

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

POLİMER KOMPOZİSİYA MATERİALLARINDAN HAZIRLANAN MƏMULLARIN KEYFİYYƏTİNƏ NƏZARƏTİN EFFEKTİV METODLARININ SEÇİLMƏSİ

İxtisas: 3328.01 - “Xüsusi əməliyyatlar texnologiyası”

Elmi sahəsi: Texnika

İddiaçı: Nicat Elçin oğlu İsmayılov



Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş
dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2025

Dissertasiya işi Azərbaycan Texniki Universitetinin “Xüsusi təyinatlı materiallar və vasitələr” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika elmləri doktoru, professor
Rasim Cavad oğlu Bəşirov

Rəsmi opponetlər: texnika elmləri doktoru, professor
Arif Tapdıq oğlu Məmmədov

texnika elmləri doktoru, dosent
Hüseyn Cəlil oğlu Hüseynov

texnika üzrə fəlsəfə doktoru
İradə Həmid qızı Əbdürrəhmanova

Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.09 Dissertasiya Şurası.

Dissertasiya şurasının sədri: t.e.d., professor



Ələkbər Güləhməd oğlu Hüseynov

Dissertasiya şurasının elmi katibi: t.e.n., dosent

Füzuli Rəsul oğlu Rəsulov

Elmi seminarın sədri: t.e.d., professor

Vaqif Abbas oğlu Abbasov

| | | |
|---|--|---------------|
| İmza | | təsdiq edirəm |
| “Azərbaycan Texniki Universiteti” Publik Hüquqi Şəxsin Elmi Katibi <i>t.e.n. Rzayeva F.H.</i> | | |

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi: Müasir elmi-texniki inkişafda materialların, o cümlədən polimer materialların və onlardan hazırlanan məmulların keyfiyyətinin və etibarlığının artırılması günün ən aktual problemlərindən biridir. Bu, strukturuna görə qeyri-bircins, yəni heterogen materiallardan hazırlanan məmullar üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, bu materiallar yüksək istismar xassələrinə malik olsalar da müəyyən mühitlərdə işləyərkən onların fiziki-mexaniki xassələrində müəyyən dəyişikliklər baş verir. Bunun əsas səbəbi onların tərkibinin və strukturunun qeyri-bircinsliyi və nəticədə müxtəlif qüsurların yaranmasıdır. Ona görə də belə materialların konstruksiya edilməsində möhkəmliyin ehtiyat əmsalını artırmaqla yanaşı onların keyfiyyətinə nəzarətin müasir üsullarla və daha dəqiq aparılması tələbi meydana çıxır. Lakin möhkəmliyin ehtiyat əmsalının artırılması öz növbəsində material tutumunun, konstruksiyanın kütləsinin və maya dəyərinin artmasına gətirir.

Eyni zamanda qeyd etmək lazımdır ki, dünya iqtisadiyyatının hazırkı çox sürətli inkişafında metal əsaslı materiallar, o cümlədən metal filizləri kəskin şəkildə tükənir və iqtisadiyyatı lazımi qaydada təmin edə bilmir. Ona görə də bu gün maşın və digər konstruksiyaların istehsalında süni materiallar, o cümlədən polimer kompozisiya materialları metal və onların ərintilərini istehsaldan tədricən sıxışdırıb çıxarır. Lakin polimer kompozisiya materiallarından (PKM) hazırlanan konstruksiya və məmulların keyfiyyət və etibarlıq probleminin həlli, fikrimizcə, aşağıdakı istiqamətlərdə inkişaf etməlidir:

- 1) Yaxşılaşdırılmış istismar xarakteristikalarlı PKM-lərin yaradılması;
- 2) Məmulun və ya konstruksiyanın verilən rejimində öz müsbət xassələrini maksimum biruzə verən materialların tətbiqi yolu ilə məmulların və konstruksiyaların effektiv lahiyələndirilməsi;
- 3) Layihələndirmənin keyfiyyətinə nəzarətin aparılması;
- 4) Məmulların və konstruksiyaların hazırlanmasında xammal və yarımfabrikatın stabil və effektiv texnoloji rejimlərinin və texnoloji xarakteristikalarının təmin edilməsi;

5) Xammal və yarımfabrikatların keyfiyyətinə və habelə materialın məmula təkrar emal proseslərinin giriş nəzarətinin aparılması;

6) Hazır məmulların və konstruksiyaların keyfiyyətinə bütöv nəzarət və etibarlığın proqnozu;

7) İstismar prosesinə fasiləsiz nəzarət;

8) Qüsurların müəyyənləşdirilməsində təmirin aparılması və konstruksiyaların gücləndirilməsi.

Belə kompleks tədbirlərin həyata keçirilməsi məmulların və konstruksiyaların işləmə qabiliyyətini maksimum istifadə etməyə imkan verir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu tədbirlər iri əndazəli məmullar və konstruksiyalar üçün daha effektivdir, onlarda yüksək etibarlığının təmininə xərclər azdır və ya məmulun dəyəri ilə ölçülə bələndir.

Məmulların keyfiyyət və etibarlılıq probleminin həllində nəzarətin effektiv metod və vasitələri xüsusi əhəmiyyət kəsb edirlər.

Ona görə də dissertasiya işində PKM-dən hazırlanan məmulların istehsal prosesində və habelə onların istehsalından sonra istismarında keyfiyyətə nəzarət metodlarının seçimi məsələlərinə baxılır.

İstehsal prosesində texnoloji prosesin mərhələsi kimi, həm də müxtəlif istismar rejimlərində məmulların etibarlığı və iş qabiliyyətinin proqnozlaşdırılması üçün nəzarətin dağıtmadan fiziki metodları və vasitələri daha elmi-texnoloji tutumlu problem hesab oluna bilər.

Nəzarətin ən vacib növləri istehsal prosesində giriş və çıxış nəzarəti sayılır. Məhz bu mərhələdə texnoloji prosesin dəyişkənliyi ucbatından məmulun bütün mənfi xassələrinin (qüsurların, fiziki-mexaniki xassələrin dəyişkənliyi, strukturun pozulması, yığışma, qalıq gərginliklərin və s.) formalaşması baş verir. Ona görə də nəzarətin əsas məsələsi göstərilən qeyri-mükəmməlliklərin aşkar edilməsi, verilən stabil qiymətlərdə texnoloji rejim və parametrlərin saxlanması məqsədilə texnoloji prosesə aktiv təsirdir.¹

Nümunə götürmədən və istehsal prosesini dayandırmadan məmulun hazırlanma prosesində materialın ən vacib texnoloji

1. Критерии разрушения полимерных композиционных материалов. Р.Дж.Баширов, Н.Э.Исмаилов.

xarakteristikalarının ekspres-analizini həyata keçirməyə nəzarətin dağıtmadan metodları və vasitələrinin tətbiqi imkan verir. Bu, texnoloji parametrlərin qiymətlərinin stabilliyini təmin edir və hazır məmulda yaranan qüsurların sayının əhəmiyyətli azalmasına kömək edir. Hazır məmulların dağıtmadan bütöv nəzarətində nəinki materialın fiziki-mexaniki xassələrini, o cümlədən möhkəmlik, sərtlik və məmulun həndəsi xarakteristikalarını təyin etmək olur, həm də nəzarətin nəticələrinə əsasən məmulun etibarlılıq göstəricilərini proqnozlaşdırmaq mümkün olur və istismar sferasına yalnız yüksək keyfiyyətli və etibarlı məhsul buraxılır.

Beləliklə, qeyd edə bilərik ki, baxılan problem çox aktualdır və bu istiqamətdə geniş diapazonda elmi tədqiqatların aparılması tələb olunur.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri polimer kompozisiya materiallarından istehsal olunan məmulların keyfiyyətinə effektiv nəzarətin təmin edilməsindən və nəzarət metodlarının seçiminin əsaslandırılmasından ibarətdir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün tədqiqatın aşağıdakı vəzifələri həll edilmişdir:

1. PKM-dən hazırlanan məmulların keyfiyyətinin fiziki-texnoloji əsaslarının analizi;
2. PKM-də və onlar əsasında olan məmullarda imtinaların xüsusiyyətləri və səbəbləri;
3. PKM-dən hazırlanan məmulların keyfiyyətinə nəzarətin metod və vasitələrinin seçilməsi;
4. Materialların və məmulların fiziki-mexaniki parametrlərinə nəzarət;
5. Tədqiqatın nəticələrinin məmulların etibarlılığının proqnozlaşdırılmasında rolu və istehsalata tətbiqi üçün tövsiyələrin işlənməsi.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində müdafiyyə aşağıdakı əsas müddəalar çıxarılır.

1. PKM-in keyfiyyətinə nəzarətin və məmulların etibarlılığının proqnozlaşdırılması üçün effektiv metodlar;
2. Materialların və məmulların fiziki-mexaniki parametrləri və onlara nəzarət üsullarının təhlili;

3. PKM-dən hazırlanan məmulların defektləşdirilməsini daha dəqiq təmin edən metodlar;

4. PKM-dən istehsal olunan məmulların etibarlığının proqnozlaşdırılması üçün yeni yanaşmalar.

Tədqiqatın metodları və nəticələrinin etibarlığı. Dissertasiya işində qarşıya qoyulan məsələlər laboratoriya və istehsalat şəraitində aparılan nəzəri və eksperimental tədqiqatlar əsasında həll edilmişdir. Alınmış nəticələr etibarlı müasir avadanlıq, cihazlar və ölçü vasitələrindən istifadə etməklə, o cümlədən, ultrasəs, infraqırmızı, mikroradiodalğa defektoskoplarının tətbiqi ilə həyata keçirilmişdir. Materialların struktur analizi, sıxlığın təyini və s. sınaqlar optik mikroskopdan istifadə ilə aparılmışdır.

Tədqiqatın elmi yeniliyi: Polimer kompozisiya materiallarının istehsal parametrləri, fiziki-mexaniki xarakteristikaları və mikrostrukturu arasında qarşılıqlı əlaqə qurulmuşdur. Bu məqsədlə kompozit məmullarda imtinaları yaradan səbəblər riyazi aparatının köməyi ilə müəyyən edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, kompozitin keyfiyyətinin formalaşmasında lifin adgezion xarakteristikası mühüm rol oynayır. Kompozitlə lif - əlaqələndirici adgeziyasının yaranması lifin səthinin strukturundan və onun kimyəvi tərkibindən asılıdır. Kompozit məmulun dağılma kriteriyaları kompozitin alınma üsulu, lif - əlaqələndirici arasında əlaqənin tipindən çox asılıdır.

Polimer əsasında kompozitlərin mühit modelləri qurulmuşdur. Bu mühitlərdə Qyuyens-Ferma prinsipləri əsasında məmula dağıtmadan nəzarətlə onlardan keçən şüaların sınma və əks olunma qanunauyğunluqları və tipləri müəyyən edilmişdir. Kompozitlərdə möhkəmlik və fiziki parametrlər arasında dağıtmadan nəzarət üsullarının köməyi ilə dolayısı yolla statistik qarşılıqlı əlaqənin qiymətləndirmə imkanlarının olmasının mövcudluğu təsdiqlənmişdir.

Şüşəplastiklərdə dondurucunun qablaşma metodları və onların preslənmə parametrləri arasında qarşılıqlı əlaqə qurulmuşdur. Dağıtmadan nəzarətdə kompozitin əsasına müxtəlif bucaqlar altında istiqamətlənmiş uzununa dalğaların paylanma sürətləri təyin olunmuş və məmulda baş istiqamətlər üzrə sürətlər qodoqrafı qurulmuşdur.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Tədqiqatın nəzəri əsasını müxtəlif tərkibli polimer kompozitlər üçün mühit modellərin

riyazi qiymətləndirilməsi təşkil edir. Bu mühit modellər kompozitin və hazır məmulun dağıtmadan nəzarətində təyinedici rol oynayırlar. İşlənmiş bu mühit modellər dağıtmadan nəzarətdə məmuldan keçən şüaların düzünə və əks olunan dalğalarının sürətlərinin və sürətlər qodoqrafının qurulması və seçilmiş nəzarət üsulunun nəzəri əsaslarının işlənməsi üçün istifadə olunur.

Aparılmış tədqiqatların praktiki əhəmiyyəti kompozitlərdən istehsal olunan məmulların keyfiyyətinə dağıtmadan riyazi aparatın və fiziki üsulların köməyi ilə nəzarətin sənaye miqyasında təşkilinə imkan verir.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas müddəaları aşağıdakı konfrans və seminarlarda müzakirə olunmuş və bəyənilmişdir.

1. “Yeni dövrdə təhsil və tədqiqat fəaliyyəti: Reallıqlar və çağırışlar” Beynəlxalq elmi konfrans. Mingəçevir Dövlət Universiteti, 2022.

2. “Azərbaycan su təsərrüfatı sektorunun inkişafı Ümummillə lider Heydər Əliyevin adı ilə bağlıdır.” mövzusunda elmi-praktiki konfrans, Bakı, Azərbaycan Dövlət Su Ehtiyatları Agentliyi, 2023.

3. Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illiyinə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda VII Respublika elmi-texniki konfrans, Bakı, 2023.

4. “Fövqəladə hallarla mübarizənin aktual problemləri” adlı VIII elmi-texniki konfrans. FHN-nin Akademiyası, Bakı, 2023.

5. Heydər Əliyevin anadan olmasının 101-ci il dönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda IX Respublika elmi-texniki konfransı. Bakı, 2024.

6. “Fövqəladə hallarla mübarizənin aktual problemləri” adlı IX elmi-texniki konfrans. FHN-nin Akademiyası, Bakı, 2024.

7. FHN-nin Akademiyasının “Həyat fəaliyyətinin təhlükəsizliyi ixtisas fənləri kafedrasının 2022, 2023 və 2024-cü illərdə keçirilmiş elmi seminarları.

8. AzTU-nun “Xüsusi təyinatlı materiallar və vasitələr” kafedrasının 2022 – 2024-cü illərdə keçirilmiş elmi seminarları.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. 5 fəsil, 196 səhifəlik kompyuter mətni, 51 şəkil, 34 qrafik, 8 cədvəl, 116 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Üz qabığı və mündəricat (5218), giriş (9979), I fəsil (45085), II fəsil (56710), III fəsil (45351), IV fəsil (66097), V fəsil (33587), nəticələr (4632) və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı (16727). Dissertasiyanın həcmi şəkillər, cədvəllər, qrafiklər və ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə 256.373 işarədən ibarətdir.

Nəşr olunma dərəcəsi. Dissertasiya işinin əsas məzmunu 10 elmi işdə öz əksini tapmışdır. Onlardan 1-i “Web of Science” bazasında, 2-si Scopus bazalarında indekslənen yüksək impakt faktorlu dövrü nəşrlərdir. Həmçinin iş üzrə 1 patent (AzPatent No. a20230121) alınmışdır. Digərləri beynəlxalq və respublika əhəmiyyətli konfranslarda dərc edilmişdir.

İŞİN ƏSƏS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı və müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar formalaşdırılmışdır.

Birinci fəsildə polimer kompozisiya materiallarından (PKM) məmul istehsalının fiziki-texnoloji əsaslarına baxılmışdır. Bu məqsədlə PKM-də əlaqələndiricinin özlülüyü və onun struktur əmələgətirmədə rolu vurğulanmışdır. Əlaqələndiricinin yaşam tərzinin düsturu verilmişdir. Əlaqələndirici – armaturlaşdırıcı arasında baş verən islanmanın kinetikasına baxılmışdır. Bu halda kapilyarın en kəsiyi vasitəsilə əlaqələndiricinin PKM-də həcmi payının düsturu təyin olunmuşdur.

Polimer kompozisiya materiallarından müxtəlif məmulların istehsalının fiziki-texnoloji əsasları təhlil olunmuşdur. Onların istehsalında keyfiyyətə təsir edən əsas parametrlər müəyyən edilmişdir. Bunlar içərisində əsas parametrlər kimi aşağıdakılar üstünlük təşkil edir: əlaqələndiricinin özlülüyü, armaturlaşdırıcı materialın seçimi, onun qurudulması, məmulun qəliblənməsi, yarımfabrikatın bərkiməsi. Müəyyən olunmuşdur ki, əlaqələndiricinin (matrisanın) yaşam təzi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir və onu analitik ifadə ilə təyin etmək mümkündür.

Əlaqələndiricinin komponentlərinin – həlledicilərin, durulaşdırıcıların, bərkidicilərin, təşəbbüskarların, inhibitorların, plastifikatorların düzgün dozalaşdırılmasına etibarlı və daima nəzarət zəruridir. Əlaqələndiricinin hazırlanmasında temperaturun sabit saxlanması vacib əhəmiyyət kəsb edir.

Armaturlaşdırıcı materialın əlaqələndirici ilə hopdurulmasında armaturlaşdırıcı və lifin tipi və materialı (sap, parça, jqut, zolaq, şüşə, karbon, üzvipolimer və s.) vacib rol oynayır. Hopdurmada kapillyarın ən kəsiyi vasitəsilə əlaqələndiricinin həcmi sərfi, mayenin kapillyar hərəkətini təyin edən təzyiqin, əlaqələndiricinin xətti hərəkət sürətini təyini riyazi ifadələrlə qiymətləndirilə bilər. Hopdurmada əlaqələndiricinin nisbi aparılması xüsusi düsturla dəqiq təyin olunur.

Təyin olunmuşdur ki, PKM-dən məmulların hazırlanmasında ən vacib əməliyyatlardan biri armaturlaşdırıcının qurudulması rejimlərindən birinin seçilməsidir. Bu məqsədlə armaturlaşdırıcının qurudulma vaxtı yarımfabrikatın temperaturu və parçasının uzunluğunu təyin etmək üçün riyazi ifadələrin əhəmiyyəti vurğulanmışdır. Yarımfabrikat qurudulduqdan sonra onun keyfiyyətini təyin edən əsas parametrlər – yapışma qabiliyyəti, uçucuların miqdarı, həllolunanların tərkibi, yarımfabrikatın sıxlığı, əlaqələndiricinin gətirilməsi, dartılmada möhkəmliyin təyin olunması vacib sayılır.

PKM-dən məmulların istehsalında əsas əməliyyatlardan biri yarımfabrikatın qəliblənməsidir. Bu məqsədlə qəlibləmənin ən geniş yayılmış üsulları təhlil olunmuş, onların üstünlükləri və qüsurları qeyd olunmuşdur. Əsas əməliyyat kimi sağanağa liflərin sarınma prosesinə baxılmış və dartma qüvvəsinin riyazi ifadəsi təhlil olunmuşdur.

Qəlibləmədən sonra uzadılmış yarımfabrikatının bərkiməsinin xüsusiyyətlərinə baxılmışdır. Qeyd olunmuşdur ki, bərkimə temperaturu əlaqələndiricinin (matrisanın) növündən asılıdır. Yarımfabrikatın bərkimə temperaturuna PKM alınmasının texnoloji parametrlərinin təsiri təhlil olunmuşdur. Bərkimədə gedən reaksiyaların sürətlərini müəyyən və idarə edən riyazi ifadələrə baxılmışdır. İlkin, aralıq və son maddənin konsentrasiyalarının vaxtdan asılılıq və reaksiyanın sürətinin konsentrasiyasının temperaturdan asılılıq qrafikləri qurulmuşdur.²

2. Optimal fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərə malik polimer əsaslı kompozitlərin əldə edilməsinin əsasları. N.E.İsmayılov.

PKM-in və onun əsasında istehsal olunan məmulların nəzarət metodlarına qoyulan tələblər müzakirə olunmuşdur. Bu nəzarət metodları statistik, dağıtmaqla və dağıtmadanlara bölünürlər. Əgər birinci iki metod bütün məmulları 100 % əhatə edə bilmirsə, sonuncu metod məmulu 100% yoxlamağa imkan verir. Ona görə də, sənayenin müasir inkişaf tempində dağıtmadan fiziki nəzarət metodlarının (DFNM) tətbiq oluması istehsal olunan məmulların yüksək keyfiyyətinin təmininə zəmin yaradır.

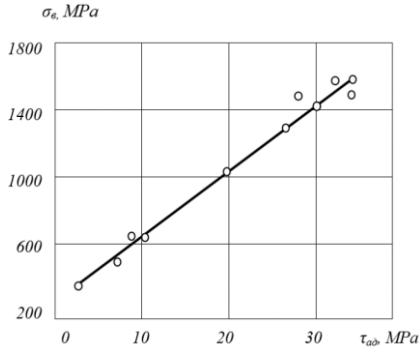
DFNM-nın üstünlükləri və qüsurları təhlil olunmuş və onların dəqiqliyini və hissiyyatını artırmaq üçün yeni yanaşmaların işlənməsi vurğulanmışdır. Belə yanaşmalar içərisində ultrasəs, radiodalğa, radiasiya, maqnit və elektrik sahələri və s. daha effektiv hesab olunur. Ona görə də dissertasiyada aparılan tədqiqatlar DFNM-nın seçiminin əsaslandırılmasına və onların PKM-dən hazırlanan məmulların keyfiyyətinin artırılmasına həsr olunur.

İkinci fəsildə PKM-də və onlar əsasında məmullarda baş verən imtinaların xüsusiyyətləri təhlil olunmuş, PKM-də və onların əsasında məmullarda imtinaları yaradan səbəblər, PKM-in dağılma kriteriyaları araşdırılmışdır. Göstərilmişdir ki, PKM-də imtinalar əsasən onun strukturunda baş verən qüsurlardan və onları yaradan səbəblərdən asılıdır.

Bu səbəbləri aydınlaşdırmaq üçün PKM-in dartılmasında möhkəmliyi və möhkəmlik həddi arasında qarşılıqlı əlaqə qurulmuşdur. Müxtəlif əlaqələndiricilər əsasında səmtləşdirilmiş şüşəplastiklər üçün oxşar qarşılıqlı əlaqə şəkil 1-də verilib.

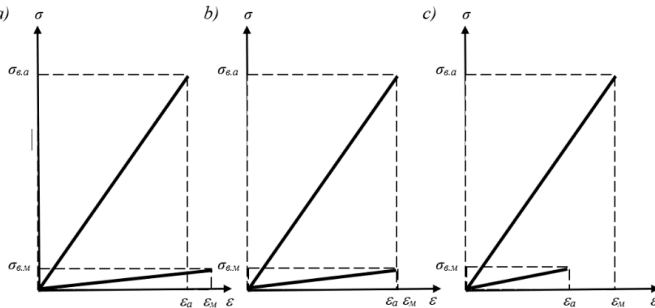
PKM-in monolitliyi və sürüşmə möhkəmliyinin yüksək göstəriciləri əsasən əlaqələndirici vasitəsilə, yəni polimer matrissa ilə təmin olunur, ona görə ona nəinki adgezion xassələr nisbətində, həm də deformasiya nisbətində xüsusi tələblər qoyulur. Qəliblənən liflərin möhkəmliyinin tam istifadə olunması üçün həm lifin E_B , həm də matrissanın E_M həddi nisbi deformasiyaları arasında müəyyən nisbət tələb olunur. Gərginliyin σ deformasiyadan asılılığı şəkil 2-də verilib. Şəkildə σ_{ba} və σ_{bm} uyğun olaraq armaturda (liflərdə) və matrissada (qətranda) dağıcı gərginliklərdir.³

3. The influence of defects on the physico-mechanical properties of polymer composite materials and products. N. Ismailov, R. Bashirov, F. Rasulov, I. Hamdullayeva



Şəkil 1. Adgezion möhkəmliyin τ_{ad} PKM-in dartılmada möhkəmlük həddindən σ_b asılılığı

PKM-in monolitliyi və sürüşmə möhkəmliyinin yüksək göstəriciləri əsasən əlaqələndirici vasitəsilə, yəni polimer matrissa ilə təmin olunur, ona görə ona nəinki adgezion xassələr nisbətində, həm də deformasiya nisbətində xüsusi tələblər qoyulur. Qəliblənən liflərin möhkəmliyinin tam istifadə olunması üçün həm lifin E_B , həm də matrissanın E_M həddi nisbi deformasiyaları arasında müəyyən nisbət tələb olunur. Gərginliyin σ deformasiyadan asılılığı şəkil 2-də verilib. Şəkildə σ_{ba} və σ_{bm} uyğun olaraq armaturda (liflərdə) və matrissada (qətranda) dağıdıcı gərginliklərdir.



Şəkil 2. Qətranda (matrissa) ϵ_m və lifdə (armatur) ϵ_a gərginliyin deformasiyadan asılılığı: ϵ_a : a - $\epsilon_a < \epsilon_m$; b - $\epsilon_a = \epsilon_m$; c - $\epsilon_a > \epsilon_m$

Şəkil 2-dən görünür ki, $\epsilon_a > \epsilon_m$ halında liflərin möhkəmliyi tam istifadə olunur. Ona görə matrissanın həddi nisbi uzanması liflərin həddi nisbi uzanmasından böyük olmalıdır, yəni $\epsilon_m > \epsilon_a$.

Qəliblənən liflərin matrissa ilə birlikdə işinin təminində əhəmiyyətli rolu həm də matrissa ilə armaturun elastiklik modullarının nisbəti (E_m/E_a) oynayır. Bu halda kompozision material liflərin enində deformasiyalara daha çox hissiyyatlıdır. Bu halda lifin kvadrat (heksaqonal) yerləşməsi üçün matrissanın və PKM-in nisbi deformasiyaların ($\varepsilon_{y.m}/\varepsilon_{y.k}$) matrissanın və armaturun elastiklik modullarının (lifin E_m/E_a) optimal nisbətləri arasında qarşılıqlı əlaqəni quran aşağıdakı ifadəni gətirmək olar.

$$\frac{\varepsilon_{y.m}}{\varepsilon_{y.k}} = \frac{1}{\left(\frac{D}{S} \cdot \frac{E_m}{E_a} + \frac{S-D}{S}\right)} \quad (1)$$

burada D – lifin diametridir, S – liflər arasında məsafədir.

$S-D/S$ azalması ilə, yəni PKM-də qəliblənən liflərin tərkibinin artırılması ilə $\varepsilon_{y.m}/\varepsilon_{y.k}$ nisbəti yüksəlməlidir və $S=0$ -da E_a/E_m qiyməti qəbul olunmalıdır.

Liflərin eni boyunca matrissanın nisbi deformasiyasının qiymətlərini təyin etmək üçün daha dəqiq ifadə aşağıdakı kimi olacaqdır.

$$\varepsilon_{y.m} = \left[\frac{1}{\frac{DE_m(1-\mu^2)}{SE_a(1-\mu_m^2)} + \frac{S-D}{S}} \right] \cdot \left\{ \varepsilon_{y.a} + \varepsilon_x \frac{D}{S} \left[\mu_a - \frac{E_m(1-\mu_a^2)}{E_a(1-\mu_m^2)} \right] \right\}, \quad (2)$$

burada μ_a və μ_m – armaturlaşdırıcı lif və matrissa üçün Puasson əmsallarıdır. x və y müstəvilərində sürüşmə deformasiyası

$$\gamma_{xy.m} = \frac{1}{\frac{DG_m}{S G_b} + \frac{S-D\gamma_{xy.k}}{S}}, \quad (3)$$

liflərin boyunca uzanma

$$\varepsilon_{x.m} = \varepsilon_{x.k}, \quad (4)$$

burada G_m , G_a – matrissanın və armaturlaşdırıcı lifin sürüşmə moduludur; $\gamma_{xy.k}$ – kompozitdə x , y müstəvisində sürüşmə deformasiyasıdır.

Optimal tərkibli lifli (50 – 75 %) PKM üçün lifə nisbətən matrissanın nisbi uzanması 6 – 15 dəfə böyük olmalıdır. Tərkibində 30 – 70 % həcm tərkibli liflər olan səmtləşdirilmiş şüşəplastiklərdən səth çatlamasını ləğv etmək və yükdaşıma qabiliyyətini artırmaq məqsədilə əlaqələndiricinin optimal nisbi uzanmasının 5 – 28 % hədlərində tövsiyə edirik.

Göstərilmişdir ki, PKM-də lifin möhkəmliyi onun diametrindən asılıdır, yəni səthdə qüsurların xarakteri və yerləşməsilə şərtlənən möhkəmliyi nə qədər lifin diametri böyükdürsə, bir o qədər PKM-in möhkəmliyi azdır, möhkəmlik və həddi nisbi deformasiya arasındakı asılılıqda lifin diametrindən əhəmiyyətli asılıdır. Bu parametrlərin daha yüksək qiymətlərinə lifin kiçik diametrlərində nail olunur.

Şüşəlifdən armaturun möhkəmliyi onun səthindəki qüsurların xarakterindən asılıdır. Müəyyən olunmuşdur ki, uzun liflər üçün səth qüsurları ən çox qorxuludur. Lakin yük altında lifin toplusunun davranışı monolitın davranışından fərqlənir. Topluya maksimal təsir edən yükə uyğun gərginliklər, monoliflərin möhkəmliyinin dispersiyasından asılıdır.

Matrissa və lif arasında qarşılıqlı təsirin əsas prosesləri liflərin adgezion xarakteristikalarından, səthinin strukturundan və kimyəvi tərkibindən asılıdır. Müəyyən olunmuşdur ki, PKM-də matrissanın möhkəmliyinin zəifləməsi əlaqələndiricinin bərkimə prosesinə liflərin ingibirləşdirici təsiri ilə çağırılır. Bundan başqa PKM-də adgezion möhkəmliklə dartılmada möhkəmlik həddi arasında qarşılıqlı əlaqə mövcuddur.

Aparılmış tədqiqatlar və alınmış nəticələrə uyğun olaraq təhlil aparılmış, onun əsasında polimer kompozision materialların və şüşəplastik əsasında materialların əsas xarakteristikaları müəyyənləşdirilmişdir. Bunun əsasında istehsalın texniki və texnoloji bir neçə parametrlərindən asılı olan möhkəmlik və dağılmanın əsas meyarları aşkar olunmuşdur. Alınmış bu qiymətlər aşağıdakı uyğun nəticələri çıxarmağa imkan vermişdir.

Bərk mühitlərin dağılma meyarları dağılmaların tətbiqi və cəmlənməsi prinsipilə səciyyələnir, yəni ayrı-ayrı lokal dağılmalar tamamilən həddi haladək cəmləşirlər, o halda çatlar böhran qiymətə çatırlar və dağılma baş verir.

PKM-in dağılma prosesləri deformasiyaların tədricən böyüməsində, onda mövcud olan qüsurların artmasında və ardıcıl vahid pozuntuların dönməz xarakteri hesabına yaranan qalıq xarakterli lokal gərginliklərin tədricən toplanması ucbatından çatların “meydana çıxma-böyümə”sində baş verir.

PKM-in dağılmasının əsas meyarı vaxtdan asılı olaraq qalıq gərginliyin təsirinin dəyişmələri və sıxılmaya aparan istiqamətlənmiş ardıcıl yığılma gərginliyidir. Bunların hər birinə təsirin davamiyyəti və hər birinin təsir vaxt kənarından tətbiq olunan qüvvənin təsir vaxtı ilə əlaqədardır.

Aparılmış analizlər əsasında, daha dəqiq desək polimer kompozit materialların uzunmüddətli möhkəmliyinin riyazi modelləşdirilməsi əsasında qüsurları aşkarlayan pyezoelektrik qurğu təklif olunmuşdur. Bu sahədə aparılan tədqiqatlar nəticəsində təklif olunan qurğunun əsas üstünlüyü və fərqli cəhəti kompozit materialların və onlardan hazırlanan detalların istehsal və istismarı zamanı tənzimləmə imkanına malik real vaxt rejimində matrislərə bölünmüş verici pyezoelementlərdən koordinatlar əsasında kompozit materialın qatlarına ötürülən elektrik siqnallarının amplitudası ilə kompozitin qatlarından əks olunan siqnallara uyğun matrislərə bölünmüş qəbuledici pyezoelementdən alınan kiçik amplitudalı elektrik siqnallarının gücləndirilərək müqayisə sxemindəki etalon siqnallar tablosuna uyğun müqayisəsi nəticəsində kompozit materialda qüsurların yerinin koordinatlar əsasında dəqiq göstərilməsinin təmin olunması imkanındır.^{4, 5}

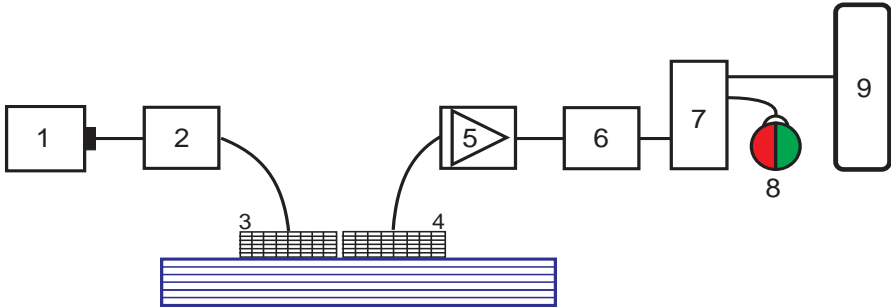
Qurğunun mahiyyəti şəkil 3–də əks olunmuş sxemlə izah olunur.

Polimer kompozit materiallarda qusurları aşkarlayan pyezoelektrik qurğu (1) gərginlik generatorundan, ona bağlı (2) ötürücüdən, ötürücü ilə əlaqəli matrislərə bölünmüş (3) pyezoelement verici və matrislərə bölünmüş (4) pyezoelement qəbuledicidən, (5) summatorndan, (6) gərginlik çeviricidən, iki hissədən ibarət olan, etalon və real ölçmə rejimində daxil olan siqnalların müqayisəsini həyata

4. Polimer kompozit materiallarda daxili qüsurların aşkarlanmasında piezoelektrik sensorların tətbiqi effektivliyinin araşdırılması. N.E.İsmayılov

5. Dağıtmadan nəzarət metodları ilə qüsurların aşkarlanmasında piezoelektrik materialların tətbiqi imkanlarının təhlili. N.E.İsmayılov

keçirən (7) müqayisə sxemindən və bu sxemə paralel birləşdirilmiş normal (yaşıl) və alarm (qırmızı) hallarını bildirən (8) iki rəngli işıq diodlarından və məlumatların əks olunduğu (9) rəqəmsal ekrandan ibarətdir.



Şəkil 3. Polimer kompozit materiallarda qüsurları aşkarlayan pyezoelektrik qurğunun blok sxemi

Təklif edilən polimer kompozit materiallarda qüsurları aşkarlayan pyezoelektrik qurğunun iş prinsipi aşağıdakı kimidir:

Polimer kompozit materiallarda qüsurları aşkarlayan pyezoelektrik qurğunun 1-gərginlik generatorundan matris formasında pyezoelement vasitəsilə siqnalların kompozit mühitinə ötürülməsi üçün lazımı parametrlərə çatırılması məqsədilə 2-ona bağlı ötürücüdən siqnallar 3-matrislərə bölünmüş pyezoelement vericinin matris formalı hissələrinə ötürülür və verici pyezoelementin köməyi ilə defekti olub-olmadığı öyrənilən polimer detala ötürülür. Polimer detalın iç qatının həmcins (bütöv) və ya qeyri-həmcins (qüsurlu) olduğu mühitdən əks olunan siqnal dalğaları 4-matrislərə bölünmüş pyezoelement qəbuledici tərəfindən qəbul olunaraq, matrislərdən daxil olan siqnalları 5-summatorun köməyi ilə ümumi amplitudaya malik siqnal formasında, 6-gərginlik çeviricisinə ötürür. Gərginlik çeviricisinin çıxış siqnalı isə iki hissədən ibarət olan, etalon və real ölçmə rejimində daxil olan siqnalların müqayisəsini həyata keçirən 7-müqayisə sxeminə bağlıdır. Müqayisə sxemi iki rəngli 8-ışıq diodları ilə təmin olunmuşdur. Əgər kompozit materialında heç bir qüsür yoxdursa onda yaşıl, daxil olan siqnalın amplitudasında fərqə uyğun qırmızı rəngli diod işıq saçır və məlumatların nəticələri 9-ekranda əks

olunur. Nəticədə real vaxt rejimində kompozit materialda və ondan hazırlanmış detalların kompleks həcmi boyu qüsurların olub-olmadığı təyin olunur.⁶

Üçüncü fəsildə materialların və PKM məmullarının fiziki-mexaniki parametrlərinə nəzarətin təmin edilməsi məsələlərinə baxılmışdır. Keyfiyyətə nəzarətin effektiv metodlarının və etibarlılığının proqnozlaşdırılması təhlil olunmuş, PKM-lər üçün nəzarət olunan mühitin modelləri seçilmiş, nəzarət metodunun nəzəri əsasları işlənmişdir.

PKM və onlardan alınan məmulatların keyfiyyətinə nəzarətin effektiv metodlar və etibarlılığı üçün təhlili aparılmışdır. Bu məqsədlə PKM-ə nəzarət məqsədilə onun mürəkkəbliyini nəzərə alaraq metodun seçimi və etibarlılığın proqnozlaşdırılması üçün 8 amil müəyyən edilmişdir. Həmçinin aşağı tezlikli ultrasəs, radiodalğa, infraqırmızı, optik, istilikmetrik, elektrik metodları PKM-ə və onlardan hazırlanan məmullara dağıtmadan nəzarət üçün tövsiyə olunmuşdur.⁷

PKM-ə və onun əsasında məmula nəzarət üçün modellər seçilmiş və onlar əsasında nəzarət olunan mühitlərin ayırma sərhədlərində aşağı tezlikli ultrasəs qurğusunun tətbiqinin effektivliyi müəyyən edilmişdir. Bu metodla kompozisiyanın fiziki-mexaniki, texnoloji və struktur parametrləri dağıtmadan təyin oluna bilər. Eyni zamanda belə nəzarət üçün exo-impuls metodu da böyük effektə malikdir.

PKM-lər üçün nəzarət olunan mühit üçün aşağıdakı modellər seçilmişdir: 1) bircins izotrop mühit; 2) bircins transversal-izotrop mühit; 3) bircins ortotrop mühit; 4) kombinə olunmuş ikiqatlı mühit; 5) üçqatlı mühit; 6) çoxqatlı mühit. Ayrı-ayrılıqda bu mühitlərin hər birinin xüsusiyyətləri təhlil olunmuş və onların adekvatlığı riyazi yanaşma və eksperimental üsullarla yoxlanılmışdır. Nəzarət olunan modellərin ən geniş yayılmış tipləri cədvəl 1-də verilmişdir.⁷

1. Bircins izotrop mühit. Bu model doldurulmamış polimer materiallardan (üzvişüşə, polistrol, bloklu polietilen, kapron və s.) və

6. Polimer kompozit materiallarda qüsurları aşkarlayan pyezoelektrik qurğu. AzPatent – No. a20230121. N.E.İsmayılov, M.H.Həsənov, R.C.Bəşirov.

7. Polimer kompozit materiallara nəzarət üsullarının təhlili. R.C.Bəşirov, N.E.İsmayılov.

Cədvəl 1

Nəzarət olunan mühitlərin modellərinin ən geniş yayılmış tipləri

| Model | Eskiz | Akustik müqavimətin z məhsulun qalınlığından (dəriniyindən) δ asılılığı | Sürətin anizotropiyası | |
|-----------------------------------|-------|--|------------------------|-----------|
| | | | dərnlk üzrə | müstəvidə |
| Bircins izotrop mühit | | | | — |
| Bircins transversal-izotrop mühit | | | | |
| Bircins ortotrop mühit | | | | |
| Kombinə olunmuş ikiqat mühit | | | — | — |
| Üzqatlı mühit | | | — | — |
| Çoxqatlı mühit | | | — | — |

Qeyd: Cədvəldə aşağıdakı işarələmələr qəbul olunmuşdur: δ , δ_φ – məmulun qalınlığı; δ_1 , δ_2 , δ_3 ... δ_n – mühitin qatının qalınlığı; v , v_{ik} – ultrasəs sürəti; α – sınaqların istiqaməti və elastiki simmetriyanın oxu arasında bucaq; v_α/v_0 – USN-in sürətin anizotropiyasının göstəricisi; φ – məmulun səthinin qeyri-paraallelliyini yaradan bucaq.

ya xırda dispers doldurucu ilə doldurulmuş (PTII-170 markalı şüşəliflərli, premiklər, karbolit və s.) materiallardan olan məmulların

stukturunu ən tam əks etdirir. Bəzi hallarda müxtəlif qalınlığa malik olan məmullar üçün əksetdirici və şüalandırıcı səthləri mühitlər arasında paralelliyn pozulması yer ala bilər. Bu halda hesab olunur ki, aşağı tezlikli exo-impuls metodunun tətbiq sahəsi mühitlə məhdudlaşmış, onun qalınlığı bir dalğa uzunluğundan λ az təşkil etməməlidir, paralel ayırma sərhədlərində isə əyrilik radiusu $R \geq 5\lambda$ olmalıdır. Bu şərtlər eksperimental tədqiqatlarda aldığımız məmulatların açılmasını təmin etmək üçün zəruridir.

2. Bircins transversal-izotrop mühit. Bu mühitdə elastiki dalğaların paylanma şərtləri onunla səciyyələnir ki, mühitin müstəvisində onların paylanma sürəti sabitdir və paylanma istiqamətindən asılı deyildir. Dalğaların eninə istiqamətində (müstəvidən) sürət asılı parametrdir (paylanma istiqaməti və mühitin ayırma səthi arasında bucaqdan asılıdır), perpendikulyar istiqamətdə (qalınlıq üzrə) sürət sabitdir.

3. Bircins ortotrop mühit. Anizotrop polimer kompozisiya materialları içərisində ən geniş sərgiləməyə ortotrop mühit malikdir, O, materialın elastiki simmetriyasının üç qarşılıqlı perpendikulyar oxları ilə səciyyələnir. Belə mühit üçün (hər bir struktur istiqaməti üçün) elastiki dalğaların paylanma sürəti müxtəlif qiymətə malik olur. Nəzərə alsaq ki, nəzarət olunan mühitlər xırdadispers və ya lifli doldurucu şəklində iki müxtəlifcins materiallardan minimum ibarət olurlar, onların həndəsi ölçüləri dalğanın uzunluğundan əhəmiyyətli azdır, qəbul olunub ki, belə kompozision mühit elastiki dalğada münasibətdə bircins və anizotropdur. Bu halda anizotropiya dərəcəsi elastiki simmetriyanın istiqamətilə üst-üstə düşən struktur istiqamətlərdə elastiki dalğaların nisbət ilə təyin olunur. Belə mühit üçün elastiki simmetriyanın oxlarının istiqamətilə üst-üstə düşməyən elastiki dalğaların sürətlərinin qiymətləri paylanmanın istiqaməti və elastiki simmetriyanın oxu arasında bucağın funksiyasıdır.⁸

4. Kombin olunmuş ikiqat mühit. Bu mühitin modelində elastiki dalğaların sərgilənməsinin suallarına baxış həm məmulların istehsal prosesində, həm də hazır məmullarda keyfiyyətə nəzarət məsələlərini həll etməyə imkan verir. İriqabaritli məmulların hazırlanması, bir

8. Quality control methods and models of polymer composite materials. R.J. Bashirov, N.E. Ismayilov, R.E. Huseynov, N.M. Muradov.

qayda olaraq məmulun konfigurasiyasını təkrarlayan qəlibə kompozision materialın çəkilməsilə əlaqədardır. Fırlanma cismi tip məmullar üçün ən geniş sərgilənməni sarıma tapır, hansı ki, ondan ibarətdir ki, məmulun forması ilə eyni olan formaya malik sağanağa ilkin olaraq əlaqələndirici ilə hopdurulmuş parça, zolaq və ya sap şəkilli armaturlaşdırıcı materialı sarıyırlar. En kəsiyinin bütün strukturuna görə bu mühit baxdığımız modelə uyğun gəlir, yəni ikiqatdır, hansıdakı aşağı qat – sağanağın materialı, yuxarı qat – məmulun (yarımfabrikatın) materialıdır. Belə mühitdə elastiki dalğaların parametrlərinin paylanmasının təyini ilə əlaqədar məsələlərin həlli sarıma prosesində (yarımfabrikatda), termiki emalda (bərkimədə) və hazır məmulda sonuncunun texnoloji parametrlərini keyfiyyət və miqdarca qiymətləndirməyə imkan verir. Bu, qüsursuz məmullar almaq məqsədilə texnoloji prosesi idarə etməyə imkan verir.

5. Üçqat mühit. Ən böyük sərgilənməni bu model üçqatlı konstruksiyalarda almışdır, bunlarda birinci və üçüncü qatlar möhkəm materiallardan, daxili qat isə azmöhkəmlikli yüngül çəkili doldurucudan (köpükplastdan, sotpplastdan və s.) yerinə yetirilirlər. Bu halda xarici qatların qalınlığı daxilidən xeyli kiçikdir. Xarici qatlar üçün akustik müqavimət daxili qata nisbətən əhəmiyyətli böyükdür. Elastiki dalğaların uzunluğuna nisbətdə xarici qatlar çox incə olurlar.

Yüngülçəkili üçqatlı konstruksiyalarda, bir qayda olaraq xarici qatların akustik müqaviməti daxili qata nisbətən kiçikdir. Hər bir qatda mühitin tipi (izotrop və ya ortotrop) məmulun tipindən və təyinatından asılıdır, ancaq, bir qayda olaraq həmişə əvvəldən məlumdur. Bəzən konstruktiv mülahizələrdən konstruksiyanın yükdaşma qabiliyyətini artırmaq üçün onun eninə kəsik sxemi paket struktura malik ola bilər, bu halda hər bir paket (qat) xassələrinə görə müxtəlif anizotrop materiallardan yaradılmışdır. Bu halda akustik parametrlərin təyini üzrə məsələnin dəqiq həlli keçilməz çətinliklər yaradır. Bu halda daha məqsədəuyğun akustik parametrlərin təyininin eksperimental metodları sayılır.

6. Çoxqatlı mühit. Belə mühitin modeli yapışdırılmış iriqabaritli konstruksiyalar üçün daha səciyyəvidir. Bu halda həmin konstruksiyalarda qatların aşağıdakı kombinasiyaları müşahidə oluna bilər: 1) bütün qatlar izotropdur, yapışdırılmış qatlarda bircinsdirlər

(qatların akustik və fiziki-mexaniki xassələri eynidir); 2) bütün qatlar anizotropdur (qatların akustik və fiziki-mexaniki xassələri eynidir); 3) izotrop və anizotrop qatların kombinasiyası (akustik və fiziki-mexaniki xassələrin paylanması qatlar üzrə məlumdur və müəyyən qanuna tabe olur).

Belə mühitdə elastiki dalğaların paylanma parametrləri xeyli dərəcədə bütün qatların yapışma keyfiyyətindən, hər bir qatın fiziki-mexaniki və akustik xarakteristikalarından, elastiki rəqslərin dalğalarının uzunluğunun və qatın qalınlığının nisbətindən asılıdır.

Seçilmiş dağıtmadan nəzarət metodunun nəzəri əsasları işlənmişdir. Bunun üçün ultrasəs dalğalarının paylanmasının əsas şərtləri müəyyən edilmişdir. Bu şərtləri qiymətləndirmək üçün həndəsi akustikanın əsas prinsipləri əsasında riyazi ifadələr alınmışdır. Ferma prinsipinə uyğun olaraq şüa boyunca kompozisiyada elastiki dalğaların paylanma vaxtının riyazi ifadəsi alınmışdır.

Qyuygens-Ferma prinsipləri əsasında mühitdə şüaların sınma və əks olunmasının ümumi qanunauyğunluqlarına baxılmışdır. Bu şüaların mühitdən keçməsi aşağıdakı formalarda ola bilərlər: 1) uzununa və sürüşmə tipli dalğalar, onların düşmə α , sınma β və əks olunma γ bucaqları müəyyən edilmişdir; 2) əks olunan və sinan şüalar, onlar mühitlərin ayrılma sərhədinə normal müstəviyə düşən bir müstəvidən keçirlər.

Müxtəlif kompozision mühitlərin modelləri təklif olunmuş və onların riyazi qiymətləndirilməsi həyata keçirilmişdir. Bunlar PKM-də ən geniş yayılmış aşağıdakı mühitlərdir: 1) bircins izotrop birqatlı mühit; 2) izotrop ikiqat mühit; 3) çoxqatlı izotrop mühit; 4) transversal-izotrop mühit; 5) ortotrop mühit.

PKM-ə nəzər saldıqda baxılan mühitlərin hər birinə təsadüf edilir və bu material və məmullara dağıtmadan nəzarət metodlarının tətbiqi üçün nəzəri-elmi yanaşmaların əsasını təşkil edir. Hər bir belə mühitdə doldurucunun qablaşması formalarının uzununa-eninə seçimi kompozitlərin elastiki simmetrik oxlarının lif istiqamətlənməsilə üst-üstə düşməsinə səbəb olur.

Dördüncü fəsildə materialların və məmulların fiziki-mexaniki parametrlərinə nəzarətin təşkili əsaslandırılmışdır. PKM məmullarda struktur və anizotropiyanın onun struktur və xassələrinə təsiri tədqiq

Cədvəl 2

Armaturlaşdırıcı doldurucunun uzununa-eninə qablaşması ilə şüşəplastiklərin struktur parametrləri

| Uzununa və eninə liflərin nisbəti | Sıxlıq, q/sm^3 | Sımağ istiqaməti $\varphi \dots 0$ | Səsin sürəti | | | | | | Elastiklik modulu $E \cdot 10^{-4}$, MPa | | | | | | Puaşson əmsalı | |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|---|--------|--------|---------|--------|---------|----------------|--|
| | | | lövhdə | | şübuqda | | statik | | dinamik | | statik | dinamik | statik | dinamik | | |
| | | | eksperi-mental | hesabi | eksperi-mental | hesabi | eksperi-mental | hesabi | eksperi-mental | hesabi | | | | | | |
| 1 : 1 | 1,94 | 0 | 4220 | 4190 | 4190 | 4150 | 2,95 | 3,04 | 3,43 | 3,46 | 0,15 | 0,10 | 0,15 | 0,10 | | |
| | | | 3760 | 3710 | 3610 | 3580 | 1,82 | 1,80 | 2,57 | 2,54 | 0,46 | 0,27 | | | | |
| | | | 4250 | 4190 | 4220 | 4150 | 3,06 | 3,04 | 3,52 | 3,46 | 0,15 | 0,13 | | | | |
| 1 : 2 | 1,95 | 0 | 4510 | 4500 | 4470 | 4440 | 3,44 | 3,51 | 3,98 | 3,94 | 0,17 | 0,14 | 0,17 | 0,14 | | |
| | | | 3740 | 3710 | 3590 | 3580 | 1,79 | 1,80 | 2,56 | 2,54 | 0,44 | 0,28 | | | | |
| | | | 3900 | 3900 | 3870 | 3860 | 2,45 | 2,56 | 3,02 | 3,03 | 0,11 | 0,10 | | | | |
| 1 : 3 | 1,94 | 0 | 4630 | 4620 | 4590 | 4580 | 3,65 | 3,74 | 4,18 | 4,17 | 0,19 | 0,14 | 0,19 | 0,14 | | |
| | | | 3740 | 3710 | 3600 | 3580 | 1,81 | 1,80 | 2,56 | 2,54 | 0,45 | 0,27 | | | | |
| | | | 3760 | 3760 | 3730 | 3720 | 2,30 | 2,32 | 2,75 | 2,80 | 0,11 | 0,10 | | | | |
| 1 : 4 | 1,97 | 0 | 4680 | 4710 | 4630 | 4660 | 3,99 | 3,90 | 4,31 | 4,31 | 0,19 | 0,17 | 0,19 | 0,17 | | |
| | | | 3700 | 3710 | 3540 | 3580 | 1,72 | 1,80 | 2,52 | 2,54 | 0,39 | 0,29 | | | | |
| | | | 3700 | 3670 | 3660 | 3640 | 2,15 | 2,17 | 2,69 | 2,66 | 0,11 | 0,12 | | | | |
| 1 : 5 | 1,95 | 0 | 4700 | 4770 | 4650 | 4720 | 3,93 | 3,95 | 4,31 | 4,39 | 0,20 | 0,19 | 0,20 | 0,19 | | |
| | | | 3700 | 3710 | 3620 | 3580 | 1,86 | 1,80 | 2,61 | 2,54 | 0,43 | 0,21 | | | | |
| | | | 3640 | 3610 | 3600 | 3580 | 2,10 | 2,11 | 2,58 | 2,58 | 0,13 | 0,11 | | | | |
| 1 : 10 | 1,94 | 0 | 4920 | 4900 | 4860 | 4860 | 4,23 | 4,19 | 4,67 | 4,60 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | | |
| | | | 3680 | 3710 | 3580 | 3580 | 1,87 | 1,80 | 2,54 | 2,54 | 0,29 | 0,24 | | | | |
| | | | 3500 | 3480 | 3450 | 3440 | 2,00 | 1,87 | 2,36 | 2,37 | 0,11 | 0,11 | | | | |
| 1 : 15 | 1,94 | 0 | 4980 | 4960 | 4920 | 4890 | 4,35 | 4,28 | 4,79 | 4,69 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | | |
| | | | 3670 | 3710 | 3540 | 3580 | 1,78 | 1,80 | 2,44 | 2,54 | – | 0,26 | | | | |
| | | | 3370 | 3440 | 3340 | 3410 | 1,81 | 1,78 | 2,21 | 2,28 | 0,07 | 0,09 | | | | |
| 1 : 0 | 1,90 | 0 | 5000 | 5060 | 4930 | 5000 | 4,26 | 4,46 | 4,72 | 4,85 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | | |
| | | | 3540 | 3710 | 3430 | 3580 | 1,72 | 1,80 | 2,26 | 2,54 | 0,37 | 0,25 | | | | |
| | | | 3200 | 3320 | 3160 | 3300 | 1,59 | 1,61 | 1,94 | 2,12 | 0,10 | 0,02 | | | | |

olunmuş, məmul və konstruksiyaların sərtliyinin dağıtmadan nəzarətinin əsasları işlənmişdir.

PKM-dən hazırlanan məmullarda struktur və anizotropiyanın onun elastiki möhkəmlik xarakteristikalarına təsiri tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, materialların möhkəmliyinin dağıtmadan müasir nəzarət üsulları nümunələrdə ölçülmüş möhkəmlik və fiziki parametrlərin dolayısı yolla statistik qarşılıqlı əlaqəsinin qiymətləndirilməsilə əlaqədardır. Doldurucuların müxtəlif qablaşmasının struktur modelləri verilmiş (cədvəl 2) və bu struktur modellərinin elastiklik modulları və möhkəmliklə qarşılıqlı əlaqəsinin riyazi asılılıqları müəyyən olunmuşdur. Təyin olunmuşdur ki, elementar qatın ixtiyari qablaşmasında şüşəplastikin möhkəmliyinin təyini üçün ən vacib parametr struktur əmsalı sayılır.⁹

Müxtəlif quruluşlu PKM-in alınmış struktur əmsalının köməyilə onun xassələri riyazi ifadələrlə məlum olunur və bu xassələr əsasında kompozitdə elementar qatın xassələrini təyin etmək mümkün olur. Müəyyən olunmuşdur ki, sənayedə ən çox tətbiq olunan məmullarda mürəkkəb gərginlik halında gərginliklərin ekstremal qiymətlərinin istiqamətləri məmulun konstruktiv istiqamətilə üst-üstə düşür.

PKM-in struktur əmsalı və xassələri arasında aparılmış riyazi təhlil aşağıdakı əlaqələrin mövcudluğunu müəyyən etmişdir:

1) Struktur əmsallarının yarımcəmi qatların nisbətlərindən asılı deyil və bərabər möhkəmlikli kompozitdə maksimal qiymətə, yəni 1:1 nisbətində malikdir;

2) Liflərin istiqamətinə 45^0 bucaq altında struktur əmsalının qiyməti (möhkəmliyin) uzununa və eninə liflərin istənilən nisbəti eynidir, qatların qalınlığından asılı deyil və bərabərmöhkəmlikli PKM-lər üçün minimum qiymətə malikdir (q_{min});

3) Struktur əmsalının minimal qiymətinin müşahidə olunduğu bucağın qiyməti 45-dən 90^0 -dək dəyişir və bu, qatların qalınlığından asılıdır.

Armaturlaşdırıcı doldurucunun uzununa-eninə qablaşması ilə şüşəplastiklərin struktur parametrlərinin yekun ifadələrinin cədvəli tərtib olunmuşdur (cədvəl 3). Butvar-fenol əlaqələndiricilərilə CBAM

9. Polimer əsaslı kompozit boruların dağılma göstəricilərinə suyun təsirinin təhlili. N.E.İsmayılov.

şüşəplastikin dartılmada möhkəmlik həddinin liflərin uzununa və eninə qiymətlərində nisbətində asılılıq əlaqələri qurulmuş və bu məlumatlar həm eksperimental, həm də hesabat yolu ilə müqayisə olunmuşdur. Məlumatların bir-birinə yaxın olması təsdiq olunmuşdur.¹⁰

Cədvəl 3

Butvar-fenol əlaqələndiricilə CBAM şüşəplastikin dartılmada möhkəmlik həddinin, MPA liflərin uzununa və eninə istiqamətlərdə nisbətindən asılılığı

| Liflərin nisbəti | Sınaq istiqaməti | | | | Liflərin uzununa və eninə möhkəmliyin qiymətlərinin cəmi | | uyğunsuzluq % | $a = \sigma_{90} / \sigma_b$ | |
|--------------------|------------------|---------|---------|---------|--|---------|---------------|------------------------------|---------|
| | uzununa | | eninə | | | | | faktiki | hesabat |
| | faktiki | hesabat | faktiki | hesabat | faktiki | hesabat | | | |
| 1:1 | 400 | 408,5 | 400 | 408 | 800 | 815 | -2,0 | 1 | 1 |
| 1:2 | 545 | 528 | 325 | 289 | 850 | 815 | +6,0 | 0,61 | 0,54 |
| 1:3 | – | 587 | – | 230 | – | 815 | – | – | 0,38 |
| 1:5 | 640 | 647 | 180 | 170 | 810 | 816 | +0,36 | 0,27 | 0,25 |
| 1:10 | 690 | 702 | 105 | 115 | 790 | 815 | -2,7 | 0,17 | 0,162 |
| 1:15 | 720 | 717 | 80 | 100 | 800 | 816 | -2,0 | 0,10 | 0,13 |
| Biristiqamətlənmiş | – | 766 | – | 51 | – | 815 | – | – | 0,065 |

Strukturda anizotropiyanın müxtəlif dərəcələrində şüşəplastiklərdə elastiki dalğaların paylanma sürətinin qiymətləri və kompozitin elastiki xarakteristikalarının qarşılıqlı əlaqəsi müəyyən olunmuşdur. Müxtəlif anizotropiya dərəcəli şüşəplastiklərdə elastiklik modulları və elastiki dalğaların (səs) paylanma sürəti ilə əlaqəli ümumiləşdirici cədvəl (cədvəl 4) tərtib olunmuşdur.¹¹

Bundan başqa, anizotropiyanın müxtəlif dərəcəli şüşəplastiklərdə elastiki dalğaların paylanma sürətinin qiymətlərinin və elastiki xarakteristikaların yoxlanması həyata keçirilmişdir. Səsin sürətinin və elastiklik modulunun eksperimental və hesabi qiymətləri cədvəl 4-də verilmişdir.

10. Kompozit materialların yoxlanılmasında tətbiq edilən dağıtmadan nəzarət metodlarının effektivliyinin araşdırılması. N.E.İsmayılov.

11. Kompozit materiallarda ultrasəsle dağıtmadan nəzarət metodunun tətbiqinin təhlili. R.C.Bəşirov, N.E.İsmayılov.

Cədvəl 4
Müxtəlif anizotropiya dərəcəli şüşəplastiklərdə elastiklik modulları və elastiki dalğaların (səs) paylanma sürəti

| Uzununa- emine liflərin nisbəti | δ_1 | δ_2 | Sınaq istiqamətində $q = \sigma_{tE} / \sigma_0 -$ da struktur əmsali $\varphi_1 \dots \varphi_0$ | | q_{min} | $\varphi_{min} \dots \varphi_0$ |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|-----------------------|--|---|
| | | | 0 | 90 | | |
| 1:0 | δ | 0 | 1 | a | a | 90 |
| 1:1 | $1/2\delta$ | $1/2\delta$ | $1/2(1+a)$ | $1/2(1+a)$ | $\frac{2a}{1+a}$ | 45 |
| 1:2 | $2/3\delta$ | $1/3\delta$ | $1/3(2+a)$ | $1/3(2a+1)$ | $\frac{1,94a}{1+a}$ | $\arctg\left(\frac{\sqrt{2-a}}{1-a\sqrt{2}}\right)^{1/2}$ |
| 1:3 | $3/4\delta$ | $1/4\delta$ | $1/4(3+a)$ | $1/4(3a+1)$ | $\frac{1,87a}{1+a}$ | $\arctg\left(\frac{\sqrt{3-a}}{1-a\sqrt{3}}\right)^{1/2}$ |
| 1:5 | $5/6\delta$ | $1/6\delta$ | $1/6(5+a)$ | $1/6(5a+1)$ | $\frac{1,75a}{1+a}$ | $\arctg\left(\frac{\sqrt{5-a}}{1+a\sqrt{5}}\right)^{1/2}$ |
| 1:10 | $10/11\delta$ | $1/11\delta$ | $1/11(10+a)$ | $1/11(10a+1)$ | $\frac{1,6a}{1+a}$ | $\arctg\left(\frac{\sqrt{10-a}}{1+a\sqrt{10}}\right)^{1/2}$ |
| 3:2 | $3/5\delta$ | $2/5\delta$ | $1/5(3+2a)$ | $1/5(3a+2)$ | $\frac{1,98a}{1+a}$ | $\arctg\left(\frac{\sqrt{1,5-a}}{1+a\sqrt{1,5}}\right)^{1/2}$ |
| $n : m$ | $\frac{n}{n+m}\delta$ | $\frac{m}{n+m}\delta$ | $\frac{1}{n+m}(n+ma)$ | $\frac{1}{n+m}(na+m)$ | $\frac{n+m+2\sqrt{nm}}{n+m} \frac{a}{1+a}$ | $\arctg\left(\frac{\sqrt{n/m-a}}{1-a\sqrt{n/m}}\right)^{1/2}$ |

Polimer kompozitlər əsasında məmulların və konstruksiyaların sərtliyinin dağıtmadan nəzarət meyarları müəyyən edilmişdir. Bu məqsədlə müxtəlif şəkilli, o cümlədən dairə, ellips, düzbucaqlı, ikitavr, bərabəryanlı üçbucaq kəsiklər üçün inersiya momenti və sərtlik modulunun riyazi ifadələri alınmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, dağıtmadan nəzarətdə başlıca rol əyilmə sərtliyi oynayır.

Əyilmə sərtliyinin təyininə müxtəlif yüklərin təsiri halında baxılmışdır: bərabər paylanmış statik yük, toplanmış yük. Müəyyən olunmuşdur ki, PKM-ə dağıtmadan nəzarətdə sönən və ya sönməyən dalğalara və rəqs edici prosesin parametrlərinin tezliyinə: tezliyə, dekrementə, yararlılığa, amplitudaya əsaslanan yanaşmalar üstünlük təşkil edir.

Beşinci fəsildə şüşəplastik PKM-in elastiki xassələrinə presləmə təzyiqinin təsiri tədqiq olunmuş, şüşəplastikdən alınan kompozit lövhələrin preslənməsinin texnoloji problemləri təyin olunmuş və şüşəplastiklərin fiziki-mexaniki xarakteristikası və strukturunun onun preslənmə təzyiqindən asılılığı öyrənilmişdir.






Şüşəplastik əsasında istehsal olunan kompozisiya materiallarının tərkibləri və texnoloji parametrləri müəyyən edilmişdir. Şüşəplastikdən alınan lövhə şəkilli məmulların preslənməsinin texnoloji parametrlərini əks etdirən cədvəl tərtib olunmuşdur. Belə lövhələrin kiçik preslənmə təzyiqlərində hətta vizual baxışda onlarda çoxlu sayda məsamələrin mövcudluğu müəyyən olunmuşdur. Belə lövhələrin qalınlığı hesabi qalınlıqdan xeyli çox olur.

0, 15, 30, 45, 60, 75 və 90⁰-ə bərabər bucaqlar altında materialın əsasına səmtləşmiş istiqamətlərdə müxtəlif presləmə təzyiqlərində alınmış lövhələrin akustik nəzarəti vasitəsilə uzun dalğaların paylanma sürətləri təyin olunmuş və lövhədə baş istiqamətlər üzrə sürətlər qodoqrafi qurulmuşdur.

Müxtəlif əsaslara malik şüşəplastiklərin fiziki-mexaniki xarakteristikaları və mikrostrukturu arasında qarşılıqlı əlaqə tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, şüşədoldurucunun müxtəlif qablaşma variantlarında əsas və ilgəh arasında nisbətəin dəyişməsi şüşəplastiklərin fiziki-mexaniki xarakteristikalarına ciddi təsir

göstərir. Ona görə şüşədoldurucunun qablaşdırılmasında texnoloji səhvlər yolverilməzdir.

Kompozitin presləmə təzyiqi və mikrostrukturunun formalaşması arasında qarşılıqlı əlaqə onu göstərir ki, presləmə təzyiqi artdıqca materialın strukturunda məsamələr azalır, lövhələrin hesabi və faktiki qalınlıqları arasında fərq əhəmiyyətli azalır. Şüşəplastiklərin məlum sıxlığında məsamələrin miqdarını təyin etmək üçün ifadə alınmışdır.¹²

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Şəkil 4. 0,15 MPa presləmə təzyiqində alınmış TC 8/3-250 şüşəparça əsasında şüşəplastikin mikrostrukturunu (x500)</p> | <p>Şəkil 5. 0,34 MPa presləmə təzyiqində alınmış TC 8/3-250 şüşəparça əsasında şüşəplastikin mikrostrukturunu (x250)</p> |
|  |  |
| <p>Şəkil 6. 0,75 MPa presləmə təzyiqində alınmış TC 8/3-250 şüşəparça əsasında şüşəplastikin mikrostrukturunu (x250)</p> | <p>Şəkil 7. 70 MPa presləmə təzyiqində alınmış TC 8/3-250 şüşəparça əsasında şüşəplastikin mikrostrukturunu (x250)</p> |
| <div style="text-align: center;">  <p>Şəkil 8. 3,7 MPa presləmə təzyiqində alınmış TC 8/3-250 şüşəparça əsasında şüşəplastikin mikrostrukturunu</p> </div> | |

12. The development of a piezoelectric defect detection device through mathematical modeling applied to polymer composite materials. M.Hasanov, N.Akhmedov. R.Bashirov, S.Piriev, O.Boiprav, N.Ismailov.

Şəkil 4 – 8-də müxtəlif presləmə təzyiqlərində alınmış TC8/3-250 şüşəparça əsasında şüşəplastikin mikrostrukturları verilmişdir. Şəkillərdən görünür ki, presləmə təzyiqini artırdıqca məsamələrin miqdarı və ölçüləri hiss olunacaq şəkildə azalır. Bundan başqa, bu halda vərəqlərin qalınlığı hesabiyə yaxınlaşır.

Şüşəplastikin məlum sıxlığında məsamələrin miqdarını aşağıdakı düsturla təyin etmək olar:

$$p = \frac{\gamma_{\text{əl.}}(\gamma_{\text{şüşə}} - p_{\text{ş.p.}}f) - p_{\text{ş.p.}}\gamma_{\text{əl.}}(1 - f)}{\gamma_{\text{şüşə}}\gamma_{\text{əl}}},$$

burada f – şüşənin kütlə miqdarıdır, %; $p_{\text{ş.p.}}$, $\gamma_{\text{şüşə}}$ və $\gamma_{\text{əl}}$ – uyğun olaraq şüşəplastikin, şüşənin və əlaqələndiricinin sıxlığıdır.

Bu düsturun əsasında bütün şüşəplastiklərdə məsamələrin miqdarı hesablanmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, şüşəplastikin məsaməliyi əhəmiyyətli dərəcədə həm presləmə təzyiqindən, həm də armaturlaşdırıcı materialın növündən asılıdır. Məsələn, $T_{\text{elast.}}$ parça əsasında şüşəplastiklər kiçik presləmə təzyiqlərindən (0,15 – 0,34 MPa) məsamələrin ən böyük miqdarını təşkil edirlər; ТЖСК və TC8/3-250T parçaları əsasında şüşəplastiklərdə məsamələrin miqdarı həmin presləmə təzyiqlərində xeyli azdır.

Eyni şüşəplastiklərdə uzununa dalğaların paylanma sürətinin saxlıqdan asılılığını ifadə edən qrafiklər qurulmuşdur. Qrafiklərdən görünür ki, sıxlıq və dalğaların paylanma sürəti arasında əlaqə sınaq istiqaməti və şüşədoldurucunun növü ilə təyin olunur. Uzununa dalğaların paylanma sürəti və statik elastiklik modulu arasında korrelyasiya əmsalı müəyyən edilmiş və korrelyasiya tənliyi alınmışdır.

ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

1. Polimer kompozisiya materiallarından istehsal olunan məmulların keyfiyyətinə nəzarətin effektiv metodlarının seçiminin nəzəri və texnoloji əsasları işlənmişdir. Polimer kompozisiya materiallarından məmul istehsalının fiziki-texnoloji əsasları təhlil olunmuş, armaturlaşdırıcı materialın istehsala hazırlığının mərhələləri

müəyyən edilmişdir. Eyni zamanda polimer kompozisiya materiallarına qoyulan tələblər təhlil olunmuşdur, dağıtmadan fiziki nəzarət metodlarının kompozitlərin istehsalında sənaye miqyasında üstünlükləri göstərilmişdir.

2. Polimer kompozisiya materiallarından və onlar əsasında məmullarda imtinaların xüsusiyyətləri araşdırılmış, bu materiallarda dağılma kriteriyaları müəyyən olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, polimer kompozisiya materiallarında liflərin diametri nə qədər böyükdürsə, onların səthində olan qüsurlar bir o qədər qorxulu olur, nəticədə iri lifli materialların möhkəmlik xassələri kiçik lifli materiallara nisbətə aşağı olur. Eyni zamanda, xüsusən şüşəlifli armaturların möhkəmliyi onların səthindəki qüsurların xarakterindən də asılıdır, uzun liflər üçün səth qüsurları daha qorxuludur.

3. Müəyyən edilmişdir ki, bərk mühitlərin dağılma meyarları lokal dağılmaların tamamilən həddi haladək cəmləşməsi, çatların yaranması onların böhran qiymətə çatması və dağılmanın baş verməsilə şərtlənir. Bu halda materialda baş verən ardıcıl vahid pozuntular dönməz xarakter alır, nəticədə qalıq xarakterli lokal gərginliklər tədricən toplanır, onların “meydana çıxma-böyümə” prosesi baş verir. Qeyd olunmuşdur ki, materialda baş verən dağılmanın əsas meyarı onun işləmə dövrünün təsirindən asılıdır. Bu təsir növündən asılı olaraq uzun və qısa müddətli ola bilər.

4. Polimer kompozisiya materiallarının və onlar əsasında məmulların keyfiyyətinə nəzarətin effektiv metodları seçilmiş və onların etibarlığının proqnozlaşdırılması həyata keçirilmişdir. Materialın və məmulun etibarlığının proqnozlaşdırılmasına 8 amilin təmsalında baxılmışdır. Materiala və ondan alınan məmula dağıtmadan nəzarət üçün aşağıtezlilikli ultrasəs, radiodalğa, infraqırmızı, optik, istilikmetrik, elektrik metodları daha effektiv hesab edilmişdir.

5. Polimer kompozitlər üçün nəzarət aşağıdakı mühit-modellər üçün həyata keçirilmişdir: 1) bircins izotrop mühit; 2) bircins transversal-izotrop mühit; 3) bircins ortotrop mühit; 4) kombinasiya olunmuş iki qatlı mühit; 5) üç qatlı mühit; 6) çoxqatlı mühit. Bu mühitlərə dağıtmadan nəzarətin nəzəri əsasları işlənmişdir. Bunun üçün mühitlərdə ultrasəs dalğalarının paylanması əsas şərtləri

müəyyən edilmişdir. Həmin şərtlərin qiymətləndirilməsi üçün həndəsi akustikanın əsas prinsipləri əsasında riyazi ifadələr alınmışdır.

6. Baxılmış mühit-modellər üçün Qyuyens-Ferma prinsipləri əsasında onlarda şüaların sınma və əks olunmasının ümumi qanunauyğunluqları müəyyən edilmişdir. Bu şüalar mühitdən uzununa və sürüşmə tipli dalğalar, əks olunan və sınan şüalar şəklində keçə bilərlər. Bu dalğaların düşmə α , sınma β , və əks olunma γ bucaqları müəyyən edilmişdir. Qeyd olunmuşdur ki, əks olunan və sınan şüalar mühitlərin ayrılma sərhədinə normal müstəviyə düşən bir müstəvidən keçirlər.

7. Polimer kompozisiya materiallarının və onlardan istehsal olunan məmulların fiziki-mexaniki xassələrinə nəzarətin təşkilinin əsasları işlənmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, materialların möhkəmliyinin dağıtmadan müasir nəzarət üsulları nümunələrdə formalaşan möhkəmlik və fiziki parametrlərin dolayısı yolla statistik qarşılıqlı əlaqəsinin qiymətləndirilməsinə imkan verir.

8. Kompozitdə doldurucunun müxtəlif qablaşması üçün struktur modelləri verilmiş və onların materialın elastiklik modulu və möhkəmliyi arasında qarşılıqlı əlaqəsinin riyazi ifadələri alınmışdır. Kompozitdə elementar qatın ixtiyari qablaşması halında şüşəplastiklərin möhkəmliyinin təyində ən vacib parametr struktur əmsalıdır. Müxtəlif kompozitlərin struktur əmsalının köməyi ilə onların fiziki-mexaniki xassələri riyazi aparatın köməyi ilə nümunəni dağıtmadan təyin oluna bilər.

9. Kompozitdə doldurucunun uzununa - eninə qablaşmasında şüşəplastiklərin struktur parametrlərinin yekun ifadələrinin cədvəli tətib olunmuşdur. Strukturda anizotropiyanın müxtəlif dərəcələrində kompozitlərdə elastiki dalğaların paylanma sürətinin qiymətləri və onların elastiklik xarakteristikaları arasında qarşılıqlı əlaqə qurulmuşdur. Eyni zamanda kompozit məmulların və konstruksiyaların sərtliyində dağıtmadan nəzarət meyarları müəyyən edilmişdir.

10. Şüşəplastiklərin elastiki xassələrinə presləmə təzyiqinin təsiri tədqiq olunmuşdur. Şüşəplastiklərdən alınan lövhə şəkilli məmulların preslənməsinin texnoloji parametrlərinin yükün cədvəli tərtib olunmuşdur. Müxtəlif bucaqlar altında materialın əsasında

istiqamətlənmiş uzununa dalğaların paylanma sürətləri təyin olunmuş və lövhə şəkilli məmulda baş istiqamətlər üzrə sürətlər qodoqrafi qurulmuşdur. Müxtəlif əsaslı şüşəplastiklərin fiziki-mexaniki xarakteristikaları və mikrostrukturları arasında qarşılıqlı əlaqə qurulmuşdur.

Aparılmış tədqiqatlar sənaye miqyasında polimer kompozisiya materiallarından məmullar istehsalının təşkilinə zəmin yaradır, onların xassələrinin və strukturunun təyini üçün dağıtmadan nəzarət üsullarının effektivliyini təsdiq edir.

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı işlərdə çap olunub:

1. Баширов Р.Дж., Исмаилов Н.Э. Критерии разрушения полимерных композиционных материалов. // – Бишкек: Кыргызского Государственного Технического Университета им. И. Раззакова. ИЗВЕСТИЯ–Теоретический и прикладной научно-технический журнал, – 2022. №2 (62). – с. 130-142.

2. İsmayılov N.E. Optimal fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərə malik polimer əsaslı kompozitlərin əldə edilməsinin əsasları. // – Bakı: FHN Akademiyasının Elmi xəbərləri jurnalı, – 2022. – № 3, – s. 48.

3. Bəşirov R.C., İsmayılov N.E. Polimer kompozit materiallara nəzarət üsullarının təhlili, // Mingəçevir Dövlət Universiteti. “Yeni dövrdə təhsil və tədqiqat fəaliyyəti: Reallıqlar və çağırışlar.” Beynəlxalq elmi konfransın materialları, – Mingəçevir: – 2022, – UOT 678.7.001.5. (678.074), II cild, s. 412-217

4. İsmayılov N.E. Polimer əsaslı kompozit boruların dağılma göstəricilərinə suyun təsirinin təhlili. // Azərbaycan Dövlət Su Ehtiyatları Agentliyi. “Azərbaycanın su təsərrüfatı sektorunun inkişafı Ümummillə lider Heydər Əliyevin adı ilə bağlıdır” mövzusunda elmi-praktiki konfrans materialları, – Bakı, – 2023, – s. 316-320.

5. İsmayılov N.E. Kompozit materialların yoxlanılmasında tətbiq edilən dağıtmadan nəzarət metodlarının effektivliyinin araşdırılması. // “Fövqəladə hallarla mübarizənin aktual problemləri” adlı VIII elmi-texniki konfrans – FHN Akademiyası, – 5 may 2023, – UOT 678.7.001.5. – s. 22-29.

6. Bəşirov R.C., İsmayılov N.E. Kompozit materiallarda ultrasəsə dağıtmadan nəzarət metodunun tətbiqinin təhlili. // Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illiyinə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda VII Respublika elmi-texniki konfransı, – 25-26 May 2023, – s. 1526-1532.

7. Polimer kompozit materiallarda qüsurları aşkarlayan piezoelektrik qurğu. İxtira. No: a20230121. Həsənov M.H., Bəşirov R.C., İsmayılov N.E.: AzPatent, – 2023.

8. Hasanov M., The development of a piezoelectric defect detection device through mathematical modeling applied to polymer composite materials. / M.Hasanov, N.Akhmedov. R.Bashirov, S.Piriev, O.Boiprav, N.Ismailov. // Jomard Publishing. New Materials Compounds and Applications / ISSN 2521-7194, – Vol.8, No.1, – 2024. – p. 62-74.

9. İsmayılov N.E. Polimer kompozit materiallarda daxili qüsurların aşkarlanmasında piezoelektrik sensorların tətbiqi effektivliyinin araşdırılması // Heydər Əliyevin anadan olmasının 101-ci il dönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda IX Respublika elmi-texniki konfransı, – 1-2 May, 2024, – s. 1082-1086.

10. İsmayılov N.E. Dağıtmadan nəzarət metodları ilə qüsurların aşkarlanmasında piezoelektrik materialların tətbiqi imkanlarının təhlili. // “Fövqəladə hallarla mübarizənin aktual problemləri” adlı IX elmi-texniki konfrans – FHN Akademiyası, – 7 may 2024, – UOT 678.7.001.5. – s. 6-12.

11. Bashirov R., The influence of defects on the physico-mechanical properties of polymer composite materials and products. / R. Bashirov, N. Ismailov, F. Rasulov, I. Hamdullayeva. // MACHINE SCIENCE / ISSN: 2227-6912 E-ISSN: 2790-0479 / – 2024, – № 1, – p. 58-65

12. Bashirov R.J. Quality control methods and models of polymer composite materials. / R.J. Bashirov, N.E. Ismayilov, R.E. Huseynov, N.M. Muradov. // Jomard Publishing. Advanced Physical Research / ISSN 2663-8436, – Vol.6, No.2, – 2024, – p.90-99.

Çap olunmuş əsərlərdə müəllifin şəxsi iştirakı:

[1, 3, 6] sayılı işlərdə iddiaçı məsələnin qoyuluşunu, nəzəri araşdırmaları və eksperimental tədqiqatların aparılmasını yerinə yetirmişdir.

[7, 8, 11, 12] sayılı işlər müəlliflər tərəfindən bərabər səviyyədə yerinə yetirmişdir.

[2, 4, 5, 9, 10] sayılı işlər müəllif tərəfindən müstəqil yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın müdafiəsi 25 aprel 2025-ci il tarixində saat 10³⁰-da Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.09 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1073, Bakı, H.Cavid prospekti, 23, Azərbaycan Texniki Universiteti

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Texniki Universitetinin www.aztu.edu.az rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 19 mart 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 18.03.2025
Kağızın formatı: A5
Həcm: 39983
Tiraj: 100