O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

Salidjanova N.S.

POLIMER KOMPOZITSION MATERIALLAR

O'quv qo'llanma

Toshkent 2010

UDK 621.432

Polimer kompozitsion materiallar. O'quv qo'llanma.
Salidjanova N.S.- Toshkent, ToshDTU.-2010.

O'quv qo'llanma 5520500 – «Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi» yo'nalishi bo'yicha «Polimer kompozitsion materiallar» fanidan bakalavriat talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, unda har turdagi polimerlar asosida ishlab chiqariladigan mashinasozlikda eng ko'p qo'llanadigan kompozitsion polimer materiallar to'g'risida ma'lumot berilgan va polimer kompozitsion materiallarning asosiy mexanik, elektrofizik va issiqbardoshlik xossalarini aniqlash usullari, talabalar bilimini aniqlash uchun nazorat savollari ham ifodalangan.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi ToshDTU ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga muvofiq nashr etilgan.

Taqrizchilar:
ToshDU «Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi» kafedrasi professori – t.f.d. Muxamedov A.A.
"O'ZLITINEFTGAZ" OAJ yetakchi ilmiy xodimi – t.f.n. Nabiyev G'.T.

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2010

QABUL QILINGAN QISQARTIRISHLAR VA BELGILANISHLAR

ABS – akrilonitrilbutadienstirolli sopolimer
AP – armirlangan plastik
BP - benzoilperoksid
VSGDO - vinilsiklogeksendioksid
GX - gidroxinon
GEF - glitsidilli efir fenoli
DBGK - diangidrid 3,3', 4,4' -benzofenontetrakarbonli kislota
DVK - diefir vinilkarbonli kislota
DGEBA - diglitsidilli efir bisfenoli A
DGEBF - diglitsidilli efir bisfenoli F
DDM – *n* - dodetsilmerkaptan
DDFS - 4,4' -diaminodifenilsulfon
DMPT - N N' – dimetil – *n* - toluidin
DSDA - ditsiandiamin
DEAPA – dietilaminopropilamin
DEBD - diglitsidilli efir 1,4-butandioli
DEBTK - dimetilli efir 3,3', 4,4' -benzofenontetrakarbonli kislota
DENPG - diglitsidilli efir neopentilglikol
DEPK - dimetilli efir piromelitli kislotasi
DETA - dietilentriamin
KM – kompozitsion materiallar
m - massali (massaviy ulushi)
m - qatlamaro
MDA - 4,4 - metilendianilin
MP – N – metil – 2 - pirrolidon
MFDA – m - fenilendiamin
NDK - 5-norbornen - 2,3 - dikarbonli kislota
o - hajmli (hajmiy ulushi)
ODA - 4,4' - oksidianilin
PAK - poliamidokislota
PAN - poliakrilonitril
PBD - polibutadien

PGENKF - krezolformaldegid smolasining poliglitsidilli efiri
PGENFF - fenolformaldegid smolasining poliglitsidilli efiri
PMEK - metiletilketon peroksidi
pop - ko'ndalang (tola yoki o'qqa perpendikulyar)
pr - bo'ylama (tola yoki o'qqa parallel)
PFDA – *n* - fenilendiamin
PE - polietilen
PETF - polietilentereftalat
STAP – shisha tola bilan armirlangan plastik
TASR - triallilsianurat
TGAF - triglitsidil *n* - aminofenol
TGMD - N, N, N', N' -tetraglitsidilmetilendianilin
TETA - trietilentetramin
6F - 2,2-bis(Z', 4' - dikarboksifenil) geksaftorpropandiangidrid
6FTK - 2,2-bis (Z', 4' - dikarboksifenil) geksaftorpropantetrakislota
6FTKDEE- d ietilli efir 2,2 - bis(Z', 4' -dikarboksifenil) geksaftorpropantetrakislota
ENDK - efirlar 5 – norbornen - 2,Z - dikarbonli kislotalar
ETFE - etilentetraftoretilenli sopolimer
sr – issiqlik sig'imi
E - cho'zilishda mustahkamlik moduli
E i - egilishda mustahkamlik moduli
E sj - siqishda mustahkamlik moduli
G sd - qatlam tekisligida surilish moduli
U t - termoEDS
V v. m - kompozitsion materialda tolaning massaviy ulushi (to'ldiruvchi)
V v. o - kompozitsion materialda tolaning hajmiy ulushi (to'ldiruvchi)
W k - kompozit massasi
W v – tola massasi
W e – idish massasi (reaktor)
α - chiziqli kengayishning harorat koeffitsienti
β - hajmiy kengayish koeffitsienti

γ - solishtirma o'tkazuvchanlik
δ - erish parametri
ε - dielektrik o'tkazuvchanlik
ε - cho'zilish deformatsiya chegarasi
ε sj - siqish deformatsiya chegarasi
η - qovushqoqlik
θ – uzoq davomiylik
λ - issiqlik o'tkazuvchanlik
ν - Puasson koeffitsienti
ρ - zichlikρ s – solishtirma elektr qarshilik
σ v - cho'zishda mustahkamlik chegarasi (vaqtinchalik qarshilik)
σ i - egilishda mustahkamlik chegarasi
σ sj -siqishda mustahkamlik chegarasi
τ sd - qatlam tekisligini surishda mustahkamlik chegarasi

1. POLIMER KOMPOZITSION MATERIALLARGA TAALLUQLI KIRISH MA'LUMOTLARI

Kirish

1979-yilda dunyoning eng rivojlangan davlatlarida 8,6 mln. tonnadan ortiq har xil plastmassalar bilan to'ldirilgan kompozitsion materiallar (KM) yoki kompozitlar ishlab chiqarilgan. Bulardan 2,9 mln. tonnasi shisha plastikga, yana shuncha miqdori asboto'ldiruvchi materiallarga va 2,8 mln. tonnasi armirlangan kimyoviy va natural tolalarga to'g'ri keladi. Ishlab chiqarilayotgan materiallarning umumiy narxi 6 mlrd. dollardan oshib ketdi.

Yangi texnologiya asosida sanoatning gurkirab rivojlanishi, tadqiqotlar natijasida iqtisodiy imkoniyatlar oldingi davrga nisbatan yana ham muhim ahamiyat kasb etishi bizning davrimizda mutaxassiislar uchun hayron qolarli joyi yo'q. KM doirasi muhim darajada taraqqiy etishishiga va armirlangan plastiklarning o'ziga xos xususiyatlariga erishish 40-yillar boshida, ya'ni birinchi yuqori mustahkam kompozitlarni ishlab chiqish vaqtiga to'g'ri keladi.

Ikkinchi jahon urushidan oldinroq AP boshqa konstruksion materiallar bilan raqobatlashishga qodir edi. 1941-yilda AQShda fenol smolasi bilan to'yintirilgan, taralgan paxta tolasidan detal ishlab chiqarish bo'yicha 1-hukumat shartnomasi imzolandi. Kompozit 14 MPa bosimda qotiriladi. 1942-yilda poliefir bog'lovchilardan foydalangan holda past bosimda presslash usuli bilan KM ishlab chiqarildi. 2-Jahon urushi oxirlarida shisha tola (STAP) bilan armirlangan KM muvaffaqiyatli qo'llanila boshlandi (AP).

Keyinchalik AP ishlab chiqarish sanoati shunchalik rivojlanib ketdiki, AP dan foydalanmaydigan texnika sohasi qolmadi. Ulardan kemasozlik va avtomobillarni ishlab chiqarishda, aholi turar joylarini qurishda va omborxonalarni uskunalar bilan jihozlashda foydalaniladi. Har xil armirlangan tolali plastiklarning

(AVP) spetsifik xususiyatlari polimer materiallarni qo'llashni an'anaviy doirasini kengaytirdi.

AP ishlab chiqarish dastlabki rivojlanish bosqichida yuqori narxda bo'lishi, xomashyo qimmatligi va sekin va qimmat usullar bilan olinishidir. Bugungi kunda bu sohadagi rivojlanish shu darajaga yetdiki, sanoatning o'sishi 1 yilda 1 mlrd. dollarni tashkil qilyapti.

Ishlab chiqarish hajmlaridan tashqari AP larning sifat xarakteristikalari ham takomillashib bormoqda.

1.1 Terminlar va ta'riflar

KM – ikki va undan ortiq komponentdan tashkil topgan bo'lib (alohida tolalardagi yoki matritsalari armirlangan tashkil etuvchilardan iborat), ularning xususiyatlari alohida komponentlarining xususiyatidan farq qiladi. Kompozit komponentlari bir-birida erimasligi kerak, boshqacha qilib aytganda, bir-birini yutib yubormasligi kerak. Ular yaxshi o'zaro ta'sirda bo'lishi kerak. Komponentlarning o'zaro bog'lanishini hisobga olmay turib, faqat komponent xususiyati bo'yicha KM xususiyatini aniqlash mumkin emas.

Odatda kompozitsion materiallar armirlangan to'ldiruvchilar turiga ko'ra klassifikatsiyalanadi; tolali (armirlangan komponent sifatida tolali struktura xizmat qiladi); qatlamli; plastik bilan to'ldirilgan (armirlangan komponent sifatida har xil zarrachalar xizmat qiladi). To'ldiruvchi plastiklar o'z navbatida to'kiladigan (gomogenli) va skeletliga (boshlang'ich strukturalari, bog'lovchilar bilan to'ldirilgan) bo'linadi. Armirlovchi komponentlar quyidagilar bo'lishi mumkin: har xil tola, kukun, mikrosferalar, kristallarni va organik, noorganik, metall yoki sopol «mo'y»lari bo'lishi mumkin. AP uchun foydalaniladigan eng ko'p tarqalgan quyidagi bog'lovchilar mavjud: poliefir, fenol, epoksidli kompaund, silikon, alkid, melamin, poliamid, ftoruglerodli birikmalar, polikarbonat, akril, atsetal, polipropilen, akrilonitrilbutadienstirolli sopolimer (ABS), polietilen va

polistirollardir. Bog'lovchilar termoplastga (haroratlar o'zgarishida qotish va yumshash qobiliyatiga ega) va reaktoplastlarga yoki termoreaktiv smolalarga (issiqlik natijasida qaytmas kimyoviy o'zgarish sodir bo'ladigan) bo'linishi mumkin. Hozirgi kunda eng ko'p tarqalgani termoreaktiv bog'lovchilardir.

Yangi kompozitsion materiallarni tayyorlash va ishlab chiqishda, bundan tashqari ulardan konstruksiya tashkil etishda, bu materiallar uchun tashqi sharoit ta'sirini hisobga olish kerak (harorat, yuqori namlik). Va yana kompozitsion materiallarni qator spetsifik xususiyatlarini hisobga olish zarur. Masalan, ko'pgina kompozitsion materiallarga xos bo'lgan sudraluvchanlik, loyihachilarni bir qator an'anaviy xulosalaridan voz kechishiga majbur qiladi.

Kompozitsion materiallarni tashkil qilishdan maqsad, bir xil yoki har xil komponentlarni qo'shish bilan boshlang'ich komponent xarakter va xususiyatlaridan a'lo bo'lgan, yangi xususiyatli va xarakterli materiallarni olishdan iboratdir. Bunday tipdagi materiallarning paydo bo'lishi, har qanday aniq doirada qo'llash uchun, zarur bo'lgan kompozit xususiyatlarini selektiv tanlash imkoniyatini beradi. KM iqtisodiy tejamkor va loyihalashda qulaydir. Bugungi kunda KMdan o'yinchoq va tennis raketkalari ishlab chiqarishdan tortib, to kosmik uskunalarda qo'llanishida foydalanilmoqda (issiqlik izolyatsiyasi, mikrosxemalar va boshqa).

Termo- yoki reaktoplastlarning xususiyatini o'zgartirish uchun AP tarkibiga armirlangan komponentlar kiritilishi mumkin. Zamonaviy ishlab chiqarishda KMni har xil armirlangan komponent va bog'lovchilar bilan keng tarzda o'zgartirilishi KMning narxi va texnik parametrlariga ko'ra tanlash imkonini beradi. AP asosan 2 ta ko'rinishda foydalaniladi: listli materiallar (bunday materialga tipik misol – bu poliefir bog'lovchisi bilan to'yintirilgan shishatolali mato yoki melaminofenolli bog'lovchi bilan to'yintirilgan qog'oz) va presslangan plastiklar (Fenol yoki boshqa bog'lovchi bilan to'yintirilgan mineral paxta va boshqa tolalar). Ko'pgina olingan KMlarning xususiyati boshlang'ich

komponent xususiyatlariga ko'ra ancha yuqori. Kompozitlarga bitta komponentdan tashkil topgan turli materiallarni ham kiritish mumkin. Bunday tipdagi materiallarga, masalan, uchish apparatlarida foydalaniladigan polivinilli plyonka bilan qoplangan mahsulotlar; metalloplastik qoplamalar va shu kabilar kiradi.

«Kompozitsion materiallar» (KM) yoki «kompozitlar» atamalari bog'lovchi va armirlangan komponentdan tashkil topgan, yangi klassdagi materiallarga o'ziga xos nom talab qilganligidan vujudga kelgan. KM ko'p hollarda armirlangan (AP) yoki to'ldirilgan plastik deb ataladi. Ko'pincha to'ldirilgan plastik deb nisbatan arzon materiallarga aytiladi, holbuki bugungi kunda alfa sellyuloza yoki shishatola bilan to'ldirilgan bir qator konstruksion AP (masalan, melamin asosida) larning narxi uncha yuqori emas. Oxirgi 10 yillikda «armirlangan» va «to'ldirilgan plastik» atamalari ularning funksional vazifalariga ko'ra atalmoqda.

1.2 Konstruksion materiallar

Hozirgi kunda kompozitsion materiallarni yaratishda keng tarqalgan armirlovchi komponentlar bo'lib shishali, poliamidli, asbestli tola, qog'oz (sellyulozali tola), paxta, jut va boshqa natural tolalardir. Kompozit ishlab chiqarish texnologiyasida eng yuqori o'rinlarni quyidagi materiallar egallaydi: uglerodli, grafitli, borli, po'latli tolalar va mo'y (juda qisqa armirlovchi tola, odatda kristall). U yoki bu armirlovchi to'ldiruvchini tanlash AP ga qo'yilayotgan texnologik talab tarkibi va narxiga qarab aniqlanadi.

Ko'p miqdordagi shisha plastiklar har xil turdagi tijorat mahsulotlarini tayyorlashda qo'llaniladi (masalan, avtomobillar va uskuna qurishda). Bunday KM lardan foydalanishning asosiy yo'nalishlaridan biri raketasozlik, samolyotsozlik, suv osti va usti kemalariga qoplamalar ishlab chiqarishdir. Shisha tolasi narxi uncha qimmat bo'lmagani uchun ko'pgina plastiklarning mustahkamligini oshirishda armirlovchi material sifatida xizmat qiladi.

Odatda armirlash maqsadida 3 xil qog'ozdan foydalaniladi: kraft qog'ozi boshqa tipdagi qog'ozlarga qaraganda yuqori mustahkamlik ko'rsatkichiga ega; alfa-qog'ozi elektrotexnikada foydalaniladi va namga sezuvchanligi past va yaxshi mexanik xususiyatga ega, ikkilamchi xomashyodan tayyorlangan qog'oz.

Paxta tolalari o'zida yuqori mustahkamlik, ob-havoga chidamlilik, texnologik va yetarli qattiqliklarni o'zida aks ettiradi. Materiallarning qalinligi va massasi KM dan qanday xususiyatlarning olinishiga bog'liq holda o'zgarishi mumkin.

Poliamidli tola (neylonli) odatiy material ko'rinishida armirlash uchun foydalaniladi. Ular elektron sanoatida foydalaniladigan ajoyib elektroizolyatsiyalangan qatlamli materiallarni hosil qiladi. Bu tolalar kimyoviy va siyqalanishga chidamli bo'lib kam namlanadi.

Asbestli tola mustahkamlik bilan birga ochiq yong'inga bardoshli bo'lib, issiq va kimyoviy bardoshlidir. Sizal va jutlar shisha tola bilan birgalikda yoki usiz omborlar qurilishida material narxini tushirish uchun foydalaniladi va hokazo.

Uglerodli va grafitli tolalar bir qator o'ziga xos fizik-texnik va kimyoviy xususiyatlarga ega. Bu tolalar yuqori mustahkamlik chegarasiga e ga (vaqtinchalik qarshi lik) va cho' zilishda yuqori mustahkamlik moduliga ega bo'lib, bu uning sanoatda noyobligini oshiradi.

Termoreaktiv bog'lovchilar (poliefirli, fenolli, poliamidli va epoksidlar) ko'pincha shishaplastiklarda foydalaniladi. Oxirgi vaqtlarda qisqa tolalar bilan armirlangan (xususan polikarbonat, ABS sopolimerlari, poliatsetatli va polistirol) termoplastlar asosidagi KM ga juda katta e'tibor jalb etilmoqda. Armirlovchi to'ldiruvchi sifatida, yana har xil materiallardan foydalaniladi: alyuminiy kukuni (alyumin oksidlari), asbest, kalsiyning karbonat va silikati, sellyuloza sanoatidagi mahsulotlar, har xil formadagi paxtalar, shisha tola, shisha sferalar, granitlar, temir oksidi kukuni, slyuda, kvars, po'lat, kremniy karbidi, titan oksidi va volfram karbidi. To'ldiruvchini tanlash AP ni olish texnologiyasiga va ko'rsatilgan materiallarga qo'yiladigan talabga

mos ravishda amalga oshiriladi. Armirlovchi to'ldiruvchilar sifatida uzun tolalardan ham foydalanish mumkin.

Eng ko'p tarqalgan armirlangan metall va nometall materiallarning xususiyatlari

1-jadval

Tola	ρ, m^3	T_{pl}, ^0C	σ_v, MPa	σ_v/ρ, MPa/kg·m^{-3}	E, GPa	E/ρ, MPa/kg·m^{-3}
Alyuminiy	2687	660	620	2300	73	270
Alyuminiy oksidi	3989	2082	689	1700	323	810
Alyumosilikat	3878	1816	4130	10600	100	260
Asbest	2493	1521	1380	5500	172	690
Berilliy	1856	1284	1310	7100	303	1630
Karbid Berilliy	2438	2093	1030	4200	310	1270
Berilliy oksidi	3020	2566	517	1700	352	1160
Bor	2521	2100	3450	150	441	1750
Uglerod	1413	3700	2760	157	200	1410
Shisha:						
Istiqbolli	2493	1650	6890	277	124	497
E	2548	1316	3450	136	72	280
S	2493	1650	4820	194	85	340
Grafit	1496	3650	2760	184	345	2300
Molibden	0166	2610	1380	14	358	350
Poliamid	1136	249	827	73	2,8	25
Poliefir	1385	248	689	49	4,1	29
Kvars	2188	1927	-	-	70	320
Po'lat	7811	1621	4130	53	200	256
Tantal	1656	2996	620	3,7	193	116
Titan	4709	1668	1930	41	115	245
Volfram	19252	3410	4270	22	400	207
Monokarbid volframi	15651	2871	730	4,6	717	458

Izoh: 1. Bron tolalari borid volframdan tashkil topgan.

2. «Mo'y» juda yuqori mustahkamlik chegarasi va cho'zilishda yuqori mustahkamlik moduliga ega: alyuminiy oksidi- G_v=12,7 GPa, grafit G_v=20,7 GPa, E=690 GPa; temir G_v=20,7 GPa.

To'ldiruvchilarni qo'llashning ijobiy samarasi quyidagi hollarda kuzatiladi: materiallarning qattiqligi va mustahkamligining oshishi, issiqlik o'tkazuvchanlik va issiqlik bardoshlikning yaxshilanishi, yeyilishga chidamlilik va zarbiy qovushqoqlikning oshishi; chiziqli kengayish koeffitsientining kamayishi, ekzotermik cho'qqilar amplitudasi va g'ovakliklarning kamayishi; yuzani yaxshilanishi va alohida hollarda materiallarning arzonlashishi. Ammo to'ldiruvchilarni kiritish salbiy xususiyatlarni ham keltirib chiqaradi. KM olish texnologiyasida to'ldiruvchilar qator cheklovlarni keltirib chiqaradi va ayrim bog'lovchilarning hayot «vaqt»ini qisqartiradi.

1.3 Izlanish va rivojlanish

KM sohasida ilmiy tadqiqot ishlari dastur hajmining ko'payishiga va tajriba-konstruktorlik ishlari hajmining ortishiga asosiy sabab listli prokatli alyumin, po'lat, titan kabilar o'rniga boshqa konstruksion materiallar bilan almashtirish imkoniyatidir. Kompozitlar metallarga qaraganda bir qator hollarda, bir necha bor samaralidir. ITI va TKI dasturlari natijasi sifatida KM ning texnika va iqtisodiyotdagi roli oshmoqda. KM ancha katta daromad keltirishi bilan boshqa materiallar bilan raqobatlasha oladi.

1.4 KM sanoatining kelajagi

Texnologiyaning fantastik yuqori templarda rivojlanish erasida, yangi materiallarni ishlab chiqishda yanada istiqbolli yo'nalishlar bo'yicha obyektiv ma'lumotlar zarur. Hozirgi kunda mavjud va talab qilinayotgan texnologiya darajasi har bir tarmoq uchun ITI

va TKIning yo'nalishi va shuningdek konstruksiya muammolarini belgilaydi.

Turli (qishloq xo'jaligi, mashinasozlik, samolyotsozlik, metall va plastiklarni ishlab chiqarish) tarmoqlarda yuqori rentabelli ishlab chiqarishni tashkil etish unikal tashkiliy vazifalarni kompleks qo'yilishini talab etadi. Bu masalani yechishda, fizika ilmlari va ishlab chiqarish texnologiyalarini o'z ichiga olgan qator ilmiy fanlarni jalb etish zarur. Yuzaki ko'rib chiqishda ham materiallar texnologiyasini umumiy yo'nalishda aniq ravshan ko'rinib turibdiki, STAPlarni o'z ichiga oluvchi plastmassalarni ishlab chiqarish shiddat bilan o'sib borishi davom etadi. Plastmassani ishlab chiqarish umumiy sanoat hajmining o'rtacha yillik o'sishi 11 % ni, o'sha vaqtning o'zida kompozitlar uchun bu temp 15 % ni tashkil qiladi.

Hajmiy o'sishni taqqoslasak, AQSh kimyo sanoatining umumiy ishlab chiqarishdagi o'sishi - 6,5 %ni, umumiy milliy mahsulot o'sishi esa 3,5 %dan oshmaydi. Bundan shuni aytish mumkinki, keyinchalik plastmassa va kompozit gruppalar sanoati jadal ravishda o'sadi.

KM ishlab chiqarishning keyingi hajmiy o'sishi, tashqi sharoitlarga materiallarni mustahkam bardoshlilik xarakteristikalarini oshirish muammosi turadi. Bundan tashqari kompozitsion strukturalarning mustahkamlik xarakteristikalari haqidagi ma'lumot, ularni yanada keng qo'llanishini tezlashtiradi. Hozirgi vaqtda KM sanoati to'liq holda qayta tashkil qilish va birlashtirish bosqichida turibdi. Kelajakda yana katta qayta qurish turibdi. Ko'pgina tashkilotlar umumiy ishlab chiqarish jarayonini qo'lda ushlab turishni afzal ko'rishmoqda. Bunday tashkillashtirish tor doirada ixtisoslashtirilgan, ko'pgina tashkilotlar uchun qulaydir. KM ishlab chiqarish boshida turgan kompaniyalarda, asosan ularni ishlab chiqarish hajmini intensiv oshirmoqda.

KM ishlab chiqarish o'sishiga to'siq bo'layotgan nar sa, shu paytgacha po'lat prokatlaridan foydalanishdir. Asosan bu yangi materiallarga ishonchsizlik, konstruktorlarning eskicha fikrlashi

bilan bog'liq. Yangi materiallarga ishonchlilik, ularning sifatini baholovchi ko'pgina metodikalar bilan aniqlanadi (nazoratning samarali metodlari va yemirilmaydigan nazorat asosiy metodlari mavjuddir).

Bugungi kunda loyihalovchi uchun KM xususiyatlari bo'yicha barcha kerakli ma'lumotlarni ichiga oluvchi konstruktor spravochnigi mavjud emas. Demak, bunday spravochnikni ishlab chiqish muhimdir.

Shu bilan bir vaqtning o'zida qator konstruktorlar armirlangan plastiklarning imkoniyatlari haqida bilmaydilar, ularni o'rganish uchun vaqt kerak. KM sohasi va qo'llash hajmi o'sishi, ular haqidagi ma'lumotlar standartlarda, spravochniklarga va hattoki oily o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanmalarga kiritiladi. Hozirgi kunda bir qator hukumat muassasalari, firma, jamoat va uyushma yangi tasnif, texnik shartlar, standart va spravochniklar ishlab chiqish bo'yicha ishlar olib bormoqdalar.

Keyingi KM ishlab chiqarish sanoati hajmining o'sishi asosida ularni qo'llashda uzoq yillik omadli tajriba va oxirgi yillarda KM sohasida o'tkazilgan tadqiqotlar yotibdi. Bu materiallarni samarali qo'llash, bozorda sotish ko'rsatkichini belgilaydi.

Kompozitsion materiallar jamoat transport obyektlarini, avtomobilsozlik, kemasozlik, samolyot va raketasozlikda, suyuqlik saqlash uchun sig'imlar ishlab chiqarish va elektronikaning turli xil sohalarida keng qo'llaniladi. Ulardan quvur va artilleriya qurollariga stvollar ishlab chiqarishda, uskunalar qurishda va bezak materiallari sifatida foydalaniladi.

Rivojlangan davlatlarda qator hollarda KMdan foydalanuvchi insonlar faoliyatining ko'rinishlari yanada tez rivojlanadi – bu bilim olish, tibbiyot va faol dam olishda.

Asosan oxirgi 10 yillikda KM texnologiyasida olg'a siljish amalga oshdi va ularni ishlab chiqarishning o'sishi intensiv tarzda davom etadi. Mavjud cheklanishlarga sabab texnologik jarayon bo'lmay, balki iqtisodiy muammolardir. Texnologiyada bugungi olg'a siljishni, noan'anaviy kompozit xususiyatlarini keng qo'llanish natijasi sifatida ko'rib o'tish mumkin. Asosan metallar

bilan birgalikda ishlovchi, KMni ekspluatatsion xususiyatlari bo'yicha yetarli to'liq xabardor bo'lish, ularni tez fursat ichida qo'llanish sohasini kengaytiradi. Bugungi kunda tolalardan foydalanib yaratilgan AP mavjud bo'lib, ularning mustahkamlik va taranglik xususiyatlari metallarnikidan yuqoridir. Harbiy texnika uchun (masalan, uchish apparatlarida) zarur bo'lgan materiallarning paydo bo'lishi, keyinchalik KMni barcha ishlab chiqarish sanoatida amaliy qo'llash bo'yicha, izlanish va tadqiqot yo'nalishlari uchun turtki bo'ldi.

1.5 Shishaplastiklarni ilk bor qo'llash

1-aviakonstruksiya uchun shisha tolalar bilan armirlangan plastiklar, 1943-yilda Rayt-paterson harbiy havo bazasini (Deyton shahridagi, Ogayo shtati) konstruksiya va materiallar laboratoriyasida o'ylab topildi va ishlab chiqildi. Armirlangan materiallarni sinashdan so'nggi tahlil natijalarining nazariy hisob-kitoblari shuni ko'rsatdiki, loyihalashda va konstruksiya hosil qilishda markazda yengil materiallar bo'lgan murakkab strukturalar uchun shisha tola bilan armirlangan poliefir smolasi asosidagi yuqori mustahkam kompozitsiyadan foydalanish mumkin. Harbiy samolyotsozlikda bunday materiallar turli xil murakkab konstruksiyalarda o'zini yaxshi tavsiya qildi. «Valti VT-15» ikki o'rinli o'quv mashq samolyoti fyuzelyajining orqa qismi shishaplastik bilan kuchaytirilgan. Bu uzel o'sha bazaning o'zida qayta konstruksiyalanib, tayyorlangan. Birinchi detallar yupqa STAP qatlami bilan qoplangan balzamli daraxtdan tayyorlangan. Poliefir bog'lovchi bilan to' yintirilgan, 0,76 mm qalinlikdagi shishamato qoplamasi 5 ta qavatdan iborat bo'lgan (massaviy ulushi 42-45 %) rezina qop bilan quyish va shakllantirishda listli po'lat panelni shakllantiruvchi rezina qolipdan ko'chirish (ajratish) uchun adgeziv sifatida sellofan matritsadan foydalanib amalga oshirildi.

Birinchi tayyorlangan fyuzelyajning statik sinovi, oldingi aytib o'tilganga qaraganda, ancha yuqori xarakteristikaga ega ekanligini ko'rsatdi. Shishaplastiklarning mustahkamlik va massali

xarakteristikalari afzalliklaridan foydalangan holda, daraxt yoki metall xususiyatlariga nisbatan kam qatlamli konstruksiya xususiyatlarining mustahkamligi 50 % gacha oshirishga erishildi. SV KMli sendvichli konstruksiyalar yaxshi konstruksion xususiyatlarga ega bo'lishi bilan bir qatorda, katta aylanishli yuklanishlar vaqtida STAP qatlamida surilish ro'y bermaydi. Agar sendvichli konstruksiya alyumindan tayyorlangan qoplama bilan 100 % hisobli yuklanishga chidash bersa, unda STAPdan iborat bo'lgan o'xshash konstruksiyalarni vizual va priborli kuzatish shuni ko'rsatdiki, bu material 180 % hisobli yuklanishga chidab beradi. Loyihalash uchun yog'och to'g'risida yaxshi boshlang'ich ma'lumotlar yetishmasligi tufayli, ko'pgina olimlar doim konstruksiyalarda daraxtni kerak emas material deb hisoblashgan. Uyali to'ldirilgan shisha plastiklardan foydalangan holda har 3 xil tipdagi fyuzelyaj tayyorlandi. Bu maqsadlar uchun foydalangan shishaplastiklar, quyidagi xususiyatlarga ega: cho'zilishda mustahkamlik chegarasi 276 MPa, siqishda 234 MPa, egilishda 393 MPa, surilishda 131 MPa; egilishda mustahkamlik moduli 18,7 GPa; zichlik 1,8103 kg/m^3. Solishtirma mustahkamlikning nazariy ahamiyati, (mustahkamlikning material zichligiga nisbati) konstruksiyalarda foydalaniladigan maxsus po'lat yoki alyuminiy qotishmalarinikiga nisbatan yuqoridir. Afsuski, mustahkamlik modulining nisbatan pastligi natijasida (xuddi shunday zichlikda magniy qo'rg'oshining E=44,2 GPa ga teng) STAPning konstruksion imkoniyatlari chegaralangan.

STAPdan materiallarning siqilishda yaxshi mustahkamlikka ega bo'lgan asosiy, turg'un strukturasini qoplashda foydalanish, muammoning tabiiy yechimi bo'lgan bo'lardi. Bunday strukturani hosil qilish uchun uyali va sendvichli konstruksiyalar ishlab chiqildi. 2 ta yuqori mustahkam plastinalar juda yengil (ρ=1,7 ÷ 2,8) 103 kg/m^3 asosli to'ldiruvchilarga bo'linadi. Har bir plastinaning to'ldiruvchi bilan bog'lanishi juda mustahkam va tekisdir. To'ldiruvchi tashqi plastinalarni ushlab turgan holda, cho'zilishga, siqishga va surilishga ishlaydi.

2. TO'YINTIRILMAGAN POLIEFIR SMOLALARNING POLIMER KOMPOZITSION MATERIALLARI

Kirish

Armirlangan plastiklarda foydalaniladigan to'yintirilmagan poliefir smolalar, reaksion qobiliyatga ega bo'lgan polimer va monomerlarning o'zaro ta'siri mahsulotlari hisoblanadi. Bu kombinatsiyaning g'oyasini 30-yillarda K. Ellis taklif etdi. Glikollarning malein angidridi bilan bog'lanishidan olingan to'yintirilmagan poliefir smolalari, perekis initsiatorini qo'shganda, erimaydigan qattiq material holda qotadi. 1936-yilda Ellis bu yangilik uchun patent oldi.

Keyinroq, Ellis to'yintirilmagan alkidli poliefir smolalarni, vinilatsetat yoki stirol monomerlari bilan bog'lanishi natijasida qimmatbaho material olish mumkinligini topdi. Monomerni kiritish smolaning qovushqoqligini ahamiyatli kamaytiradi va tizimga initsiator qo'shishni yengillashtirib, qotish jarayonini tez va to'liq o'tkazishga yordam beradi. Bunda aralashma polimerizatsiyasi har bir alohida komponentdan ko'ra tezroq amalga oshadi. 1937-yilda bu jarayonga huquq berildi va 1947-yilda patentlandi. Yangi materiallar plastmassa ishlab chiqarish sanoati belgilagan talablarga javob berar edi. 1940-yildan so'ng hozirgi kunda dunyoning rivojlangan davlatlarida to'yintirilmagan poliefir smolalarini yillik ishlab chiqarish 0,5 mln. t ga yetdi.

To'yintirilmagan poliefir smolalar har xil xususiyatlarga ega. Suyuq smolalar xona haroratida ko'p oylar davomida va xattoki yilda mo'tadildir, lekin perekis initsiatori qo'shilsa, bir necha daqiqada qotib qoladi. Qotish qo'shilish reaksiyasi natijasida ikkilamchi bog'lanishning oddiy birlamchiga aylanishi tufayli yuzaga keladi; bunda hech qanday qo'shimcha mahsulotlar hosil bo'lmaydi. Monomer bog'lovchi sifatida ko'proq stiroldan foydalaniladi. U ikkilamchi reaksion-qobiliyatli bog'lovchi polimer zanjirlari bilan bog'lanib, bu zanjirlar esa mustahkam 3 o'lchamli strukturaga birlashadi. Qotish reaksiyasi issiqlik

ajralishi bilan o'tadi, bu esa o'z navbatida jarayonning to'liq o'tishiga yordamlashada. Odatda smola qotishida polimerda mavjud bo'lgan 2 tali bog'lovchilarni 90 % reaksiyaga kirishishi aniqlangan.

Ko'p sonli mahsulotlarni ishlab chiqarishda poliefir smolalaridan foydalaniladi. Masalan, qurilish panellari, avtomobil va samolyot detallari, baliq qarmoqlari va golf uchun klyushkalar ishlab chiqariladi. AQSHda ishlab chiqariladigan poliefir smolalarining 80 % ga yaqinida, armirlovchi to'ldiruvchi sifatida asosan shishatoladan foydalaniladi. Armirlanmagan poliefir smolalari tugma, mebel, sun'iy marmar va kuzovlar uchun shpatlyovka ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Bitta ingredientdan tashkil topgan, boshqa ko'pgina plastiklardan farqli o'laroq, APda foydalaniladigan poliefir smolalari bir qancha komponentni o'z ichiga oladi. (smola, initsiator, to'ldiruvchi va aktivator). Bu komponentlar kimyoviy tabiatiga mos ravishda birlashib, juda ko'p miqdorda har xil tipdagi poliefir smolalarini olish mumkin. Har qanday poliefir smolasini ishlab chiqishda, aniq holatlarda qo'llash uchun unga kerakli xususiyat berishga harakat qilinadi.

Katta miqdordagi to'yintirilmagan poliefirlar uchun reaksion 2 tali bog'lovchilar manbai sifatida maleinli angidriddan foydalaniladi. Uning glikol bilan o'zaro ta'siri natijasida ~1000dan 3000gacha molekulyar massaga ega bo'lgan chiziqli poliefir zanjiri hosil bo'ladi. Etilenglikol narxi propilenglikol narxiga nisbatan arzonligiga qaramay, etilenglikol bir qancha maxsus smolalarni olish uchungina ishlatiladi. Bu stirol bilan etilenglikol asosidagi poliefirlarni yomon aralashuvchanligi bilan bog'liq. Eterifikatsiya jarayonida maleinl angidridning tsis – konfiguratsiyasi fumarli transstrukturaga o'tadi. Bu fumar fragmentlari yuqori reaksion qobiliyatli 2 tali bog'lovchilarning stirol bilan reaksiyada bo'lishi foydali hisoblanadi. Shunday qilib, reaksion qobiliyatli poliefir smolalarini olishda, transstrukturada izomerizatsiyaning yuqori darajada ekanligi muhim faktordir. Malein angidridning yuqori darajadagi izomerizatsiyasiga

qaramay (90 % dan oshiq), yuqori reaksion qobiliyatli poliefir smolalarini olish uchun ancha qimmat bo'lgan fumar kislotadan foydalaniladi.

Boshqa ikki asosli kislota va angidridlar, masalan adipin va izoftal kislotalar yoki ftalli angidridlar, smolani so'nggi xususiyatini o'lchash va ikkitali bog'lovchilar sonini boshqarish uchun, asosiy reagentga doimiy qo'shib turiladi.

Poliefir smolalari turli xil xususiyatlari va arzonligi tufayli ulardan x ar xi l mahsulo tlar ol ishda k eng f oydalaniladi. Ammo qayta ishlovchilarning poliefir smolalar kimyosidan bilimi yetarli bo'lmagani uchun, ularga doimiy texnik yordam zarur. Polimer smolalari ta'minotchilari iste'molchilarga smola tipi tayyorlanish texnologiyasi, narxi va xususiyati to'g'risida to'liq ma'lumot beradi. Shu bilan birga ta'minotchilar o'z mahsulotlaridan har xil aktivator va ingibitorlar bilan foydalanish bo'yicha zarur bo'lgan maslaxatlarni berishadi.

2.1 To'yintirilmagan poliefir smolalarining tiplari

Poliefir smolalairning keng doiradagi turli xil xususiyatlari ulardan har xil sohalarda foydalanishga yo'l ochdi. Quyida to'yintirilmagan poliefir smolalari 7 ta spetsifik tipining qisqa xarakteristikasi berilgan.

2.1.1 Umumiy ahamiyatdagi poliefir smolalari

Odatda bunday tipdagi poliefir smolalari ftall va malein angidrid aralashmalarini propilenglikol bilan eterifikatsiyasidan olinadi. Ftall va malein angidridlar nisbati 2 : 1 dan 1 : 2 gacha o'zgarishi mumkin. Olingan poliefirli alkidli smola stirol bilan 2 : 1 nisbatda aralashtiriladi. Bu tipdagi smolalar keng qo'llanish sohasiga ega: ulardan taglik, kema, yuvinish xonasi detallari, tayanchlar va suv uchun sisternalar tayyorlashda foydalaniladi.

2.1.2 Elastik poliefir smolalari

Agar ftalli angidrid o'rniga chiziqli ikki asosli kislotadan (masalan, adipinli yoki sebatsinli) foydalanilsa, yuqori elastik va yumshoq to'yintirilmagan poliefir smolasi hosil bo'ladi. Bundan tashqari propilen-glikol o'rniga dietilen yoki dipropilenglikol foydalanilsa, smolada elastiklik hosil bo'ladi. Umumiy foydalaniladigan qattiq smolalarga xuddi shunday poliefir smolalarini qo'shish ularning mo'rtligini kamaytiradi va qayta ishlashni osonlashtiradi. Bundan quyma poliefir tugmalar ishlab chiqarishda foydalaniladi. Ftalli angidridi o'rniga qisman polimer zanjirining oxirida egiluvchan guruh hosil qiladigan tallolli yog'ni bir asosli kislotalardan foydalanish bilan ham elastik smolalarni olishimiz mumkin. Bunday smolalardan mebel sanoatida quyma bezashda va rasmlar uchun ramkalar tayyorlashda foydalaniladi. Buning uchun elastik smolalarga sellyulozali to'ldirgichlar qo'shiladi (masalan maydalangan yong'oq po'chog'idek) va silikon rezina qoliplarga quyiladi. Original rezbali silikon rezinali qoliplardan foydalanib, yog'och o'ymakorligiga o'xshash chiroyli san'at asarini yaratish mumkin.

2.1.3 Torayuvchan poliefir smolalar

Bunday tipdagi poliefir smolalar umumiy qattiq smolalar va elastik smolalar oraliq holatida turadi. Ulardan zarbiy yuklanishga chidamli buyumlar, masalan o'yin sharlari, himoya shlemlari (temir qalpoq), to'siqlar, avtomobil va samolyot detallarini ishlab chiqarishda foydalaniladi. Bunday smo lalarni olish uchun ftalli angidrid o'rniga izoftalli kislotadan foydalaniladi. Jarayon bir qancha bosqichda olib boriladi. Avvaliga izoftalli kislotasi glikol bilan reaksiyasi natijasida kislota soni kichik bo'lgan poliefir smolasi olinadi. Keyin malein angidrid qo'shiladi va eterifikatsiya davom ettiriladi. Natijada glikol-izoftalli polimerdan tashkil topgan molekulalar oxirida va bloklar o'rtasida, to'yintirilmagan fragmentlarni boshqalardan ko'proq joylashishi bilan poliefir zan-

jiri hosil qilinadi. Bunday tipdagi ftalli angidrid eterifikatsiyasi izoftalelli kislotaga qaraganda ahamiyatli darajada samarali, eterifikatsiyaning bu turida ftal angidridi izoftal kislotaga nisbatan kam samaralidir. Chunki yuqori haroratlarda, yuqori molekulyar massali poliefir smolalarni olish vaqtida ftal kislotasining mono efiri qaytadan angidridga o'tadi.

2.1.4 Kam kichrayuvchi poliefir smolalar

Poliefir smolasi orasiga shisha tola quyilib, shakl berilganda smola va shisha tola o'rtasidagi kichrayish farqi buyum yuzasida g'ovak hosil bo'lishiga olib keladi. Kam kichrayuvchi poliefir smolalardan foydalanish bu jarayonni zaiflashtiradi va shu sharoitda olingan quyuvchi buyumlar bo'yashdan oldin qo'shimcha silliqlashni talab qilmaydi. Bu avtomobil detallarini va kundalik elektr uskunalarni tayyorlashda afzaldir.

Kam kichrayuvchi poliefir smolalari boshlang'ich kompozitsiyada faqat qisman eriydigan termoplastik komponentlardan (polistirol yoki polimetilmetakrilat) tashkil topgan. Polimer smolasi kichrayishini kompensatsiyalovchi mikro bo'shliq hosil bo'lishi sistemaning fazoviy holatini o'zgarishi bilan kechadi.

2.1.5 Atmosfera ta'siriga chidamli poliefirli smolalar

Bu tipdagi poliefir smolalar quyosh nuri ta'sirida sarg'aymasligi kerak. Buning uchun ularning tarkibiga ultrabinafsha nurlarini yutuvchilar kiritiladi. Stirolni metilmetakrilatga almashtirish mumkin, faqat qisman, chunki metilmetakrilat poliefirli smola tarkibiga kiruvchi fumarli kislotani 2tali bog'lovchisi bilan yaxshi reaksiyaga kirisha olmaydi. Bu tipdagi smolalardan qoplama, tashqi panellar va tom yoqgichlarni ishlab chiqarishda foydalaniladi.

2.1.6 Kimyoviy bardoshli poliefir smolalar

Murakkab efirli guruhlar ishqorlar bilan yengil gidrolizlanadi. Poliefirli smolalarni prinsipial kamchiligi ishqorga nisbatan bardoshsizligidir. Glikolni boshlang'ich ug lerod skeleti osh ishi, smolada efir bog'lovchilarining miqdorini kamayishiga olib keladi. Tarkibida «bisglikol» mavjud bo'lgan smolalar (propilen oksidi bilan bisfenolni bog'lanish mahsuloti) umumiy smolalarga nisbatan efir bog'lovchilar miqdori ahamiyatli darajada kam bo'ladi. Bunday smolalar kimyoviy uskunular – tortuvchi kalpak yoki shkaf, kimyoviy reaktor va sig'imlar uchun korpuslar, bundan tashqari quvurlar ishlab chiqarishda foydalaniladi.

2.1.7 Yonginga bardosh poliafirli smolalar

Shisha tolali poliefir smoladan quyilgan mahsulot va qavatli plastiklar, yonuvchi materialdir, ammo nisbatan past yonish tezligiga ega. Smolani alangalanishga va yonishga bardoshliligini oshirish uchun, ftalelli angidrid o'rniga, ikki asosli galogenlangan kislotalar, masalan tetraftorftalelli, tetrabromftalelli va «xlorendikli» lardan foydalanish maqsadga muvofiq. (geksaxlorsiklopentadienni maleinli angidridga qo'shilgan mahsulot bo'lib, xet kislotadek ma'lum). Bundan tashqari dibromneopentilglikoldan ham foydalanish mumkin.

Smolaga xar xil yonuvchi ingibitorlar, masalan, surmali oksid va fosforli kislotali efirlar kiritilishi, keyingi yong'inga bardoshlikni oshiradi. Yonginga bardosh poliafirli smolalardan tortuvchi kalpaklar, elektr uskunalari uchun detallar, qurilish panellarini ishlab chiqarishda, bundan tashqari ba'zi xarbiy dengiz kemalarini korpusini tayyorlashda foydalaniladi.

Yuqorida ko'rsatib o'tilgan 7 tipdagi to'yintirilmagan polimer smolalaridan, ko'proq AP sanoatida foydalaniladi. Bundan tashqari maxsus ahamiyatga ega bo'lgan smolalar ham mavjuddir. Masalan, stirol o'rniga triallilizotsianuratdan foydalanish smolani issiqbardoshligini yaxshilaydi. Stirol o'rniga nisbatan kam

uchuvchi diallilftalat yoki viniltoluoldan foydalansak, poliefirli smolani qayta ishlash jarayonida monomer yo'qotilishini kamaytirish mumkin. UB-nurlanish yordamida qotirish yo'li bilan maxsus smolalarni olish mumkin. Maxsus smolalarga nur sezuvchi agentlar masalan benzoin yoki uning oddiy efirlari kiritiladi.

2.2 To'yintirilmagan poliefir smolalaridan buyum ishlab chiqarish

2.2.1 Qoplamani qo'l bilan surtish va purkash

Poliefir smolalarni har xil qayta ishlash usullari mavjud. Oddiy texnika – qatlamni qo'lda yotqizish, ya'ni suyuq smolani mato qatlami yoki shisha tola bilan birga qolipga quyiladi. Bunda (mo'yqalam), valik va purkovchi pistoletdan foydalaniladi. Vertikal yuzadan smola oqmasligi uchun, kompozitga tiksotropli qo'shimcha qo'shiladi. Bundan tashqari uning tarkibiga parafin kirishi mumkin, parafin suyuq smolada eriydi lekin qotgan materialda erimaydi. Shuning uchun qotishda u qotish jarayonini ingibitorlaydi, smolani havodan himoya qilib yuzaga chiqadi. Shunday ekan, smola initsiator bilan reaktorda uncha uzoq vaqt bo'lmaydi (ya'ni qotguncha), bunda ko'p miqdordagi smolani aktivlashtirish shart emas, shunga ko'ra shu vaqt ichida qayta ishlashni amalga oshirish mumkin.

Smolani qo'llashdan oldin tez qotishning oldini olish uchun, unga initsiator kiritiladi. Bu usul purkash texnikasi sifatida ma'lum; u asosan kema ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Odatda avval kema uchun qolip himoya qoplamasi bilan purkalinadi, keyinchalik bu tayyor kema bo'yalgan korpusining tashqi yuzasini hosil qiladi. Qoplama qotishidan oldin, formalangan buyumning ajralmas qismiga aylanishi uchun, unga shisha tolali poliefir smolasi surtiladi. Purkagich aktivlashgan smolani purkash bilan birga shisha tolani maydalagichga uzatadi. Keyin press-forma yuzasiga smola bilan maydalangan ip bo'laklari surtiladi. Qoplamani tekis

surish qiyin (zarbiy yuklanish bo'ladigan joylarda qoplama qalinligi kattaroq bo'lishi kerak) va bu ishni faqat mohir operator uddalaydi. Qurishdan oldin shishamassadagi havo pufakchalarini yo'qotish uchun, uni tekislash (silliqlash) zarur.

Odatda initsiator-aktivator sistemasining 2ta tipi qo'llaniladi. Eng yaxshi oddiy usul shundaki, aktivator naftenat (yoki oktoat) kobalt-smolaga kiritiladi, initsiator (PMEK) esa purkagichga joylashtiriladi. Boshqacha usulda esa (2 sig'imli sistema bo'yicha) smolalar uchun 2 ta alohida sig'imdan foydalaniladi. Bitta sig'imda smola BP-yetarli stabil initsiatorga ega. Smola bu initsiator bilan uzoq soatlar davomida qurimagan holatda saqlanishi mumkin. 2-sig'imga aktivlashgan aminlar bilan smola joylashtiriladi (masalan, dimetilanilin). Bu aralashma ham xona haroratida o'zgarmay turadi. 2 ta teng oqim pulverizatorda aralashtiriladi va endi bir vaqtning o'zida initsiator va aktivatorga ega bo'lgan smola xona haroratida quritiladi. Shisha tolasi bilan to'yintirilgan smoladagi havoni yo'qotish uchun va shu bilan birga smolaning press-formada (qolipda) tekis taqsimlanishini ta'minlash uchun mahsulot yuzasi tekislanadi. Qo'l bilan qavat surtishda va qoplamani purkab surtishda mahsulotning o'lchamlari bilan bog'liq chegaralanish bo'lmaydi.

2.2.2 Taxminan shakllantirilgan, yarim tayyor mahsulotni shakllantirish

Ko'pincha smolani shisha tola bilan boyitish to'g'ridan-to'g'ri press-formada amalga oshiriladi. Taxminiy qoliplangan yarim tayyor mahsulotni birlashtirish uchun, uncha ko'p bo'lmagan miqdorda bog'lovchidan foydalanish mumkin. Keyin yarim tayyor mahsulot shtampga joylashtiriladi va smola quyiladi. Qoliplarni yopishda smola steklomatga oqib, havoni chiqaradi, ortiqchasi oqib ketadi. Bunda shishatola asosan press-forma yuzasi bo'ylab yo'naladi. Bu texnologiyaning varianti sifatida polivinilli spirtdan olingan elastik listli plyonka qoplamali formadan foydalaniladi (yarim forma). Yuqori bosim jarayon olib borilayot-

gan avtoklavda hosil qilinadi yoki vakuum hosil qilish yo'li bilan «qopda» shakllantiriladi.

2.2.3 Markazdan qochma quyish

Markazdan qochma quyishda markazdan qochma kuch ta'sirida smola va shishatola aylanadigan formali ichki devorlarda joylashadi. Agar bu jarayon pechda amalga oshirilsa, u holda qizitish va smolalarning qurishi aylanuvchi formaning ichki devor doirasida amalga oshiriladi.

2.2.4 Ekstruziya va o'rash

Bu jarayonda AP ni armirlovchi komponent sifatida uzluksiz strengdan foydalaniladi. Uni avval initsiator qo'shilgan smolali vannadan o'tkazib, keyin qizdirilgan filer orqali cho'ziladi yoki opravaga o'raladi. Bunda mustahkamligi yuqori bo'lgan ko'rsatkichli material olish mumkin. Tolali o'rash usuli bilan turli hajmdagi mahsulotlar, quvurlar va bosim ostida ishlovchi reaktorlar olinadi. Pultruziya usuli bilan konstruksion mahsulotlar, golf uchun klyushkalar, baliq tutish anjomlari va boshqalar olinadi.

2.2.5 Shtamplash

Avtomobil kuzovlari va uning qismlariga o'xshash katta mahsulotlar odatda shtampovka qilinadi. Bunda boshlang'ich material bo'lib press-kompozitsiya, ya'ni maydalangan shisha tolali va noorganik to'ldiruvchi qo'shilgan smola aralashmasi xizmat qiladi. Aralashmaga yana polimerizatsiya initsiatori va saqlash vaqtida qotishning oldini oluvchi ingibitor qo'shiladi. Qayta ishlashda, xamir ko'rinishidagi ma'lum miqdor press-kompozitsiyali qolipga (shtamp) joylashtiriladi. Qolip yopiladi va bir yoki 2 daqiqa bosim ostida saqlanadi, so'ngra qotgan tayyor mahsulot qolipdan chiqariladi.

Bunday texnologiyaning ayrim varianti sifatida yassi list ko'rinishidagi press-kompozitsiya ishlatiladi. Poliefir smolaning oldindan tayyorlangan yumshoq xamirsimon massasi to'ldiruvchi bilan birgalikda shisha mato ustiga yotqiziladi (surtiladi). Bunday usulda olingan listli kompaund polietilen plyonkalar orasiga joylashtiriladi va keyinchalik foydalanish uchun shunday holda saqlanadi. Ba'zan saqlanishning dastlabki bir necha kunlari davomida quyulish sodir bo'lishi mumkin, lekin bu erkin radikal polimerlanish jarayoni bilan bog'liq bo'lmay, balki quyultiruvchi (kalsiy ok sid yoki magni y o ksid) va poliefi r alkidining o'za ro ta'siri natijasidir. Katta mahsulotlarni quyishda (shtampovka) kirishishi kichik bo'lgan smolalar qo'llaniladi, shuning uchun ularni bo'yash oldidan qo'shimcha silliqlash talab etilmaydi.

2.2.6 Bosim ostida avtomatik quyish

Bosim ostida avtomatik quyish usuli bilan poliefir smolalarini shakllantirishdan kichik mahsulotlar olishda foydalaniladi. Jarayon termoplastni bosim ostida quyishga o'xshash bo'lib, farqi shundaki plastifikatsiyalash issiq barabanda olib borilib, so'ngra nisbatan sovuq press-qolipga siqilmasdan, poliefir smolasi iliq barabanda plastifikatsiyalanib, issiq qolipga siqiladi va shu yerda qotiriladi. Ish kuchining arzonligi va ishlab chiqarish samaradorligining yuqoriligi bu jarayonning afzalligini belgilaydi. Qolipga quyish va tayyor mahsulotni undan chiqarib olish avtomatik ravishda amalga oshiriladi.

2.2.7 Initsiator-aktivator-ingibitor sistemalarini baholash

Yuqorida sanab o'tilgan ishlab chiqarish usullarining har biri maxsus qotish sharoitlarini talab qiladi. Masalan, qatlamlar qo'lda taxlanganda, smola quyish, shisha tola bilan armirlash va havo pufakchalarini chiqarib yuborish uchun 0,5 soat vaqt talab qilinadi. Konkret holat uchun zarur initsiator, aktivator va ingibitor, kichik miqdordagi smola bilan qator tajribalar o'tkazish

yo'li bilan belgilanadi. Bu tajribalarda qotish harorati, ko'rib chiqilayotgan usulning ishlab chiqarishdagi qotish harorati bilan bir xil bo'lishi kerak. Ikkita nisbatan keng tarqalgan initsiator-aktivator sistemalari bo'lib PMEK-kobalt naftenati va BP-dimetilanilin hisoblanadi. PMEK perekisning dimetilftilatdagi 60 % li eritmasi ko'rinishida qo'llaniladi, BP esa 50 % li faol pasta yoki 100 % li faol kukun ko'rinishida qo'llaniladi. Pastadan foydalanish nisbatan qulayroq, chunki u smolada kukunga qaraganda oson eriydi.

Ko'pchilik smolalarning gel hosil qilish vaqtini aniqlash uchun, ularning boshlang'ich initsiator va aktivator konsentratsiyalari quyidagicha bo'lishi mumkin: PMEK ning 1 %li eritmasi (60 % faollik) 0,2 % li kobalt naftenat eritmasi (6 % kobalt) bilan yoki 1,5 %li BP, 0,4 %li dimetil-anilin bilan. Bir necha konsentratsiyalar uchun gel hosil qilish vaqtini aniqlangandan so'ng, kerakli qotish tezligini ta'minlovchi konsentratsiyalarni belgilash mumkin. Odatda smolaning qotishi uchun 1 %li BP yoki 0,5 % PMEK kiritiladi. Gel hosil qilish vaqtini uzaytirish zarur bo'lsa, smolaga alohida faol ingibitor, ya'ni gidrokinon yoki 2,5-ditretbutilgidrokinon kiritish mumkin.

2.2.8 Yuzani qayta ishlashda foydalaniladigan materiallar

Presslangan qatlamli plastiklarning tashqi ko'rinishini yaxshilash uchun yuza qoplamalari va himoya qatlamlari ishlatiladi, shuningdek korroziyaga (yemirilishga) bardoshliligi, atmosfera ta'siriga yedirilishga chidamliligi oshiriladi. Aks holda qatlamli plastik yuzasiga yaxshi joylashgan armirlovchi materiallar, smolaning yupqa qatlami bilan qoplangan bo'lib qoladi. Bu qatlam mahsulotni ekspluatatsiya qilish mobaynida yedirilib armirlovchi tolalar yuzaga chiqib qoladi. Bunday himoyalanmagan tolalar namlikni tez yutadi, yengil ifloslanadi va qatlamli plastikning fizik-mexanik xususiyatlarining pasayishiga olib keladi.

Qatlamli plastiklarning xizmat vaqtini uzaytirish uchun yuza

qoplamalari va himoya qatlamlaridan foydalaniladi. Ko'pincha AP yuzasini qayta ishlashda, stelomat, dakron, arlon, daynel va neylon himoya qatlamlaridan foydalaniladi. Yuza qoplamalari KM ni armirlovchi shishatolalarini himoyalaydi. Bunday qoplamalar atmosfera ta'siriga, korroziya va yedirilishga nisbatan chidamli bo'lib, himoya qoplamalari mos monostrukturali materialdan foydalanib yasalgani uchun tashqi ko'rinishini ham yaxshilaydi.

Dakron chiziqli poliefirdan tayyorlanadi. Uni o'ralmagan tekstil ipi yoki to'qilmagan mato ko'rinishida olinadi. To'qilgan mato yoki trikotajni ipdan yoki shtapel tolasidan tayyorlanadi.

Orlon, asosan akrilonitril polimerdan tashkil topgan sintetik tolasimon material hisoblanadi. Buralgan toladan mato tayyorlashda arlon qimmatbaho material hisoblanadi.

Daynel akrilonitril sopolimeri eritmasini vinilatsetat bilan shakllantirish (quyish) yo'li bilan olinadi. U kichik yumshash haroratiga ega bo'lib, o'zi uchuvchi sifatida klassifikatsiyalanadi. Kichik va o'rta chiziqli zichlikka ega bo'lgan daynel tolalaridan to'qish matolarini tayyorlashda foydalaniladi.

Neylon uzluksiz ishlardan tashkil topgan sintetik tola hisoblanadi. Undan arqon, xom ip yoki mato ko'rinishida foydalaniladi.

2.3 Qotirilgan to'yintirilmagan poliefir smolalarining xususiyatlari

Boshqa materiallar, masalan paxta, jun yoki qog'ozdan ham u yoki bu ko'rinishda yuza qoplamalari tayyorlashda foydalaniladi.

To'yintirilmagan poliefir smolalaridan qattiq va mo'rt, shuningdek yumshoq va elastik plastiklar olish mumkin. 2-jadvalda o'ziga xos (tipik) armirlangan smolalardan olingan quymalarning xarakteristikalari keltirilgan. Jadvaldagi parametrlar farqi kattaligi sababli, bu ma'lumotlar turli tadqiqotchilar tomonidan olingan.

Qotirilgan quyma poliefir smolalarining xususiyatlari

2-jadval

Xususiyat	ASTM bo'yicha sinov usullari	smola	
		umumiy	elastik
1	2	3	4
Mexanik			
Zichlik, kg/m^3	D792	1100-1460	1010-1200
Ko'p martali deformatsiyada oquvchanlik chegarasi, MPa	D790	60-160	-
Siqilishdagi mustahkamlik chegarasi, MPa	D695	90-200	-
Cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi, MPa	D638	40-90	3,4-21
Uzayish, %	D638	5	40-130
Cho'zilishda taranglik moduli, GPa	D638	20-44	-
Zarbiy qovushqoqlik (namuna kesimi 13*13 mm qirqim bilan), J/m	D256	16-32	>370
Rokvell bo'yicha qattiqlik	D785	M70-M115	84-94
Sinish koeffitsienti	D542	1,523-1,570	1,537-1,550
Elektrik			

2-jadvalning davomi

1	2	3	4
Solishtirma hajmiy qarshilik (23 ^{0}S da namlik nisbati 50 %), Om·sm	D257	10^{15}	-
Berilgan kuchlanishda elektrik mustahkamlik (namuna qalinligi 3,2 mm), mV/m:			
Qisqa vaqtda	D149	236-311	156-249
Pog'onali	D149	174-249	172
Quyidagi chastotalarda dielektrik o'tkazuvchanlik:			
60 Gs	D150	3-4,36	4,4-8,1
1 kGs	D150	2,8-4,1	4,5-7,1
1 MGs	D150		4,1-5,9
Quyidagi chastotalarda quvvat koeffitsienti:			
60 Gs	D150	0,003-0,028	0,026-0,31
1 kGs	D150	0,005-0,025	0,016-0,05
1 MGs	D150	0,006-0,026	0,023-0,06
Yoyga bardoshlilik, s	D495	125	135
Boshqalar			
Issiqbardoshlilik, ^{0}C	-	121	121
Suv yutuvchanlik (24 soat, namuna qalinligi 3,1mm), %	D570	0,15-0,6	0,5-2,5
Quyosh nurining ta'siri	-	sarg'ayish	-

Odatda poliefir smolalari armirlovchi to'ldiruvchilar (ko'pincha shishatolasi) bilan uyg'unlashgan bo'ladi va bu uning xususiyatlarini ji ddiy ravi shda o'z gartiradi. Masalan, shishatola bilan armirlanganda uning zarbiy qovushqoqligi 50 martagacha oshishi mumkin. 3- jadvalda shishatola bilan armirlangan 3 xildagi poliefir plastiklarining xususiyatlari keltirilgan. Quyida armirlangan poliefir smolalarining asosiy afzalliklari keltirilgan:

1. Kichik massada yuqori mustahkamlik. Mustahkamlikning massaga nisbati, boshqa ko'pgina materiallarga nisbatan yuqori.

2. Texnologik jihozlarning arzonligi. Detallarni tayyorlash uchun oddiy qolip yoki kichik bosimli press-qoliplardan foydalanish mumkin.

Poliefir smolalar asosidagi shisha plastik xususiyatlari

3- jadval

Xususiyat	ASTM bo'yicha sinov usuli	Armirlovchi material		
		mato	maydalangan pilik (rovnitsa)	listli yarim fabrikat
1	2	3	4	5
Mexanik				
Zichlik, kg/m^3	D792	1500-2100	1350-2300	1650-2600
Ko'p martali deformatsiyada oquvchanlik chegarasi, MPa	D790	276-550	69-276	69-248
Egilishdagi tarang-lik moduli, GPa	D790	-	69-207	69-150
Siqilishdagi mustahkamlik chegarasi, MPa	D695	172-344	103-206	103-208
Cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi, MPa	D638	206-344	103-206	55-138

3-jadvalning davomi

1	2	3	4	5
Uzayish , %	D638	0,5-2	0,5-5	-
Cho'zilishdagi taranglik moduli, GPa	D638	103-310	55-138	-
Zarbiy qovushqoqlik (namuna kesimi 13*13 mm qirqim bilan), J/m	D256	267-1600	107-1070	374-1175
Barkol bo'yicha qattiqlik	-	60-80	50-80	50-70
Elektrik				
Solishtirma hajmiy qarshilik (23 ^{0}C da namlik nisbati 50 %), Om*sm Berilgan kuchlanishda elektrik mustahkamlik (namuna qalinligi 3,2 mm), mV/m:	D257	10^{14}	10^{14}	10^{14}-10^{15}
Qisqa vaqtda	D149	218-311	218-311	236-280
Pog'onali	D149	186-249	186-280	218-249
Quyidagi chastotalarda dielektrik o'tkazuvchanlik:				
50 Gs	D150	4,2-5,5	3,8-6	4,4-6,3
1 kGs	D150	4,2-6	4-6	4,4-6,1
1 MGs	D150	4-5,5	3,5-5,5	4,2-5,8
Quyidagi chastotalarda quvvat koeffitsienti:				

3-jadvalning davomi

1	2	3	4	5
50 Gs	D150	0,01-0,04	0,01-0,04	0,007-0,021
1 kGs	D150	0,01-0,06	0,01-0,05	0,007-0,015
1 MGs	D150	0,01-0,03	0,01-0,03	0,016-0,024
Yoyga bardoshlilik, s	D495	60-120	120-180	
Boshqalar				
Issiqbardoshlilik, ^{0}C	-	149-177	149-177	149-204
Suv yutuvchanlik (24 soat, namuna qalinligi 3,1mm), %	D570	0,05-0,5	0,1-1	0,1-0,15
Quyosh nurining ta'siri	-	ahamiyatsiz		

3. Konstruksiya qismlarini birlashtirish. Bitta shakllantirilgan (yasalgan) detal, bir nechta metall detallarning o'rmini bosishi mumkin (masalan, yuk avtomobilining kapot qanotlari bilan), bu esa mahsulotni konstruksiyalashni yengillashtiradi. Shuning uchun armirlangan poliefir smolasidan foydalanish, boshqa konstruksion materiallardan foydalanishga qar aganda t annarxini kamaytiradi.

Armirlangan to'yintirilmagan poliefir smolalardan mahsulot konstruksiyalanayotganda ayrim chegaralanishlarni e'tiborga olish lozim. Mustahkamlik ko'rsatkichining turg'unligi, shishatolaning orientatsiyasi va miqdoriga o'ta bog'liq. Shisha tolasi bilan armirlangan poliefir smolalardan yasalgan katta yuklanish bilan ishlayotgan detallarning charchash xususiyatlari bir xil bo'lmasligi mumkin. Yedirilishga, shuning erituvchi va ximikatlar ta'siriga bardoshlilikni, har bir alohida holat uchun alohida ko'rib chiqish kerak. Shisha tola bo'ylab namlikning o'tishi, shisha tola bilan armirlangan mahsulotdan foydalanishni qiyinlashtiradi, ayniqsa STAP tashqi qatlamining yedirilishi natijasida shishatola mahsulot yuzaga chiqib qoladi.

2.3.1 Qo'shimchalarning ta'siri

2.3.1.1 To'ldiruvchilar

Poliefir smolalariga noorganik to'ldiruvchilarning kiritilishi, asosan AP mahsulotlari narxini pasaytirish bilan bog'liq. Chunki to'ldiruvchilarning narxi smola va boshqa armirlovchi materiallarning bahosidan ancha past. Holbuki, to'ldirivchilardan foydalanishning boshqa afzalliklari ham bor. Masalan, ulardan foydalanish monomerlarning reaksion konsentratsiyasining kamayishi hisobiga qotish haroratini oshirish imkoniyatini beradi, bu esa o'z navbatida qotish ekzotermasida harorat cho'qqisining pasayishiga olib keladi. Bundan tashqari, to'ldiruvchilarning kiritilishi, qotish vaqtida AP da yoriqlar paydo bo'lishini kamaytiradi, kirishish darajasini pasaytiradi va yasalgan mahsulot yuzasining nisbatan silliq bo'lishini ta'minlaydi.

Loy va karbonatlar nisbatan keng tarqalgan to'ldiruvchilardir. Odatda loyni qo'llash, karbonatli to'ldiruvchiga nisbatan ekzotermik egri chiziqdagi harorat cho'qqisini kamaytiradi. Lekin qotirish yuqori haroratda olib borilgan kiritilgan loy, hosil bo'lgan plastikning xiralashishiga (qorayishiga) olib keladi. Kiritilayotgan to'ldiruvchining miqdori (massa qismi), smola va to'ldiruvchning turiga, shuningdek olingan materialdan qay maqsadda foydalanishga qarab 10 - 70 % bo'lishi mumkin. Odatda smolaga 20 - 30 % to'ldiruvchi qo'shiladi. U yoki bu to'ldiruvchidan foydalanishdan oldin, uning smolaga ta'sirini tekshirib ko'rish lozim, chunki ba'zi to'ldiruvchilarning kiritilishi, smolani qayta ishlashgacha bo'lgan saqlash vaqtini kamaytiradi.

Loy va karbonatlarning qo'llanishi AP ni qattiqlashtiradi, shuning uchun egilishda, elastiklik modulini oshirish maqsadida boshqa turdagi to'ldiruvchilardan foydalaniladi. To'ldiruvchilarning kiritilishi smolaning elektr xususiyatlarini ham o'zgartiradi. 4-jadvalda to'ldiruvchilarning umumiy maqsadda foydalaniladigan tipik smolalarning ayrim ko'rsatkichlariga ta'siri ko'rsatilgan.

Umumiy ahamiyatga ega bo'lgan tipik smola xususiyatlariga to'ldiruvchilarning ta'siri

4-jadval

Xususiyati	To'ldi-ruvchisiz	To'ldiruvchi bilan (30 qism)	
		Kalsiy karbonati	Alyumo-silikat
1	2	3	4
Mexanik			
Zichlik (25 ^{0}C da), kg/m^3 Qotmagan qotgan	1200 1300	1340 1480	1340 1470
Deformatsiyali issiqbardoshlilik, ^{0}C	79	83	83
Egilishda mustahkamlik chegarasi, MPa,	121	62	73
Egilishda taranglik moduli, GPa	4,3	7,1	6,5
Elektrik			
Elektr mustahkamlik (25 ^{0}C da quyilgan namuna qalinligi 2,5 mm), mV/m	274	249	271
Quyidagi chastotalarda dielektrik o'tkazuvchanlik:			
60 Gs	3,3	4,1	4,1
1 kGs	3,3	4	4
1 MGs	3,2	3,9	3,7
Quyidagi chastotalarda quvvat koeffitsienti:			
60 Gs	0,004	0,010	0,038
1 kGs	0,006	0,009	0,024
1 MGs	0,019	0,016	0,017
Quyidagi chastotalarda dielektrik yo'qotishlarda tangens burchagi:			
60 Gts	0,013	0,040	0,015

4- jadvalning davomi

1	2	3	4
1 kGs	0,045	0,034	0,094
1 MGs	0,058	0,067	0,063
Yoyga bardoshlilik (25 ^{0}C), s	100	85	125

To'ldiruvchilarni tanlashda uning absorbsion xususiyatlari va zarrachalarning o'lchamlarini hisobga olish kerak, chunki bu faktorlar olingan mahsulot xususiyatlariga ta'sir qiladi. Yuqori absorbsion xususiyatga ega bo'lgan to'ldiruvchilar smoladan armirlovchi shishatolasi yuvilib ketishiga olib keladi. Natijada smola tarkibining bir xilligi yo'qolib, shakllantirilayotgan mahsulotda katta bo'shliqlar hosil bo'lishiga olib keladi. Katta zarrachalardan tashkil topgan to'ldiruvchilar, qotish jarayonida armirlovchi material orqali filtrlanib, to'ldiruvchining notekis taqsimlanishiga olib kelishi mumkin.

Shakllantirilayotgan (quyilayotgan) kompozitsiyada to'ldiruvchilar tekis taqsimlanishi shart. Bunga erishish uchun, to'ldiruvchini kichik miqdordagi smola bilan quyuq pasta hosil bo'lguncha aralashtirib, so'ngra hosil bo'lgan pastani qolgan smola bilan aralashtirishga qaror qilindi.

2.3.1.2 Bo'yoq va pigmentlar

Poliefir smolalariga bo'yoq va p igmentlarni yengil qo'shish mumkin. Ko'pgina bo'yoq va pigmentlar kichik miqdorda qo'llaniladi, shuning uchun ular qotirilgan smolaning xususiyatlariga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Biroq ko'pincha bo'yoq va pigmentlar smolaning qotish tezligiga ta'sir ko'rsatadi, ba'zilari esa AP ning atmosfera ta'siriga bardoshliligini yomonlashtiradi.

Odatda bo'yoqni smolaga monomer stirolda eritilib qo'shiladi, so'ngra hosil bo'lgan eritma smola bilan aralashtiriladi. Operatsiyalarni bunday ketma-ketlikda olib borish, smolaga tiniq, avvaldan filtrlangan bo'yoq eritmasini kiritish imkoniyatini

beradi. Bo'yoqlar asosan 0,05dan 0,1 % gacha konsentratsiyada qo'llaniladi (monomer va smolaning miqdoriga nisbatan).

Pigmentlar smolaga 2 usulda qo'shilishi mumkin. Birinchi usulda pigment kichik miqdordagi smola yoki to'yish muhiti bilan astoydil to'yinadi, so'ngra bo'yalayotgan smolaning hammasi bilan aralashtiriladi. Boshqachasiga, pigment qandaydir smola bilan mos keluvchi tashuvchida maydalanadi. Qoida bo'yicha 1-5 % li dispersiyalar qo'llaniladi. Pigmentning miqdori, smolaning reaksion qobiliyati, shuningdek tayyor mahsulotning nur o'tkazuvchanligi va talab qilinayotgan rangning quyuqligiga qarab tanlanadi.

2.3.1.3 Yonish ingibitorlari

Ba'zan smolalarga kerakli o'tga chidamlilikni berish uchun yonish ingibitorlari (antipirenlar) qo'shiladi. Bu ingibitorlar smola bilan fizik-kimyoviy bog'lanish yoki kimyoviy reaksiya natijasida ushlab turiladi. Ko'pgina fosfor kislotali organik efirlar va galogenlangan uglevodorodlar (masalan, galogenlangan parafinlar), bundan tashqari 3- oksidli surmalar smola bilan fizik-kimyoviy kuch hisobiga bog'lanadi. Smola bilan xlorendikli kislota va uning hosilalari kimyoviy reaksiya bilan bog'lanadi. Yonish ingibitorlarini kiritish smolalarning rangiga, cho'zilishda mustahkamlik chegarasiga, elektrik xususiyatiga va shakllantirish parametrlariga ta'sir qiladi.

2.3.1.4 Ultrabinafsha nurlarni yutuvchilar

Bu moddalar quyoshning ultrabinafsha nurlari yoki lyuminessensiya manbalari ta'siri ostida bo'lgan smolalarga qo'shiladi. Ular yaxshi boshlang'ich rangga va smolalarni olishda ishlatilgan initsiator va aktivatorlar bilan mos bo'lishi kerak. Odatda ultrabinafsha nurlarni yutuvchilar polimerizatsiya reaksiyasi oqimiga juda zaif ta'sir qiladi.

2.4 To'yintirilmagan poliefir smolalarning narxi

To'yintirilmagan poliefir smolalarining narxi nisbatan qimmat emas va shuning uchun plastmassa sanoatida keng qo'llaniladi. Biroq, ayrim hollarda kichik kirishishga, yaxshi adgeziyaga va kimyoviy bardoshliligi sabab, qimmatroq bo'lgan epoksid smolalardan foydalanish afzalroqdir. 5- jadvalda har xil turdagi to'yintirilmagan poliefir smolalarining taxminan 1 kg qancha turishi keltirib o'tilgan (2005 yil darajasi bo'yicha).

To'yintirilmagan poliefir smolalarning narxi

5- jadval

Smola	1 kg narxi, $
Umumahamiyatli (ortoftalli)	1,5
Taranglilik (izoftalli)	1,6
Kichik kirishishli	1,7
Korrozion bardoshli (kimyoviy bardoshli)	2,1
O'tga bardoshli	2,3

3. VINILKARBON KISLOTASI MURAKKAB DIEFIRLARI ASOSIDAGI POLIMER KOMPOZITSION MATERIALLAR

3.1. Ta'rif

Vinilkarbon kislotasining murakkab diefir asosidagi smolalar termoreaktiv polimerlar hisoblanadi. Ularning asosiy zanjiri bo'lib, oxirgi gidroksil guruh qoldiqlari eterifitsirlangan R, akril (DVKA, R=H) yoki metakril (DVKM, $R=CH_3$) kislotasi

$$-O-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-C-R = SN_2$$

bo'ladi

Ba'zan bu smolalar poliefir smolalar sifatida qaralsa ham, ular polimer molekulalarning asosiy zanjiri tuzilishiga qarab, takrorlanuvchi sodda efir bog'lanishlariga ega bo'lgan tipik murakkab diefirlar hisoblanadi.

Bu smolalar makromolekulyar asosiy zanjirini epoksid, poliefir, poliuretan va boshqa segmentlar tashkil qiladi, biroq amaliyotda nodir materiallar epoksid smolalar asosida olinadi.

3.2 Smola xarakteristikalari

DVK smolalaridan toza holda, ya'ni erituvchilarsiz va boshqa ingredientlar bilan birgalikda foydalanish mumkin. Odatda, metakril kislota murakkab efirlari asosidagi smolalar tarkibida stirol bo'lib, ular shishatolali, kimyoviy chidamli (STAP) plastiklarni ishlab chiqarishda foydalaniladi. Akril kislotasi smolalari eritilmagan (suyultirilmagan) holda yetkazib beriladi, kerakli mos reagentlar to'g'ridan-to'g'ri UB-ultrabinafsha nurlanish ta'sirida qotiriladigan qoplamalar va poligrafik bo'yog'i olish jarayonida qo'shiladi.

DVK ning fizik xususiyatlari va qo'llash doirasi, uning oxirgi guruhlari (metakril yoki akril), qo'shimcha reagentlarning turi va miqdori, shu bilan birga smola makromolekulalarini asosiy

zanjirini tashkil qiluvchi bloklar molekulyar massasiga va tabiatiga bog'liq. Tarkibida stirol bo'lgan DVKM qotishi natijasida kislota, asos va erituvchilar ta'siriga bardoshlilik xususiyatini hosil qiladi. Akril kislota hosilalari metakril kislotasi hosilalariga nisbatan gidrolizga sezgir, shuning uchun kimyoviy bardoshli materiallarni tayyorlashda undan foydalanilmaydi. Yuqori reaksion xususiyati tufayli bu smolalar radiatsion usulda qotiriladi.

Suyultirilmagan DVK lar – qattiq yoki mumsifat narsadir. Shuning uchun qayta ishlashda zarur bo'lgan qovushqoqlikni ta'minlash va uning reaksion qobiliyatini oshirish uchun kompozitsiyaga reaksion qobiliyatli va inert erituvchilar qo'shiladi. DVK ning asosiy makromolekulalari, turli molekulyar massaga ega bo'lgan epoksid oligomer bloklardan tashkil topgan. Bunday bloklarning massasi qancha katta bo'lsa, smolaning mustahkamligi va egiluvchanligi shuncha yuqori, lekin issiqqabardoshliligi va erituvchilar ta'siriga chidamliligi past.

Murakkab poliefirlarga nisbatan, DVK tarkibida murakkab efir guruhlari va vinil fragmentlarining kamligi bilan xarakterlanadi. Bu esa smolaning gidrolizga chidamliligining oshishiga, shuningdek ekzoterma cho'qqisi haroratining kamayishiga olib keladi. Qotishida smolaning kirishishi (kichrayishi) kamayadi. Murakkab poliefirlar singari DVK lar ham ma'lum saqlanish muddatiga ega, bu ishlab chiqarish jarayonida ingibitor polimerizatsiyasini (erkin «qopqonlar» radikallar) kiritish yo'li bilan ta'minlanadi.

3.3 Tarixiy ma'lumotlar

Turli DVK lar laboratoriya miqdorida o'tgan asr 50-yillarining oxirlarida olingan bo'lsada, bu smolalarning sanoat ishlab chiqarishi «Shell kemikal» firmasi tomonidan «epokril smolalari» savdo markasi ostida 1965- yil yo'lga qo'yildi. Bu smolalar epoksimetakrilatlarga aynan o'xshatildi va o'sha zamon yaxshi poliefir smolalari chidamligidan ustun a'lo kimyoviy turg'unlikka (chidamlilikka) ega bo'ldi. 1966- yilda «Dau kemikal» firmasi

vinilkarbon kislotasining murakkab diefiridan tashkil topgan "Derakan" nomli smolani, shuningdek qoplamalar uchun mo'ljallangan qator shunga o'xshash smolalarni ishlab chiqardi. 1977- yilda «Interplastik» va «Reychxold kemikal» firmalari «Koretsin» va «Korrolit» nomli DVK smolalarini ishlab chiqardi.

DVK sanoati va uning ahamiyati

6-jadval

Smola	Kimyoviy tarkibi	Xarakter va ahamiyati
1	2	3
Epokril-12[1]	A bisfenol asosidagi past molekulyar epoksid smolaning toza dimetilakril efiri	Nominal qovushqoqligi 1 Pa·s buyumlar quyish, yelimlar tayyorlashda va elektrotexnikada qo'llaniladi
Epokril-370[1]	A bisfenol asosidagi past molekulyar epoksid smolaning toza diakril efiri	UB-nurlanish ta'sirida qotiriladigan, poligrafik bo'yoq va qoplamalarni olishda asosiy smoladir
Koretsin VE-8100[2] Derakan 411-S-50[3] Epokril-321[1]	Tarkibi 50 % stiroldan tashkil topgan bisfenol asosidagi A o'rtacha molekulyar epoksid smolaning dimetakril efiri	Nominal qovushqoqligi 0,1 Pa*s. Quyish, o'rash, ekstruziya usullari bilan kimyoviy bardoshli armirlangan plastik tolalarni olish uchun foydalaniladi
Korrolit 31-345[4] Koretsin VE-8300[2] Derakan 411-45[3] Epokril-322[1]	Tarkibi 45 % stiroldan tashkil topgan bisfenol asosidagi A yuqori molekulyar epoksid smolaning dimetakril efiri	Nominal qovushqoqligi 0,5 Pa*s. Kimyoviy bardoshli, tola bilan armirlangan qolipga qo'lda quyish va o'rash usuli bilan plastiklar olishda foydalaniladi

6- jadvalning davomi

1	2	3
Derakan 470-36[3]	Tarkibi 36 % stiroldan tashkil topgan fenoltola fragmentlari asosidagi epoksid smolaning metakril efiri	Nominal qovushqoqligi 0,2 Pa*s. Yuqori harorat va erituvchilarning ta'siriga chidamli bo'lgan tola bilan armirlangan plastiklar olishda ishlatiladi.
Epokril-480[1]	Tarkibi 40 % stiroldan tashkil topgan bisfenol asosidagi A past molekulyar epoksid smolaning metakril efiri	Nominal qovushqoqligi 0,5 Pa*s. Yuqori harorat va erituvchilar ta'siriga chidamli, cho'zilishda yuqori mexanik xususiyatlarga ega bo'lgan (mustahkamlik chegarasi, uzayish, taranglik moduli), tola bilan armirlangan qo'lda qolipga quyish va o'rash usuli bilan plastiklar olishda ishlatiladi.
Derakan 510A40[3]	Tarkibi 40 % stiroldan tashkil topgan bromlangan bisfenol asosidagi epoksid smolaning dimetakril efiri	Nominal qovushqoqligi 0,35 Pa*s. Tola bilan armirlangan kimyoviy bardoshli plastiklarga o'tga chidamlilik xususiyatni berishda foydalaniladi.

3.4 PKMlarning ekspluatatsion xususiyatlari

3.4.1 Smolaning xususiyatlari

DVK ning xususiyatlari uning qovushqoqligi, erituvchining miqdori va reaksion qobiliyati bilan xarakterlanadi. Smola qovushqoqligining molekulyar massasi, erituvchining miqdori bilan harorat, shuningdek qo'shimcha reagent turi va tarkibi orasidagi bog'liqligiga namuna:

- 100 DVK massa qismi va 1 massali qismi b-peroksida (BP), qotish harorati 82 ^{0}C, gel hosil qilish vaqti 12 min, qotish vaqti 15 min, ekeoterma cho'qqi harorati 193 ^{O}C;
- 100 massali qism smola, 2 massali qism per oksidametiletilketon (60 %), 0,4 massali qism kobalt naftoat (6 % So), qotish harorati 25 ^{0}C, gel hosil bo'lish vaqti 15 min, qotish vaqti 25 min, ekeoterma cho'qqi harorati 171 ^{0}C.

Tipik ko'rinishdagi DVKlarning boshqa eritma xususiyatlari 7-jadvalda keltirilgan.

3.4.2 Qotirilgan smolaning mexanik xususiyatlari

Termik parchalanish haroratidan farqli o'laroq, qotirilgan DVKlardan yasalgan quymalarning mexanik xususiyatlari, makromolekulalar asosiy zanjiri qurilgan epoksid bloklar tabiati va molekulyar massasiga bog'liq holda uncha ko'p farqlanmaydi. Bu xususiyatlarga tabiat va miqdor kichik darajada ta'sir ko'rsatadi.

DVK eritmalarining tipik xususiyatlari

7- jadval

Xususiyati	Ko'rsatkichi
Gardner shkalasi bo'yicha rangi	2-8
Tashqi ko'rinishi	Toza, kahrabo rangiga yaqinlashadigan, somon-sariq rang
Zichlik, kg/m^3	1030-1220
Chaqnash harorati, ^{0}C	32-93
Suv miqdori (massaviy ulushi), %	0,01-0,20
Kislotalilik, ekv/100g	0,001-0,050
Epoksid guruhlar miqdori, ekv/100g	0,001-0,020

3.5 To'ldirilmagan DVKlardan yasalgan quymalarning mexanik xususiyatlari

3.5.1 Mexanik xususiyatlari

Tola shaklidagi yoki mikroqismlardan iborat to'ldiruvchilar, boshqa polimerlardagi singari, DVKning mexanik mustahkamligini oshiradi.

To'ldirilmagan DVKlardan yasalgan quymalarning mexanik xususiyatlari:

8-jadval

a. Mexanik xususiyatga DVK (tarkibida 50 % stirol bo'lgan A bisfenoldan tashkil topgan epoksid smolasi asosida) molekulyar massasining ta'siri.

Xususiyati	Smola		
	Epokril-12[1] (MM-500)	Epokril-321[1] (MM-900)	Epokril-322[1] (MM-1200)
1	2	3	4
Issiqbardoshlilik, ^{0}C	116	99	93
Cho'zilishda (25 ^{0}C)			

8-jadvalning davomi

1	2	3	4
Mustahkamlik chegarasi, MPa	80,7	79,9	78,6
Taranglik moduli, GPa	3,3	3,2	3
Uzayish, %	4,5	5	5,5
Egilishda (25 ^{0}C)			
Mustahkamlik chegarasi, MPa	135,1	131	128,2
Taranglik moduli, GPa	3,4	3,2	3

b. DVK asosiy zanjirini tashkil etuvchi 40 % stiroldan iborat epoksid smola tipining mexanik xususiyatlariga ta'siri

Xususiyati	Smola		
	Epokril-480[1] (bisfenol A asosida)	Derakan 470[2] (fenoltolalar asosida)	Derakan 510 A[2] (A bisfenolning tetrobrom asosidagi hosilasi)
1	2	3	4
Issiqbardoshlilik, ^{0}C	121	124	99
Cho'zilishda (25 ^{0}C)			
Mustahkamlik chegarasi, MPa	84,1	75,8	73,1
Taranglik moduli, GPa	3,4	3,4	-
Uzayish, %	5	3,5	4
Egilishda (25 ^{0}C)			
Mustahkamlik chegarasi, MPa	124,1	124,1	124,1
Taranglik moduli, GPa	3,4	3,4	3,4

d. DVK ning mexanik xususiyatlariga stirol tarkibining ta'siri.

8-jadvalni davomi

1	2	3	4
Xususiyati	Stirol miqdori, %		
	0	15	50
1	2	3	4
Issiqbardoshlilik, ^{0}C	149	138	116
Cho'zilishda (25 ^{0}C)			
Mustahkamlik chegarasi, Mpa	-	81,3	80,7
Taranglik moduli, GPa	4,1	3,7	3,3
Uzayish, %	2	2,3	4,5
Egilishda (25 ^{0}C)			
Mustahkamlik chegarasi, MPa	126,8	135,1	125,5
Taranglik moduli, GPa	4	3,8	3,4

[1] Firma «Shell kemikal», [2] Firma «Dau kemikal».

3.5.2 Elektr xususiyatlari

DVK yaxshi dielektrik xususiyatlarga va yuqori solishtirma qarshilikka ega bo'lsa ham, elektrotexnikada keng qo'llanilmadi.

3.5.3 Kimyoviy xususiyati

Hozirgi vaqtda ishlab chiqarilayotgan DVK larning asosiy miqdori armirlangan tolali plastiklardan iborat bo'lgan kimyoviy bardoshli qurilmalar, quvurlar, ulovchi quvurlar, skrubberlar, tortuvchi ventilyatsiya quvurlari va rezervuarlar tayyorlashda ishlatiladi. DVKM dan, quyma yoki shishaplastik ko'rinishlarida olingan mahsulotlar, keng haroratlar intervalida kislotali, ishqoriy erituvchilarga nisbatan yuqori bardoshlidir.

Epoksid qatoridagi DVK larni kislota va ishqorlar ta'siriga a'lo darajada bardoshliligi, ularda murakkab efir guruhlarini kam miqdordaligi, shuningdek qo'shni metil guruhlari uglerod atomi va qo'shimcha reagentlarning (odatda stirolning) yon radikallari joylashgan smolaning makromolekulalariga ikkilamchi bog'lar

orqali bog'langanligi bilan izohlanadi.

3.5.4 Kirishish

DVKning hajmiy kirishishi odatda, to'yinmagan poliefir smolalariga qaraganda kichik, lekin qurilishi bo'yicha yaqin bo'lgan epoksid smolasinikiga nisbatan yuqori. Hajmiy kirishish makromolekulada ikkilamchi bog'lar sonining oshishiga va smolaga qo'shilgan qo'shimcha reagentlar miqdoriga qarab o'sadi, ammo unga kiritilayotgan armirlangan tolali komponent yoki to'ldiruvchilar me'yori oshganda hajmiy kirishish kamayadi (9- jadval).

3.5.5 Adgeziya

DVK asosidagi smolalarning hajmiy kirishishi, epoksid smolalari kirishishiga nisbatan katta bo'lgani uchun, ular tekis adgezion mustahkamlikka ega. Kirishishni kamaytirish va maksimal mustahkamlikka ega bo'lish uchun, DVK asosidagi yelim kompozitsiyalar boshlang'ich oligomer bloklarida, ikkilamchi bog'lari kichik miqdorda, qo'shimcha reagentlari kam bo'lgan, ko'p miqdordagi to'ldiruvchilarga ega smolalardan tayyorlanadi. Kirishishni kamaytiradigan turli xil rezinali aralashmalarni qo'shish, DVK asosidagi yelimlar mustahkamligini oshiradi.

3.6 Smolalarni qo'llash

3.6.1 Radiatsion qotirish

Radiatsion nurlanishda DVKM va DVKA samarali qotsa ham, qoplama va poligrafik bo'yoqlar uchun UB-nurlaridan foydalanib qotirish afzaldir, chunki bunda qotish tez sodir bo'ladi. Qator hollarda UB-nurlanish ta'sirida qotish 0,1 s da tugaydi. DVK ni qotirish uchun shuningdek elektron oqim va boshqa nurlanish manbalaridan foydalaniladi. Nurlanish ta'sirida qotirishning termik usullarga qaraganda asosiy afzalliklari, quyidagilardir:

yuqori energetik samara, mahsulot bug'lanishining kamayishi yoki to'liq yo'qolishi, jarayonining yuqori mahsuldorligi, xona haroratida qotishi, qurilmaning arzonligi va joylashishida katta bo'lmagan maydonni egallashi.

3.6.2 Armirlangan shishaplastiklar

DVK ni shisha tola bilan armirlangan plastikka (STAP) qayta ishlash, tolalarni o'rab qatlamlarni qo'lda qatlash yordamida, markazdan qochma kuch qo'yish, ekstruziya yoki elastik qop yordamida shakllantirish yo'li bilan amalga oshiriladi. STAPdan tayyorlangan detal va qurilmalardan (quvurlar, skrubberlar, tortuvchi ventilyatsiya quvurlari va rezervuarlar) materialning a'lo darajada kimyoviy bardoshligi, yengil ekspluatatsiyali, elastikligi va montajda qiyinchiliklar tug'dirmasligi tufayli kimyo, neft, oziq-ovqat va tog'-kon sanoati va qishloq xo'jaligida foydalaniladi. DVK asosidagi KMning iqtisodiy ko'rsatkichi, sanoatning korrozion-bardoshli qurilmalar talab qilinayotgan qator ishlab chiqarish tarmoqlarida ishlayotgan uglerodli va legirlangan po'latnikidan ancha yaxshi. DVKni kimyoviy bardoshli qoplamalar, sementlovchi eritmalar, pollarni qoplashda ishlatiladigan kompaundlar va qurilish ohak eritmalari tarkibi retseptiga kiritish mumkin.

DVKning hajmiy kirishishi

9- jadval

Smolaning molekulyar massasi	Stirol miqdori, %	Ikkilamch bog'lar miqdori, ekv/100 g	Hajmiy kirishish, %	
			Gel hosil qilish nuqtasidan to'liq qotishgacha	Suyuq smoladan to'liq qotishgacha
500[1]	0	0,4	4,3	5,4
500[1]	25	0,55	6,8	7,6
500[1]	50	0,7	9,1	10,3
900[2]	50	0,61	-	7
1200[3]	50	0,58	-	5,4

[1] Epokril-12 ; [2] Epokril-321; [3] Epokril-322

DVK asosidagi yelimning xususiyatlari

10- jadval

Harorat , ^0C	Surilishga nisbatan adgezion mustahkamlik, alyuminiy-2024-T-3 uchun
25	9,38
82	11,17
116	9,38
149	8,27

Izoh: Yelim tarkibida 95 qism (massa qismi) «Shell Kemikal» firmasining «Epokril-12» smolasi, 5 qism stirol, 30 qism asbest va 1 qism «Vallas end Tirnan» firmasi «Lusidol» bo'limining «Lyuperko ATS» si bor. Yelim 2 soat davomida, 80 ^0S da qotiriladi.

UB-nurlari ta'sirida qotiriladigan, DVK asosidagi ayrim kompozitsiyalarning tarkibi va xususiyatlari

11- jadval

a. O'rtacha qovushqoqlikdagi kompozitsiyalar asosidagi tiniq qoplama.

Massaviy ulushi va xususiyati	DVKM	DVKA
1	2	3
Epokril-370[4], qismlarda	60	60
1,6-Geksandioldiakrilat[5], qismlarda	40	40
25 ^0C da qovushqoqlik, Pa*s	0,8	0,8
Dietoksiatsetofenon[6] yoki Vikyure-10[7], qismlarda	2	2
Qotish	UB-nurlanish	UB-nurlanish va qizitish[2]
Qotish tezligi, m/min	41,6	41,6
Metil-etil ketonning ikkilamchi bog'lanishlar soni	100	100
Qalam shkalasi[3] bo'yicha qattiqlik	N	6N

11- jadvalning davomi

1	2	3
Massaning saqlanishi, %	99	91
Yopishtiriladigan lenta «skotch»[3]ga nisbatan adgeziyasi, %	10	100

b. Qora poligrafik bo'yoq

Massaviy ulushi va xususiyati	DVK
Epokril-370[4], qismlarda	75
Trimetilolpropiltriakrilat[5], qismlarda	25
Aydjepal SO-430[8], qismlarda	0,4
25 ^{0}C da qovushqoqlik, Pa*s	3,8
Pechka qurumi[9], qismlarda	10
Benzofenon, qismlarda	7
Mixler ketoni[10], qismlarda	3,5
Qotish tezligi[10], m/min	17-34
Metiletilketonning ikkilamchi bog'lar soni	5-20

[1] DVK qatlami qotish tezligi simobli lampani 200 Vt quvvatda nurlantirish yo'li bilan aniqlandi:
[a] 15 mkm qalinlikdagi po'lat taglikda (100 ta plastinka)
[b] 2,5 - 5,1 mkm qalinlikda, siyoh bilan «Kviknik» ko'rinishida belgilar qo'yilgan qog'oz yoki metall taglikda.
[2] 5 min davomida 204 ^{0}C haroratda qizdirish
[3] po'lat taglik (100 plastinka)
[4] «Shell kemikal» firmasi
[5] «Selaniz kemikal» firmasi
[6] «Yunion karbayd» firmasi
[7] «Stauffer kemikal» firmasi
[8] «Djaf» firmasi
[9] «Mineral pigments» firmasining M8405 markasi
[10] «Bidl Soyer» firmasi

DVK asosidagi kompozitsion materiallarning mexanik xususiyatlari

12- jadval

Xususiyatlar	1- kompozitsiya asosidagi material[1]	2- kompozitsiya asosidagi material[2]
Egilishda (25 ^{0}C)		
Mustahkamlik chegarasi, MPa	193	193
Taranglik moduli, GPa	15,8	11
Cho'zilishda (25 ^{0}C)		
Mustahkamlik chegarasi, MPa	89,6	91,7
Taranglik moduli, GPa	-	10,9

[1] 29 % shishato'ldiruvchiga ega, 2,5 daqiqa davomida 150 ^{0}C da qotirildi.
[2] 28 % shishato'ldiruvchiga ega, 1,5 daqiqa davomida 150 ^{0}C da qotirildi.

4. POLIBUTADIEN SMOLALAR ASOSIDAGI POLIMER KOMPOZITSION MATERIALLAR

Kirish

Polibutadien smolalari – bu yuqori molekulyar uglevodorodli termoreaktiv smolalardir. Ular a'lo darajadagi elektrik xususiyatlarga ega, yetarlicha kimyoviy bardoshli, yuqori issiqlikka chidamli, namlikni kam tortadi va perekisli initsiatorlar ishtirokida yengil qotadi. Bu xususiyatlar butadien smolalarining turli sohalarda qo'llash imkoniyatlarini kengaytiradi. Ulardan to'g'ri va quyish yo'li bilan presslab qayta ishlashda, bosim ostida quyishda, qolipga ho'l quyish usuli bilan qatlamli plastiklar olish va boshqalarda foydalanish mumkin. Polibutadienning ko'pgina hosilalari mavjudligi sababli bu polimerlarni qo'llash doirasi juda keng, ulardagi boshqa smolalar uchun modifikator sifatida foydalaniladi, shuningdek qoplamalar tayyorlash uchun, yelim va elektroizolyatsion quyma kompaundlar ishlab chiqarishda foydalaniladi.

4.1 Tarixiy ma'lumotlar

Polibutadien smolalari 1955- yillar atrofida olingan bo'lib, «Indjey» laboratoriyasida «Butan» tipidagi kompaundlar ishlab chiqarishda foydalanilgan. Bu kompaundlarda qo'llanilgan smola, katta miqdordagi suyuq 1,2-polibutadien, bir oz miqdordagi butadienstirol sopolimeridan va bu ikki smolaning adduktlaridan tashkil topgan edi. O'sha vaqtdan beri «Richardson» va «Litium» firmalari shunga o'xshash mahsulotni ishlab chiqarmoqda. 1968-yilda «GISTIL» savdo markasi ostida, yuqori miqdordagi ikkilamchi bog'larga ega bo'lgan va makromolekulalari oxirida kichik miqdordagi izosianat guruhlari mavjud polibutadien smolalari ishlab chiqarila boshlandi. Unga bir oz miqdorda perekis initsiatori kiritildi. Boshlamasida bu smola «Gistil development» firmasi tomonidan, hozir esa «Dianaxem» va

«Nippon souda» firmalari tomonidan «Nisso-RV» savdo nomi bilan ishlab chiqarilmoqda. Bu smola, molekulyar massasi 1000-4000 bo'lgan, 90 % gacha ikkilamchi bog'lari yon zanjirlarda joylashgan (vinil guruhlari) suyuq ataktik polibutadiendir. Bu smolaning 3 tipi mavjud bo'lib: V tip-so'nggi (oxirgi) funksional guruhlarga ega emas; G tip-gidroksil guruhlarga ega va S tip-makromolekulalarning ikkala oxirida karboksil guruhlarga ega. Boshqa polibutadien smolalar avvaliga «Fayrstoun sintetik rabber end lateks» firmasi tomonidan «Dienit» savdo markasi ostida, hozir esa «Kolorado Kemikal speshialtiz» firmasi tomonidan «Rikon» nomi bilan ishlab chiqarilmoqda. «Dienit» smolalari 1,2 va 1,4- polibutadien aralashmasi yoki viniltoluol (RM-520, RM-503) monomeri bilan soreagent yoki stirolbutadienli oligomer (RD-701, RD-753) larning aralashmasidir.

4.2 Kimyoviy xarakteristikalari

Asosiy ko'rinishdagi polibutadien smolalarning strukturasi va tipik xususiyatlari 10- jadvalda keltirilgan.

Polibutadien smolalarining sanoat ko'rinishi odatda, quyi molekulyar 1,2 va 1,4-polibutadienning aralashmasidan iborat. Bu izomerlar, polimerlanishda ishtirok etuvchi reaksion markazining holati bilan farq qiladi. 1,2- polibutadien, ikkilamchi bog'lari yon zanjirlarda joylashganligi uchun, ikkilamchi bog'lari asosiy zanjirda joylashgan 1,4- polibutadienga nisbatan ancha reaksion qobiliyatli. Shuning uchun katta miqdordagi 1,2- polibutadienli smolalar tezroq va yengil qotadi, aksincha ko'proq qism 1,4-olimerga ega bo'lgan smolalardan, yuqori elastik materiallar olishda foydalaniladi.

4.3 Asosiy ko'rinishdagi polibutadien smolalarining strukturasi va tipik xususiyatlari

1,2-polibutadien (PBD) smolalani kompozitsion materiallarga qayta ishlash qulay bo'lishi uchun, yuqori molekulyar massali (MM) va molekulyar massasi tor doirada taqsimlangan holatda

olish zarur. Turli xil kimyoviy o'zgartirishlar vaqtida smolaning reaksion qobiliyatini oshirish uchun, uning makromolekulalariga oxirgi funksional guruhlar (masalan, gidroksil, karboksil yoki izotsianat) kiritiladi, shuningdek tarkibida stirol va viniltoluol singari reaksion qobiliyatli monomerlar mavjud bo'lgan aralashmalar tayyorlanadi. Oxiridagi gidroksil guruhlar poliuretanlar bilan reaksiya olib borish imkoniyatini bersa, karboksil guruhlari epoksid guruhlar bilan reaksiyaga yaxshi kirishadi. Oxirida izosianat guruhlari bo'lgan PBD lardan asosan elektroizolyatsion quyma kompaundlar olishda foydalaniladi. Vinil guruhlarining yuqori miqdorda (85 % dan ko'p) mavjud bo'lishi, polibutadien smolalarning perekis initsiatori ishtirokida yengil qotishini ta'minlaydi. Oxirgi reaksion qobiliyatli funksional guruhlar, smolaning molekulyar massasini qotgunicha oshirish imkonini beradi. MM ning oshishi, qattiq polimer strukturalar hosil bo'lishiga olib keluvchi, smolaning cheklanguncha oquvchanligini kamayishini keltirib chiqaradi. Natijada, smolani reaktorda qayta ishlash uchun qulay texnologik vaqtga erishiladi. Zanjirning o'sish pog'onasini nazorat (vaqt bo'yicha) qilib, turli xususiyatlarga ega bo'lgan – yuqori qovushqoqlikka ega bo'lgan suyuq polimerlardan tortib, to MM yuqori bo'lgan qattiq moddalargacha olish mumkin. Zanjirning o'sish qobiliyati, polibutadien smolalardan press-kompozitsiyalar, qoplamalar, yelimlar, elektroizolyatsion quyma kompaundlar va termoreaktiv qatlamli plastiklar olishda keng foydalanishga asos bo'ladi. Quyida sanab o'tilgan polibutadien hosilalari boshqa smolalar uchun modifikator sifatida, shuningdek maxsus qatlamni plastiklar olishda qo'llanishi mumkin:

PBD hosilalari	MM
α,ω – PBD – gikol	2000
PBD – dikarbon kislota	1400
Epoksidli	1100
Maleinoilli	–
Akriloilli	2600
Tarkibida stirol mavjud	2200

Polibutadien smolalari odatda reaksion qobiliyatli monomerlar aralashmasi yoki n-geptan eritmalari ko'rinishida is'temolchiga yetkaziladi.

4.4 Qotish jarayonining xarakteristikasi

Polibutadien smolalarining qotish jarayoni, yaxshi ma'lum poliefir polimerlarining perekis initsiatori ishtirokida qotishi bilan o'xshashligi, ularning kompozitsion materiallar texnologiyasi uchun foydaliligini oshiradi. Polimerning qotishi 3 bosqichda boradi: quyi haroratli gel hosil bo'lishi, yuqori haroratli qotish va termik sikllanish. Kichik haroratlarda smola molekulyar massasi va qovushqoqligining oshishi sodir bo'ladi. Bu gel hosil qilish va qotishning boshlanishiga olib keladi. (A- bosqichdan B-bosqichga o'tish). Yuqori haroratli qotish 121 ^{0}C da boshlanadi, bunda vinil guruhlarining ikkilamchi bog'lari bo'yicha reaksiya faollashadi. Jarayonning bu bosqichida qattiq mahsulot hosil bo'ladi. Termik sikllanish 232 ^{0}C da boshlanadi va polimer substratining qolgan to'yinmagan fragmentlari reaksiyaga kirishib, zich tikilgan struktura hosil qiladi. Polibutadienlarning qotish ekzotermasidagi harorat cho'qqisining yuqori qiymatini hisobga olgan holda, kiritilayotgan initsiatorning konsentratsiyasini qattiq nazorat qilib borish zarur. Bunday odatda qo'llaniladigan «Lupersol-101» perekis initsiatori 1-2 % miqdorda foydalaniladi. «Lupersol-101» va BP initsiatorlarining (har bittasidan 1 qism 100 qism smolaga) kombinatsiyasi, 2 soat ichida to'liq qotishni ta'minlaydi. Quyida prepregni qayta ishlash rejimining tipik ma'lumotlari keltirilgan:

Shakllantirish haroratlari, ^{O}C	149-204
Bosim, MPa	0,07-6,9
Qalinligi 3,2 mm bo'lgan qatlamli plastikning 177 ^{0}C da qotish sikli	10
Qotishdan keyingi davr	yo'q

4.5 Kimyoviy struktura va xususiyatlari

Polibutadien smolalar kimyoviy strukturasining tahlili, ularning a'lo darajadagi elektr xususiyatlari va kimyoviy bardoshliligini ko'rsatadi. Uglerod qismining kattaligi va aromatik zvenolarning eng kichik miqdordaligi, dielektrik o'tkazuvchanlik va o'chish koeffitsienti kichikligiga, shuningdek a'lo darajada kimyoviy bardoshlilikka sabab bo'ladi. Aromatik fragmentlarning kichik miqdordaligi, yuqori darajada yoyga bardoshlilikni, shuningdek tok o'tkazuvchi izlar hosil bo'lishiga bardoshlilikni ta'minlaydi. Polibutadien smolalarining polietilenga o'xshash bu xususiyatlari, katta kuchlanish ta'siri ostida piroliz vaqtida uglerod hosil bo'lishi bilan bog'liq. Poliefirlarni kislota va ishqorlar ta'siriga beriluvchanligini keltirib chiqaradigan efir bog'lanishlarining yo'qligi, polibutadien smolalarining kislota va asoslar ta'siriga bardoshliligini, shuningdek gidrofobligini ta'minlaydi.

4.6 PBD asosidagi KM ning qo'llanishi

PBD asosidagi KM lar, o'zining noyob elektrik xususiyatlari bilan birga kimyoviy bardoshliligi sabab, radiolokatsion antennalar bort suyri detalari (obtekatellar)ni konstruksiyalashda muvaffaqiyat bilan qo'llanildi. Diapazon K (10,9-36 GGs) dan yuqori bo'lgan chastotada ishlash uchun armirlangan epoksidli shishaplastiklarni qo'llash tendensiyasi amal qilardi, dielektrik o'tkazuvchanligi yuqori (4,5-5) qiymatga ega bo'lganligi sabab, bu unchalik qanoatlanarli emas. Quyida keltirilgan tenglamada ko'rsatilgandek, obtekatel devorining qalinligi, dielektrik o'tkazuvchanlik va ishchi to'lqinining uzunlik funksiyasi ekanligiga e'tibor bersak, bu tushunarli bo'ladi.

$$d = \frac{n\lambda_0}{2\left(\varepsilon - \sin^2\theta\right)^{0,5}}$$

Bu yerda d - antenna obtekateli devorining qalinligi; n – butun son >0 ($n = 0$ yupqa devor uchun; $n = 1$ yarim to'lqin uzunligiga teng,

devor qalinligi uchun); λ_0 – erkin bo'shliqdagi to'lqin uzunligi; θ - dielektrik o'tkazuvchanlik; ε – og'ish burchagi.

Obtekatel devor qalinligi harakatdagi uzunligiga to'lqin to'g'ri dielektrik doimiyga teskari proporsional bo'lishi kerak, bir vaqtning o'zida chastotaning oshishi va yuqori dielektrik o'tkazuvchanli kompozitsion materiallardan foydalanish kombinatsiyasi, ancha yuqori to'lqin uzunliklaridan foydalanishda mos bo'lmagan devor qalinligi muammosini keltirib chiqaradi. Ko'rinib turibdiki, agar bir vaqtning o'zida to'lqin uzunligi qisqarib, materialning dielektrik o'tkazuvchanligi oshsa, unda obtekatel devor qalinligini kamatirish imkoniyati tug'iladi. Biroq qalin bo'lmagan devorlardan foydalanish, ularning zarbidan hosil bo'ladigan yemirilishlar bilan bog'liq bo'lgan muammolarni keltirib chiqarib, qalin bo'lmagan qavatli konstruksiyalarda jiddiy yuza eroziyasining tezlashishiga olib keladi.

To'yintirilmagan smolalardan iborat bo'lgan quymaning (23 ^{0}C) elektrik xususiyatlari

13- jadval

f, Gs	ε	K_{zat}
60	2,56	0,0062
100	2,54	0,0062
500	2,52	0,0056
1000	2,51	0,0049
5000	2,50	0,0042
10000	2,49	0,0040
50000	2,48	0,0037
100000	2,46	0,0029

Ancha yuqori dielektrik o'tkazuvchan materiallardan foydalanilganda boshqa muammo – obtekatel devor qalinligining o'zgarishi ishlab chiqarishning qimmatlashishiga olib keluvchi yoki aniq «elektrik» qalinlikni ta'minlash uchun qo'shimcha materiallardan foydalanishga olib keladi. Samolyot va kemalar antennalari uchun obtekatellar tayyorlanadigan KMlarga quyidagicha qo'shimcha talablar qo'yiladi: ular keng harorat

diapazonlarida va yuqori namlik sharoitlarida turg'un xususiyatlarga ega bo'lishi kerak. Yuqori ishchi chastota ko'rsatkichlari va murakkab atrof-muhit sharoitlari bilan bog'liq bo'lgan materiallarga qo'yilgan qattiq talabni, oddiy kompozitsion materiallardan foydalanish bilan qanoatlantirish juda qiyindir. Ammo 13-16-jadvallarda ko'rinib turganidek, bu talablarga polibutadien asosidagi materiallardan foydalanib to'liq javob berish mumkin.

«Gistil»[2] asosidagi smolali qatlamli plastiklarning[1] xususiyatlari

14- jadval

Parametr	Ko'rsatkich
Prepregda smolaning massaviy ulushi, %	23-30
Uchuvchi mahsulotlar miqdori, %	1,5
1,4 Pa bosimda smola oquvchanligi ,%	14
Yelimlanuvchanligi	o'rtacha
Namlanuvchanligi	yaxshi
Shakllantirishda bosim, Pa	1,4
Qotish harorati, ^{0}C	177
Qotish vaqti, min	10
Zichlik, kg/m^3	1700-1900
Barkol bo'yicha qattiqlik	60-80
Egilishdagi mustahkamlik chegarasi, MPa	310-503
Egilishdagi taranglik moduli, GPa	17,1-27,5
Cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi, MPa	268-413
Cho'zilishdagi taranglik moduli, GPa	16,9-26,8
Siqilishdagi mustahkamlik chegarasi, MPa	283-467
Quyidagi chastotalarda MGs dielektrik o'tkazuvchanlik ε_{mak}:	
1	3,6
10	3,1
Quyidagi chastotalarda MGs o'chish koeffitsienti:	
1	0,001
10	0,005

«Rikon-431» smolasi asosidagi armirlangan shishaplastiklarning mexanik xususiyatlari va har xil haroratlarda ularning modifikatsiyasi

15- jadval

Smola	Egilishdagi xususiyati	Harorat, ^{0}C			
		23	121	149	177
Rikon-431	Mustahkamlik chegarasi, MPa	293	186	139	116
	Taranglik moduli, GPa	23	17,8	16,5	15,4
15 % li TATsR bilan rikon-431	Mustahkamlik chegarasi, MPa	502	30,4	236	192
	Taranglik moduli, GPa	27,5	21,8	19,8	20,3

Izoh: 1. armirlash uchun E-7781 markali shishatoladan foydalanildi; 2. qotishdan so'ng material 288 ^{0}C da 24 soat ushlab turildi, ya'ni termik tsiklizatsiyaga o'tkazildi.

«Kevlar-49» tolasi bilan armirlangan bir yo'naltirilgan KMlarning mexanik xususiyatlari

16- jadval

Xususiyati	Epoksidli KM[1]	Dienit RM-502
Egilishdagi mustahkamlik chegarasi, MPa	516-757	351
Egilishdagi taranglik moduli, GPa	62-83	56
Qatlamaro siljishda mustahkamlik chegarasi, MPa	58-83	139
Ko'ndalang yo'nalishda egilishdagi mustahkamlik chegarasi, MPa	-	139
Ko'ndalang yo'nalishda egilishdagi taranglik moduli, MPa	-	139

[1] «Dyupon» firmasining ma'lumotlari.

4.7 Istiqbollar haqida

Polibutadien smolalari asosidagi KM ajoyib elektrik xususiyat va kimyoviy bardoshliklarga ega bo'lishiga qaramay, ular xona

haroratida mexanik ko'rsatkichlar bo'yicha epoksid kompozitlarga o'rin beradi. Bundan tashqari, PBD dan iborat materiallarning mexanik xususiyatlari, yuqori haroratlarda polikondensatsion yoki polimerizatsion poliamidli polimerlar asosida olingan kompozit ko'rsatkichlariga o'rin beradi. Shu munosabat bilan qotirilgan massa va PBD modifikatsiyalash yo'li bilan polibutadien kompozitlarning mexanik xususiyatlarini optimizatsiyalash va sifatini yaxshilashga yo'naltirilgan tadqiqotlar olib borish boshlandi. Qotirilgan smola modifikatsiyasi haroratlar oshirilganda mexanik xususiyatlarini yaxshilash uchun samarali bo'lib, xona haroratida o'zgarmaydi. Istiqbolli yo'l sifatida reaksion qobiliyatli mo nomerlardan ham foydalaniladi. 17- jadvalda «Rikon-431» markali va TATsR bilan modifikatsiyalangan smolalar egilishdagi taranglik moduli va mustahkamlik chegarasi xona harorati va yuqori haroratlarda solishtirilgan.

Qatlamli plastiklarni olish uchun b oshqa retsepturalar ham qiziqarli bo'lib chiqdi. Hozirgi vaqtda tadqiqotchilar e'tibori past bosimda qotadigan maxsus past haroratli smolalar va yuqori miqdorli vinilli fragmentlar bilan mashxur bo'lgan modifikatsiyalangan epoksid smolalarini (MVE) ishlab chiqishga qaratilgan. Bu smolalar ichida eng istiqbollisi oxirida karboksil guruhlariga ega (karboksil ekvivalenti bo'yicha molekulyar massa 855 ga teng) ko'p funksional qattiq epoksid smolali (epoksid guruhlari bo'yicha ekvivalent massa 140 ga teng), polibutadienning reaksiya mahsulotlari hisoblanadi. Bu polimerlar eritmada taxminan 14 qism (massa qismi) epoksid birikmasiga 100 qism polibutadien nisbatda o'zaro ta'sirlanib, prepreg olish uchun foydalaniladigan qattiq termoplastik forpolimer hosil qiladi. Uni qotirish perekis initsiatori ishtirokida amalga oshiriladi. Bu KM ajoyib xususiyatlarga: yengil qayta ishlash va bitta bosqichning o'zida 2 soat ichida 177 ^{0}C haroratda qotishiga qaramay, ko'ndalang yo'nalishda mexanik xususiyatning pastligi undan konstruksion material sifatida foydalanishni cheklaydi. Bu kamchilik, molekulalararo choklarning zichligi bilan bog'liq

bo'lib, bu faqatgina mo'rtlikka olib kelmay, balki uglerod tolasi bilan bog'lanadigan bog'lovchining past adgeziyasini ham keltirib chiqaradi.

Konstruksion ahamiyatga ega qatlamli polibutadien plastiklarni olishda har xil armirlovchi tolalardan foydalaniladi: E- va S-shishali, kvarsli va aramidli («kevler-49»). 18- jadvalda radiolokatsion antenna obtekatellarini tayyorlash uchun, yaroqli bo'lgan «Kevler-49» tolasi bilan 60 % hajmiy ulushda armirlangan kompozitlarning tipik mexanik xususiyatlari keltirilgan. Materialning ayrim mexanik ko'rsatkichlarini asosan ko'ndalang yo'nalishda cho'zilishdagi va qatlamaro siljitishda mustahkamlik chegarasini oshirish uchun «Kevler-49» tolasining adgezion xususiyatini va namlanuvchanligini yaxshilash kerak. Radiolokatsion antena oblekatellarini tayyorlash uchun foydalaniladigan bu materiallarga qo'shimcha talab past nam yutuvchanlikdir.

4.8 Saqlash

Polibutadien smolalarini toluol yoki n-geptan kabilarga o'xshash yengil alangalanuvchi organik erituvchilar qo'llaniladigan smolalar bilan qiyoslanganda, ularga hech qanday maxsus saqlash sharoiti shart emas. 0,2 yoki 35 ^{0}C haroratlarda 10 hafta davomida saqlanilganda, hech qanday qovushqoqlik o'zgarishi yoki eritmaning qatlamlarga ajralishi kuzatilmagan. Biroq eritmani gel hosil qilishga moyilligi tufayli, 35 ^{0}C dan yuqori haroratda uzoq vaqt saqlash tavsiya etilmaydi.

5. EPOKSID SMOLALARI ASOSIDAGI POLIMER KOMPOZITSION MATERIALLAR

Kirish

Ilmiy aniqlash bo'yicha tarkibida epoksiguruh

```
O
/ \
-C-C-
```

bo'lgan har qanday molekula epoksidli deb ataladi.

Ko'p miqdordagi tolali kompozitlar uchun epoksidli smolalar eng yaxshi bog'lovchilardan biri hisoblanib, quyida buning sabablari keltirilgan:

- epoksidli smolalar ko'p miqdordagi to'ldiruvchilar, armirlovchi komponentlar va tagliklar uchun yaxshi adgeziyaga ega;
- qotiruvchi agentlar va epoksid smolalarning turli xilligi, qotgandan so'ng keng miqyosdagi (doiradagi) xususiyatlarga ega bo'lgan, texnologiyaning har xil talablariga javob bera oladigan materiallar olish imkoniyatini beradi;
- epoksid smola va qotiruvchi agent orasidagi kimyoviy reaksiya natijasida hech qanday uchuvchi moddalar yoki suv ajralib chiqmaydi, qotish jarayonidagi kirishish esa, fenol yoki poliefir smolalarinikiga qaraganda kichik;
- qotirilgan epoksid smolalari faqat kimyoviy bardoshli bo'libgina qolmay, balki yaxshi elektroizolyatsion xususiyatlarga ham ega;
- bu bob, epoksid smolalar bilan yaxshi tanish bo'lmagan bo'lajak muhandis va kimyogar-texnologlar uchun maxsus yozildi. Bunda epoksid smolalarini qo'llash, qotiruvchi agentlar va hozirgi vaqtda foydalanish uchun imkoniyat bo'lgan epoksid smolalari, qotish reaksiyasi ayrim tiplari to'g'risida fikr yuritiladi va epoksid smolalari retsepti keltiriladi. Shuningdek, tanlangan epoksid smolasi bilan ishlashda yaxshi samaradorlikka erishish imkonini beradigan, qotish jarayonini boshqarish va

optimallashtirish ustida so'z yuritiladi. Bir qator qotirilgan epoksid sistemalarining tipik xususiyatlari yechib berilgan va bu sistemalar xususiyatlarini nazorat yoki tahlil qilish usullari alohida komponentlardan boshlab to qotirilgan smolagacha ko'rsatilgan. Shu bilan birga, o'quv qo'llanmalari, jurnal maqolalari keltirilgan.

5.1 Qo'llanishi

Epoksid smolalari turli kompozitsion materiallar va konstruksion detallar olishda foydalaniladi. Shuningdek ular kapsullovchi va germetiklovchi kompaundlar sifatida, press-kukunlar va yelimlar tayyorlashda ham ishlatiladi.

5.1.1 Germetiklash va kapsullash

Epoksid smolalar, kislota, ishqor va namlik ta'siriga bardoshli bo'lgani tufayli ulardan germetiklash va kapsullashda foydalaniladi. Smolalar yuqori haroratgacha qizdirilganda ham deformatsiyalanmaydi, kichik kirishishga va yuqori solishtirma hajmiy qarshilikka ega. Epoksid smolalardan faqat materialni tashqi muhit ta'siridan himoya qilish uchungina emas, balki detallarni yelimlashda ham foydalanish mumkin. Elektron sanoatida, masalan, epoksid smolasi payvandlash modulini kapsullash uchun, dvigatel va transformator o'ramlarini shimdirishda, shuningdek elektr kabellarining ulangan yerlarini germetiklash uchun ishlatiladi.

5.1.2 Jihozlash

Ikkinchi jahon urushi davridan beri epoksid smolalaridan jihozlar tayyorlashda foydalaniladi. (masalan, detallar tayyorlashda modellar yoki list-shtamplashda qo'llaniladigan press-qoliplar). Tola yoki zarrachalar ko'rinishidagi armirlovchi to'ldiruvchilar smolaga oson kiritiladi, ular smolaning bahosini arzonlashtirish bilan birga o'lchamlar turg'unligini oshiradi.

Metallarni epoksid smolalar bilan almashtirish imkoniyati, 2 faktor ishlab chiqarishdagi iqtisodiy samaradorlik va modifikatsiyalash tezligi (katta bo'lmagan moddiy yo'qotishlar) bilan izohlanadi. Bundan tashqari, bu smolalar, shakl va o'lchamlarni yaxshi saqlaydi, kichik kirishish va yuqori mexanik xususiyatlarga ega, bu esa detallarni ishlab chiqarishda xatoliklarni eng kichik qiymatiga keltirish imkonini beradi.

5.1.3 Shakllantirish

Epoksidli shakllanuvchi kompaundlardan (qizdirish davomida oquvchanligi ortadigan kukun ko'rinishdagi, smola va qotiruvchining qisman qotirilgan aralashmasi) hamma turdagi konstruksion detallarni ishlab chiqarishda foydalaniladi. To'ldiruvchi va armirlovchi moddalar smolaga osonlik bilan kiritiladi va ular shakllanuvchi massani hosil qiladi. Epoksidli smolalar past toraytirishga, armirlovchi va to'ldiruvchi moddalar bilan qovushqoqlikka va kimyoviy stabillikka va yaxshi reologik xossalarga egadir.

5.1.4 Adgeziyalanish qobiliyati

Kashf etilgan polimer materiallar ichida epoksid smolalar eng yuqori adgezion mustahkamlikka egadir. Ular qotirilganda minimal toraishiga ega bo'lib, ko'pgina materiallarga shimdiriladi. Shu bois bu smolalarni ko'pgina jinsi boshqa bo'lgan materiallarni bir-biriga biriktirish uchun qo'llanishi mumkin. Bundan tashqari epoksid smolalar har xil haroratda va har xil tezliklarda qotirilishi mumkin – bu esa yelimlarni sanoat miqyosida ishlab chiqarishda juda ham muhim pozitiv rol o'ynaydi.

5.1.5 Kompozitsion materiallarni tolani o'rab va qatlam plastik shakllarida ishlab chiqarish

Epoksid smolalarni va ular asosida olingan bog'lovchi moddalar asosan – bu konstruksion detallarni ishlab chiqarish uchun

qatlamli plastik va tola o'ralgan kompozitlarda ishlatiladi. Bu detallar samolyotsozlik, kosmik va harbiy texnikada qo'llaniladi. Shu bilan birga qatlam plastiklar elektron sanoatda platalar ishlab chiqarish uchun qo'llaniladi. Kimyo va neft-kimyo sanoatlarida epoksid kompozitlaridan ishlab chiqarilgan truba va idishlar keng qo'llanadi.

Epoksid smolalarni tolalarni «ho'l» o'rash va «ho'l» qatlam plastiklarni «ho'l» formalash jarayonlarida, tolalarni quruq o'rashda va qatlamlarga tolalarga (mato yoki tasmalarga) oldindan smolani shimdirib yotqizish (prepreg ko'rinishida) jarayonlarida qo'llash mumkin.

Kompozitsion polimer materiallarda qo'llanadigan smolalar ichida epoksid smolalarni bahosi eng yuqori bo'lganiga qaramay, yuqori sifatli ekspluatatsion xossalari ularning qo'llanishini samaradorli deb qabul qilishga sabab bo'ladi.

6. POLIMER KOMPOZITSION MATERIALLARNING ASOSIY XOSSALARINI ANIQLASh

Kirish

Kimyo va yuqorimolekulyar birikmalar texnologiyalarining shiddatli rivojlanishi, o'zining ko'p funksiyaliligi bilan farq qiluvchi afzalliklari, shuningdek materialni olish jarayonida unga rejalashtirilgan maxsus xossalar beriladigan plastmassa va u asosidagi kompozitsion materiallar turlari kengayishiga sabab bo'lmoqda.

Hozirda materialshunoslar mashinasozlikda plastmassa va ular asosidagi poliolefinlar, polivini xlorid, ftoroplastlar, polimetakrilatlar, rezinalar, shishaplastiklar, sintetik yelimlar, grafito- va boroepoksidli kompozitlarni keng ishlatyaptilar. Sanoatda yangi issiqbardosh polimerlar ishlab chiqarish o'zlashtirilgan, turli kompozitsion materiallar kimyoviy fizik-mexanik, teplofizik, elektrik xossalari yaxshilangan, ularning ishlatish sohasi kengaygan.

Shuning bilan bir qatorda, polimer va kompozitsion materiallarning ko'plab muhim texnik afzalliklarini nazarda tutish lozim.

6.1 Polimer materiallarning mexanik xossalarini tadqiq etish

Materiallarni mexanik sinash – unifikatsiyalangan usullar yordamida materialning mexanik kuchlar ta'siridagi holatini baholash, sifatini eksperimental aniqlash, shuningdek turli materiallarni bir xil sharoitda turli sinov usullari va turli qurilmalarda holatini taqqoslash imkonini beradi.

Mexanik tadqiqot tavsifidagi olingan natijalar yangi materiallarni tayyorlash, materialni seriyali ishlab chiqarishdagi texnik tekshirish, ularni muhandislik baholash, shuningdek mahsulotni konstruktorlik hisoblari asosida yotadi.

6.1.1 Statik egilishdagi buzuvchi kuchlanishni aniqlash

Statik egilishdagi mustahkamlik deb materialning eguvchi yuklanishda namunani buzuvchi chegaragacha bo'lgan qarshilik qobiliyatiga aytiladi.

Sinashlar o'qlardagi egilishni 1 % aniqlikkacha o'lchanayotgan kuch ta'sirini o'lchovchi moslamaga ega asbobda o'tkaziladi. Asbob konstruksiyasida mashinaning qo'zg'aluvchan kallagi tezligi va tayanch orasidagi masofa o'zgarishi hisobga olingan.

Statik egilishdagi buzuvchi kuchlanish sinalayotgan materialdan tayyorlangan standart namunalarda aniqlanadi. List, plita, sterjen va turli namunalar mexanik ishlab; kukunsimon, granulali va boshqa sochiluvchan materiallar presslab yoki bosim ostida quyish orqali tayyorlanadi. Namunalar 10± 0,2*15± 0,2*120± 2 mm o'lchamli to'g'ri to'rtburchak kesimdagi brusok formasida bo'lishi kerak.

Qalinligi 10 mm dan kam bo'lgan list va qatlamli materiallarni sinash vaqtida namuna qalinligi sinalayotgan material listi qalinligiga teng bo'lib, o'lchamlari, uzunligi va eni esa 17- jadval va 18- rasmda keltirilgan o'lchamlarga mos bo'lishi lozim.

10 mm dan ortiq qalinlikdagi plitadan namuna tayyorlanganda faqat bir tomondan 10 mm gacha kesiladi. Quyma usuli ostida quyma materiallar tayyorlangan namunalar o'lchami 6±0,2*4±0,2*55±1 mm bo'lgan to'g'ri to'rtburchak kesimli brusok formasida bo'lishi lozim.

Sinov xona haroratida uchta namunada o'tkaziladi. Sinov oldidan har bir brusok qalinligi va eni o'lchanib, ko'ndalang kesim yuzasi aniqlanadi.

Namuna keng tomoni bilan qiyaligi R_1=1 mm radiusli 2 ta tayanchga yotqiziladi. Mexanik ishlangan va presslangan namunalar uchun tayanch o rasi 1 00±0,5 mm, bosim o stida quyma uchun 40±0,3 mm bo'lishi lozim.

Namuna markaziga to'g'ri burchak ostida asbob hosil qilgan eguvchi kuch qo'yiladi. Asbobning bosuvchi sterjeni pastki qismida 10 mm radiusga egrilangan (yumaloqlangan). Sinov asta-

sekin o'suvchi yuklanishdan namunaning buzilishigacha yuklanish tezligida olib boriladi. (20-60 mm/min orasida).

Statik egilishdagi buzuvchi kuchlanishni aniqlash sharoiti

17- jadval

Namuna o'lchami, mm			Tayanch orasidagi masofa, l, mm	Yuklanishni uzatuvchi nakonechnik yumaloqlanish radiusi, R_2, mm	Mashinaning qo'zg'aluvchan harakat tezligi, V, mm/min
Qalinligi, h	Uzunligi, L	Eni, b			
1,00-2,0	35±1,5	5±0,2	20±0,3	2	10-20
2,01-4,0	55±1,5	5±0,2	40±0,3	4	20-40
4,01-6,0	80±2,0	5±0,2	60±0,5	6	30-45
6,01-8,0	100±2,0	5±0,2	80±0,5	8	40-53,5
8,01-10,0	120±2,0	15±0,2	100±0,5	10	50-62,5

Namunaning buzilish vaqtida asbob siferblatida egilish miqdori mm da va eguvchi kuch kg da qayd qilinadi.

Hamma o'lchovlardan o'rtacha qiymat olinadi. Statik egilishdagi mustahkamlik hisobi (yoki buzilish kuchlanishi) Gn 1 kg/sm^2 aniqlikkacha quyidagi formuladan topiladi:

$$G_n=M/W=3PI/2bh^2$$

bu yerda, M=PI/4- eguvchi moment;

W=bh^2/6- qarshilik momenti;

P-eguvchi kuch miqdori, *kg;*

I-tayanch orasidagi masofa, *sm;*

b-brusok eni, *sm;*

h-brusok qalinligi, *sm.*

Sinalayotgan namunaning aniq o'lchamlari b =15 mm, h = 10 mm va tayanch orasidagi masofa I =100 mm bo'lganda statik egilishdagi mustahkamlik chegarasi G_n =10P ga teng.

6.1.2 Siqishdagi buzuvchi kuchlanishni aniqlash

Siqishdagi mustahkamlik chegarasi deb, namuna buzilishgacha yoki yoriqlar paydo bo'lgunga qadar siquvchi kuchga qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga aytiladi.

Siqishda buzilmaydigan materiallarni tavsiflash uchun berilgan nisbiy deformatsiya kg/sm^2 dagi kuchlanish topiladi. Olingan natijalar asosida yuklanishning berilgan siqishdagi deformatsiyaga erishish vaqtidagi 25%, namuna boshlang'ich ko'ndalang yuzasi nisbati hisoblanadi.

$$G=q/S$$

bu yerda, q - namuna buzilgandagi yuklanish, kg;
S - namuna ko'ndalang kesim yuzasi, sm^2 .

Shu bilan birga siqishdagi oquvchanlik chegarasi aniqlanadi, bu yuklanish oshmasdan deformatsiya o'sishi yuklanishining namuna ko'ndalang kesimi yuzasiga nisbatidan topiladi. Oquvchanlik chegarasini ko'rsatuvchi yuklanish deformatsiya o'sishining birinchi momentida, yuklanish oshmasdan o'lchanadi.

Sinov Amsler universal mashinasida yoki boshqa biror mashinada olib boriladi. Bunda mashina namuna siqilishda buzilishga qadar yuklanish 25 kg/sm^2 tezlikda o'sishiga va yuklanishni 1% aniqlikda o'lchash imkonini bersin.

Formatlanuvchan va presslanuvchan materiallar namunalari sinashda diametri 10±0,5, balandligi 15 yoki 30±0,5 mm li silindr shaklida tayyorlanadi. Qavatli materiallar namunalarini sinashda plitalardan kesilib, 10±0,5*10±0,5 mm asosli va 15±1 mm balandlikdagi brusoklar formasiga keltiriladi.

Sinov 5ta namunada olib boriladi. Sinov oldidan har bir namuna o'lchanadi va 0,01 sm^2 aniqlikkacha ko'ndalang kesim yuzasi topiladi. Sinalayotgan namuna mashinaning 2 ta plitasi orasiga joylashtiriladi va burilishgacha bo'lgan o'suvchi yuklanish

berilib to'la buzilish yuklanishi siferblatda kg da qayd qilinadi.

Hisoblash 1% aniqlikkacha o'tkazilib, 5 ta o'lchovning o'rtachasidan foydalaniladi.

6.1.3 Cho'zilishdagi buzuvchi kuchlanishni aniqlash

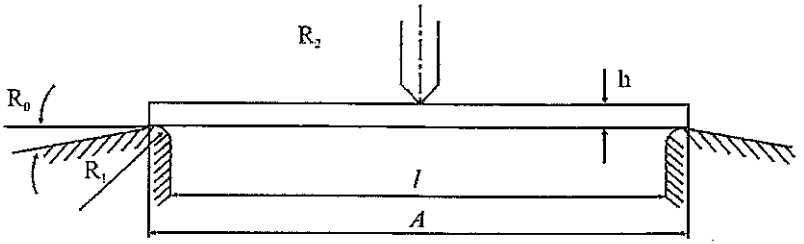
Cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi deb, namunaning buzilishigacha bo'lgan cho'zilishdagi buzuvchi kuchlanishga qarshilik ko'rsatuvchi qobiliyatiga aytilib, buzuvchi kuchlanish qiymati bilan tavsiflanadi.

Usulning mohiyati shundaki, aniq forma va o'lchamlarga ega namunaning cho'zilishda buzuvchi kuchlar miqdorini kg/sm^2 larda aniqlash yoki cho'zilishdagi oquvchanlik chegarasini kg/sm^2 da topish, ya'ni bu namunaning yuklanish oshmasdan deformatsiyalanadigan kuchlanishidir.

Oquvchanlik chegarasiga mos keluvchi yuklanish deformatsiyaning o'sishi vaqtida o'lchanadi. Bu yuklanish oshmasidan bo'ladi, agar deformatsiya bo'lmasa, namunada «bo'yinchalar» - mahalliy torayish paydo bo'lganda o'lchanadi. Bunday yuklanishdagi kuchlanishni aniqlashda namunaning boshlang'ich ko'ndalang kesimiga qaraladi.

Agar materialning oquvchanlik chegarasi bo'lmagan holatlarda, xuddi kuchlanish singari shartli oquvchanlik chegarasi, yuklanishning boshlang'ich kesimiga nisbati hisobi topiladi. Buzuvchi yuklanish bilan bir vaqtda namunaning nisbiy uzayish qiymati topiladi. U uzilishda uzayishning boshlang'ich uzunlikka nisbati bo'lib, mashina qisqichlari orasidagi uzunlik olinadi.

Shishaplastiklarni sinashda ko'taruvchanlik qobiliyati - namuna boshlang'ich kengligi birligiga to'g'ri keluvchi yuklanish topiladi. Qavatli shishaplastiklar maxsus turlarida, hamma qatlamlar bir yo'nalishda bo'lsa, nisbiy ko'tarish qobiliyati 1 ta namuna qatlamini cho'zuvchi boshlang'ich kenglik birligiga to'g'ri keluvchi yuklanish topiladi.



1- rasm. Namunaning statik egilishda mustahkamlikka sinashdagi holat

Sinovlar uzuvchi mashinalarda olib boriladi. Bunda mashina 1% aniqlikdagi, cho'zilish tezligi 10-20 mm/min bo'lgan yuklanishni o'lchashi lozim.

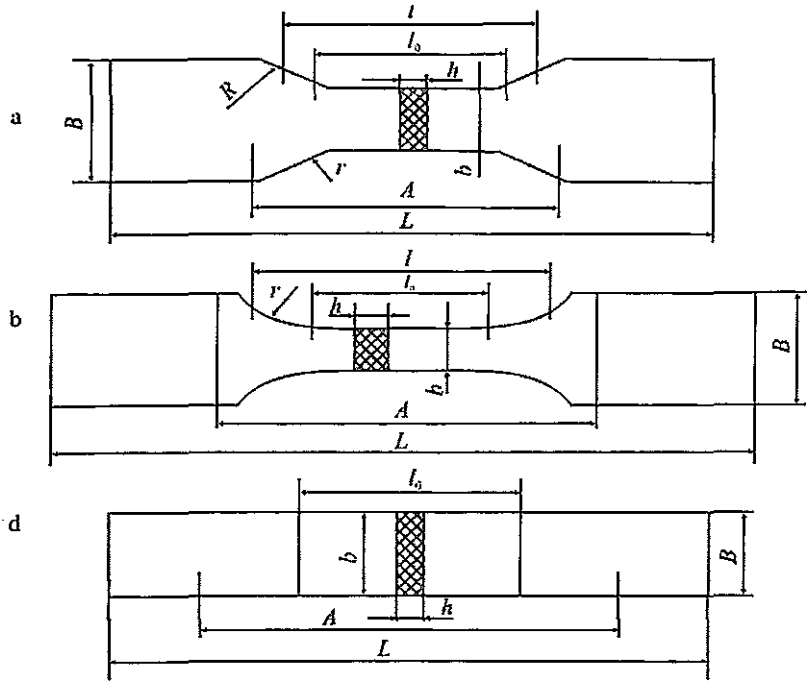
Formatlanuvchan va presslanuvchan materiallarning namunalarini sinashda namunalar maxsus press-formada (presslash yoki formalash) tayyorlanadi. Listli va qatlamli materiallarni sinov namunalari sinaluvchini plastinadan 2 ta yo'nalishda, uzunlik va eniga qirqib olinadi.

Cho'zilishga sinashda namunalar xossasiga bog'liq holda uchta namuna tayyorlanadi.

- polietilen va plastikli polivinilxlorid (uzilishda yuqori nisbiy uzayish bilan ajraluvchi) uchun namuna umumiy uzunligi L=115 mm, kallagi kengligi V=25±1 mm, ishchi qismi uzunligi l=33±1 mm, ishchi qismi kengligi b=6±0,4 mm, egilish radiusi r=14±0,5 mm, R =25±1 mm, belgilar orasidagi masofa A=80±5 mm, ishchi qismi qalinligi h =1-2 mm, baza uzunligi l_0 =25±1 mm bo'lishi lozim.(2-a rasm);

- termoreaktiv, termoplastik va qavatli materiallar uchun namunalar quyidagi o'lchamlarda tayyorlanadi. L =150 mm, V=20±0,5 mm, l =60±0,5mm b=10±0,5 mm, r =60 mm dan kam bo'lmasligi lozim. (2-b rasm);

- shishaplastik materiallar yo'lcha (poloska) shaklida sinaladi: L=150mm, V=15-20 mm, A=100±2 mm, h =0,5-6 mm, l_0 =50±1 mm, (2-d rasm).



2-rasm. Namunaning cho'zilishda buzuvchi kuchlanishni aniqlashdagi shakllari va o'lchamlari:
a) uzlilishdagi nisbiy uzayishi yuqori bo'lgan plastmassa uchun;
b) ko'pgina plastmassalarni sinash uchun;
d) shishaplastiklarni sinash uchun

Sinovlar 20±2^{0}S haroratda, uchta namunada olib boriladi. O'lchashdan oldin namunaning qalinligi va eni o'lchanadi va uning ko'ndalang kesim yuzasi topiladi. 10 mm dan o'lchamlar 0,01 aniqlikda, 10 mm dan yuqori o'lchamlar 0,1 mm aniqlikda o'lchanadi.

Sinaladigan namuna uzuvchi mashinaga mahkamlanadi va mashina salt yurishida 10 dan 20 mm/min mashina qisqichlari tezlikda o'suvchi yuklanish ta'sirida uzilishga qadar olib boriladi. Mashinadagi shk ala bo'y icha qo'yilgan yuklanish kg da , ya'ni

namuna uzilgandagi qiymat belgilanadi. Qavatli va plyonkali materiallarda material uzayish qiymati chiziqli birlikda uzilishga qayd qilinadi.

Cho'zilishdagi buzuvchi kuchlanish G quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$G_p=P/S$$

bu yerda, G_p- cho'zilishdagi buzuvchi kuchlanish, kg/sm^2;

P- namuna uzilgandagi yuklanish, kg;

S- sinovgacha bo'lgan namuna ko'ndalang kesim yuzi, sm^2.

Uzayish namunaning boshlang'ich uzunligiga nisbatan % da, quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$X=(n-m)*100/m$$

bu yerda, X - material uzayishi, %;

m - namunaning boshlang'ich erkin uzunligi, mm;

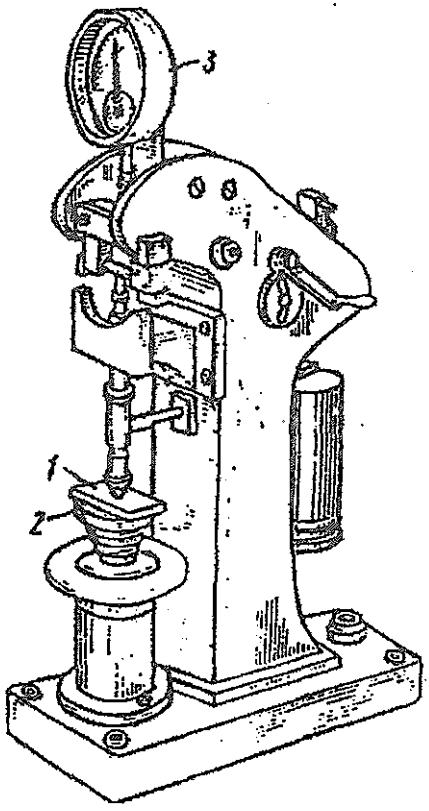
n - namunaning uzilish vaqtidagi uzunligi , mm.

6.1.4 Qattiqlikni Brinell bo'yicha aniqlash

Brinell bo'yicha yuza qattiqligi deb, po'lat sharchaning kuch ta'sirida botirishidagi qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga aytiladi. Sinovlar Brinell asbobida olib boriladi (3- rasm). Namunalar brusok yoki plastina shaklda tekis yuzali, qalinligi 5 mm dan, eni 15 mm dan kam bo'lmagan ko'rinishga ega.

Sinov paytida po'lat sharcha diametri 5±0,1 mm 50 kg kuch ostida material namunasiga 60 s davomida bosib turiladi. Qattiqlik kg/mm^2 da ifodalanadi. Sinov uchun 5 ta namuna olinadi.

Sinaladigan namuna asbobning ko'tariladigan stolchasigacha qo'yiladi, namuna po'lat sharchaga yaqinlashtirib, yuklanish beriladi, bunda avval chap tarafdagi dastak ohista qo'yib yuborilib, so'ngra asbobning o'ng tarafdagi dastasi qo'yib yuboriladi.



3- rasm. Brinel uskunasi
1-sinaladigan namuna; 2-ko'targich stoli; 3-indikator

60 sekunddan keyin asbob dastasi orqa tarafga buraladi va dastak ko'tarilib, yuklanish olinadi. Bosish har bitta namunaning 2 ta joyida amalga oshiriladi. Iz qolgan joydan namuna chekkasigacha masofa va alohida izlar orasidagi masofa 7,5 mm dan kam bo'lmasligi kerak. Sharcha botgan chuqurlik indikator yordamida o'lchanadi.

Materialning Brinell bo'yicha qattiqligi quyidagi formuladan topiladi:

$$H_v = P/P\,dh$$

bu yerda, P - sharchaga qo'yilgan kuch, kg;

d - sharcha diametri, mm;

h - sharcha qoldirgan iz chuqurligi, mm.

Juda qattiq materiallarda 20 kg/mm^2 dan yuqori hollarda sharchaga qo'yilgan yuklanish 250 kg gacha oshadi.

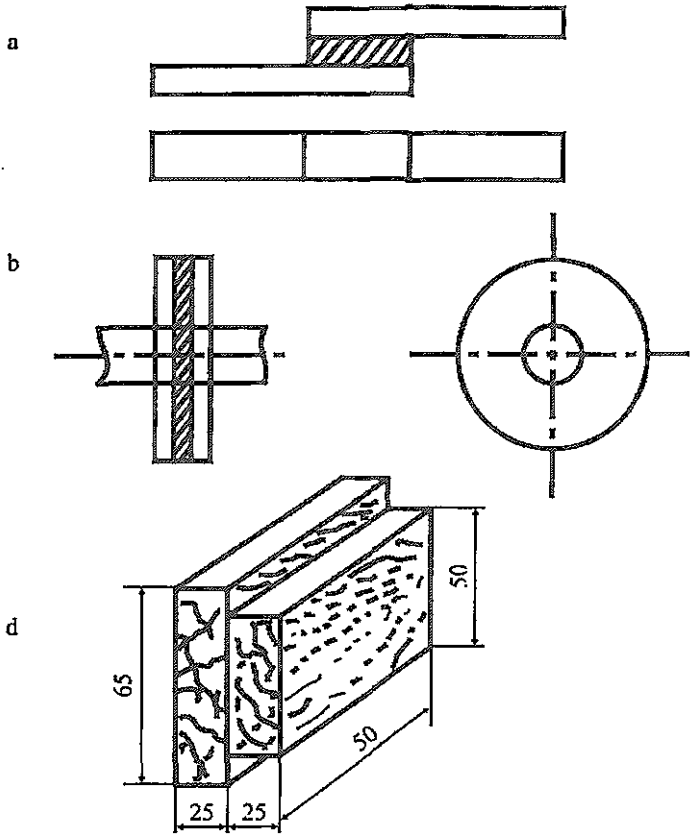
6.1.5 Yelimlarni sinash

Yelim choklar mustahkamligini aniqlash uchun metallarni yelimlashda 2 ta asosiy tavsif: siljishda mustahkamlik chegarasi va uzilishdagi mustahkamlik chegarasi qo'llaniladi. Yog'ochlarni yelimlashda yorilishga sinov o'tkaziladi.

Siljishdagi mustahkamlik chegarasini aniqlash. Metall plastinalar yelimlashdan oldin spirtda yuviladi, quritiladi, keyin yelim bitta plastina yarmiga ikkinchi plastina bilan 4- rasmda ko'rsatilgandek yopilib qisqichda 145-160 ^{0}C haroratda qotiriladi. (Sinalayotgan polimer qotish haroratida). Qotish vaqtida polimer qotish tezligi bilan o'lchanadi. Yelimdan holi tomonlar mashinaga cho'zilishdagi (4- a rasm) sinash uchun mahkamlanadi va yelim choki mustahkamligi siljishda, mustahkamlik chegarasi (kg/sm^2) bo'yicha o'lchanadi.

Uzilishdagi mustahkamlik chegarasini aniqlash. Yelim qatlami bilan maxsus yog'och kallak (4-b rasm) qoplanadi, yelimlanadi, qisqichda qisilib termoshkafda qotiriladi. Bundagi shartlar siljishdagi mustahkamlik chegarasini aniqlash singari bo'ladi. Yelimlangan yog'och kallaklar uzish mashinasi qotiriladi va uzishdagi mustahkamlik kg/sm^2 larda aniqlanadi.

Yorilishdagi mustahkamlik chegarasini aniqlash. Yog'ochdan yasalgan stan dart namunalar yelim surilgan yelimxonada (4-d rasm) qotgandan so'ng mashinada yorilishga sinalib, yorilishdagi mustahkamlik chegarasi (kg/sm^2) topiladi.



4- rasm. Yelimlarni sinash uchun namunalar:
a) yelimlarning siljishda mustahkamligini sinash;
b) yelimlarning uzilishda mustahkamligini sinash;
d) yelimlangan yog'ochlarni siljishda sinash

6.2 Polimer materiallarning elektr-fizikaviy xossalarini tadqiq etish

Parametrlar yig'indisini aniqlash uchun polimerli kompozitsion materiallarning elektrik sinovi o'tkazilib, sinov elektr maydonida olib boriladi.

Bu parametrlarga elektr mustahkamlik, solishtirma elektr qarshilik (hajmli va yuzali), dielektrik o'tkazuvchanlik va dielektrik yo'qotishlar kiradi. Bu kattaliklar quyidagilarga bog'liq bo'ladi: harorat, chastota va tashqi maydon amplitudasi kuchlanishi, ya'ni kattalik tashqi muhit va ekspluatatsiya sharoitlari bilan xarakterlanadi qator hollarda elektrodlarning konstruksiyasiga va namunaning geometrik o'lchamlariga bog'liqdir. Yuqorida ko'rsatib o'tilganlarni aniqlashda dielektrik kondensatorli yoki elektr izolyatsiyalangan materiallarni texnologik qo'llash orqali polimer tanlash yoki shu materiallar asosida kompozitsiya tanlash orqali amalga oshiriladi. Bundan tashqari dielektrik xususiyat polimer va polimerli kompozitsion materiallarning qurilishi va tarkibiga bog'liqdir. Dielektrik xususiyatni o'rganishda molekulyar strukturani izlash va polimerlarning issiqlik harakati metodlaridan foydalanamiz.

6.2.1 Solishtirma yuza elektr qarshiligini aniqlash

Solishtirma yuza elektr qarshiligi deganda elektr maydon ta'sirida 1 sm materialning ko'rsatayotgan qarshiligi tushuniladi. Potensiallar farqi 1000 V ni tashkil etganda sinalayotgan namunaning yuzasi orqali o'tayotgan tok kuchining o'lchamiga asoslangan. Sinov namunaning qalinligi 4±0,2 mm bo'lib, bunda disk ko'rinishidagi diametri 100±2mm yoki kvadrat plastina shaklida bo'lgan o'lchami 100±2*100±2 mm ni tashkil etgan namunalardan foydalanamiz.

Solishtirma yuza elektr qarshiligi Om larda o'lchanib, 1 xonali sonning 10 V ga ko'paytirilishi va kerakli darajada aks etishi bilan ifodalanadi.

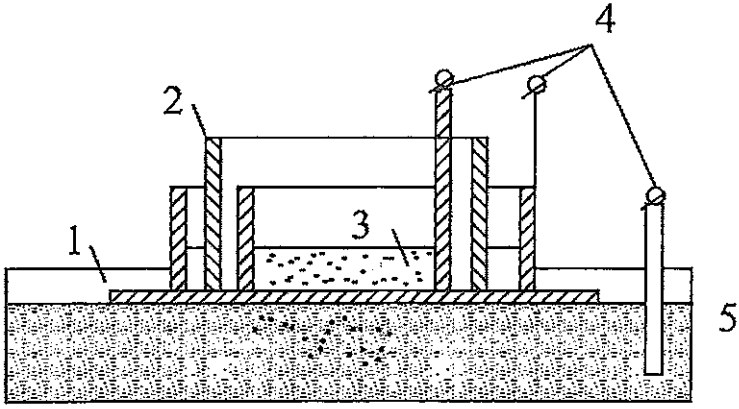
Solishtirma yuza elektr qarshiligi asbob orqali aniqlanadi. Uning sxemasi 5- va 6- rasmlarda ko'rsatilgan.

Elektrod sifatida grafit ishlatilib, metall idishga bir tekis qilib solinadi. Grafitga esa sinalayotgan namuna solinib, uning yuzasida 3 ta metall konsentrik halqalar bo'ladi.

Halqa ichiga grafit kukuni solinadi, bu elektrodning biri

sifatida xizmat qilsa, 2- elektrod sifatida, 2- va 3- halqa orasidagi grafit xizmat qiladi. Sinov 20±5 ^{0}C haroratda olib boriladi. Solishtirma yuza elektr qarshiligi elektrodlar orasidagi kuchlanish doimiy bo'lganda o'lchanadi. Elektrik ulanishning alohida element qurilmalar sxemasi 6- rasmda ko'rsatilgan.

Sinov uchun belgilangan o'lchamda 6ta namuna olinadi. Bu namunalar quyidagi holatda tayyor bo'lishi kerak: 1- 3ta namuna 1 sutka davomida atmosfera sharoitida 20±5 ^{0}C, namlikka nisbatan 65±5% da ushlab turiladi, 2- 3 ta namuna esa 1 sutka davomida atmosfera sharoitida 20±5 ^{0}C namlikka nisbatan 100%da ushlab turiladi. Yuqoridagi sharoitga to'liq javob bergan namuna filtrlangan qog'ozda qup-quruq qilib artiladi va zudlik bilan sinaladi.



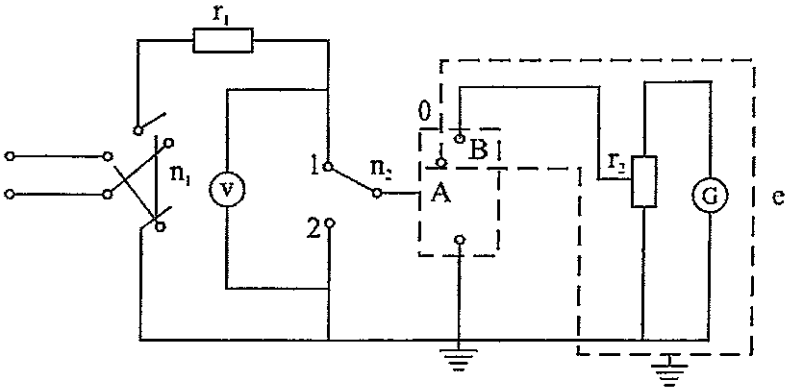
5- rasm. Solishtirma yuza elektr qarshiligini aniqlashda uskuna sxemasi:
1 – namuna; 2 – yuqori voltli elektrod; 3 – o'lchovchi elektrod (grafit); 4 – kontakt; 5 – himoya elektrodi (grafit)

Namunani sinashdan oldin yig'ilgan qurilma tekshiriladi, bunda P_1 ekkich har qanday holatda o'rnatilib, P_2 yoqqich esa bir holat bo'ladi. Shundan so'ng doimiy tok kuchlanishi 1000 V yoqiladi va shuntirlangan qarshilik 1:10000 holatidan 1:1 holatga o'tkaziladi. Agar shu holatda galvanometr strelkasi og'sa, unda P_1

yoqqich boshqa holatga o'tkaziladi. Galvanometr strelkasi og'maganda esa P_2 yoqqich tokning mavjud emasligini bildirib, sinov ishini bajarishimiz mumkin.

Agar shu holatda ham tok mavjud bo'lsa, darhol sxemaning ulanishini tekshirish kerak.

Sinovni o'tkazish yuqorida ko'rsatilganday qilib tokning o'chirilganligini tekshirish, ya'ni P_1 yoqqich har qanday holatga o'rnatilib, P_2 yokgich esa 1- holatga o'rnatiladi. Shunt 1:10000 holatga o'rnatiladi. Shundan keyin namunaga kuchlanish beriladi. Galvanometrning S. T. 1mm dan kam bo'lmagan holatda og'sa, shunt soni o'zgarishi mumkin, ya'ni namunada 1 minutdan so'ng kuchlanish yoqilishidan oldin kerakli aniq hisob olinadi. Shundan so'ng P_2 yoqqich 2 holatga qo'yiladi.



6- rasm. Solishtirma yuza elektr qarshiligini aniqlashda alohida elementlarning ulanish sxemasi:
A, B – kontaktlar; G – galvonometr; V – voltmetr;
O – namuna; n_1, n_2 – yoqqichlar; r_1 – himoya qarshiligi;
r_2 – galvonometrga etadigan shunt; e - ekran

Solishtirma yuza elektr qarshiligi (R_S) quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$P_s=V\cdot n\cdot 2P/C_d\cdot a\cdot(\lg d/D),\ (Om);$$

bu yerda, V- kuchlanish, V;

n- shuntirlangan qarshilikning shunt soni;

C_d- galvanometrning dinamik doimiyligi, A/mm;

a - galvanometrning ko'rsatkich shkalasi, mm;

d - yuqori voltli elektrodning ichki diametri, sm;

D- o'lchovchi elektrodning diametri, sm.

Galvanometrning dinamik doimiyligini aniqlashda (C_d) A va B namuna qarshiligi (10^6Om dan kam bo'lmagan) yokilgan holatda har bir shuntirlangan qarshilik pog'onasida belgilanadi va tokning doimiy potensial farqi 1000 V bo'ladi. C_d quyidagicha aniklanadi:

$$S_d=V \cdot n / r \cdot a \text{ (A/mm)};$$

bu yerda, r - namuna qarshiligi, Om;

a - galvanometr strelkasining og'ishi.

6.2.2 Solishtirma hajm elektr qarshiligini aniqlash

Solishtirma hajm elektr qarshiligi deganda elektr maydon ta'sirida 1 sm^3 materialning ko'rsatayotgan qarshiligi tushuniladi. Potensiallar farqi 1000 V bo'lganda sinalayotgan namunaning yuzasi orqali o'tayotgan tok kuchining o'lchamiga asoslangan. Sinov namuna qalinligi 4±0,2mm, disk ko'rinishida diametri 100±2 mm bo'lgan yoki kvadrat plastinkasidagi o'lchami 100±2·100±2 mm ni tashkil etadi.

Solishtirma hajm elektr qarshiligi Om·sm da belgilanib, bir xonali sonning 10 ga ko'paytirilishi va kerakli darajada aks etishi bilan ifodalanadi.

Solishtirma hajm elektr qarshiligini aniqlash solishtirma yuza elektr qarshiligini aniqlagandek amalga oshiriladi, faqat tokning namunaga kelish sxemasi o'zgaradi, bu 7- rasmda ko'rsatilgan.

Solishtirma hajm elektr qarshiligini quyidagi formula bilan aniqlaymiz:

$$P_v = V \cdot n \cdot S / C_d \cdot a \cdot d;$$

bu yerda, V – kuchlanish;

n – shuntirlangan qarshilikning shunt soni;

S – o'lchovchi elektrodning maydoni, sm^2;

C_d – galvanometrning dinamik doimiyligi, A / mm;

a – galvanometr ko'rsatkichi, mm;

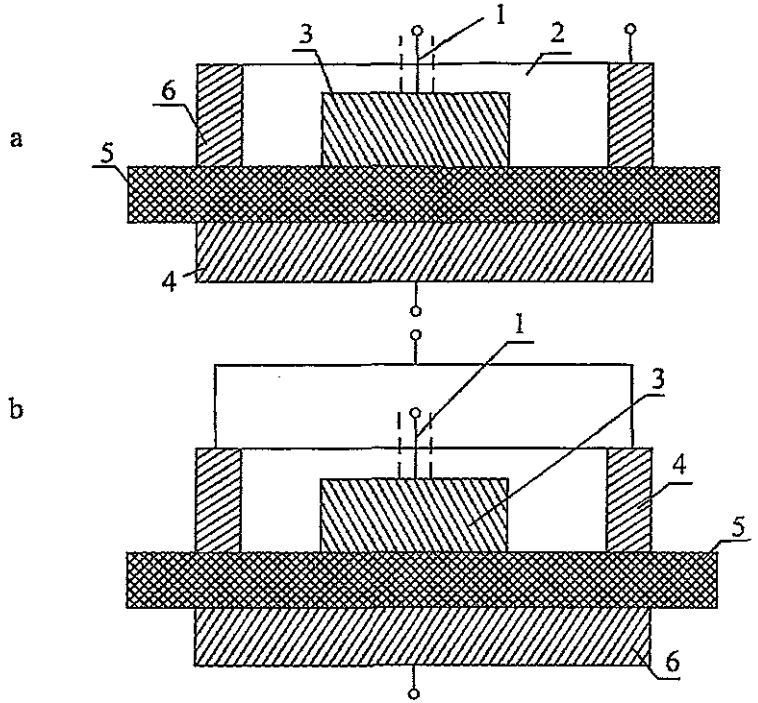
d – namuna qalinligi, sm.

6.2.3 Dielektrik yo'qotishda dielektrik o'tkazuvchanlik va tangens burchagini aniqlash.

Dielektrik yo'qotish – elektroenergiya dielektrikdan o'tayotgan materiallarning qizishi natijasida yo'qotilgan energiyasidir. Dielektrik yo'qotish elektr energiyani tarqatish qobiliyatini xarakterlovchi burchak tangensi tg δ bilan aniqlanadi. Ideal dielektrikda tok bilan kuchlanish orasidagi burchak 90^0 ni tashkil etadi, real holatda to'g'ri burchak δ burchakka og'adi. O g'ish burchagi tangensi dielektrik yo'qotishni xarakterlaydi. tgδ qancha kichik bo'lsa, dielektrik yo'qotish ham shuncha kichik, ya'ni dielektrik materialning elektroizolyatsion xususiyatlari shuncha yaxshi bo'ladi.

Plastmassa va ular asosidagi kompozitsion materiallarning dielektrik yo'qotish burchak tangensi 50 dan 10^6 Gs chastotada aniqlanadi. Namuna disk diametri 50±0,5 mm bo'lganda, uning qalinligi sig'imiga mos ravishda 20 dan 300 pF bo'lishi kerak, lekin qalinligi 5mm dan oshmasligi kerak (odatda 0,5-2,5). Xuddi shunday namunalarda bir vaqtning o'zida tgδ ga o'xshab elektroizolyatsiyalangan materialning dielektrik o'tkazuvchanligi ε aniqlanadi, bu dielektrik o'tkazuvchanligi izolyatsion material kondensatori sig'imining havo izolyator kondensatori yoki vakuum ostidagi kondensator sig'imiga nisbati sifatida aniqlanadi.

tgδ va ε ko'rsatkichi standart razmerli namunalarda, nisbiy namlik 20-30%, harorat 50±3 ^{0}C, termostatida 24 soat davomida saqlangandan keyin xona haroratigacha sovitib $CaCl_2$ bilan to'ldirilgan eksikatorda quritilib aniqlanadi.



7- rasm. Solishtirma yuza (a) va solishtirma hajm (b) elektr qarshiliklarini aniqlashda elektrodlarni yoqish sxemasi:
1 – P_v ni aniqlash uchun ekran; 2 – P_s ni aniqlash uchun ekran;
3 – o'lchovchi elektrod; 4 – himoya elektrodi; 5 – namuna;
6 – yuqori voltli elektrod

Namuna o'lchov kondensatoriga mahkamlangan va qo'zgaluvchan yerga ulangan elektrodlar orasiga joylashtiriladi. Keyin kondensator o'lchash asbobiga ulanadi va asbobning ko'rsatkichi belgilanadi. Asbobning etalon kondensator sigim ko'rsatkichi (C_1) va yo'qotish faktor kattaligi ($tg\delta_1$). So'ngra tekshirilayotgan namuna o'lchash kondensatorlaridan sug'urib olinadi. Ishchi yuzasini paralelligini qayd etish uchun qo'zg'aluvchan elektrod quyi elektrodga to'liq tekkuncha pastga tushiriladi. Shundan so'ng namuna o'lchash kondensatorining

yo'qotish faktorini ($tg\delta_2$) aniqlash uchun qo'zg'aluvchan elektrod ko'tariladi. Bunda asbobning etalon kondensator sig'imi doimiy saqlanib (C_1) ga teng bo'lishi kerak. Sig'imi bo'yicha moslashtirish mikrometrik vint yordamida elektrod tuzilma plastinalari orasidagi masofani o'lchash bilan amalga oshiriladi. Shunday qilib etalon kondensatorining (C_2) sig'imi 2- marta o'lchanadi.

Dielektrik o'tkazuvchanlik quyidagicha aniqlanadi:

$$E=14{,}4\ C_x\ (d/D^2)$$

bu yerda: d - sinalayotgan namunaning qalinligi, sm;

D^2- elektrod diametri, sm;

C_x- sinalayotgan namuna sig'imi (pF) va u quyidagicha aniqlanadi:

$$C_x= (C_2-C_1)+0{,}0695(D^2/d)$$

Dielektrik yo'qotishning $tg\delta$ si quyidagicha aniqlanadi:

$$tg\delta = (C_1 / C_x)(tg\delta_1 - tg\delta_2)$$

bu yerda, $tg\delta_1$ – namuna ishtirokida ulchovchi kondensatorning tangens yukotish burchagi;

$tg\delta_2$ – namuna ishtirok etmaganda o'lchovchi kondensatorning tangens yo'qotish burchagi;

C_1 – namuna ishtirok etganda o'lchovchi kondensatorning to'liq sig'imi, pF;

C_x – sinalayotgan namunaning hajmi, pF.

6.2.4 Uchqunga chidamlilik

Uchqunga chidamlilik deb, material yuzasidan elektr yoyi ta'sirida o'tkazuvchan ko'priklar hosil qiladigan plastmassa va kompozitsion materiallar xususiyatiga aytiladi.

Bu usul material yuzasini elektr yoyining ta'siriga chidam-

liligini xarakterlaydi. Bu vaqtda aniqlanayotgan uchqunga chidamlilik materialni dielektrik chidamliligiga bog'liq emas. Usulning mohiyati shundaki, material yuzasida elektr yoyining ta'siri ostida o'tkazuvchan tok hosil bo'lish momentini aniqlashdan iborat.

Uchqunga chidamlilik mezoni vaqt bo'lib, bu yoyning hosil bo'lishidan tok yo'qolguncha sekundlarda ifodalanadi.

Sinov uchun 100x100 mm kvadrat shaklidagi yoki 100 mm diametriga ega bo'lgan doira shaklidagi material namunalaridan foydalaniladi. Namuna qalinligi chegaralanmaydi. Uning yuzasining tozaligi ahamiyatga molik.

8- rasmda sxemasi ko'rsatilgan asbobdan plastmassa va kompozitsion materiallarning uchqunga chidamliligi aniqlanadi. Asbobning asosiy detali bo'lib, tik vertikal xarakatlanuvchi taglik hisoblanadi, taglikka namuna va 6-8 mm diametrga ega bo'lgan 2 ta volfram elektrod qo'yiladi. Elektrodlar shtativga shunday mahkamlanadiki, namuna bilan har bir elektrod orasidagi burchak 45^0 bo'lishi kerak. Yuza bo'yicha elektrodlar orasidagi masofa 8 mm ni tashkil kiladi. Elektrodlarning namunaga tegadigan uchi 45^0 ostida konus shaklida bo'lishi kerak.

Ulchash vaqtida asbob elektr tarmog'iga kuchaytiruvchi transformator orqali va 1MOm chegaralovchi qarshilik orqali ulanadi. Transformator 1-2 kVt quvvatga ega bo'lgan, kuchaytiruvchi transformator kuchlanishni reostat yoki potensial regulyator yordamida 12000 V gacha ohista boshqarish imkonini beradi. Qarshilik sifatida suv to'ldirilgan shisha trubka xizmat qilishi mumkin. Tok kuchini o'lchash uchun asbob 50 mA shkalali milliampermetr bilan ta'minlangan.

Tekshirilayotgan namuna taglikka shunday o'rnatiladiki, elektrodlar u o'rtasidagi uchlari orasidagi masofa 8 mm. Namuna yuzi bilan orasidagi burchak 45^0. Elektrod uchlari namunaga tegmasligi kerak.

Tok ulangandan keyin kuchlanish asta-sekin ko'tarilib boriladi. Tok elektrod orasida yoriq hosil bo'lguncha transformator kuchlanishi shunday boshqariladiki, yoydagi tok kuchi 10mA ni

tashkil qilsin. So'ngra tok o'chirilib, namuna qo'yilgan taglik yuqoriga ko'tariladi, elektrodlar namunaga zichlashgandan keyin tokni yoqamiz va shu bilan bir vaqtda sekundomerni ishga tushiramiz.

Elektrodlar orasidagi yoyning yo'qolish momenti, ya'ni material yuzasi bo'ylab yoyning zaryadga o'tish vaqti sekundamerda qayd etiladi. Biriktirgich-ajratgich o'chirilib, yoyning yonish vaqti sekundlarda yozib olinadi.

Sinov 10 marta bitta namunada elektrodlarning o'rnini o'zgartirib qaytariladi. So'ngra 10 ta o'lchovning o'rtacha arifmetik qiymati olinadi. Elektr yoyining sinov vaqtidagi yonish vaqti qancha uzoq bo'lsa, materialning uchqunga chidamliligi shuncha yuqori bo'ladi.

6.3 Polimer materiallarning issiqlikka bardoshliligini tadqiq etish

Kompozitsion materiallarni issiqlikka bardoshliligi deb, harorat yuqori bo'lganda ularning y umshamaslik qobiliyati tushuniladi. Issiqlikka bardoshlilikning miqdoriy tavsifi shu haroratda doimiy sharoitda yuklanish namunaning deformatsiyasi ayrim kattalikdan oshmasligidir.

Issiqlikka bardoshlilikni aniqlashda eng keng qo'llaniladigan usul Martens usuli bo'lib, u qulay va aniqdir. Usulning mohiyati doimiy tezlik bilan qizdirilayotgan va ma'lum bir egiluvchan yuklanish ta'siridagi namuna berilgan kattalikdagi deformatsiyaga erishgandagi haroratni aniqlashga asoslangan.

Namuna materialdan shakl berish yo'li bilan tayyorlanadi, yarim tayyor mahsulotlardan mexanik ishlov berish yo'li bilan (kesish, arralash va boshqalar) va to'sin formasida quyidagi o'lchamlarda bo'lishi kerak.

	№1	№2	№3
Uzunligi	120±2	80± 1	50 ±0.5
Kengligi	15 ±0.5	10±0.2	6±0.2
Qalinligi	10 ±0.5	4 ±0.2	4±0.2

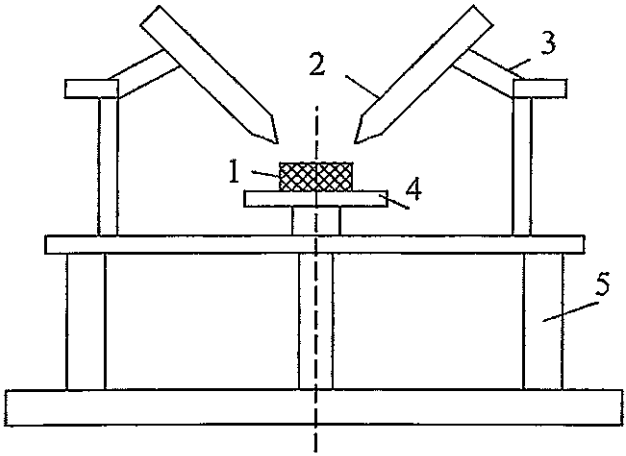
Sinov uchun namunalar shishmagan, chig'anoqsiz, g'udursiz,

siniq bo'lmasligi va darz ketmagan bo'lishi kerak.

Issiqlikka bardoshlilik Martens usuli bo'yicha aniqlash uskunasi quyidagi qismlardan tashkil topgan:

- qisqich toshli moslama;
-deformatsiya ko'rsatkichi;
-boshqarish sistemasiga va harorat o'lchovchisiga ega bo'lgan termoshkaf (9- rasm).

Har bir namuna vertikal holatda hamda yuqori va pastki uchlari taqalgan holda bo'lib, yuqori uchi richag yuki bilan mahkamlanadi. Richagdagi yuk shunday o'rnatiladiki, bunda egiluvchan kuchlanish 5±0.5 MPa bo'lsin.



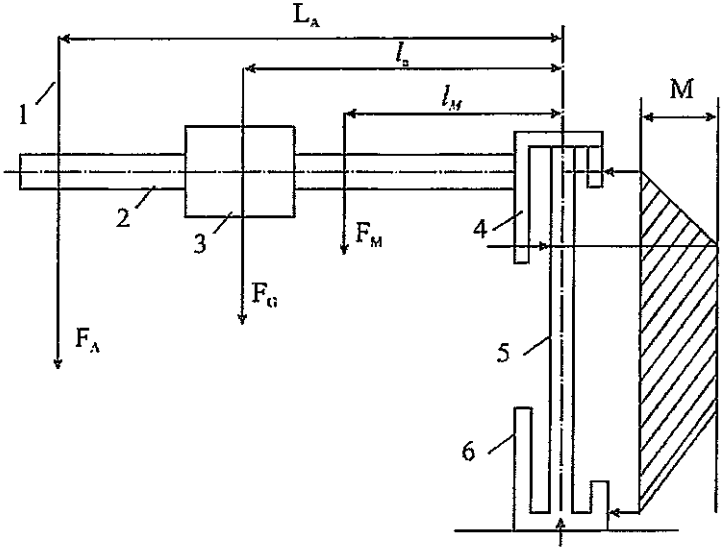
8- rasm. Plastmassalarni uchqunbardoshligini sinash uskunasining sxemasi:
1 – namuna; 2 – elektrodlar; 3 – shtativ;
4 – taglik; 5 - izolyator

Namunaning nechtaligiga qarab bir yoki bir necha qisqich moslamalarga ega bo'lgan plita o'rnatiladi. Qizdiruvchi uskuna va haroratni boshqarish sistemasi termoshkafdagi havo haroratini soatiga 325±5K (50±5 ^{0}C) tezlikda tekis ko'tarilib borishini ta'minlashi kerak, boshlang'ich harorat 298±2K (25±2 ^{0}C). Aniq natija beradigan termojuftlar yoki boshqa qurilmalardan

foydalanish mumkin.

Namunalar qisqich-yuklanuvchili qurilmalarga o'rnatiladi va u termoshkafga kiritiladi. Sinovni boshlashdan oldin namuna vertikal holatda bo'lib, richagli qisqich qurilmasi esa gorizontal holatda bo'ladi.

Qisqich yuklanishli qurilma namunasi bilan termoshkafga o'rnatilgandan so'ng termometrlar o'rnatiladi va harorat boshqarish sistemasiga ega bo'lgan isitgichlar ulanadi.



9- rasm. Issiqqa bardoshlilikni Martens usulida aniqlashda qisqich yuklanishli uskuna qurilmasi:
1 – deformatsiya ko'rsatkichi; 2 – richag; 3 – yuk;
4 – yuqori qisqich kallagi; 5 – sinalayotgan namuna;
6 – pastki qisqich kallagi

Deformatsiya 6±0.1 mm ga etganda 2 t a termometr ko'rsatkichlari ko'rinadi, ularning o'rtacha arifmetik miqdori aniqlanadi va yaxlitlanib olinadi. Kelvin bo'yicha chiqarib yaxlitlangan harorat berilgan namuna uchun Martens usuli bo'yicha issiqlikka bardoshlilikdir.

Qayta sinalgan namunalar uchun natija 5K dan oshsa, u Martens usuli bo'yicha materialning issiqlikka bardoshliligi deb hisoblanmaydi.

6.3.1 Issiqlik o'tkazuvchanlikni aniqlash

Issiqlik o'tkazuvchanlik tekis qizdirilganda materialning issiqlikka qarshiligining o'zgarish xususiyatidir.

Polimer kompozitsion material namunasining issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlashning mohiyati materialni tekis qizdirib borib, ma'lum bir berilgan haroratlardagi issiqlik o'tkazuvchanligini o'lchashga asoslangan.

Sinaladigan namuna diametri 15 mm, balandligi 0.5-5 mm disk ko'rinishida bo'lib, sinov uchun kamida 3 ta namuna olinadi. Sinov λ-kalorimetr asosida bo'lgan IT-λ -400 uskunasida o'tkaziladi (10- rasm).

Namuna 0,001 g dan oshmagan xatolikda tortiladi va 0,01 mm dan oshmagan xatolikda namunaning balandligi va diametri o'lchanadi. Namunaning kontaktda bo'ladigan yuzasi, asosi va sterjeni benzin (spirt) bi lan ar tiladi. Keyin PFMS-4 m arkadagi kremniy organik suyuqlik yupqa qavatda surtiladi. So'ng namuna teplomerga o'rnatiladi, sterjen tushiriladi, prujina va qisqichlar bilan mahkamlanadi va kalorimetr yopiladi.

Qizdirish davomida har 25 ^{0}C da galvanometr shkalasiga proporsional ravishda namuna va teplomerdagi harorat o'zgarishi o'lchab boriladi.

Namunaning issiqlik o'tkazuvchanligi (λ) Vt/mK birlikda har bir harorat uchun quyidagicha aniqlanadi.

$$\lambda = h/P_0(1-G_\beta)$$

bu yerda h-namuna balandligi, m

P_0-namunaning issiqlik qarshiligi m^2K/Vt;

G_β –namunaning issiqlik kengayish koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi.

$$G_\beta = \beta\Delta t$$

β- issiqlik kengayishining chiziqli koeffitsienti $grad^{-1}$
Δt- sinovning harorat intervali ^0K

Polimerlarning issiqlikka bardoshliligining ayrim tavsiflari

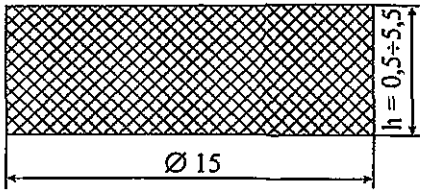
18- jadval

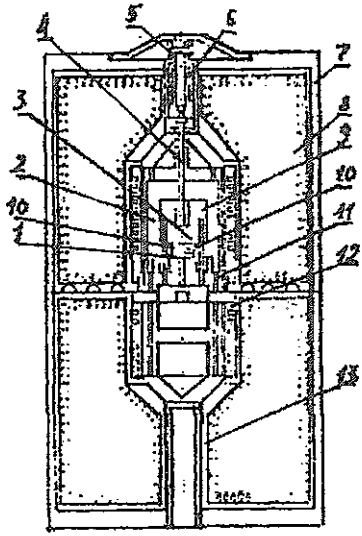
Polimer	Vik bo'yicha issiqlikka bardosh-lilik ^0C	Martens issiqlikka bardoshlilik ^0C
Polivinilatsetat	37	-
Viniplast	90-95	65-70
Politetraftoretilen	100-110	-
Polimetilmetakrilat	105-115	60-80
Polivinilli spirt	120	-
Poli-2.5-dimetilstirol	142-149	112-125
Polipropilen	149	-
Difenilolpropan asosidagi polikarbonat	150-160	115-125
Poli-e-kaproamid	160-180	50-55
Poli-4-metilpenten-1	179	-
Polistirol	-	80

Namunaning issiqlik qarshiligi P_0 quyidagicha aniqlanadi.

$$P_0=n_0S / n_t K_t(1+G_s)-P_k$$

S- ko'ndalang kesim yuzasi, m^2
P_k -kontakt issiqlik qarshiligini hisobga oluvchi koeffitsent
n_0 – namunada harorat o'zgarishi, galvanometr shkalasining ko'rsatishi
n_t -issiqlik o'lchagichida galvanometr shkalasining ko'rsatishi
K_t- ishchi qatlamidagi issiqlik o'tkazuvchanlikning effektivligini ko'rsatuvchi proporsionallik koeffitsienti
G_s-namunaning issiqlikkacha hajmiy koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi.





b

10 – rasm. Namuna (a) va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini aniqlash uchun IT-L-400 uskunasining prinsipial sxemasi:
1 – teplomer; 2 – termojuft; 3 – adiabat; 4 – qisqich;
5 – prujina; 6 – kirish patrubkasi; 7 – korpus;
8 – issiqlik himoya; 9 – sterjen; 10 – sinalayotgan namuna;
11 – asos; 12 – istuvchi blok; 13 – chiqish patrubkasi

$$G_s = \sigma_c = S_o m_o / (S_o m_o + S_c m_c), \qquad (14)$$

S_o –namunaning solishtirma hajmiy issiqligi J /kgK
m_o –namuna massasi, kg
S_c -sterjenning solishtirma hajmiy issiqligi J /kg
m_c _sterjen massasi,kg
Issiqlik o'tkazuvchanlikni o'lchashda, unga tegishli t_t harorat

quyidagicha aniqlanadi.

$$t_t=t_s+0.5\ A_t\ K_u\ n_0$$

t_s- sterjen harorati, K
A_t –termojuftlarning harorat koeffitsientlari, K /mV
K_u –galvanometrning sezgirligi mV/bo'lim
n_0 -galvanometrning ko'rsatkichi (shkalaning bo'limlari)

3 tadan kam bo'lmagan namunalardan issiqlik o'tkazuvchanlikning o'rtacha arifmetik miqdori sinov natijasi deb olinadi va materialning nomi va markasi, namunalarni tayyorlash rejim va usullari, o'lchanilgan harorat intervalida sinov tegishli haroratlarda issiqlik o'tkazuvchanlikning ahamiyati, sinov sanasi protokolga kiritiladi.

6.3.2 Termobardoshlikni aniqlash

Polimerlarning termobardoshligi deganda yuqori haroratda materialning kimyoviy tuzilishini o'zgartirmaslik qobiliyati tushuniladi. Qizdirishda polimer kimyoviy tuzilishining o'zgarishi uning destruksiyasi va tuzilishining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan bu ikkita jarayon birgalikda amalga oshsa, qaysi jarayonning tezligi katta bo'lsa, kimyoviy o'zgarishini shu xarakterlaydi.

Termobardoshlik termogravimetriya (TG) va differensial termik analiz (DTA) usullarida aniqlanadi.

Termogravimetriya (TG) usuli – bu usulda harorat yoki vaqtga bog'liq holda qizigan buyumning og'irlik o'zgarishi, uning holat va oraliq birikmalar tarkibi haqida fikr yuritiladi. TG statik (izotermik) va dinamik (politermik)larga bo'linadi. 1- holatda oddiy termostat pechida ma'lum bir vaqt davomida belgilangan doimiy haroratda buyumning og'irlik o'zgarishi qayd etib boriladi va og'irlik yo'qotish (%)- vaqt bog'liqligi olinadi (izotermalar). Og'irlikni o'lchash ma'lum vaqt oralig'ida, doimiy og'irlikkacha har bir haroratda o'lchab boriladi, so'ngra "tarkib - harorat"

diagrammasi tuziladi.

TG holatda qizdirish jarayoni davomida buyumning og'irlik o'zgarishi uzluksiz qayd etib boriladi. Buyum og'irligining haroratga bog'liqlik grafigi tuzilib, qizdirish davomida buyumning og'irlik o'zgarish tezligini ko'rsatuvchi termogravimetrik egri chiziq keltirib chiqariladi.

DTA usuli issiqlik effektlari bilan bog'liq jarayonlarni xarakterlovchi, yuqori tezlikda isitish (40 ^{0}C/min va undan yuqori) avtomatik yozib boruvchi termogrammaga asoslangan. Termogramma bo'yicha namunani qizdirish jarayonida yutilgan va ajratilgan issiqlik miqdori to'g'risida fikr yuritish, ya'ni kinetik va asosan o'tayotgan kimyoviy reaksiya va faza o'zgarishlarining termodinamik parametrlarini aniqlash mumkin.

Termodinamik parametrlar – sistema holati funksiyalari, sistema ikki mos parametrining (T va V yoki T va P, yoki S va V, yoki S va P va boshqalar) d oimiy qiymatida sodir bo'ladigan muvozanat holatidagi kamayish, tashqi bosimga qarshi ishni ayirib tashlagandagi sistemaning to'liq ish faoliyatiga teng. Quyidagi 4 funksiya asosiydir:

1. Entropiyaning S doimiy qiymati va doimiy hajm V sharoitida sistemaning ichki energiyasi U

$$dU \leq T\,dS - p\,dV\,; \qquad (16)$$

2 - doimiy bosim P va entropiya S holatining ta'sirida sistema entalpiyasi H

$$dH \leq T\,dS + V\,dp\,; \qquad (17)$$

3 - doimiy hajm va haroratlar holatining ta'sirida izoxor-izotermik potensial F

$$dF \leq -S\,dT - p\,dV\,; \qquad (18)$$

4 – doimiy bosim va haroratlar holatining ta'sirida izobar-izotermik potensial Z

$$dZ \leq -S\,dT + V\,dp \qquad (19)$$

Hamma formulalardagi tenglik alomati jarayonning muvozanat holatiga xos bo'lib, notenglik esa jarayonlar

qaytmasligining belgisidir.

Polimer kompozitsion materiallarning termobardoshligi Paulik- Paulik-Erde sistemali derivatograf asbobida amalga oshiriladi. Bunda xona haroratidani materialni ekspluatatsiya qilish yoki massa to'liq yoki ma'lum miqdorgacha yo'qotishgacha harorat ko'tarilganda aniqlanadi.

6.3.3 Fizik holatning harorat chegaralarini aniqlash

Polimer kompozitsion materiallarning fizik holatini harorat chegaralarini aniqlash termomexanik usulda amalga oshiriladi. Haroratning keng diapazonida materialning mexanik xususiyatlarini o'rganish imkonini beradi, ma'lum bir vaqt mobaynida doimiy mexanik kuchlanish ta'siri natijasida kompozitsion material deformatsiyasini haroratga bog'liqligini aniqlaydi. Ishlab chiqarish sharoitida polimer kompozitsion materiallarga ishlov berish va ekspluatatsiya qilish jarayonida ularning xususiyatlarini nazorat qilishda bu usuldan foydalaniladi.

Termomexanik tadqiqot Paulik-Paulik-Erde sistemali derivatografga ulangan Kargin tarozisida olib boriladi va harorat ta'siri ostidagi material deformatsiyasining o'zgarishi yozib boriladi, doimiy yuklanish ostida termomexanik egri chiziq hosil qilinadi. Koordinata chizig'idagi haroratni ekstrapolyatsiya qilish yo'li bilan oynasimon, yuqori elastik va qovushqoq oquvchanlik holati harorat oblastlari aniqlanadi, shuni barobarida oynalanish harorati va qovushqoq oquvchanlik haroratini xarakterlovchi oraliq o'tish oblasti aniqlanadi. Kompozitsiyaning oynasimon holati materialning mo'rtligi bilan xarakterlanadi, yuqori elastikligi esa qayta ishlashga moyilligi bilan qovushqoq oquvchanlik esa qaytmas destruksiya jarayoni yoki polimer kompozitsiyaning termik parchalanishini xarakterlaydi.

Ayrim polimerlarning termobardoshlik tavsifi
(politermik sharoitda TG miqdorlari)

18- jadval

Polimer	T_0, ^0C	$T_{0.5}$, ^0C
1	2	3
Polivinilxlorid	170	270
Polipropilen	300	380
Poli (2.2-m-fenilen-5.5-dibenzoksazol)	300	530
Polistirol	310	365
Polietilen	320	405
Polivinilftorid	350	390
Politetraftoretilen	400	500
Poli-m-fenilen-2.5-oksadiazol	410	550
Poliarilat tereftali k-ta va fenolftalein	440	550
Poli-(h-bifenilenok-sid)-1,3,4-oksadiazol	470	650

Nazorat savollari

1. Polimer kompozitsion materiallar mexanik xossalari qanday maqsadda o'rganiladi?
2. Statik egilishdagi buzilish kuchlanishi qanday aniqlanadi?
3. Siqilishdagi kuchlanish qanday topiladi?
4. Cho'zilishdagi kuchlanish qanday topiladi?
5. Brinell bo'yicha material qattiqligini aniqlashning boshqa usullardan farqi va u qanday uslubda bajariladi?
6. Yelim chokining siljish, uzilish va yorilishdagi mustahkamligi qanday topiladi?
7. Qanday maqsadda plastmassa va kompozitsion materiallar asosida elektr sinov o'tkaziladi?
8. Solishtirma yuza elektr qarshiligi qanday aniqlanadi va hisoblanadi?
9. Solishtirma hajm elektr qarshiligini aniqlashning ahamiyati nimada?
10. Dielektrik o'tkazuvchanlik qanday xarakterlanadi va

dielektrik yo'qotishning tangens burchagi qanday aniqlanadi va hisoblanadi?

11. Plastmassa va kompozitsion materiallar asosida uchqunga chidamlilik qanday maqsadda qo'llaniladi va hisoblanadi?
12. Issiqlik bardoshlik materialning qanday xususiyatlarini aniqlaydi?
13. Martens usuli bo'yicha issiqlik bardoshlikni aniqlash mohiyati nimadan iborat?
14. Termobardoshlikning issiqlikbardoshlikdan qanday prinsipial farqi bor?
15. Termomexanik usul nimani aniqlaydi?
16. Polimer kompozitsiyasida shishasimon, yuqori elastiklik va qovushqoq oquvchanlik holatlarida qanday o'ziga xos taraflari mavjud?
17. Termomexanik egrilik parametrlari qanday asboblarda aniqlanadi?
18. Termobardoshlik materialning qanday qobiliyatini aniqlaydi?
19. Qanday usullar bilan termobardoshlik aniqlanadi va uning o'ziga xos xususiyatlari?
20. Izotermik va politermik termogravimetriyalarning o'ziga xos xususiyatlari?
21. Termodinamik parametrlar nimani ifodalaydi va qanday aniqlanadi?
22. Polimer kompozitsion materialning qaysi xossasi issiqlik o'tkazuvchanligini ko'rsatadi?
23. Sinalayotgan materialdan qanday namunalar tayyorlanadi?
24. Namunalar sinov uchun qanday tayyorlanadi?
25. IT-L-400 asbobining asosiy qurilmalari?
26. Issiqlik o'tkazuvchanlik tadqiqoti qanday o'tkaziladi va uning natijasi nimani ifodalaydi?

Adabiyotlar

1. Баландина В.А. и др. Анализ полимеризационных пластмасс. - Ленинград: Химия, 1967.-275с.
2. Кастерина Н., Калинина Л.С. Химические методы исследования полимеров, синтетических смол и пластмасс. - М.: Госхимиздат, 1963.-350с.
3. Лосев И.П., Федотова О.Я. Практикум по химии высокополимерных соединений. - М.: Химия, 1962.-378с.
4. ГОСТ 21341 – Метод определения теплостойкости по Мартенсу.
5. Коршак В.В.Термостойкие полимеры. - М.: Наука, 1969.
6. Адрианов К.А. Полимеры с неорганическими главными цепями молекул. - М.: Наука, 1962.
7. Мадорский С. Термическое разложение органических полимеров. - М.: ИЛ, 1967.
8. Каргин В.А.,Слонимскй Г.Л. Краткие очерки по физико-химии полимеров (Очерк 7). - М.: ИЛ, 1967г.
9. Берг Л.Г. Введение в термографию. - М.: Иностранная литература, 1961.- 120с.
10. Кричевский И.Р. Понятия и основы термодинамики. - М.: Наука, 1972.- 250с.
11. Тагер А.А. Физико-химия полимеров, гл. 10. - М.: Высшая школа, 1968.
12. ГОСТ 23630.2-79 - Метод определения теплопроводности.
13. Григорьев А.П., Федотова О.Я. Лабораторный практикум по технологии пластических масс: Учеб. пособие. – Изд. 2-е – М.: Высшая школа, 1977.
14. Кардашев Д. А. Синтетические клеи. - М.: Химия, 1964.-320с.
15. Lubin G. (ed), Handbook of Fiberglass and Advanced

Plastics Composites, Van Nostrand Reinhold, New York, 1969, Chapter 2.

16. Bjorksten J., Polyesters and Their Applications, Van Nostrand Reinhold, New York, 1956.

17. Lawrence J. R., Polyester Resins, Van Nostrand Reinhold, New York, 1960.

18. Boenig H.Y. Unsaturated Polyesters: Structure and Properties, Elsevier Publishing Co., New York, 1964.

19. Park R.E. and Parker E. E., in: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 2nd supplement, Wiley-Interscience, New York, 1960, p. 902.

20. Nowak R.M. and Ruins L.S. in: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 20, Wiley-Interscience, New York, 1969, p. 791.

21. Boenig H.Y. in: Encyclopedia of Polumer Science and Technology, Vol. 11, Wiley-Interscience, New York, 1969, p. 129.

22. Parker E. E. and Peter J.R., in: Polumerization Processes (edited by C. E. Schildknecht and I. Skeist), Wiley-Interscience, New York, 1977, p. 68

23. Launikitis M. New Heat Resistant Vinyl Ester Resin, 31st Annual Technical Conference, SPI, 1976.

24. De La Mare H. E. et al., A Review of Epoxy-Derived Acrylates: Synthesis, Chemistry, and Photocure, Paper FC76-494, presented 1976, The Association for Finishing Processes of the SME.

25. May C. A. and Newey H. A., Epoxy-Acrylic Resins for FRP Structures, 20th Reinforced Plastics Technical and Management Conference, SPI, 1965.

26. Linlow W. N., Derakane Resins-A Valuabic Addition to Thermosetting Resin Technology, 21st Annual Technical Conference, SPI, 1966.

27. McCarthy W. J. and Bowerman H. H., Vinyl Termi-

nated Liquid Polumer for Polyester Modification, 29th Annual Technical Conference, SPI, 1974.

28. Shell Chemical Company, Bulletin SC: 161-77, EPOCRIL Resins-Corrosion Control Guide.

29. Dow Chemical Company, 1st Chemical Resistance Guide - Derakane Vinyl Ester Resins.

30. Clark N. and Vanderbilt V.M., A Hydrocarbon Thermost Resin for Reinforced Plastics, 14th Annual Meeting, Reinforced Plactics Division, SPI, February, 1959.

31. Jaruzelski J. J., Vanderbilt B. M. and Lewis T., Buton Hydrocarbon Resin Molding Compounds, 19th Annual Meeting, Reinforced Plastics Division, SPI, February, 1964.

32. Colorado Chemical Specialties Company, Technical Bulletin CCS-102, RICONLaminating Resins.

33. HYSTYL Polybutadiene Resins Technical Bulletin.

34. Walton J. B. E., Techniques for Airborne Radonle Design», Technical Report AFAL- TR-66-391, Vol. II, December 1966.

35. Chase V. A., Investigation of Reinforced Plastics (of Naval Aircraft Electromagnetic (EM) Windows, January 1975; prepared the Naval Air Systems Command, Contract NOOOI9-74-C-0055.

36. Bianchi M. and Dorman E. N., New, High-Performance, Versatile Polybutadiene Systems of Electrical and RP Applications, 26th Annual Technical Conference, SPI, 1971.

37. Ellis S., U. S. Patent 2, 195, 362, Magsh 26, 1940; arrl. May 21, 1936 (Ellis-Foster).

38. Ellis S., U. S. Patent 2, 255, 313, September 9, 1941; arrl. August 6, 1937(Ellis-Foster).

39. Modern Plastics 55 (1), 50 (1978).

40. Parker E. E., Ind. Eng. Shem. 58 (4), 53 (1966).

41. Smith A. L., Sixth Annual Technical Session. Reinforced Plastics Division, SPI, 1951.

42. Technical Bulletins, Lucidol Division. Wallace and Tiernan, Inc, 2000

43. Modern Plastics Encyclopedia, Vol. 52 (10A), 1975-1976, p. 482.

44. http//www pslc.ws.ru

45. http//www. Inchemistry.ru

46. http//www.academik.ru

47. http//www.forum.ru

Mundarija

1. POLIMER KOMPOZITSION MATERIALLARGA TAALLUQLI KIRISH MA'LUMOTLARI 6
Kirish 6
1.1 Terminlar va ta'riflar 7
1.2 Konstruksion materiallar 9
1.3 Izlanish va rivojlanish 12
1.4 KM sanoatining kelajagi 12
1.5 Shishaplastiklarni ilk bor qo'llash 15
2. to'yintirilmagan poliefir smolalarning polimer kompozitsion materiallari 17
Kirish 17
2.1 To'yintirilmagan poliefir smolalarining tiplari 19
2.1.1 Umumiy ahamiyatdagi poliefir smolalari 19
2.1.2 Elastik poliefir smolalari 20
2.1.3 Torayuvchan poliefir smolalar 20
2.1.4 Kam kichrayuvchi poliefir smolalar 21
2.1.5 Atmosfera ta'siriga chidamli poliefirli smolalar 21
2.1.6 Kimyoviy bardoshli poliefir smolalar 22
2.1.7 Yonginga bardosh poliafirli smolalar 22
2.2 To'yintirilmagan poliefir smolalaridan buyum ishlab chiqarish 23
2.2.1 Qoplamani qo'l bilan surtish va purkash 23
2.2.2 Taxminan shakllantirilgan, yarim tayyor mahsulotni shakllantirish 24
2.2.3 Markazdan qochma quyish 25
2.2.4 Ekstruziya va o'rash 25
2.2.5 Shtamplash 25
2.2.6 Bosim ostida avtomatik quyish 26
2.2.7 Initsiator-aktivator-ingibitor sistemalarini baholash 26
2.2.8 Yuzani qayta ishlashda foydalaniladigan materiallar ... 27

2.3 Qotirilgan to'yintirilmagan poliefir smolalarining xususiyatlari 28
2.3.1 Qo'shimchalarning ta'siri 34
2.3.1.1 To'ldiruvchilar 34
2.3.1.2 Bo'yoq va pigmentlar 36
2.3.1.3 Yonish ingibitorlari 37
2.3.1.4 Ultrabinafsha nurlarni yutuvchilar 37
2.4 To'yintirilmagan poliefir smolalarning narxi 38
3. VINILKARBON KISLOTASI MURAKKAB DIEFIRLARI ASOSIDAGI POLIMER KOMPOZITSION MATERIALLAR. 39
3.1. Ta'rif 39
3.2 Smola xarakteristikalari 39
3.3 Tarixiy ma'lumotlar 40
3.4 PKMlarning ekspluatatsion xususiyatlari 43
3.4.1 Smolaning xususiyatlari 43
3.4.2 Qotirilgan smolaning mexanik xususiyatlari 43
3.5 To'ldirilmagan DVKlardan yasalgan quymalarning mexanik xususiyatlari 44
3.5.1 Mexanik xususiyatlari 44
3.5.2 Elektr xususiyatlari 46
3.5.3 Kimyoviy xususiyati 46
3.5.4 Kirishish 47
3.5.5 Adgeziya 47
3.6 Smolalarni qo'llash 47
3.6.1 Radiatsion qotirish 47
3.6.2 Armirlangan shishaplastiklar 48
4. POLIBUTADIEN SMOLALAR ASOSIDAGI POLIMER KOMPOZITSION MATERIALLAR 52
Kirish 52
4.1 Tarixiy ma'lumotlar 52
4.2 Kimyoviy xarakteristikalari 53

4.3 Asosiy ko'rinishdagi polibutadien smolalarining strukturasi va tipik xususiyatlari 53
4.4 Qotish jarayonining xarakteristikasi 55
4.5 Kimyoviy struktura va xususiyatlari 56
4.6 PBD asosidagi KM ning qo'llanishi 56
4.8 Saqlash 61
5. EPOKSID SMOLALARI ASOSIDAGI POLIMER KOMPOZITSION MATERIALLAR 62
Kirish 62
5.1 Qo'llanishi 63
5.1.1 Germetiklash va kapsullash 63
5.1.2 Jihozlash 63
5.1.3 Shakllantirish 64
5.1.4 Adgeziyalanish qobiliyati 64
5.1.5 Kompozitsion materiallarni tolani o'rab va qatlam plastik shakllarida ishlab chiqarish 64
6. POLIMER KOMPOZITSION MATERIALLARNING ASOSIY XOSSALARINI ANIQLASh 66
Kirish 66
6.1 Polimer materiallarning mexanik xossalarini tadqiq etish. 66
6.1.1 Statik egilishdagi buzuvchi kuchlanishni aniqlash 67
6.1.2 Siqishdagi buzuvchi kuchlanishni aniqlash 69
6.1.3 Cho'zilishdagi buzuvchi kuchlanishni aniqlash 70
6.1.4 Qattiqlikni Brinell bo'yicha aniqlash 73
6.1.5 Yelimlarni sinash 75
6.2 Polimer materiallarning elektr-fizikaviy xossalarini tadqiq etish 76
6.2.1 Solishtirma yuza elektr qarshiligini aniqlash 77
6.2.2 Solishtirma hajm elektr qarshiligini aniqlash 80
6.2.3 Dielektrik yo'qotishda dielektrik o'tkazuvchanlik va tangens burchagini aniqlash 81
6.2.4 Uchqunga chidamlilik 83

6.3 Polimer materiallarning issiqlikka bardoshliligini tadqiq etish 85
6.3.1 Issiqlik o'tkazuvchanlikni aniqlash..... 88
6.3.2 Termobardoshlikni aniqlash 91
6.3.3 Fizik holatning harorat chegaralarini aniqlash..... 93
Nazorat savollari 94
Adabiyotlar 96

Nafisa Sagdullayevna Salidjanova

Polimer kompozitsion materiallar

O'quv qo'llanma

Muharrir M.M. Botirbekova

Bosishga ruhsat etildi 27.03.2009 y. Bichimi 60x84 1/16.
Shartli bosma tabog'i 6,05. Nusxasi 50 dona. Buyurtma № 54.

TDTU bosmaxonasida chop etildi. Toshkent sh,
Talabalar ko'chasi 54. tel: 246-63-84.