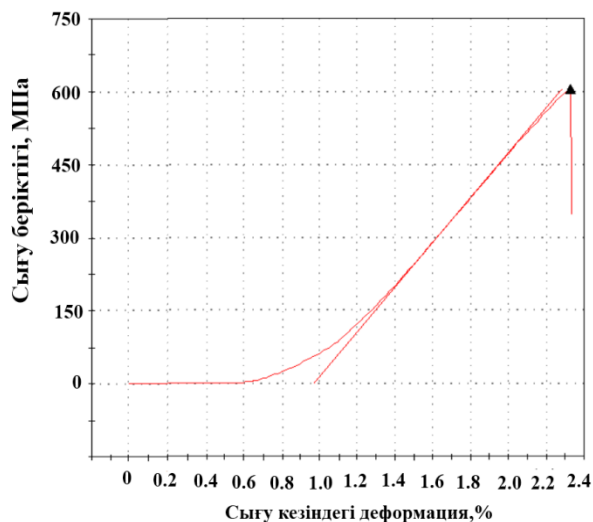
Кесте 42 – Модификацияланған «Этал инжект-Т» шайыры мен тотыққан көміртекті мата арқылы вакуумдық инфузия қалыптаумен алынған көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына әсері

Қасиеттер	Таза көмірпластик	10% ТКФ+ HNO ₃ , 2 минут
Сығу беріктігі, МПа	425	600
Созу беріктігі, МПа,	1000	1375
Соққы тұтқырлығы	192	250
Серпімділік модулі, ГПа	31,5	85
Сығу кезіндегі деформация, %	1,8	0,7
Қабатаралық ығысу, МПа	43	56

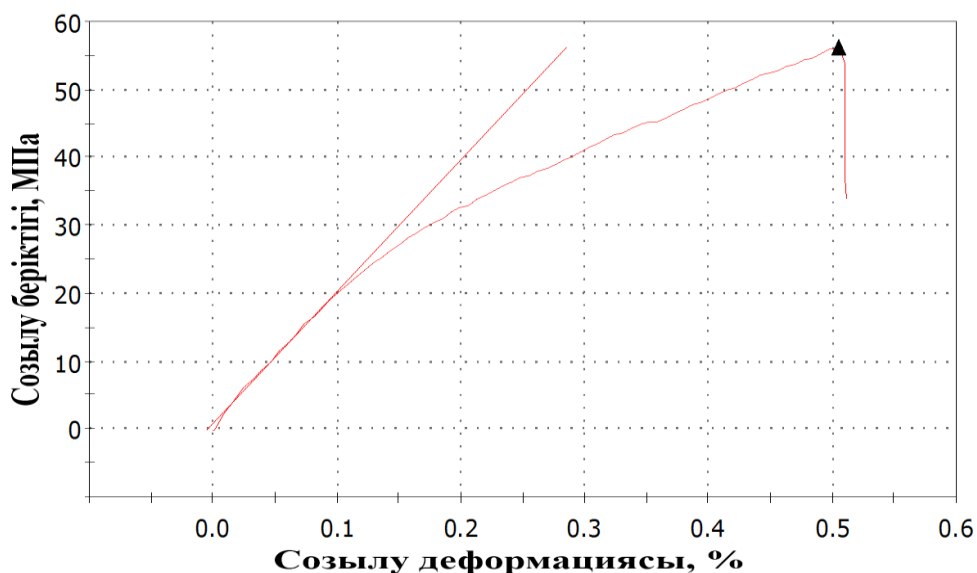
Алынған нәтижелерді салыстыра келе, вакуумда қалыптау және қосарланғанмодификациялауарқылы көмірпластиктің беріктік қасиеттерін максималды түрде жоғарлатуға болады. Көмірпластиктің соққы тұтқырлығы 192 кДж/м²-ден 250 кДж/м²-ге дейін (30% - ға) ұлғайды. Алынған көмірпластиктің беріктік қасиеттері 43 - суретте көрсетілген.



а



б



в

а-сығу беріктігінің шегі; б-созу беріктігінің шегі;
в-ығысу беріктігінің шегі;

Сурет 43- Вакуумдық инфузия қалыптау мен қосарланған модификация «Этал инъект-Т» шайыры арқылы алынған көмірпластиктің беріктік қасиеттері

Вакуумдық инфузия арқылы қалыптаумен қосарланған модификациялау арқылы «Этал инъект-Т» шайырымен алынған көмірпластиктің сығу беріктігі 425 МПа-дан 600 МПа дейін, созу беріктігі 1000 МПа –дан 1375 МПа-ға дейін, ал қабатаралық ығысу 43 МПа –дан 56 МПа-ға дейін өсуі, серпімдік модуль 38 ГПа екендігі 42-суретте көрсетілген.

Бұл ретте модификацияланбаған көмірпластикпен салыстырғанда сығу беріктігінің жоғарылауы 37 % - ға, қабатаралық ығысу артуы 30 % - ды құрады.

Бұл көрсеткіш вакуумдық инфузия қалыптау әдісін дұрыс таңдалғанын көрсетеді, өйткені қолмен қалыптау кезінде сығу беріктіктің жоғалуы 24 % құраған еді.

Модификацияланған ЭШ мен модификацияланған көміртекті матаның көмірпластикке әсері: пластификатормен модификациялау арқылы, шайырдың өміршендігін ұзарып үш өлшемді тармақталған құрылым құрады, ал көміртекті матаны модификациялау арқылы, функционалды топтар түзіліп ЭШ химиялық қосылыс түзеді. Осы химиялық қосылыстардан көмірпластиктің соққы тұтқырлығы мен беріктік сипаттамалары артады [104]. Көмірпластиктің механикалық қасиеттерін әр түрлі модификация арқылы көретуге болатыны дәлелденді [105].

Алтыншы тарау бойынша тұжырым

Көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне қосарланған модификация мен жаңадан қолданған вакуумдық қалыптаудың әсері:

- қосарланған модификация мен қолмен қалыптау кезінде көмірпластиктің беріктік қасиеттері мен соққы тұтқырлығы: ЭД-20 сығу беріктігі 417 МПа (39 %-ға өсті), созу беріктігі 976 МПа (17 %-ға өсті), серпімділік модулі 58 ГПа (2 есе артты), соққы тұтқырлығы 120 кДж/м² (23%-ға өсті); «Этал инжект-Т» сығу беріктігі 535 МПа (26%-ға өсті), созу беріктігі 1273 МПа (27%-ға жоғарлады), серпімділік модулі 80 ГПа (2 есе артты), 230 кДж/м² (19 % - ға өсті), қабатаралық ығысу 53 МПа (23%-ға өсті).

- қосарланған модификация мен вакуумдық инфузиямен қалыптау кезінде көмірпластиктің беріктік қасиеттері мен соққы тұтқырлығы: ЭД-20 сығу беріктігі 425 МПа, созу беріктігі 990 МПа, серпімділік модулі 59 ГПа беріктігі бір деңгейде, ал соққы тұтқырлығы 135 кДж/м² (12 %-ға артты); «Этал инжект-Т», сығу беріктігі 600 МПа (12%-ға өсті), созу беріктігі 1375 МПа (8%-ға жоғарлады), серпімділік модулі 85 ГПа (6%-ға артты) ал қабатаралық ығысу 56 МПа (5%-ға өсті), соққы тұтқырлығы 250 кДж/м² (8% - ға өсті). Беріктіктің өсу себебі, вакуумдық инфузия қалыптау кезінде материалдар газсыздандырылған кезде кеуектік азайып материалдың тығыздығы ұлғайған;

- беріктік сынақтарының нәтижелері бойынша жоғары беріктігі бар соққыға төзімді көмірпластик алу үшін вакуумдық инфузия қалыптаумен қосарланған модификациялау әдісін пайдалануды диссертациялық жұмыстың жаңалығы болып табылады.

Осы нәтижелер патенттелді [104], технологиялық әдіске мемлекеттік стандарт бойынша құжатнама жасалды [88], бұл әдіс арқылы алынған аэроғарыштық мақсаттағы соққыға төзімді көмірпластик әзірлеу технологиясы "KazTechInnovations" ЖШС енгізілді (енгізу акт қосымша Б берілген).

7 ҚОСАРЛАНЫП МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН БЕРІКТІГІ ЖОҒАРЫ СОҚҚЫҒА ТӨЗІМДІ КӨМІРПЛАСТИК ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ-ЭКОНОМИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН БАҒАЛАУ

Теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері, сондай-ақ жасақталған жаңа технология бойынша оптималды модификацияны таңдау және қосарланған модификациядан сапалы көмірпластик өнімдерін алуға мүмкіндік береді.

Ғимараттар мен құрылыстарды салу шығындары ескерілмеді, өйткені қажетті жабдықты жалға алынған бөлмеде орналастыруға болады.

Тікелей материалдық шығындар сатып алынған шикізат пен материалдардың өзіндік құнымен, сондай-ақ энергия ресурстарының шығындарымен, өндірістік персоналдың жалақыларымен анықталды.

Өнімнің өзіндік құнын қалыптастыру кезінде амортизациялық аударымдар негізгі қорлардың жобалық пайдалану мерзіміне байланысты анықталды.

Негізгі және қосалқы жабдықты таңдау және жобалау бойынша ұсыныстар

Көмірпластик алу технологиясына қажетті негізгі жабдықтар: ультрадыбыстық ванна СТ-400А, вакуумдық сорғыш INFUSION Vacmobiles 20/2, кептіргіш пеші SNOL 24/200.

Технологияны іске асыруға кететін шығындарды шамамен есептеу

Көміртекті матаның ауданы 200x300 мм етіп 20 қабат кесіліп алынды. Көміртекті матаның бетін тотықтыру процесі азот қышқыл HNO_3 ерітіндісінде 2 минут ұстау уақытында жүргізілді, содан кейін мата бірнеше рет дистилденген сумен жуылады және 1,5 сағат ішінде 110°C температурада кептіріледі. Эпоксид шайырына пластификатор трикрезилфосфат қосып, модификацияланған эпоксидті шайырды тотығып кептірілген көміртекті матаға жағып көмірпластик алынды. Қосарланған модификация мен вакууммен қалыптап алынған көмірпластикті қатаю температурасы 4 сағат ішінде 150°C және 180°C кезінде қосымша 1 сағат жүргізілді. Қосарланған модификация мен вакууммен қалыптап алынған көмірпластикті алу технологиясына кететін шығындар 43- кестеде көрсетілген.

Кесте 43 – Қосарланған модификация арқылы соққыға төзімді көмірпластик алуға шығындары.

Шығыстар	Саны немесе үлесі	Бірліктің бағасы немесе тарифі, теңге	Шығыстың мөлшері, теңге
1	2	3	4
1. Шикізат пен материалдар			
Эпоксидті шайыр, кг	0,450	4632	2084,4
Көміртекті мата, м ²	1,2	10132	12158,4

40-кестенің жалғасы

1	2	3	4
Трикрезилфосфат тг/кг	0,045	3000	135
Азот қышқылы тг/кг	1	210	210
Электр қуаты, кВт сағ (7 сағ)	7	28	196
Барлығы:			14783,8
2. Жалақы және әлеуметтік аударымдар			
- қызметкерлердің жалақысы	8 сағ	625	5000
– шегерімдер	20%		1000
Барлығы:			6000
3. Жабдық үшін амортизациялық аударымдар			
– Ультрадыбыстық ванна (амортизация мөлшері 10%)	1/247	17703	7.16
– Вакуумдық сорғы (амортизация мөлшері 10%)	1/247	1264500	512
– Кептіру шкафы (тозу коэффициенті 10%)	1/247	260211	105.3
– үй-жайларды жалға беру, 20 м ²	8 сағ	146	1168
Барлығы:			1793
Жалпы шығындар:			22576,8

Күрделі шығындарға сатып алынған ультрадыбыстық ванна, вакуумдық сорғы, кептіру шкафы кіреді, ол жалпы сомасы 1 542 414 теңгені құрайды.

Болжамалы пайданы анықтау үшін баға көмірпластиктің бір үлгісі үшін есептелінді. Салыстырмалы шығын ретінде беріктігі 200 МПа-ға тең, шетелдік өндірілген көмірпластик алуға болады, оның бағасы 27154 теңгені құрайды.

Демек, кірістің жалпы сомасы:

$$27154 - 22576,8 = 4577,2 \text{ теңге.}$$

Модификацияланған жоғары беріктікпен соққыға төзімді көмірпластик алу тиімділігінің болжамды техникалық-экономикалық есебі жасалды.

Көмірпластик дайындау үшін шығындардың жалпы сомасы 22576,8 теңгені құрайды, сатылымдағы беріктік қасиеттері 200 МПа-дан аспайтын көмірпластиктің бұйымдармен салыстырғанда орташа табыс сомасы 4577,2 теңгені құрайды. Осылайша, модификацияланған көмірпластик алудың ұсынылып отырған технологиясын болжамды техникалық-экономикалық бағалау оның тиімділігін көрсетті.

Бұл технологияда әзірленген көмірпластиктің ерекшелігі қос мақсаттағы көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына сәйкес келеді.

Қазіргі кезде көптеген көмірпластик сатылымда бар, бірақ олардың беріктік қасиеттері төмен болып келеді, себебі 420 МПа-дан асқан болса ол қос мақсаттағы құпия тізімге кіреді. Сол себепті, сатылымда бар Беларусь және Қытай өндірушілерінің үлгілерінің беріктігі 110-200 МПа-дан аспайды.

Осылайша,соққы тұтқырлығы 250 кДж/м², сығу беріктігі 600 МПа, созу беріктігі 1375 МПа, беріктігі жоғары және соққыға төзімді көмірпластик өндірісінің ұсынылған технологиясының болжанған техникалық-экономикалық бағасы, өзінің тиімділігін көрсетті.

Жетінші тарау бойынша тұжырым

Осы диссертациядағы ұсынып отырған технология сығу беріктігі 425-600 МПа болатын және соққы тұтқырлығы 250 кДж/м² дейін болатын көмірпластиктерді алуға мүмкіндік береді. Бұл ұшу аппараттарының конструкцияларын 3-5 есе жеңілдетуге мүмкіндік беріп, сонымен бірге соққы төзімділігін арттырады.

Көмірпластикті өндіру технологиясын жақсартуға бағытталған қосарланған модификация бойынша ұсынылған технологияларды енгізу, өндірістің экономикалық көрсеткіштері мен экологиялық қауіпсіздігін жақсартуға, сапасыз тауар өнімдерін алу қаупін азайтуға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық зерттеулер нәтижелері бойынша қысқаша қорытынды:

Диссертациялық жұмыстың негізгі ғылыми және тәжірибелік қорытындылары келесідей:

1) көмірпластиктің беріктік қасиеттерін жақсартатын тәсілдерге ғылыми негіздері мен қағидаларының қолданылуы қарастырылды. Эпоксид шайыры мен көміртекті матаны модификациялау, яғни жетілдіру әдістеріне талдау жүргізілді;

2) Зерттеу үшін «Саржа» тоқуындағы «3К-1200-200» маркалы көміртекті мата мен ЭШ екі түрі таңдалды: а) суық қатаюдағы ЭД-20 (бөлме температурасында); б) ыстық қатаюдағы «Этал инжект-Т» (150⁰С 4- сағат және 180⁰С 1- сағат). Көміртекті матаны модификациялау үшін 60% HNO₃ қолданылды. ЭШ модификациялау үшін: а) пластификаторлар: ТКФ, ОК, ГДМА, ТХЭФ; б) термопласттар: ПК, ПСФ, ПС, УПС қолданылды;

-қатайтылған ЭШ үлгілері: а) сығу беріктігін өлшеу үшін диаметрі 30 мм, биіктігі 38 мм цилиндрлік қалып; б) соққы тұтқырлығы үшін ұзындығы 1 – 80 мм, ені b – 10 мм, қалыңдығы h – 4мм қалып қолданды;

-көмірпластик үлгілері екі тәсілмен жасалды: а) қолмен қалыптау; б) вакуумдық инфузия қалыптау. Үлгінің қалыңдығы 4 мм.

3) Бастапқы модификацияланбаған ЭШ сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығы зерттелді: а) ЭД-20 сығу беріктігі 97МПа, ал соққы тұтқырлығы 20,1 кДж/м²; б) «Этал Инжект-Т» сығу беріктігі 106МПа, ал соққы тұтқырлығы 42,34 кДж/м² көрсетті.

-Пластификаторлардың сығу беріктігіне мен соққы тұтқырлығы әсері зерттелді:

Модификаторлар ретінде төрт түрлі пластификаторлар қолданылды: ТКФ, ГДМА, ТХЭФ, ОК. Осы пластификаторлар арасында оң нәтиже 10 % -ды көлемде ТКФ қосқанда мындай нәтиже көрсетті: ЭД-20: сығу беріктігі 99,6 МПа (2 % - ға өсті), ал соққы тұтқырлығы 39,5 кДж/м² (2 есе өсті); «Этал Инжект-Т»: сығу беріктігі 122,2 МПа (15% - ға өсті), ал соққы тұтқырлығы 80,3 кДж/м² (90% - ға жақсарды).

-Термопласттардың ЭШ сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығы әсері зерттелді:

Модификаторлар ретінде төрт түрлі термопласттар қолданылды: ПСФ, ПК, ПС, УПС. Осы термопласттардың арасында эпоксид шайырына оң нәтиже 15 % -ды көлемде ПК қосқанда мындай нәтиже көрсетті: ЭД-20: сығу беріктігі 97,1 МПа сол деңгейде, ал соққы тұтқырлығы 35,2 кДж/м² (75% - ға өсті); «Этал Инжект-Т»: 107,4 МПа сол деңгейде, ал соққы тұтқырлығы 70,1 кДж/м² (65 % аздап артады).

-Шайырларды беріктік қасиеттерінің өсуі пластификаторлар мен термопласттардың ЭШ химиялық әрекеттесуімен байланысты болатындығы жөнінде тұжырым жасалды.

4) Бастапқы модификацияланбаған ЭШ мен модификацияланбаған көміртекті матамен және қолмен қалыптау арқылы жасалған көмірпластиктің беріктік қасиеттері мен соққы тұтқырлығы: а) ЭД-20 созу кезінде 833 МПа, ал сығу кезінде 300 МПа, соққы тұтқырлығы 97 кДж/м² құрады; б) «Этал инжект-Т» созу кезінде 1000 МПа, сығу кезінде 425 МПа, соққы тұтқырлығы 192 кДж/м² көрсетті.

- көміртекті матаны азот қышқылында тоттығу уақыты 0,5-тен 20 минутқа дейінгі режимдері зерттелді.

- ЭД-20 шайыры мен көміртекті мата 2,5 минут тотыққан кезде алынған көмірпластиктің созу беріктігі 833 МПа-дан 900 МПа-ға дейін, сығу беріктігі 300 МПа-дан 385 МПа-ды құрады. Ал соққы тұтқырлығы бұл жағдайда өзгеріссіз.

- «Этал инжект-Т» шайырымен және көміртекті мата 2 минут уақыт тотыққан кезде көмірпластиктің созу кезінде беріктігі 15% - ға 1000 МПа-дан 1150 МПа-ға, сығу кезіндегі беріктік 17% - ға 425 МПа-дан 497 МПа-ға дейін артты.

5) Өртүрлі модификаторлардың (пластификаторлар, термопласттар) көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсері қарастырылды:

- Пластификаторлардың көмірпластиктің сығу беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсері зерттелді:

Модификатор ретінде екі түрлі пластификатор қолданылды: ТКФ, ОК. Осы пластификаторлар арасында көмірпластикке оң нәтиже 10 %-ды ТКФ қосқанда мындай нәтиже көрсетті: ЭД-20 сығу беріктігі 408 МПа (36%-ға жоғарлады), ал соққы тұтқырлығы 105 кДж/м² (8%-ға артты); «Этал инжект-Т» арқылы көмірпластиктің сығу беріктігі 510 МПа-ға (17% - ға дейін өсті), ал соққы тұтқырлығы 224 кДж/м² (14% - ға дейін жақсарды).

- Термопласттардың көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне әсері зерттелді:

Модификаторлар ретінде төрт түрлі термопласттар қолданылды: ПСФ, ПК, ПС, УПС. Осы термопласттардың арасында эпоксид шайырына оң нәтиже 15 % -ды көлемде ПК қосқанда мындай нәтиже көрсетті: ЭД-20 көмірпластиктің сығу беріктігі 342 МПа (14%-ға артты), соққы тұтқырлығы 99 кДж/м² (2%-ға артты); «Этал инжект-Т» көмірпластиктің сығу беріктігі 452 МПа (6% – ға), соққы тұтқырлығы-201 кДж/м² (4% - ға) құрады.

- Модификаторлар арасында сығу беріктік деңгейін жоғарлата отырып, соққы тұтқырлығын арттыратын 10%-ды ТКФ пластификаторын көмірпластиктің беріктік қасиетін жақсартатын модификатор болып табылады.

б) көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне қосарланған модификация мен вакуумдық инфузия қалыптаудың әсері зерттелді:

- қосарланған модификация мен қолмен қалыптау кезінде көмірпластиктің беріктік қасиеттері мен соққы тұтқырлығы: ЭД-20 сығу беріктігі 417 МПа (39 %-ға өсті), созу беріктігі 976 МПа (17 %-ға өсті), серпімділік модулі 58 ГПа (2 есе артты), соққы тұтқырлығы 120 кДж/м² (23%-

ға өсті); «Этал инжект-Т» сығу беріктігі 535 МПа (26%-ға өсті), созу беріктігі 1273 МПа (27%-ға жоғарлады), серпімділік модулі 80 ГПа (2 есе артты), 230 кДж/м² (19 % - ға өсті), қабатаралық ығысу 53 МПа (23%-ға өсті).

- қосарланған модификация мен вакуумдық инфузия қалыптау кезінде көмірпластиктің беріктік қасиеттері мен соққы тұтқырлығы: ЭД-20 сығу беріктігі 425 МПа, созу беріктігі 990 МПа, серпімділік модулі 59 ГПа беріктігі бір деңгейде, ал соққы тұтқырлығы 135 кДж/м² (12 %-ға артты); «Этал инжект-Т», сығу беріктігі 600 МПа (12%-ға өсті), созу беріктігі 1375 МПа (8%-ға жоғарлады), серпімділік модулі 85 ГПа (6-%-ға артты) ал қабатаралық ығысу 56 МПа (5%-ға өсті), соққы тұтқырлығы 250 кДж/м² (8% - ға өсті). Беріктіктің өсу себебі, вакуумдық инфузия қалыптау кезінде материалдар газсыздандырылған кезде кеуектік азайып материалдың тығыздығы ұлғайған;

- беріктік сынақтарының нәтижелері бойынша жоғары беріктігі бар соққыға төзімді көмірпластик алу үшін вакуумдық инфузия қалыптаумен қосарланған модификациялау әдісі ең қолайлы болып табылады.

Қойылған міндеттердің толық шешілуін бағалау.

Диссертациялық жұмыстың нәтижелері қойылған міндеттердің орындалғанын көрсетті:

2) «ЭШ-ын пластификаторлар мен термопласттармен модификациялау арқылы беріктігін арттыру» қойылған мәселе оң шешілді: шайырлардың сығу беріктігі 2-15% артты, соққы тұтқырлығы 2 есе өсті;

3) «көміртекті матаның химиялық белсенділігін, азот қышқылымен тотығу процессі арқылы арттырып, көмірпластиктің беріктік қасиеттерін көтеру» қойылған мәселесі оң шешілді: осы процесс арқылы көмірпластиктің сығу беріктігі 17%, созу беріктігі 15 % өсті;

4) «модификацияланған ЭШ көмірпластиктің механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу» қойылған мәселе оң шешілді: көмірпластиктің сығу беріктігі 17-36%-ға, соққы тұтқырлығы 8-14% өсті;

5) «көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына модификацияланған көміртекті мата мен модификацияланған ЭШ қос әсері мен вакуумдық инфузиямен қалыптаудың әсерін зерттеу» қойылған мәселе оң шешілді: қолмен қалыптау арқылы көмірпластиктің сығу беріктігі 26%, созу беріктігі 27%, соққы тұтқырлығы 2 есе өсті; егерде үлгілер вакуумдық инфузия қалыптау арқылы жасалса сығу беріктігі тағы да 12% өседі, созу беріктігі 8% өседі, соққы тұтқырлығы 8% артады.

- Диссертация тақырыбы бойынша жарияланған ғылыми жұмыстар диссертациялық жұмыстың негізгі мазмұнын көрсетеді және оларға қойылатын талаптарға сәйкес келеді. Жарияланған ғылыми жұмыстардың тізімі А қосымшасында көрсетілген, барлық жұмыстарға диссертация мәтінінде сілтемелер бар.

Нәтижелерді нақты пайдалану бойынша ұсыныстар мен бастапқы деректер

Қосарланған модификация мен вакуумдық инфузиямен қалыптау кезінде жоғары беріктік пен соққыға төзімді көмірпластик алуға болады,

бұлаэроғарыштық мақсаттағы көмірпластиктен отандық бұйымдарды жасау үшін базалық технология болып табылады.

Енгізудің техникалық-экономикалық тиімділігін бағалау

Модификацияланған жоғары беріктікті соққыға төзімді көмірпластик алу тиімділігінің болжамды техникалық-экономикалық есебі жасалды. Болжамалы пайданы анықтау үшін баға көмірпластиктің бір үлгісі үшін есептелінді.

Көмірпластик дайындау үшін шығындардың жалпы сомасы 22576,8 теңгені құрайды, сатылымдағы беріктік қасиеттері 200 МПа-дан аспайтын көмірпластиктің бұйымдармен салыстырғанда орташа табыс сомасы 4577,2 теңгені құрайды. Осылайша, модификацияланған көмірпластик алудың ұсынылып отырған технологиясын болжамды техникалық-экономикалық бағалау оның тиімділігін көрсетті.

Бұл технологияда әзірленген көмірпластиктің ерекшелігі қос мақсаттағы тізімдегі сатуға тиым салынатын көмірпластиктің беріктік сипаттамаларына сәйкес келеді.

Осы диссертациядағы ұсынып отырған технология сығу беріктігі 425-600 МПа-ға дейін болатын және соққы тұтқырлығы 250 кДж/м² дейін болатын көмірпластиктерді алуға мүмкіндік береді. Бұл ұшу аппараттарының конструкцияларын 3-5 есе жеңілдетуге мүмкіндік беріп, сонымен бірге соққы төзімділігін арттырады.

Аэроғарыштық мақсаттағы соққыға төзімді көмірпластик өндірісіне әзірленген технология "KazTechInnovations" ЖШС енгізілді (енгізу акт қосымша Б берілген). Бұл "KazTechInnovations" ЖШС шығарылатын ұшу аппараттарының техникалық және механикалық сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік береді.

Берілген облыста үздік жетістіктермен салыстырғанда орындалған жұмыстың ғылыми деңгейін бағалау. Жұмыстың жаңалығы Қазақстанда алғаш рет қосарланған модификация арқылы сығу беріктігін жоғарлата отырып, соққы тұтқырлығын арттыратын көмірпластикті алудың технологиясын әзірлеу болып табылады.

Ұсынылған диссертациялық жұмыстың ғылыми деңгейі, ғылыми құндылыққа ие, бұл автордың ғылыми еңбектермен: а) жарияланған мақалаларымен; б) халықаралық конференциядағы нәтижелерімен в) пайдалы модель патентімен расталады (қосымша Ә).

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Сидоренко, Ю.Н. Конструкционные и функциональные волокнистые композиционные материалы: учебное пособие / Ю.Н. Сидоренко. – Томск: Изд-во ТГУ, 2006. – 107 с.
- 2 Примаченко, Б.М. Исследование качества композиционного материала, армированного углеродной тканью / Б.М. Примаченко, К.О. Строкин, А.М. Киселев // Химические волокна. – 2015. № 4. – С. 80–84.
- 3 Белова Н. А. Композитные материалы на основе углеродных волокон // Молодой ученый. – 2015. №24.1. – С. 5-7.
- 4 Молчанов Б. И., Гудимов М.М. Свойства углепластиков и области их применения // ВИАМ. – 1997. №3-4. – С.1- 10.
- 5 Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные КМ. СПб: Научные основы и технологии, 2008. – 332 с.
- 6 Житомирский Г. И. Конструкция самолетов / Г.И.Житомирский. – М.: Машиностроение, 1991. – 400 с.
- 7 Полимерные композиционные материалы в конструкциях летательных аппаратов/ Г.М.Гуняев, В.В. Кривонос, А.Ф. Румянцев, Г.Ф. Железина. – М.: Журнал «Конверсия в машиностроении». – 2004. № 4. – С.1-16.
- 8 Мишкин С.И., Малаховский С.С. Быстроотверждаемые связующие и препреги: получение, свойства и области применения (обзор) // ТРУДЫ ВИАМ. – 2019. №5 (77). – С.32-40.
- 9 Раскутин А.Е. Стратегия развития полимерных композиционных материалов // Авиационные материалы и технологии. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-S-344-348. – 2017. №S. – С. 344–348.
- 10 Варшавский В.Я. Углеродные волокна [текст]/ В.Я. Варшавский // М.: ФГУП ПИК ВИНТИ 2005. – 500с.
- 11 Земскова Л. А. Модифицированные углеродные волокна: сорбционные и электрохимические свойства: Автореф. дис. на соиск. уч. степ.. докт. хим. наук [текст] // Ин-т химии ДВО РАН, Владивосток, 2011. – 51 с.
- 12 Ates M. Electrochemical impedance of poly(9-tosyl-9H-carbazole-copolyrrole) electrocoated carbon fiber [Text]/ Ates M., Uludag N., Sarac A. S. // Materials Chemistry and Physics. – 2011. Vol.127, № 1-2. – P.120-127.
- 13 Yermakhanova A.M., Ismailov M.B. Carbon nanoparticles influence on mechanical properties of epoxide resin and carbon composite. Review. Complex Use of Mineral Resources, Almaty. – 2016. №4. – P.63-73
- 14 Bhabendra K.P., Effect of different oxidizing agent treatments on the surface properties of activated carbons [text] / Bhabendra K.P., Sandelea N.K. // Carbon, 37.-1999. –P. 1323-3332.
- 15 Bakar M., Bialkowska A., Rudecka J., Bachan D. Preparation and Properties Evaluation of an Epoxy Resin Toughened by a Combination of Reactive Polyester and Kaolin // Polymers & Polymer Composites. – 2012. – Vol. 20, №7. – P. 629-637.

16 Мараховский К.М., Осипчик В.С., Водовозов Г.А., Папина С.Н. Модификация эпоксидного связующего с повышенными характеристиками для получения композиционных материалов // Успехи в химии и химической технологии. –2016.–Т. XXX, № 10. – С. 56-58.

17 Ku H., Cardona F., Rogers D. Vandenbroucke A. Effects of EPON on Mechanical and Thermal Properties of Epoxy Resins [Электрон. ресурс] – URL:<https://pdfs.semanticscholar.org/8da3/43d97d56c9de4ca5a6a6505cd09ebe217b4.pdf> (дата обращения 11.08.2020).

18 Zeyu Sun, Lei Xu, Zhengguo Chen, Yuhao Wang, Rogers Tusiime, Chao Cheng, Shuai Zhou, Yong Liu, Muhuo Yu, Hui Zhang. Enhancing the Mechanical and Thermal Properties of Epoxy Resin via Blending with Thermoplastic Polysulfone // Polymers. <https://doi.org/10.3390/polym11030461>. – 2019, №11 (461).–P.1-17.

19 Pilawka R., Paszkiewicz S., Rosłaniec Z. Epoxy composites with carbon nanotubes // Advances in manufacturing science and technology. – 2012. –Vol. 36, № 3. – P. 67-79.

20 Яковлев Е.А., Яковлев Н.А., Ильиных И.А., Бурмистров И.Н., Горшков Н.В. Исследование влияния функционализированных многостенных углеродных нанотрубок на электропроводность и механические характеристики эпоксидных композитов. // Вестник Томского государственного университета. Химия. – 2016. –Т. 5, № 3. – С. 15-23.

21 Полоз А.Ю., Эбич Ю.Р., Прокопчик Н.Р., Долинская Р.М., Мозгалев В.В. Олигомерные каучуки с реакционноспособными группами как модификаторы эпоксидных износостойких композиций // Вопросы химии и химической технологии. – 2016. – Т. 1 (105). –С. 72-77.

22 Фитцер Э. Углеродные волокно и углекомпозиаты // Мир, Москва.1988.–168с.

23 Харинова Ю.Ю. Методика прогнозирования качества изготовления стеклопластиковых оболочек методом намотки. Дис. канд. техн.наук: 05.13.01 – Ижевск: ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова».2017. – 191 с.

24 Нелюб В.А., Гращенков Д.В., Коган Д.И., Соколов И.А. Применение прямых методов формования при производстве крупногабаритных деталей из стеклопластиков// Химическая технология.–2012. – Т.13, №12. – С. 735 -739.

25 Полимерные композиционные материалы: методы получения: методическое руководство/ под ред. М.Ю. Яблоковой. – М.: 2011. – 54 с.

26 Коган Д.И., Душин М.И., Борщев А.В., Вешкин Е.А., Абрамов П.А., Макрушин К.В. Свойства конструкционных углепластиков пропиткой под вакуумом. Известия Самарского научного центра Российской академии наук.–2012. – Т.14, № 4(2). – С.762-766.

27 Методы производства углепластиков. GraphitePro. [Электронный ресурс]URL:<http://graphitepro.ru/technology/%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%BE%D0%BD> (дата обращения 04.02.2020)

28 Подкопаев, С.А. Структура, свойства и технология получения углеродных волокон: сборник научных статей. – Челябинск: Челябинский государственный университет, 2006. – 217 с.

29 Перепелкин, К.Е. Химические волокна: развитие производства, методы получения, свойства, перспективы. – Санкт-Петербург: РИО СПГУТД, 2008. – 354 с.

30 Нелюб, В.А. Влияние шероховатости углеродных волокон на свойства углепластиков / В.А. Нелюб, А.А. Берлин // Химические волокна. – 2014. № 5. – С. 30–35.

31 Армированные пластики (часть 1): структура и свойства / [электрон. ресурс] URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/301/> (дата обращения 04.02.2020)

32 Каданцева, А.И. Углеродные волокна: учебное пособие / А.И. Каданцева, В.А. Тверской. – М.: МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2008. – 55 с.

33 Мелешко, А.И. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты / А.И. Мелешко, С.П. Половников. – М.: Сайнс-Пресс, 2007. – 192 с.

34 Перепелкин, К.Е. Углеродные волокна со специфическими физическими и физико-химическими свойствами на основе гидрат целлюлозных и полиакрилонитрильных прекурсоров / К.Е. Перепелкин // Химические волокна. – 2002. № 4. – С. 32–40.

35 Ней Зо Лин. Технологические и эксплуатационные свойства наномодифицированного полиэтилена. Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, – 2017. – 163 с.

36 Бредихин П.А. Модификация базальтопластиков на основе полиэтилена // Молодой ученый. – 2015. №24 (104). – С. 7-8.

37 Урванов С. А. Модифицирование углеродного волокна углеродными наноструктурами. Дисс. канд.хим. наук: Троицк, Москва: Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов. – 2016. – 142 с.

38 Роботизированные решения по обработке полимерных композитных материалов. [Электронный ресурс] URL: <http://promrob.com/napravleniya-deyatel-nosti/innovatsionny-e-resheniya/robotizirovanny-e-resheniya-po-izgotovleniyu-pkm/> (Дата обращения 18.04.2021).

39 Копытин А.В. Модифицированные эпоксидные композиционные материалы пониженной пожарной опасности: дис. ... канд.техн.наук:05.23.05 – М.: НИУ МГСУ, 2017. – 196 с.

40 Белецкий Е.Н., Петров В.М., Безпальчк С.Н. Учет физико-механических характеристик композиционных углепластиков, влияющих на процессы разрушения при реализации технологического процесса механической обработки и экстремальных условиях // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О.Макарова, - 2014. – Т.2. – С.66-72.

41 Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология //Интеллект, Долгопрудный –2010. –352 с.

42 Yakushin V., Belkova L., Sevastyanova I., Deme L., Properties of Rigid Polyurethane Foams Filled with Chopped Glass Fibers //Material Science and Applied Chemistry. – 2012. –Vol.22. – P. 1-5.

43 Буй Дык Мань. Разработка композиционных материалов на основе эпоксиуретановых олигомеров с улучшенными эксплуатационными свойствами // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева // Москва. – 2014.–141с.

44 Мошинский Л. Эпоксидные смолы и отвердители. Аркадия пресс Лтд, Тель-Авив, 1995.– 370 с.

45 Зайцев Ю. С., Кочергин Ю. С., Пактер М. К., Кучер Р. В. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции. Киев. Наукова думка.1990.– 198 с.

46 Чернин И. З., Смехов Ф. М., Жердев Ю. В. Эпоксидные полимеры и композиции. М.: Химия. 1982.– 230 с.

47 Ли Х., Невилл К. Справочное руководство по эпоксидным смолам. М.: Энергия, 1973. –416 с.

48 Яковлев А. Д., Здор В. Ф., Каплан В. И. Порошковые полимерные материалы и покрытия на их основе. М.: Химия, 1971.– 256 с.

49 ГОСТ 10587-84. Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные. Технические условия // Электронный ресурс URL:<https://yato-tools.ru/raznoe-2/smola-epoksidnaya-ed-20-gost-10587-84-gost-10587-84-smoly-epoksidno-dianovye-neotverzhennye-texnicheskie-usloviya-s-izmeneniem-n-1-spravkoj.html>(дата обращения 25.01.21).

50 ТУ 2257-Инжект-18826195-12. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.epital.ru/infu/t.html>(дата обращения 05.02.21).

51 Милашус В. М. Исследование релаксационных свойств тканей: дис. ... докт. техн. наук. Каунас, 1974. –327 с.

52 Васильев В.В. Композиционные материалы. Справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин //М.: Машиностроение, 1990.– 512с.

53 ВУ6214С1. Способ модифицирования углеродистого наполнителя для политетрафторэтилена/ Гракович Петр Николаевич; Шелестова Валентина Александровна/ Патентообладатель: Государственное научное учреждение "Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)Номер заявки: a19990866 опубл 2004.06.30file:///C:/Users/Iiyas/Downloads/4236880.pdf

54 2017137965 Аппретированное углеродное волокно и способ его получения / Булгаков Б.А., Бабкин А.В., Кепман А.В., Авдеев В.В., Джеваков П.Б., Коротков Р.Ф./ Патентообладатель(и): Закрытое акционерное общество "Институт новых углеродных материалов и технологий" (ЗАО "ИНУМиТ"), опубл30.04.2019, Бюл. № 13 – 33 с.

- 55 Дьячкова Т.П., Ткачев А.Г. Методы функционализации и модифицирования углеродных нанотрубок. – М.: Спектр, 2013. – 152 с.
- 56 Солдатов А.И. Формирование структуры углеродной поверхности при воздействии окислителей / Вестник Челябинского университета. – 2004. – № 1. – С. 81-94.
- 57 Pittman C. U., JR Chemical modification of carbon fiber surfaces by nitric acid oxidation followed by reaction with tetraethylenepentamine, Carbon. – 1997. – Vol. 35, № 3. – P. 317-331
- 58 Pittman C. U., JR Reactivities of amine functions grafted to carbon fiber surfaces by tetraethylenepentamine. Designing interfacial bonding, Carbon. – 1997. – Vol. 35, № 7. – P. 929-943.
- 59 Zhang X, Pei X, Jia Q, Wang Q. Effects of CFs surface treatment on the tribological properties of 2D woven carbon fabric/polyimide composites. Appl Phys A. – 2009. – Vol. 95, № 3. – P. 793–799.
- 60 Mustafa L. M., Yermakhanova A. M., Ismailov M. B. The effect of carbon fabrics modification on the strength of carbon fiber reinforced plastic / Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a. – 2019. № 2. – С. 68-75.
- 61 Liliana Burakowski Noharaa, Gilberto Petraconi Filhob, Evandro Luís Noharac, Maurício Urban Kleinked, Mirabel Cerqueira Rezende. Evaluation of Carbon Fiber Surface Treated by Chemical and Cold Plasma Processes. Materials Research. – 2005. – Vol. 8, № 3. – P. 281-286.
- 62 Старокамодский Д. Длинный век эпоксидки. Наука и жизнь. – 2018. № 1. – С. 66-72.
- 63 Machanje Doreen Itenyu, Xinhai Yu, Rotich K. Gideon. Modification of Epoxy Resin with Reactive End-Capped Carboxylic Imide Oligomer for Manufacture of Glass-Fiber Reinforced Composite. International Journal of Composite Materials. – 2017. № 7(4). – С. 120-126.
- 64 Воробьев А. Эпоксидные смолы. Компоненты технологии. – 2003. № 8. – С. 170-173.
- 65 Мостовой А.С. Разработка составов, технологии и определение свойств микро и наноуполненных эпоксидных композитов функционального назначения. Саратов, 2014 – 149 с.
- 66 Мостовой А.С. Модифицирование эпоксидных полимерных материалов олеиновой кислотой. Перспективные материалы. – 2015. № 4. – С. 33-37.
- 67 Мостовой А.С. Таганова А.А. Модификация эпоксидных полимеров нанодисперсным оксидом алюминия. Тонкие химические технологии. – 2017. – Т. 12, № 5. – С. 21-27.
- 68 Еремеева Н.М., Никифоров А.В. Исследование свойств эпоксидных композиций на основе модифицированных целлюлозосодержащих материалов. Журнал «Молодой ученый», Москва. – 2015. № 24.1 – С. 20-23.
- 69 Мостовой А.С. Плакунова Е.В. Разработка огнестойких эпоксидных композиций и исследование их структуры и свойств. Перспективные материалы. – 2014. № 1. – С. 37-43.

- 70 Triethyl phosphate. Unep publications. –2002, –151p.
- 71 Vasanthakumari R. Flame retardant fibre reinforced polyester formulation for roofing application. Asia-Pacific Conference on FRP in Structures. India – 2007. – P.637-643.
- 72 Мостовой А.С. Рецептура модификация эпоксидных смол с применением новых высокоэффективных пластификаторов. Modern high technologies.– 2015. №7. – С. 66-70.
- 73 Zhi Wang, Jiajia Zhou. Experimental study of low cycle fatigue properties for epoxy resin with dibutyl phthalate. Archives of civil engineering. – 2018. – Vol. LXIV. – P.147-159.
- 74 Сопотов Р. И. Связующие для композиционных материалов на основе эпоксидного олигомера, модифицированного смесями термопластов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - 2016. – 190 с.
- 75 Сопотов Р.И., Горбунова И.Ю., Онучин Д.В., Костенко В.А., Коротова А.И., Борносуз Н.В. Влияние модификаторов полисульфона и полиэфирсульфона на термомеханические свойства эпоксидной связующего / Успехи в химии и химической технологии. –2015. –Т. XXIX, № 10.–С.1-3.
- 76 McGrail P.T., Jenkins S.D. Some aspects of interlaminar toughening: reactively terminated thermoplastic particles in thermoset composites // Polymer. – 1993. – Vol. 34. – P. 677-683.
- 77 Seunghan Shin, Jyongsik Jang. The effect of thermoplastic coating on the mechanical properties of woven fabric carbon-epoxy composites // Journal of Materials and Science. – 2000. – Vol. 35. – P. 2047-2054.
- 78 Pisanova E.V., Zhandarov S.F., Yurkevich O.R. Epoxy-Polysulfone Networks as Advanced Matrices for Composite Materials // The Journal of Adhesion. – 1997. – Vol. 64. – P. 111-129.
- 79 Woo E.M. and Mao K.L. Interlaminar morphology effects on fracture resistance of amorphous polymer-modified epoxy/carbon fibre composites // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 1996. –Vol.27, № 8.– P.625–631. (in Eng.)
- 80 Куперман А.М., Зеленский Э.С., Кербер М.Л. Стеклопластики на основе матриц, совмещающих термо- и реактопласты // Механика композитных материалов. – 1996.– Т.32, №1. – С. 111–117.
- 81 Тагер А.А. Физико-химия полимеров /-М.: Научный мир.2007,–576 с.
- 82 Ноздрин Л.В., Короткова В.И., Бейдер Э.Я. Термопластичные полимеры для конструкционных композиционных материалов (обзор)/ ВИАМ. –1991. №1.–С.1-15.
- 83 Алентьев А.Ю., Яблокова М.Ю. Связующие для полимерных композиционных материалов / Учебное пособие для студентов по специальности «Композиционные наноматериалы». Москва. 2010,– 69с.
- 84 Высокомодульные углеродные ткани. [Электрон. ресурс] URL : <https://carbonstudio.ru/catalog/uglerodnye-tkani> (дата обращения 09.09.2020).

85 Трикрезилфосфат. [Электрон. ресурс]
URL: <http://kurskhimprom.ru/catalog/lkm-syre/trikrezilfosfat> (дата обращения 09.09.2020).

86 Олеиновая кислота. [Электронный ресурс] –
URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 26.08.2019).

87 Термопласты / новые химические технологий [Электронный ресурс] -
URL. - <http://www.newchemistry.ru/material.php?id=1> (дата обращения 26.08.2019).

88 Разработка технологии производства ударопрочного углепластика для изделий оборонного и аэрокосмического назначения Отчет о НИР// АО «НЦКИТ»: рук. Исмаилов М.Б. – Алматы, .2020. – 110 с. Инв. № 0220РК00034.

89 Исмаилов М.Б., Мустафа Л.М. Актуальные вопросы космического материаловедения / Национальный центр космических исследований и технологий. – Алматы, 2017. – 279 с.

90 ГОСТ 33519-2015. Композиты полимерные Метод испытания на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах / Введ.01-01-2015. – Москва: Изд-во стандартов, 2015. – 42 с.

91 ASTM D 6641 / D 6641 M – 09. ASTM International – Standard Test Method for Determining the Compressive Properties of Polymer Matrix Composites Laminates Using a Combined Loading Compression (CLC) Test Fixture.

92 ГОСТ 32656-2014 Композиты полимерные методы испытаний. Испытания на растяжение / Введ.01-09-2015. – Москва : Изд-во стандартов, 2015. – 63 с.

93 Мошев В.В. Свистков А.Л., Гаришин О.К. Структурные механизмы формирования механических свойств зернистых полимерных композитов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 508 с.

94 Chiganova G.A. Chiganov A.S. Structure and properties of ultrafine diamond powder produced by detonation synthesis // *Inorganic Materials*, – 1999.– Vol. 35, No. 5. – P. 480–484.

95 Puzyr A.P., Bondar V.S., Bukayemsky A.A., Selyutin G.E., Kargin V.F. Physical and chemical properties of modified nanodiamonds. In: *Syntheses, Properties and Applications of Ultrananocrystalline* NATO Science Series. II. Mathematics, Physics and Chemistry, Springer (Ed. Dieter Gruen), Kluwer Academic Publishers B.V. – 2005.–Vol.192. – P.261-270.

96 Тарнопольский Ю.М., Кинцис Т.Я. Методы испытаний армированных пластиков. – М.: Химия, 1981. – 272 с.

97 ГОСТ 4647-2015 Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Шарпи– Введ. 01-01-2017. – Москва : Изд-во стандартов, 2017.– 7с.

98 Мустафа Л.М., Исмаилов М.Б., Ермаханова А.М., Санин А.Ф. Исследование влияние пластификаторов термопластов на механические свойства эпоксидной смолы и углепластика (Обзор) / Комплексное использование минерального сырья, – Алматы, – 2019. №4. – С. 48-56. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.37>.

99 Mustafa L.M., Ismailov M.B., Sanin A.F. Study on the effect of plasticizers and thermoplastics on the strength and toughness of epoxy resins / Международный рецензируемый журнал «Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu» (индексируется в базе данных Scopus), Украина, 2020 №4. P. 63-68. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-4/063>.

100 Эпоксидная смола - общая структурная химическая формула [Электронный ресурс] - URL.<http://techno.x51.ru/index.php?mod=text&uitxt=300> (дата обращения 26.08.2021).

101 Ермаханова А.М. Исследование эффективных путей упрочнения углепластика путем модификации углеродными наночастицами / Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD). – 2019, – 92с.

102 Мустафа Л.М.,Исмаилов М.Б. Исследование методов модификации углеродной ткани с целью увеличения прочностных свойств углепластиков / Вестник КазНИТУ.Алматы, –2019. №5 (135). –С. 72-75.

103 Мустафа Л.М.,Исмаилов М.Б. Исследование влияния пластификаторов на прочность и ударную вязкость углепластика / Международной научно-практической конференции «НАУКА И ИННОВАЦИИ: НОВОСТИ, ПРОБЛЕМЫ И ДОСТИЖЕНИЯ». Алматы29-30 апрель.– 2020.–Т.2.–С. 179-182.

104 Пат. на полезную модель 6006 РК. Способ получения углепластика/ Мустафа Л.М,Исмаилов М.Б.,Жумаханова В.Р., Байсериков Б.М., Аблакатов И.К., патентобладательАО «НЦКИТ»; опубл. 23.04.2021, Бюл. № 16. – 3 с.

105 Мұстафа Л.М., Исмаилов М.Б., Санин А. Ф. Эпоксидті шайырды термопласттармен модификациялаудың және құрамдастырылған арматуралаудың көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсерін зерттеу / Халықаралық конференция «Қазіргі жастардың ғылыми әлеуметі-2021» 17-18 мамыр 2021. Қарағанды. –2021. –С. 371-375.

ҚОСЫМША А

Зерттеу тақырыбы бойынша жарияланымдар тізімі

1. Мустафа Л.М., Ермаханова А.М., Исмаилов М.Б. The effect of carbon fabrics modification on the strength of carbon fiber reinforced plastic / Комплексное использование минерального сырья. Алматы, –2019. №2. –С. 68-75. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.18>.

2. Мустафа Л.М., Исмаилов М.Б., Ермаханова А.М., Санин А.Ф. Исследование влияние пластификаторов термопластов на механические свойства эпоксидной смолы и углепластика (Обзор) / Комплексное использование минерального сырья. Алматы, – 2019. №4. – С. 48-56. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.37>.

3. Мустафа Л.М., Исмаилов М.Б. Исследование методов модификации углеродной ткани с целью увеличения прочностных свойств углепластиков / Вестник КазНИТУ. Алматы, –2019. №5 (135). –С. 72-75.

4. Мустафа Л.М., Исмаилов М.Б. Исследование влияния пластификаторов на прочность и ударную вязкость углепластика / Международной научно-практической конференции «Наука и инновации: новости, проблемы и достижения». Алматы 29-30 апрель 2020, –Т.2. –С. 179-182.

5. Mustafa L.M., Ismailov M.B., Sanin A.F. Study on the effect of plasticizers and thermoplastics on the strength and toughness of epoxy resins / Международный рецензируемый журнал «Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu» (индексируется в базе данных Scopus), Украина, –2020. №4. –Р. 63-68. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-4/063>.

6. Пат. на полезную модель 6006 РК. Способ получения углепластика/ Мустафа Л.М., Исмаилов М.Б., Жумаханова В.Р., Байсериков Б.М., Аблакатов И.К., патентобладатель АО «НЦКИТ»; опубл. 23.04.2021, Бюл. № 16. – 3 с.

7. Мұстафа Л.М., Исмаилов М.Б., Санин А. Ф. Эпоксидті шайырды термопласттармен модификациялаудың және құрамдастырылған арматуралаудың көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығына әсерін зерттеу / Халықаралық конференция «Қазіргі жастардың ғылыми әлеуметі-2021» 17-18 мамыр 2021. Қарағанды. –2021. –С. 371-375.

ҚОСЫМША Ә

Патент пайдалы модельге

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ
PATENT

№ 6006

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL

 (21) 2020/1179.2

(22) 28.12.2020

(45) 23.04.2021

(54) Көміртекті пластик алу тәсілі
Способ получения углепластика
Method for obtaining carbon plastic

(73) «Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы» акционерлік қоғамы (KZ)
Акционерное общество «Национальный центр космических исследований и технологий» (KZ)
«National Center of Space Research and Technology» Joint-Stock Company (KZ)

(72) Исмаилов Марат Базаралыұлы (KZ) Ismailov Marat Bazaralyuly (KZ)
Мустафа Лаура Молдакеримовна (KZ) Mustafa Laura Moldakerimovna (KZ)
Жумаканова Венера Руслановна (KZ) Zhumakanova Venera Ruslanovna (KZ)
Байсериков Бердияр Мейіржанұлы (KZ) Baiserikov Berdiy ar Meirzhanuly (KZ)
Аблакатов Ильяс Кабылашимұлы (KZ) Ablakatov Ilyas Kaby lashimuly (KZ)



ЭЦҚ кол қойылды
Подписано ЭЦП
Signed with EDS

Е. Оспанов
E. Ospanov
Y. Ospanov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры
Директор РПТ «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE

ҚОСЫМША Б

Енгізу актісі

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ТОО «KazTechInnovations»

Т.Г. Балбаев

«02» Октября 2020 г.

АКТ

о внедрении технологий получения (производства) углепластиков аэрокосмического назначения

Мы, нижеподписавшиеся представитель АО «Национальный центр космических исследований и технологий» директор департамента космического материаловедения и приборостроения Исмаилов М.Б. и представитель ТОО «KazTechInnovations» главный инженер Чимирук С.М., составили настоящий акт о том, что АО «НЦКИТ» передал, а ТОО «KazTechInnovations» принял к внедрению следующие технологические инструкции на изготовление и производство изделий из высокопрочного углепластика:

1. Технологический регламент (Технологическая инструкция) «Технология производства высокопрочного углепластика с граничными прочностными характеристиками», Часть 1 (выполнен в рамках проекта НИР «Разработать отечественную технологию получения высокопрочных углепластиков и изделий из них граничными характеристиками», 2015-2017 гг).
2. Технологический регламент (Технологическая инструкция) «Технология производства высокопрочных углепластиков с граничными прочностными характеристиками», Часть 2 (выполнен в рамках проекта НИР «Разработать отечественную технологию получения высоко модульного и

высокопрочного изделия из углепластика аэрокосмического назначения», 2015-2017 гг.).

3. Технологический регламент (Технологическая инструкция) «Разработка технологии производства ударопрочного углепластика для оборонного и аэрокосмического назначения» (выполнен в рамках проекта НИР «Разработка технологии производства ударопрочного углепластика для изделий оборонного и аэрокосмического назначения» 2018-2020 гг.).

Указанные технологические инструкции были разработаны с целью создания отечественных технологий производства углепластиков с высокими техническими характеристиками для изготовления изделий в области космической техники и других смежных областях.

Основной особенностью данных технологий является получение высоких конкурентоспособных характеристик углепластика двойного назначения. В отличие от промышленных образцов белорусских и китайских производителей трубчатых стержней из углепластика, прочность которых составляет в пределах 110-124 МПа, предлагаемые технологии АО «НЦКИТ» позволяют получить углепластики с пределом прочности на сжатие от 400 до 550 МПа и ударной вязкостью от 224 до 346 кДж/м². Это дает возможность облегчить углепластиковые конструкции летательных аппаратов в 3-5 раз с одновременным увеличением стойкости к ударной нагрузке.

Разработанные технологии позволяют решить следующие задачи:

- производство из высокопрочного углепластика полуфабрикатов в виде трубчатых стержней и листов, которые могут быть использованы для изготовления силового каркаса для БПЛА;

- производство комплектующих для отечественных и зарубежных предприятий по производству космических аппаратов;

- внедрение технологии в смежные области – производство самолетов, вертолетов, оборонной техники, автомобилей.

Технологические регламенты (Технологические инструкции) на производство углепластика аэрокосмического назначения состоят из следующих частей:

- основные компоненты для изготовления углепластика и их состав;
- используемое оборудование;
- маршрутно-операционный технологический процесс изготовления углепластика;
- требования к технике безопасности при работе с оборудованием и материалами;
- упаковка, условия хранения и транспортировка изделий.

Представители АО «Национальный центр космических исследований и технологий» готовы сопровождать процессы принятия на вооружение предлагаемых технологий в ТОО «KazTechInnovations» на основе действующего соглашения №38 от 28.05.2019 года «О научно-техническом сотрудничестве между АО «Национальный центр космических исследований и технологий» и ТОО «KazTechInnovations»».


Внедрение в производство отечественных технологий изготовления углепластиков аэрокосмического назначения позволит улучшить тактико-технические характеристики выпускаемых в ТОО «KazTechInnovations» летательных аппаратов.

Приложение: 3 технологических регламента на производство углепластиков аэрокосмического назначения.

Директор департамента
космического материаловедения и
приборостроения АО «НЦКИТ»


М.Б. Исмаилов
«01» октября 2020 г.

Главный инженер
ТОО «KazTechInnovations»


С.М. Чимирук
«01» октября 2020 г.

ҚОСЫМША В

Аспаптар



Сурет В.1 – Ультрадыбыстық ванна «СТ-400А»



Сурет В.2 – Термоөңдеуге арналған кептіргіш шкаф SNOL 24/200



Сурет В.3 – Электромеханикалық сынақ машинасы Instron



Сурет В.4 – Электромеханикалық сынақ машинасы WDW-5E



Сурет В.5 – Растрлық электронды микроскоп Jeol JSM-6490 LA



Сурет В. 6 – Оптикалық микроскоп AXIOVERT 200 MAT



Сурет В. 7- Маятникті копер