

SH.A.KARIMOV, SH.M.SHAKIROV,
M.A.MAMATQOSIMOV

NOMETALL MATERIALLAR TEXNOLOGIYASI



TOSHKENT

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

**SH.A.KARIMOV, SH.M.SHAKIROV,
M.A.MAMATQOSIMOV**

NOMETALL MATERIALLAR TEXNOLOGIYASI

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta mahsus ta'lim vazirligi
tomonidan 5320100 – «Materialshunoslik va yangi materiallar
texnologiyasi» yo'nalishida ta'lim olayotgan bakalavr talabalar
uchun darslik sifatida tavsiya etilgan*

TOSHKENT – 2015

UO‘K: 661.6:620 (075)

KBK 30.3

K-25

Sh.A.Karimov, Sh.M.Shakirov, M.A.Mamatqosimov. Nometall materiallar texnologiyasi. –T.: «Fan va texnologiya», 2015, 160 bet.

ISBN 978–9943–998–07–0

Darslik 5320100 – «Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi» yo‘nalishi namunaviy dasturi asosida yozilgan bo‘lib, unda nometall materiallarning turlari, xossalari va ulardan mahsulot olish texnologiyasi haqida ma‘lumotlar berilgan.

Darslikda polimer materiallar, plastik massalar, rezina, shisha, keramika, kompozitsion kukun materiallar va h.k. to‘g‘risida ma‘lumotlar keltirilgan. Ular maksimal umumlashtirilgan va tartiblash-tirilgan, qisqartirilgan ko‘rinishda va eslab qolish hamda qabul qilish uchun sodda sxema, jadval, grafiklar va rasmlar ko‘rinishida taqdim etilgan.

Ushbu darslik 5320100 – «Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi» yo‘nalishida ta‘lim olayotgan bakalavr va magistrlar uchun mo‘ljallangan, oliy ta‘lim muassasalari o‘qituvchilari uchun tavsiya etiladi.

UO‘K: 661.6:620 (075)

KBK 30.3

Taqrizchilar:

T.Xalimjonov – ToshDTU «Mashinasozlik materiallariga ishlov berish» kafedrasini mudiri, t.f.n., dotsent;

A.Rasulov – «ALEKS VIKTORIYA PLUS» korxonasi yetakchi mutaxassisi.

ISBN 978–9943–998–07–0



© «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2015.

KIRISH

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Islom Karimovning O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasining 19 yilligiga bag'ishlangan tantanali yig'ilishida o'qigan ma'ruzasida O'zbekiston Konstitutsiyasi – demokratik rivojlanish fuqorolik jamiyatini shakllantirish yo'lida mustahkam poydevorligi, o'quv jarayoniga informatsion va pedagogik texnologiyalarni keng miqyosda singdirish, farzandlarimizni barkamol tarbiyalagan o'qituvchilar va ustozlarning mushkul mehnatini rag'batlantirish e'tibor markaziga qo'yilishi ta'kidlangan. Bir so'z bilan aytganda, ta'lim-tarbiya tizimining sifat darajasini ko'tarish zarurligi ta'kidlangan.

Mashinasozlikda qo'llaniladigan metall hamda qotishmalarning fizik-mexanik va kimyoviy xossalardan tashqari, ularning texnologik xossalari ham amalda katta ahamiyatga ega. Bunday xossalar jumlasiga metall va qotishmalarning deformatsiyalanuvchanligi, quyiluvchanligi, kesib ishlanuvchanligi, payvandlanuvchanligi, toblanuvchanligi va boshqa xossalari kiradi. Metall va qotishmalarning ekspluatatsion (ishlatilish) xossalari, ya'ni puxtalik (mustahkamlik), yeyilishga chidamlilik, olovbardoshlik (o'tga chidamlilik), issiqbardoshlik (issiqqa chidamlilik), korroziya bardoshlik (korroziyaga chidamlilik) kabi xossalarining ham ahamiyati juda kattadir.

Mashinasozlikda qo'llaniladigan nometall materiallar va ular asosidagi asosiy fizik-mexanik, texnologik xossalarini hamda ularni ishlab chiqarish uchun xomashyo turlari, sifatleri, ularga qo'yiladigan talablar, qotishmalarni termik va kimyoviy-termik ishlashning, quyish ishi, bosim bilan ishlash, kesib ishlash va payvandlashning nazariy asosidir. Nometall materiallar haqida umumiy tushunchaga ega bo'lmay turib, xilma-xil xossali qotishmalar hosil qilish, bu qotishmalardan tayyorlangan detal, asbob va boshqalarning xossalarini zarur tomonga o'zgartirish mumkin bo'lmaydi.

Mashinasozlik va boshqa sohalarda qo'llaniladigan metallshunoslik faniga XIX asrning ikkinchi yarmidagina asos solindi. Bu fan shunchalik yosh bo'lishiga qaramay, hozirgi vaqtda keng taraqqiy etmoqda. Metallshunoslik fanini taraqqiy ettirishda rus olimlarining

xizmati nihoyatda buyukdir. Ulug' rus olimi M. V. Lomonosov (1711–1765) metallarning o'ziga xos xususiyatlarini (yaltiroqlik va plastiklik xossalarini) jahonda birinchi bo'lib tavsiflab berdi va talab etilgan xossalini qotishmalar hosil qilish yo'lini ko'rsatdi. Metallarning xossalari ularning atom–kristall tuzilishiga qarab o'zgaradi, elementlarning D. I. Mendeleev (1834–1907) kashf etgan davriy sistemasi ana shu qonuniyat sabablarini izohlashga imkon berdi. D. I. Mendeleev o'z asarlarida eritmalar va metall qotishmalari hosil qilish masalasiga katta e'tibor berdi. Rus olimi ye. S. Fyodorov (1853–1919) kristalllarda ion, atom va molekularning joylanish qonunlarini topdi. Rus olimi P.P.Anosov (1797–1871) po'lat strukturasi o'rganish uchun mikroskopdan jahonda birinchi bo'lib foydalandi.

Mashinasozlikda qo'llaniladigan metallshunoslikning ilmiy asoslarini ulug' rus olimi D. K. Chernov (1839–1921) yaratdi. D.K.Chernov po'latning xossalari uning kimyoviy tarkibigagina emas, balki tuzilishiga ham bog'liq ekanligini ko'rsatdi. U kritik nuqtalar vaziyatining po'lat tarkibidagi uglerod miqdoriga bog'liq ekanligini aniqlab, temir-uglerod qotishmalari holat diagrammasini tuzish uchun asos yaratib berdi. Temir-uglerod diagrammasi bir qator olimlar: R.Austen, F.Osmond, A. Le-Sha-tele va boshqalarning ishlariga asoslanib, XIX asrning oxirida tuzib chiqildi. Rus olimi N.S.Kurnakov (1860–1941) metallarning kimyoviy tarkibi, tuzilishi va fizikaviy xossalari orasida bog'lanish borligini topdi va jahonda birinchi bo'lib, tarkib – xossa diagrammalarini tuzdi. Uning qotishmalar nazariyasiga oid ishlari ham katta ahamiyatga egadir. Rus olimlaridan A. A.Baykov (1870–1946) po'latgina emas, balki ba'zi rangdor metallarning qotishmalari ham toblanishi mumkinligini anikladi. U austenit (uglerodning γ -temirdagi qattiq eritmasi) mavjud ekanligini ham isbotladi. A.A.Bochvar (1870–1947) yangi antifriksion (ishqalanishga chidamli) qotishmalar tayyorladi va ularga nisbatan qo'yiladigan talablarni asoslab berdi.

1. POLIMERLAR

Nometall materiallar, asosan polimer materiallar hisoblanadi. Polimer materiallar deb, shunday moddalarga aytiladiki, ularda makromolekulalar ko'p sonli elementar (monomerlar) bo'g'inlardan tashkil topgan. Ularning molekulyar massasi 5000 dan 1 000 000 g/m gacha yetishi mumkin. Bunday hollarda moddalardagi makromolekula xossalari, nafaqat ulardagi molekularning kimyoviy tarkibiga, balki ularning bir-biriga nisbatan joylashishi va tuzilishiga ham bog'liq bo'ladi.

Polimerlarning makromolekulalari o'ziga xos alohida bo'g'inlardan tashkil topgan zanjir tuzilishiga ega. Zanjirning uzunligi uning ko'ndalang kesimi o'lchamidan bir necha ming barobar katta bo'lib, bu ularga yuqori darajadagi bikrlilik xossasini beradi (bikrligi zanjirdagi jips birikkan bo'g'inlari bilan chegaralanadi). Polimerlarning bikrligi ularning o'ziga xos xossasi hisoblanadi.

Asosiy bo'g'inda joylashgan atomlar bir-birlari bilan mustahkam kimyoviy kavalent bog' bilan bog'langan. Bunda bog'lanish energiyasi 330–360 kDj/mol ni tashkil etsa, zanjirdagi molekularning bir-biri bilan bog'lanishi oddiy fizikaviy ta'sirlashuv natijasida hosil bo'lib, ularning bog'lanish energiyasi ancha past 5–40 kDj/mol. Ba'zi murakkab turdagi molekulararo bog' vodorod turidagi bog'lanishlar natijasida birikkan bo'lib, ularning bog'lanish energiyasi 50 kDj/mol gacha yetishi mumkin. Nometall materiallardagi molekularning bir-biriga ilashib bog'lanishi odatda – *kogeziya* deyiladi. Polimer makromolekulalar bir turdagi kimyoviy tuzilishga ega bo'lgan (monomer) yoki turlicha bo'lgan (sopolimer) bo'g'inlardan tashkil topgan bo'ladi.

Polimer materiallarda ichki tartibli joylashuv turi muxim ahamiyatga ega, ya'ni materialni tashkil etuvchi bo'g'inlar va uning a'zolari fazoda ma'lum tartibda joylashishi. Chunki materialning fizik-mexanik xossalarini aynan shu joylashuv belgilab beradi.

Tabiatda uchraydigan polimerlarga – tabiiy kauchuk, sellyuloza, slyuda, asbest, tabiiy grafit va boshqalar kiradi. Ammo polimerlarning juda ko'p turi sun'iy ravishda (sintetik) olinadi.

1.1. Polimer materiallarning klassifikatsiyasi

Polimer materiallar asosan: tarkibiga, makromolekula shakliga, fazoviy holatiga, bog'lanish turiga va haroratiga ko'ra klassifikatsiyalanadi.

Polimerlar tarkibiga ko'ra barcha: organik, elementli organik va noorganik sinflarga bo'linadi. Bunda eng salmoqli o'rinni organik turdagi polimerlar egallaydi. Agar organik polimerning asosiy zanjirini faqat uglerod atomlari tashkil etsa, bunday polimetlarga korbozanjirli polimer deyiladi.

Juft zanjirli polimerlarda uglerod atomlaridan tashqari, boshqa elementlarning atomlari ham qatnashishi mumkin. Ular materialning xossalarini keskin ravishda o'zgartiradi, masalan: makromolekula tarkibida kislorod atomining bo'lishligi zanjirning bikrligini oshiradi, fosfor va xlor atomlari esa zanjirni olovga bardoshligini oshiradi, oltingugurt atomlari esa zanjirning gaz singmasligini oshiradi, fluor atomlari polimerga yuqori kimyoviy turg'unlikni ta'minlaydi.

Organik polimerlarga asosan kelib chiqishi turlicha bo'lgan smolalar va kauchuk kiradi.

Elementli organik birikmalar asosiy zanjiri noorganik elementlarning atomlari (Si, Ti, Al) va organik radikallar (SN_3 , S_6N_5 , SN_2) dan tuzilgan bo'ladi. Undagi bu radikallar materialga yuqori mustahkamlik va bikrlilik bersa, noorganik elementlarning atomlari unga yuqori issiqbardoshlik beradi. Shuni aytib o'tish kerakki bunday birikmalar tabiatda uchramaydi. Bunday turdagi polimerlarga kremniyorganik birikmalar misol bo'la oladi.

Noorganik polimerlarga asosan selikatli shisha, keramika, slyuda va asbest kiradi. Bu birikmalarining tarkibida uglerod atomlari bo'lmaydi. Noorganik materiallarning tarkibini asosan kremniy oksidi, alyuminiy oksidi, magniy oksidi, kalsiy oksidi va boshqa oksidlar tashkil etadi.

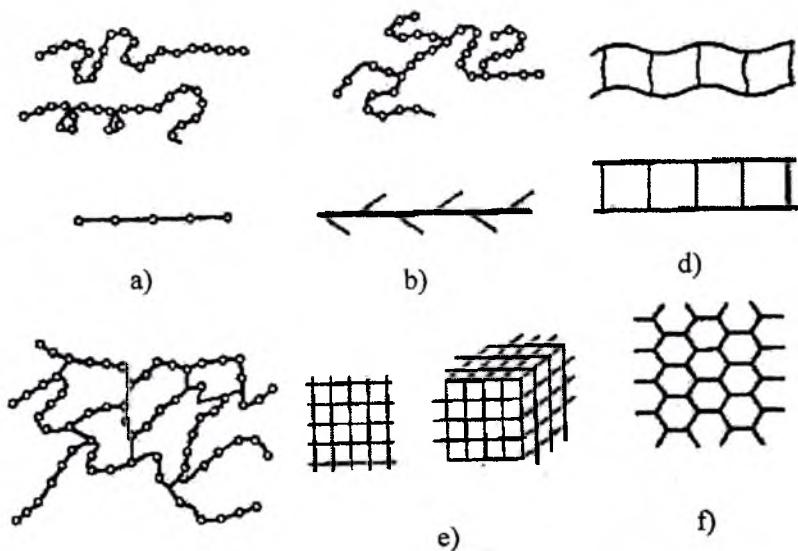
Selikatlarda ikki turdagi bog'lanish, ya'ni bo'g'indagi atomlar bir-biri bilan (Si - O) kavolent bog'langan bo'lsa, zanjirdagi bo'g'inlar bir-biri bilan ion bog'langan bo'ladi. Noorganik polimerlar yuqori zichligi, yuqori issiqbardoshligi bilan ajralib turadi. Ammo ulardan selikatli shisha va keramika juda yuqori mo'rtlikka ega bo'lib, tebranma va yo'nalishi o'zgaruvchan yuklamalarga bardoshi juda past.

Bulardan tashqari, noorganik polimerlarga grafit ham kiradi, ammo ulardan farqli o'laroq, korbozanjirdan tashkil topgan.

Polimer materiallardagi o'ziga xos xossalari ularning makromolekulyar strukturasi bilan izohlanadi.

Polimerlar makromolekulyar tuzilishiga ko'ra: chiziqli, tasmali, fazoli yoki to'rsimon turlarga bo'linadi.

Chiziqli makromolekula zanjiriga ega bo'lgan polimerlar uzun chiziqli yoki spiralsimon arqonga o'xshagan tuzilishga ega (1.1-rasm, a) bunda yuqori bikrlikka va mustahkamlikka ega bo'lgan makromolekula zanjir bo'ylab joylashgan bo'lib, ular bir-biri bilan sayoz molekulyar bog' orqali bog'langan. Bu esa materialga yuqori elastiklikni, qizdirilganda plastiklikni va sovuganda qattiq bo'lishni ta'minlaydi (polietilen, poliimid va bosh.). Chiziqli polimerning yana bir turi tarmoqlangan makromolekula zanjiriga ega bo'lib (1.1-rasm, b) unda yon tomon tarmoklanish bor, bu esa uning yuqori zichlanishiga halaqit beradi (poliizobutelen).



1.1-rasm. Polimerlarning makromolekula tuzilishi: a – chiziqli; b – tarmoqlangan; d – tasmali, e – fazoviy yoki to'rsimon; f – parketlangan

Tasmali makromolekula zanjiriga ega bo'lgan polimerlar (1.1-rasm, d) bir-biri bilan kimyoviy bog'langan ikkita zanjirdan tashkil topgan u tasmani eslatadi. Ularda yuqori pishiqlikka ega bo'lgan asosiy zanjiri bo'lgani uchun nisbatan yuqori issiqqa bardoshli va juda pishiq material hosil qiladi. Ular standart organik erituvchilarda eriydi (kremniyorganik polimerlar).

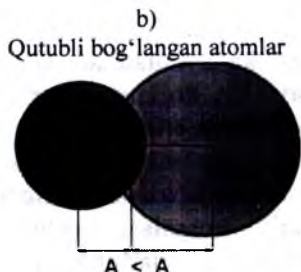
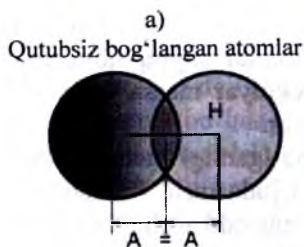
Fazoviy yoki to'rsimon makromolekula zanjirlar makromolekulalarning yon tomonlari bilan bir-biriga bevosita yoki boshqa elementlar yoki radikallar orqali mustahkam kimyoviy bog'lanishlar natijasida hosil bo'ladi (1.1-rasm, e). Ulanishda bevosita element yoki radikal orqali bog'lanishlar natijasida har xil zichlikdagi to'r hosil bo'ladi. Siyrak zichlangan to'rsimon zanjiriga ega bo'lgan polimerlar o'zining erish xossalarini yo'qotib, yuqori egiluvchan materialga (yumshoq rezina) aylanib qolishadi. Yuqori zichlangan to'rsimon zanjiriga ega bo'lgan polimerlar yuqori qattiklikka, issiqqa bardoshli va erimaydigan bo'lishadi. To'rsimon sinfiga yana bir plastinkasimon polimerlar ham kiradi (1-rasm, f). Uning asosiy vakili grafit hisoblanadi. To'rsimon makromolekula zanjiriga ega bo'lgan polimerlar texnikada ishlatiladigan konstruksion nometall materiallarning asosini tashkil etadi.

Polimerlar fazoviy holatiga ko'ra ammorfli va kristalli polimerlar turiga bo'linadi.

Ammorf polimerlar bir fazali makromolekula zanjir o'ramlardan tashkil topgan. Bu o'ram esa ketma-ket bir-biriga taxlangan makromolekulalar qatorlarini hosil qiladi. O'ramlar ularni bog'lab turgan elementlarga nisbatan harakat qilish imkoniyatiga ega, chunki ular shu strukturaning qismlaridir.

Kristallik polimerlarning makromolekulalari kerakli darajada bikrlikka va bir xil strukturaga ega bo'lsa, kristall fazalar hosil bo'ladi. Bunda o'ramlari ichida bir fazadan ikkinchi fazaga o'tish va shu bilan birga fazoviy kristal panjara hosil bo'ladi.

Polimerlar bog'lanish turiga ko'ra qutubli va qutubsiz bog'langan polimerlarga bo'linadi. Polimerlarning qutubli yoki qutubsiz bog'langanligi ularning tarkibida – «Dipollar» bo'lishligi bilan aniqlanadi, Dipol deganda, bir-biriga birikkan atomlarning markaz nuqtasi qay tamonga siljiganligini ko'rsatadigan tushuncha. 1.2-rasmda elementlarning qutubli va qutubsiz bog'lanish sxemasi keltirilgan.



1.2-rasm. Elementlari qutubsiz (a) va qutubli (b) bog'lanish sxemasi

Polimerlarning qutubli bog'lanishining birinchi sharti ularning tarkibida: xlor – Cl, fluor – F, yoki gidroksil – ON bo'lishligi shart; ikkinchi sharti ularning bog'lanishlarida nosimmetriya bo'lishligi kerak.

Polimerlarning qutubli bog'lanishlari kamaya boradi:

$C - H < C - N < C - O < C - F < C - Cl$, oxirgi birikish nopolyar bog'lanishga olib keladi.

Uglerod–vodorod asosli qutubsiz polimerlar yuqori sifatli dielektriklar hisoblanadi, ular yuqori sovuqqa bardoshligi bilan ajralib turadi. Qutubli bog'langan polimerlar juda pishiq, issiqbardosh bo'lsalarda ular sovuqqa bardoshli bo'lmaydilar.

Polimerlar harorat ta'siriga ko'ra termoplastik va termoreaktiv polimerlarga bo'linadi.

Termoplastik polimerlar qizdirilganda juda bo'shashib plastik holatga o'tadilar, agar qizdirish yanada davom etirilsa ular eriy boshlaydilar, harorat pasaytirilsa, yana o'z holatiga qaytib qattiq bo'lib qoladilar. Bu jarayon qayta takrorlanuvchan bo'ladi. Bunday polimerlarning struktura zanjirlari chiziqli yoki tarmoqli bo'ladi.

Termoreaktiv polimerlar ilk bora qizdirilganda chiziqli zanjirga ega bo'lgani uchun yumshab plastik holatga o'tadi va ularda kimyoviy jarayon boshlanadi, buning natijasida chiziqli zanjir fazoviy zanjir turiga aylanadi va qattiq holatga o'tishadi. Bu jarayon qaytmaz jarayon bo'lib, qayta qizdirish termoreaktiv polimerlarga ta'sir qilmaydi, juda yuqori haroratlargacha qizdirilsa ular parchalana boshlaydilar.

1.2. Polimer materiallarining o'zgacha xossalari

Polimerlar o'ziga xos tuzilishga ega bo'lgani uchun ularning fizik-mexanik va kimyoviy xossalari o'zgacha bo'ladi. Ular yuqori

molekulyar massaga ega bo'lganliklari uchun gaz holatga o'ta olishmaydi, qizdirilganda esa faqat kam qovushqoqlikka ega bo'lgan suyuqlikka aylanadilar, ayrimlari esa umuman suyuq holatga ham o'tmaydilar. Polimerlar strukturasi molekulyar massa ortishi bilan erituvchilarda erimaydigan bo'la boshlaydilar.

Polimer materiallar ko'pdispersli bo'lganligi uchun ularning fizik-mexanik xossalari ko'rsatgichlari juda turli. Polimerlarning mexanik xossalari, ya'ni tarangligi, mustahkamligi, qattiqligi, egiluvchanligi ularning struktura tuzilishiga bog'lik. Polimerlar uch holatda bo'lishi mumkin: shishasimon holatda, yuqori elastiklik holatda va qovushqoq oquvchan holatda.

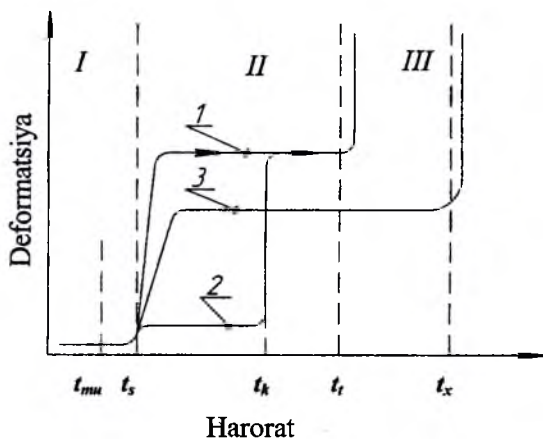
Shishasimon holat qattiq, ammorf. Bunda asosiy molekulyar zanjir tarkibiga kirgan atomlar o'rnida tebranma harakat qilish imkoniyatiga ega bo'ladilar, makromolekulalar yoki butun zanjir mutloq qo'zg'almas bo'ladi.

Yuqori elastik holat faqat yuqori polimerlarga tegishli bo'lib ular ma'lum tashqi kuchlar ta'sirida turli shakllarni egallash imkoniyatiga ega. Bunda zanjir tebranishi natijasida makromolekulaning egilishiga imkoniyat tug'iladi.

Qovushqoq oquvchan holat suyuq holat bo'lib u mutloq suyuq holatdan yuqori qovushqoqligi bilan farq qiladi, bunda polimer tarkibiga kirgan makromolekula harakat qilish imkoniyatiga ega. Harorat o'zgarishi bilan chiziqli yoki tarmoqli polimerlar bir fizik holatdan ikkinchi fizik holatga o'tishi mumkin.

Fazoviy yoki to'rsimon zanjirga ega bo'lgan polimerlar faqat qattiq shishasimon holatda bo'ladilar. Polimerlarning sust zichlangan to'rsimon zanjirli turlari esa shishasimon va yuqori elastik holatlarda bo'lishi mumkin. Polimerlarning bir fizik holatdan boshqa fizik holatga o'tishini maxsus diagrammadan: deformatsiya va qizdirish harorati orqali aniqlash mumkin. Polimer materialga bir vaqtning o'zida qizdirib hamda unga ma'lum darajada bir xil tezlikda kuchlanish ta'sir qilish natijasida hosil bo'lgan chizma grafikka polimerlarning **termomexanik egri chizig'i** deyiladi. Egri chiziqda uchta joy bo'lib, ular polimerlarning uchta fizik holatiga to'g'ri keladi. Bunda bir holatdan ikkinchi holatga o'tishdagi o'rtacha harorat o'tish harorati deyiladi. Chiziqli krisstallanmaydigan polimerlarga (1 – egri chiziq) I – joy, elastik deformatsiya sodir bo'ladigan joy ($\epsilon = 2 \div 5\%$), bunda polimer molekulalarining oraliq joylashuvi qisman o'zgarishi hisobiga

sodir bo'ladi. haroratning t_{mu} – nuqtasidan pastda polimer mo'rt bo'ladi. Bunda tashqi kuch tufayli sinish polimerlardagi makromolekulalar uzilishi oqibatida yuz beradi. Chiziqning II – joyida unchalik katta bo'lmagan tashqi kuchlanish natijasida alohida joylashgan makromolekulalari boshqa makromolekulalar zanjiriga nisbatan siljish ro'y beradi, bunda ular ta'sir qilayotgan kuch yo'nalish tomonga burilishadi. Agar ta'sir qilayotgan tashqi kuchlanish to'xtatilsa makromolekulalar bir-biriga tortish kuchi tufayli yana o'z holatiga qaytadilar. Yuqori elastik holat juda katta qiymatga ega bo'lgan deformatsiyani qayta–qaytishi natijasida sodir bo'ladi. Haroratning t_l – nuqtasida elastik deformatsiyadan tashqari plastik deformatsiya ham sodir bo'ladi.



1.3-rasm. Polimerlarning termomexanik egri chizig'i: 1 – nokristal chiziqli; 2 – kristalli; 3 – siyrak to'rsimon polimerlar; t_s , t_k , t_l , t_x – shishalanish, kristallanish, oquvchan va kimyoviy parchalanish harorat nuqtalari; I – III – shishasimon, yuqori elastiklik va qovushqoq oquvchan holat joylari

Krisstallik polimerlar erish haroratidan pastda, t_k – nuqtadan pastda mutloq qattiq bo'ladilar, ammo qisman ammorf tuzilishga ega bo'lgani uchun turli bikirlik darajasiga ega bo'ladilar. harorat t_k – nuqtadan ko'tarilganda polimerning kristall strukturasi erishni boshlaydi, bunda termomexanik egri chiziq keskin ko'tarilib (1)

polimerning yuqori elastik holatiga, ya'ni kristallsiz polimer holatiga yetkazadi.

Siyrak to'rsimon zanjirga ega polimerlarning (rezinasimon) termomexanik egri chiziqlari 3 chiziq turida bo'lib, uning turdagi makromolekulalar tugunlari zanjirlarning bir-biriga nisbatan harakatlanishiga halaqit beradilar, buning natijasida qizdirish harorat ortgani bilan yuqori qovushqoq holatga o'ta olmaydilar, harorat yanada oshirilishi bilan ularda kimyoviy parchalanish boshlanadi t_x .

Polimerlardagi t_s va t_i shisha holatdan yuqori qovushqoq holatga o'tish polimerlarning asosiy o'zgacha xossalariidan biri hisoblanadi.

Polimerlarning orientatsion mustahkamlanishi. Polimerlar kristall yoki shishasimon holatlarda bo'lsalar ham ularni orientatsiyalash mumkin – orientatsiyalash deb polimerlardagi makromolekula zanchirlarni ma'lum bir xil burchakka burib uning tuzilishini taxlashga, ya'ni tartibli joylashtirishga aytiladi. Bu jarayon yuqori elastik yoki qovushqoq oquvchan holatdagi polimerlarni juda kichik tezlik bilan cho'zish orqali amalga oshiriladi. Bunda orientatsiyalanmagan polimerga nisbatan orientatsiyalangan polimer makromolekulalari va uning elementlari o'z tekisliklari bo'yicha ma'lum darajada bir xil yo'nalishga ya'ni tartibli joylashishga ega bo'lib oladilar. Buning uchun ular qizdiriladi va juda kichik tezlikda cho'ziladi, undan keyin sovutiladi, buni natijasida cho'zib tartiblangan struktura ushlab qolinadi.

Orientatsiyalangan polimerlarning cho'zilishdagi mustahkamligi orientatsiya yo'nalishi bo'yicha deyarli 2–5 barobar oshsa unga ko'ndalang yo'nalishda 30–50% mustahkamligi pasayadi. Bundan tashqari, polimerning bikirlik moduli 2 barobar ortishi kuzatiladi. Bunday holat faqat yuqori polimerlarda kuzatiladi.

Shuni aytib o'tish kerakki, kristall yoki ammorf polimerlarni orientatsiya jarayonidan o'tkazilgandan keyin kristalli polimer xossalari vaqt o'tishi bilan yanada yaxshilanib borsa, ammorf polimerlarda vaqt o'tishi bilan ularning xossalari yomonlasha boshlaydi, chunki tartibli joylashgan ammorf polimer yana o'z holiga qayta boshlaydi, bu jarayon ayniqsa polimer qiziganda yanada jadallashadi.

Polimerlarning eskirishi deganda materialning o'z-o'zidan ekspluatatsiya yoki saqlash vaqt davomida tarkibida kechib o'tadigan murakkab kimyo–fizikaviy jarayonlar natijasida uning eng muhim fizik-mexanik xossalari yo'qotishi tushiniladi. Polimerlarning

eskirishi unga ta'sir qilayotgan yorug'lik, issiqlik, havodagi kislorod, ozon va tashqi mexanik kuchlar ta'sirida ro'y beradi. Polimerning eskirishi bir tomondan unga ta'sir qilayotgan tashqi o'zgaruvchan mexanik kuchlar ta'sirida jadallashsa, ikkinchi tomondan unga ta'sir ko'rsatayotgan havodagi namlik unga kamroq ta'sir ko'rsatadi.

Polimerlarning eskirish jarayoni quyidagicha: issiqlikdan eskirish, yorug'likdan eskirish, ozondan eskirish va atmosferadan eskirish turlariga bo'linadi.

Eskirish jarayonining asl mohiyati shundaki, polimerlar strukturasi qaytalanmaydigan zanjir reaksiyasi natijasida erkin radikallar ajralib chiqib boshlaydi. Buning natijasida polimerlarda «destruksiya» yoki «qayta strukturlanish» ro'y beradi. Aksariyat hollarda eskirish polimerning atmosferadagi kislorod bilan oksidlanishi natijasida sodir bo'ladi. Agar polimerning eskirishi natijasida «destruksiya» sodir bo'lsa, unda u yumshab qoladi (misol: tabiiy kauchuk), qayta strukturlanishda esa polimer qattiq mo'rt, elastiklikni mutlaqo yo'qotish kuzatiladi. (Butadien kauchugi, polistirol).

Polimerlarning vakuum turg'unligi. Polimerlarga vakuum holati turlicha ta'sir ko'rsatadi. Aksariyat hollarda vakuum polimerlarning eskirishini jadallashtiradi, chunki vakuum polimerlardan turli gazlarni ajralib chiqish jarayonini tezlatadi. Vakuum chiziqli arriantatsiyalangan zanjir makromolekula strukturaga ega bo'lgan polimerlarga mutlaqo ta'sir ko'rsatmaydi, bularga polietilen, poliamid, polipropilen kiradi.

Polimerlarni vakuumga turg'unligi asosan ularning vakuum ta'sirida gazlanishi va vakuum sharoitida mexanik xossalarni saqlay olishligi bilan aniqlanadi. Bunda polimerning gazsinguvchanligi katta ahamiyat kasb etadi.

Polimerlarning gazsinguvchanligi – bu materialning texnik xarakteristikasi bo'lib, u berilgan yuzadan qay vaqt davomida qancha miqdorda gaz yoki bug' singib o'tganlik darajasini ko'rsatuvchi kattalik. Gazsinguvchanlikka bir tomondan polimerning kimyoviy tarkibi, uning struktura tuzilishi ta'sir ko'rsatsa, ikkinchi tomondan singib o'tayotgan gazning tabiiy kelib chiqishi va gazning harorati katta ta'sir ko'rsatadi. Qutubli, chiziqli zanjirga ega bo'lgan polimerlarning gazsingidiruvchanligi kichik bo'lib, elastik zanjirga ega bo'lgan polimerlarda u osha boshlaydi (kauchuk).

1.3. Plastik massalari

Plastik massalar deb sun'iy ravishda bog'lovchi organik polimerlar asosli sun'iy ravishda olingan materiallarga aytiladi. Bu materiallar qizdirilganda plastik holatga o'tish qobiliyatiga ega bo'ladilar. Shundan foydalangan holda ularga bosim ostida turli kerakli shakllar beriladi va keyinchalik sovushi natijasida shu berilgan shaklni saqlab kolishadi. Materialdagi bog'lovchining kelib chiqish tabiatiga ko'ra shakllangan plastik massalar, qayta sovushi natijasida yoki yana qayta qizdirilishi natijasida qotishi amalga oshiriladi.

1.3.1. Plastik massalarning tarkibi, klasifikatsiyasi va xossalari

Plastik massalarning asosiy komponenti bog'lovchi modda hisoblanadi. Ko'pchilik plastik massalar uchun bog'lovchi modda sifatida sun'iy smolalar qo'llanilsa, kam hollarda selleyuloza efirlari qo'llaniladi. Aksariyat plastik massalar asosan termoplastik bo'lib, ular faqat bitta bog'lovchidan tashkil topgan, misol: polietilen, organik shisha va shunga o'xshashlar bo'ladi.

Plastik massalarda bog'lovchi moddadan tashqari yana bir asosiy komponent bu to'ldiruvchi (kelib chiqishi organik yoki noorganik bo'lgan kukunsimon, tolasimon materiallar) hisoblanadi. To'ldiruvchi komponent bog'lovchi komponent bilan to'la aralashtirilgandan keyin yarim plastik massa mahsuloti hosil bo'ladi, keyinchalik ularga kerakli shakl berilishi natijasida tayyor plastik massadan yasalgan buyum hosil bo'ladi. Materialdagi to'ldiruvchi plastik massalarni mexanik xossalarni oshiradi, shakllangan buyumning qotish jarayonida o'lcham o'zgarishlarni qisqartiradi va materialga turli u yoki bu o'zgacha xossalarga ega bo'lishligini ta'minlaydi. Bundan tashqari, plastik massalarga texnologik jarayonni, ya'ni bosim bilan ishlashni yengillashtirish maqsadida ularga plastifikator deb nomlangan turli moddalar, jumladan: oltin kislatasi, sterin, dibutilftalat hamda shunga o'xshagan moddalar qo'shiladi va nihoyat plastik moddalarga qotiruvchi, plastik massalarni shakllashdan oldin qotib qolishligining oldini olish maqsadida sekinlatuvchi yoki strukturadagi kerakli kimyoviy reaksiyani tezlatish maqsadida katalizatorlar hamda plastik massadan yasalgan buyumlarga rang berish maqsadida ranglovchilar qo'shilishi mumkin.

Plastik massalarning xossalari, asosan, ularning tarkibidagi komponentlar miqdori va ularning orasidagi nisbatlari bilan belgilanadi. Bu esa materialdagi komponentlar nisbatlarini o'zgartirish orqali ularning xossalarini keng chegaralar qiymatlarida o'zgartirish imkoniyati paydo bo'ladi.

Bog'lovchi moddaning xossasiga ko'ra plastik massalar termoplastik – asosan termoplastik polimerlar asosli, va termoreaktiv – asosan termoreaktiv smolalar asosli plastik massalarga bo'linadi.

Termoplastik plastmassalar qayta ishlashga qulay bo'lib, ularning qotishdagi o'lcham kirishishlik darajasi 1–3 % tashkil etadi. Bundan tashqari ular yuqori bikrlikka, kam mo'rtlikka va orientatsion mustahkamlanish imkoniyatiga ega hisoblanadi. Aksariyat hollarda termoplastik plastmassalar to'ldiruvchi qo'shilmasdan ishlab chiqariladi (turli idishlar, bakalashkalar). Oxirgi paytlarda termoplastlarga turli mineral yoki sintetik tolalarni to'ldiruvchi sifatida kushish natijasida «orgonaplast» nomi bilan ataladigan materiallar ishlab chiqila boshlangan.

Trmoreaktiv plastmassalar shakllangandan keyingi qotish jarayonidan, ya'ni bog'lovchi termostabil holatga o'tgandan keyin buyumning o'lcham kirishish darajasi 10–15 % ni tashkil etib juda mo'rt bo'ladi. Shuning uchun ularni mustahkamlash maqsadida to'ldiruvchi qo'shilishi kerak bo'ladi.

Plastik massalar to'ldiruvchi turiga ko'ra: kukunsimon; tolasimon; qatlamimon; gazzimon turlariga bo'linadi. Kukunsimon to'ldiruvchi sifatida yog'och kukuni, grafit, talk, maydalangan qum, maydalangan shisha va shunga o'xshash kukunsimon materiallar qo'llaniladi. Tolasimon to'ldiruvchiga shisha, asbest metall yoki qotishma tolalari va boshqa materiallar asosida olingan tolalar kiradi. Qatlamli to'ldiruvchilarga yog'och, asbest, ma'to shisha listlari kiradi. Gazzimon to'ldiruvchilarga penoplast – ko'pikdan tashkil topgan yoki paroplastlar – bug'dan tashkil topgan turlari kiradi.

Plastmassalarni ko'lanilishiga ko'ra: 1-**yuklamali** – konstruksion, friksion va antifriksion materiallar turlarga bo'linsa, 2-**yuklamasiz** – optik shaffof, kimyoviy turg'un, elektr izolyasiyalovchi, issiqlik izolyasyalovchi, materiallar turlariga bo'linadi. Ammo bu bo'linish shartli ravishda, chunki u yoki bu material ikkala hollarda ham aynan sanab o'tilgan xossalarga ega bo'lishi mumkin.

Plastmassalar kichik zichlikka $1 - 2 \text{ t/m}^3$ egaligi, past $0,1 - 0,3 \text{ Vt/(m} \cdot \text{K)}$ issiqlik o'tkazuvchan, yuqori issiqdan, $10 - 30$ barobar po'latlarga nisbatan kengayish koeffitsienti, juda yaxshi elektr izolyatsiyalash xossaga, yuqori kimyoviy turg'unlikka, friksion va antifriksion xossalarga ega material hisoblanadi. Ba'zi plastmassalar mexanik xossasiga ko'ra mustahkam po'latlar bilan raqobatlasha oladilar. Bundan tashqari, ular juda yuqori texnologik xossalarga egadirlar.

Plastik massalarning metall va qotishmalarga nisbatan asosiy kamchiliklariga ularning issiqqa bardoshligi, bikirligi, zarbiy qovushqoqligi pastligida, hamda ular vaqt o'tish davomida eskiradi.

1.4. Termoplastik plastmassalar

1.4.1. Termoplastik plastmassalar

Termoplastik plastmassalarning asosini chiziqli yoki tarmoqlangan zanjir strukturaga ega bo'lgan polimerlar tashkil etadi. Ba'zi hollarda plastmassa tarkibiga plastifikatorlar qo'shiladi. Termoplastlar asosan chegaralangan issiqbardoshlikka ega bo'lib, ular $60 - 70^{\circ} \text{C}$ dan yuqori haroratda qizdirilganda fizik-mexanik xossalari keskin pasayadi. Bazi issiqbardosh strukturaga ega bo'lgan plastmassalar $150 - 250^{\circ} \text{C}$ gacha, pishiq bo'g'inga va siklik strukturaga ega bo'lganlar esa $400 - 600^{\circ} \text{C}$ gacha issiqbardoshlikka ega turlari mavjud.

1.4.2. Faqat bog'lovchidan iborat termoreaktiv plastmassalar

Bu plastmassalarda to'ldiruvchi bo'lmaganligi uchun tashqi o'zgaruvchan kuchlar yuklatilishi natijasida ularda majburiy elastik deformatsiya paydo koladi va pishqlik paydo buladi, buning natijasida material mo'rtlashib uning sinishiga sabab bo'ladi va buning natijasida ularning mustahkamligi keskin pasayadi. Agar ta'sir ettirilayotgan kuchlar tezligi yana orttirilsa majburiy elastik deformatsiya sodir bo'lishiga ulgurmay qolib keladi. Yuqorida aytib o'tilgan plastmassalar ichida biroz yuqori mustahkamlik va pishqlikka ega bo'lgan plastmassalar kristallik strukturaga ega bo'lgan polimerlar asosida ishlab chiqilgan bo'lib, ularning mustahkamlik chegarasi $10 - 100 \text{ MPa}$, bikirlik moduli esa $1800 - 3500 \text{ MPa}$ ga teng bo'lib ularning toliqishga bardoshligi va ishlash

dovomiyligi metallarga nisbatan biroz yuqori hisoblanadi. Ularga ta'sir etayotgan siklik kuchlarning chastota soni 20 Gs dan oshirilsa ular qiziy boshlaydi va buning natijasida mustahkamlik keskin pasayadi.

Termoplastik plastmassalar makromolekulyar bog'lanishiga ko'ra qutubsiz va qutubli termoplastmassalar turiga bo'linadi.

1.4.3. Qutubsiz termoplastik plastmassalar

Bularga polietilen, polipropilen, polistirol va ftoroplast – 4 kiradi.

Polietilen – $(-SN_2 - SN_2 -)_n$ kimyoviy formulaga ega bo'lib, rangsiz etilen gazining polimerlashtirilgan mahsuloti bo'lib u kristallanadigan polimerlarga kiradi. Polietilen zichligiga ko'ra ikki turga: past zichlikka ega bo'lgan polietilen va yuqori zichlikka ega bo'lgan polietilenga bo'linadi. Past zichlikka ega bo'lgan polietilen (PEVD) asosan 55 – 65 % kristall fazaga ega bo'lib u etilen gazini juda yuqori bosimlarda polimerlash natijasida hosil bo'ladi. Yuqori zichlikka ega bo'lgan polietilen (PEND) nisbatan past bosimlarda ishlab chiqarilgan bo'lib, uning kristallik fazasi 74–95 % ni tashkil etishi mumkin.

Polietilenning zichligi va kristalligi oshgan sari uning mustahkamligi va issiqbardoshligi oshadi. Bu polietilenlarni uzoq muddat 60–100° C harorat ostida ishlatish mumkin. Ularning sovuqqa bardoshligi – 70° C ni tashkil etadi. Polietilenlar kimyoviy turg'un bo'lib o'rta haroratlarda hozirda ma'lum bo'lgan erituvchilarning birortasida ham erimaydi.

Polietilenlarning asosiy kamchiligi ularning tezda eskirishida. Ammo hozirda tezda eskirishini maxsus «Stabilizatorlar» nomi bilan ataladigan maxsus moddalar yordamida keskin pasaytirish imkonlari mavjud, masalan: polietilenlarga 2 – 3 % gachja, ya'ni uglerod kukuni kiritilsa, uning eskirish tezligi 30 barobargacha pasayadi, ammo u o'z rangini yoki shafoligini yo'kotadi. Polietilenlar ionlashtirilgan nurlar ta'sirida qattiqlashib yuqori mustahkamlik va issiqbardoshli bo'ladi.

Polietilenlardan asosan turli maqsadlarda qo'llaniladigan trubalar, listlar va unchalik katta kuchlar ta'sirida bo'lmaydigan detallar, paket va plyonkalar, metallardan yasalgan detal yuzalarini zanglashdan saqlovchi hamda elektr tokidan izolyatsiya qoplamalar qoplashda qo'llaniladi.



Polipropilen – $(\text{SN}_2 - \text{SNSN}_3 -)_n$ kimyoviy formulaga ega bo'lgan etilen hosili hisoblanadi. Ishlab chiqarish jarayonida metalloorganik katalizatorlarni qo'llash natijasida juft taxlashgan sutrukturaga ega bo'lgan polipropilen olishadi. Bu taksik gazlarga ega bo'lmagan pishiq material bo'lib u yuqori fizik-mexanik xossalarga ega. Polietilendan farqli o'laroq bu plastmassaning issiqbardoshligi ancha yuqori u o'z geometrik shakl o'lchamlarini 150°C gacha qizdirilganda ham saqlay oladilar. Polipropilendan yasalgan plyonkalarining mustahkamligi polietilendan yasalgan plyonkalardan ancha yuqori va yuqori gazsinguvchanlikka ega, tolalari esa biroz elastik bo'lib u kimyoviy turg'un.

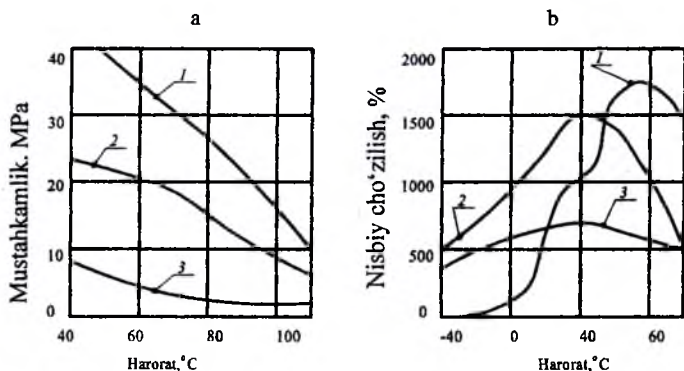
Polipropilenning asosiy kamchiligiga uning sovuqqa bardoshligi pastligi – $10-20^\circ\text{C}$ va turg'unlashtirilmagan strukturaga ega bo'lganliri tez eskirish xususiyatiga ega. Polipropilendan asosan turli trubalar, nasos korpuslari, har-xil o'lchamdagi suyuqlik saqlovchi idishlar tayyorlanadi. Ammo ularni tashqi sovuq muhitda ishlatmaslik tavsiya etiladi.

Etilen sopolimerlari – propilen bilan SEP – markali, vinilatsetat bilan «svelen», Germaniyada, «miraviten» nomi bilan, buten bilan I – SEM markali turlari ishlab chiqariladi. Bu materiallar biroz pastroq kristallik darajasiga ega bo'lib yuqori bikirlikka, zarbiy mustahkamlikka, shaffoflikka, past haroratlarga bardoshlikka va darzbardoshlikka ega hisoblanadi. Ammo ular polietilenga nisbatan kichik pishiqlikka va erish haroratga ega. Materialga 15 – 30% sopolimerlar kiritilsa material kauchuk xossasiga ega bo'lib oladi. Sopolimerlar odatda quyma usulda olinadigan detallar tayyorlashda ishlatiladi.

1.4-rasmda polietilen va SEP materiallarining cho'zilishga mustahkamligining σ_{ch} va nisbiy cho'zilishining ε haroratga ta'sir diagrammasi keltirilgan.

Polistirol – uning kimyoviy formulasi $(-\text{SN}_2 - \text{SNS}_6\text{N}_5 -)_n$ ko'rinishga ega bo'lib u qattiq, pishiq, shaffof amorf turdagi polimer hisoblanadi. U mexanik kesim ishlashga qulay, juda yaxshi bo'yaladi, benzinda erimaydi. Polistirol makromolekula tarkibida S_6N_5 – fenol radikallar bo'lgani uchun u boshqa plastmassalarga qaraganda ionlashgan nurlarga bardoshli.

Polistirolning asosiy kamchiliklariga asosan uning issiqbardoshligining kamligi, tez eskirishi va o'z-o'zidan darzlar hosil qilishligida.



1.4-rasm. Polietilen va SEP cho'zilishdagi mustahkamligining hamda nisbiy cho'zilish darajasining haroratiga bog'likligini ko'rsatuvchi diagramma: a – mustahkamligi; b – nisbiy cho'zilishi; 1–PEND; 2 – SEP; 3 – PEVD

Oddiy polistirol dan tashqari polistirolning zarbga bardoshli turlari bo'lib, ular kauchukning stiroil bilan blokli – sopolimeri bo'lib UPS bilan markalanadi. UPS polistirolining boshqa plastmassalarga nisbatan zarbiy qovushqoqligi 3 – 5 barobar va nisbiy cho'zilishi 10 barobar yuqori. Yuqori mustahkam polistirol ABS – marka bilan belgilanib u yuqori kimyoviy turg'unlik va yorug'lik nurlariga hamda issiqbardoshli xususiyatlarga ega. Ammo bunday materiallar oddiy polistirolga qaraganda dielektrik singuvchanligi past. Polistirol dan asosan radio va televideniya apparatlarining, mashina–mexanizm detallari, suv va kimyoviy moddalar uchun idishlar, ABS – markadan esa avtomobil salonining detallari tayyorlanadi.

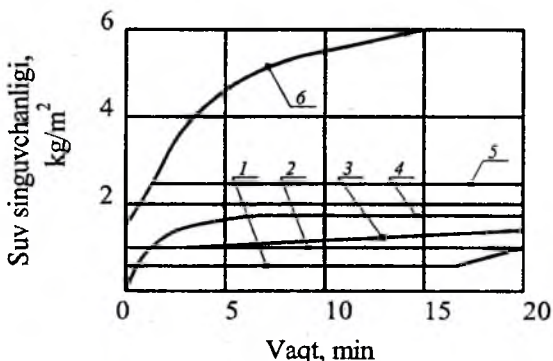
Ftoroplast – 4 yoki ftorolon – 4 nomi bilan yuritiladigan plastmassa bo'lib uning kimyoviy formulasi $(-SF_2 - CF_2-)_n$. U amorf – kristalli polimer hisoblanib $250^{\circ}C$ da kristallanish tezligi past. U deyarli mexanik xossalariga ta'sir ko'rsatmaydi, shuning uchun ftoroplast – 4 ni yuqori $250^{\circ}C$ haroratgacha qizgan sharoitlarda uzoq muddat ishlatish mumkin. Bu material $327^{\circ}C$ haroratda erib, $415^{\circ}C$ haroratgacha qizdirilganda parchalana boshlaydi. Materialning amorf fazasi yuqori elastik holatda bo'lib u ftoroplast – 4 ga biroz yumshoq bo'lishligini ta'minlaydi. U juda past $-269^{\circ}C$ haroratlarda ham mo'rt bo'lmaydi. Ftoroplast – 4 kislata, ishqorlarga, turli erituvchi va

oksidlovchi moddalarga kimyoviy turg'un, u suvda namlanmaydi, faqat eritilgan ishqor va metallar, atomar fluor ta'sirida parchalanishi mumkin. Ftoroplast – 4 yuqori antifriksion xossalarga ega bo'lib uning ishqalanish koeffitsiyenti juda kichik $f = 0,04$ u 327°C haroratgacha o'zgar olmaydi.

Ftoroplast – 4 ning asosiy kamchiligiga sovuqdan oquvchanligi, $150\text{--}250^{\circ} \text{C}$ haroratgacha qizdirilganda o'zidan inson organizmiga zararli toksik fluor gazlarni chiqarishi va qayta ishlash jarayoni murakkabligida. Ftoroplast – 4 dan asosan turli maqsadlarda ko'llaniladigan quvurlar, trubalar, sovuq suv uchun ventel jo'mraklari, nasos detallari, turli zichlagichlar, radiotexnika detallari va ishqalanib ishlaydigan podshipniklar tayyorlanadi.

Ftoroplastning yana boshqa turlariga ftoroplast – 4D, u kichik ftoroplast – 4 dan kichik makromolekulyar massasi va zarrachalar o'lchami bilan farq qiladi. Bu esa unga qayta ishlash jarayonini osonlashtirish imkonini beradi. Ftoroplast – 42, bu material olovda yonmaydi, kimyoviy turg'un, undan asosan maxsus kiyim va shunga o'xshash narsalar tayyorlanadi. Ftoroplast – 40 bu material yuqori qattqlikka ega bo'lib, sovuqdan oquvchanligi yo'q, ionlashtiradigan yorug'lik nurlariga turg'un va yuqori texnologik xossalarga ega.

5-rasmda qutubsiz termoplast plastmassalarining suv singuvchanlik darajasini ko'rsatuvchi diagramma keltirilgan, jadval 1 da esa ularning fizik-mexanik xossalari 1 jadvalda keltirilgan.



1.5-rasm. Qutubsiz termoplastik plastmassalarning suv singuvchanligini ko'rsatuvchi diagramma: 1 – SEP; 2 – PEND; 3 – PEVD; 4 – ftoroplasti – 4; 5 – polistiroli; 6 – selyuloza treatsetat

Qutbsiz termoplastik plastmassalarning asosiy fizik-mexanik xossalari

Material turi	Zichligi, Kg/m ³	Ishlash harorati, °C		Mustahkamlik chegarasi, MPa			Nisbiy cho'zish, %	Zarbiy qovush qoqligi aJ/m ³	Dielektrik singuvchanligi 10 ⁴ Gs	Elektr qarshiligi Om·m
		pasti	yuqo-risi	Cho'zish	Siqish	Egish				
Polietilen:										
PEVD	913-929	-40,	105-108	10-17	12	12-17	50-600	Sinmaydi	2,2-2,3	10 ¹⁸
PEND	949-953	-70	120-125	18-35	20-36	20-35	250-1000	Sinmaydi	2,1-2,4	
Poli-propelin	900	-15	150	25-40	11	-	200-800	33-80	2,2	10 ¹⁸
Polistrait	1050-1080	-20	90	37-48	90-100	65-105	1-4	10-22	2,5-2,7	10 ¹⁷⁻¹⁸
Ftoro-plast-4	1900	-269	250	15-35	10-12	14-18	250-500	100	1,9-2,2	10 ¹⁹

1.4.4. Qutubli termoplastik plastmassalar

Qutubli termoplastik plastmassalar – bularga ftoroplast–3, organik shisha, polivinilxlorid, polimidlar, poliuritanlar, polietilentereftalat, polikarbonat, penoplast va poliformaldegid kiradi.

Ftoroplast –3 yoki ftorolon –3 uchftorxloritlening polimeri bo‘lib u quyidagi kimyoviy formulaga $(-SF_2 - CFCl-)_n$ ega. Makromolekula tarkibiga xlor atomininig kiritilishi zanjir muvozanatini buzadi va material qutubli bog‘langan turga o‘tadi. Buning natijasida uning dielektrik singuvchanligi pasaysada, uning plastikligi paydo bo‘lib texnologik ishlov berish va qayta ishlash jarayonlari osonlashadi. Ftoroplast –4 ni juda sekin sovutish natijasida kristallik darajasi 80–85% ga ortsa, toblash natijasida u 30–40% ga pasayadi. Ftoroplast –4 uzoq vaqt davomida –105 dan 70°C harorat sharoitida ishlatish mumkin bo‘lib u faqat 315 °C da kimyoviy parchalana boshlaydi. Ftoroplast –4 ga nisbatan uning sovuqdan oquvchanligi biroz yaxshiroq. Kimyoviy turg‘unligi bo‘yicha u politetraftoretildan qolishmaydi, ammo shunga qaramay uning kislotalarga, oksidlovchilarga, erituvchilarga va organik erituvchilarga nisbatan turg‘un hisoblanadi.

Modifikatsiyalangan politriftoxloretlen, ya‘ni –ftoroplast –3M, ftoroplast –3 ga nisbatan yuqori issiqbardosh 170 °C, nisbatan elastik va oson shakllanadi.

Ftoroplast –3 asosan past chastotali dielektrik materiali sifatida, turli quvir va trubalar tayyorlashda, turli mexanizm va nasoslarning detallar, jumladan klaponlar, metall asosli detallarning ishchi yuzalarini himoya qoplami sifatida va shunga o‘xshagan detallarni ishlab chiqarishda qo‘llaniladi.

Organik shisha – bu murakkab akril va metaakril kislotalarning efirlari asosida olingan shaffof amorf material. Organik shisha oddiy mineral noorganik shishalardan deyarli 2 barobar yengil bo‘lib uning zichligi 1180 kg/m³. U atmosfera ta‘siriga chidamli optik shaffofligi 92% ga teng, ammo u 75% ultrabinafsha nurni o‘tkazadi. Material 80°C gradusgacha qizdirilganda yumshay boshlaydi va 105–150°C u o‘ta plastik holatiga o‘tadi. Materialning bunday holatidan foydalan-gan holda unga istalgan geometrik shakllarini berib, detallar ishlab chiqarish mumkin. Organik shisha materiallarni u yoki bu ekspluatat-sion sharoitlarda ishlash darajasini nafaqat uning mustahkamligi bilan

balki materialning ichki va tashqi yuzalarida mayda darzlar bo'lmaksligi bilan ham baholanadi. Materialning ichki va tashqi yuzalarida mayda darzlarning bo'lishigi uning mustahkamligi va shaffofligiga katta ta'sir ko'rsatib uni pasaytiradi. Materialning ichki va tashqi yuzalarida mayda darzlarning paydo bo'lishiga asosiy sabab undagi ichki kuchlanishlar. Materialning issiqlik o'tkazuvchanligi juda past bo'lgani hamda issiqdan kengayish koeffitsiyenti baland bo'lgani uchun unda ichki kuchlanishlar ortadi.

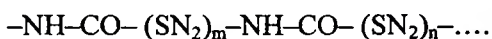
Organik shisha past konsentratsiyali kislota va ishqorlarga, organik yoqilg'i va moylash materiallarga chidamli. Oddiy sharoitda organik shisha materiallari juda sekin eskiradi. Bu materialning asosiy kamchiligiga nisbatan sirt toki yuza yumshoqligi va ultrabinafsha nurlarni o'tkazishligida bo'lib, uning qo'llanish sohasini kamaytiradi. Organik shisha materiallari asosan samolyotsozlikda, avtomobilsozlikda va optik priborsozlikda ishlatiladi.

Polivinilxlorid – $(-SN_2 - SNCl-)_n$ kimyoviy formulaga ega bo'lgan amorf polimer material. U juda yaxshi dielektrik xossalarga ega, har xil kimyoviy moddalarga turg'un yonmaydigan atmosfera ta'siriga bardoshli plastmassa hisoblanadi. Plastifikatorsiz ishlab chiqarilganda unga vinilplast deb ataladi. Vinilplastlar juda yuqori mustahkamlikka va bikirlikka ega. Vinilplastdan har xil diametrdagi trubalar, vintelyasiya qurilmalarning detallari, issiq almashtirgichlar, metall idishlarning sirtlari, qurilishda ishlatiladigan plitkalar va shunga o'xshash buyumlarni ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Bu materialning kamchiligiga past issiqbardoshligi $60-70^{\circ}C$ ni tashkil etadi, uzoq vaqt kuchlar ta'sirida strukturasi tez eskiradi, issiqlikdan kengayishi, past $-10^{\circ}C$ temperaturalarda mo'rtlashishi kiradi.

Vinilplastga plastifikatorlar qo'shilsa u sovuqqa $-50^{\circ}C$, issiqqa $160-195^{\circ}C$ bardoshligi ortib polixlorvinil plastikka aylanadi. U asosan elektr kabellarining izolyasiya qobig'i va praklatkalar uchun ishlatiladi.

Polimidlar – bu turdagi plastmassalarning ishlab chiqarishda keng tarqalgan nomlari kopron, neylon, anid deb ataladi. Material tarkibida amid $(-NH-CO-)$ va metelen $(-SN_2-)$ gruxlari bo'lib ular 2 tadan 10 maratabagacha takror tizilib umumiy kimyoviy formulani tashkil etadi



Polimidlar–krisstallanuvchi polimerlar turiga kirib makromolekulalarning alohida zanjiri shunday joylashadiki boshqa zanjirga tegishli SO va NH guruxlari orasida vodород bog‘lanish sodir bo‘ladi. Bunday tuzilishga ega bo‘lishlik materialga kichik ishqalanish koeffitsiyentga $f=0,05$, uzoq vaqt davomida sirpanib ishlashga, zarbiy mustahkamlikka, tebranma harakatlarni yutishiga va ishqorga, benzina, spirtga, tropik sharoitga bardosh bo‘lishligini ta‘minlaydi.

Polimidlarning asosiy kamchiligiga ularning suv shimish xossasiga egaligi va qayta ishlov berish jarayonida oksidlanishi orqali eskirishi kiradi. Materialning suv shimish darajasi undagi Amid guruxining miqdoriga bog‘lik. P–12 markali poliimid materialida 1,75% tashkil etsa P–54 markalida esa amid guruhi 11–12% tashkil etadi. Polimidning yorug‘lik nurlarga turg‘unligi unga stabilizatorlar deb nomlangan moddalarni kiritish orqali oshirilsa, uning antifriksion xossalari to‘ldiruvchi qo‘shish orqali oshiriladi.

Polimidlardan har xil mexanizm va mashina, reduktorlar uchun tishli g‘ildiraklar, kran, vintel jumraklari shxivlar, podshipniklar, bolt, gayka va shaybalar tayyorlanadi. Bundan tashqari, undan elektr texnika jihozlarning detallari, tibbiyot jihozlari va turli maqsadlardagi ba‘zi nometall va metall materiallarning ishchi yuzalari uchun himoya qoplami sifatida qoplashda qo‘llaniladi.

Poliuritanlar – bu plastik tarkibida uretan gurugi ($-NH - COO-$) bo‘lib, undagi kislorod materialga egiluvchanlik va bikirlikka, atmosfera ta‘siriga, sovuqqa $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, issiqqa $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ bardoshli bo‘lishini ta‘minlaydi. Poliuritanlar xossalari deyarli poliimid xossalari bilan bir xil bo‘lib, ulardan asosan har xil maqsadlarda foydalanadigan plyonkalar tayyorlanadi. Poliuritan materiallarining tarkibiga kiruvchi moddalar miqdori va turini o‘zgartirish orqali ulardan har xil xossaga, jumladan juda qattiq, egiluvchan va hattoki termoreaktiv materiallar ishlab chiqish mumkin.

Polikarbonat – uglerodli kislotalarni juda murakkab poliefirlari bo‘lib ular «diflon» nomi bilan ishlab chiqariladi. Bu kristalli polimer bo‘lib uni eritiib qayta sovutish natijasida unda amorf struktura hosil qilish mumkin. Bunda u shishasifat shaffof material bo‘lib qoladi. Polikarbonat xossalari o‘ziga xos bo‘lib ular bir paytning o‘zida bir-biriga qarama-qarshi bo‘lgan xossalarga ega bo‘lishligi mumkin, ya‘ni bir paytning o‘zida yuqori bikirlikka, yuqori mustahkamlikka hamda yuqori pishiqlikka ega bo‘ladilar. Materialning cho‘zilishdagi

mustahkamligi vinilplast materialiga yaqin bo'lib u yuqori zarbiy bardoshligi bilan farq qiladi, u sovuqda oquvchan emas. Bunday materiallardan yasalgan detallar erish temperaturasigacha qizdirilganda o'z geometrik shakli va o'lchamlarini o'zgartirmaydi, past temperaturalarda esa ular elastik xossalarini saqlab qoladilar.

Polikarbonatlar tuzli, kislotali, ishqorli moddalarning suvdagi eritmalariga va moylar ta'siriga kimyoviy bardoshli bo'lib ular faqat juda yuqori konsentratsiyaga ega bo'lgan ishqorlar ta'sirida yemirilishi mumkin. Polikarbonatlar ko'ndalang tushayotgan yorug'likka, issiqlik zarblariga bardoshli bo'lib, ionlashtiruvchi yorug'lik nurlarga turg'unligi chegaralangan.

Polikarbonatlardan asosan turli maqsadlarda ishlaydigan tishli g'ildiraklar, ishqalanib ishlovchi podshipniklar, turli avtomobil va radio detallar ishlab chiqariladi. Diflondan turli maqsadlarda foydalaniladigan plyonkalar ishlab chiqariladi ular asosan suyuq gazli muhitlarda ishlatiladi.

Poliformaldegid – tugunlarida ($-SN_2-O-$) bog'langan kislorod bo'lgan chiziqli polimer. Strukturasi yuqori 75% kristallik darajasiga ega. Uning kristalligi juda zich joylashgan bo'lib, u bu materialga yuqori qattqlik, pishqlik va zarbiy qovushqoqlikka ega bo'lirligini ta'minlaydi. Bu polimerning qo'llanish temperaturasi -40 dan $130^{\circ}C$. Bu material shu temperaturalarda suvga, moyga hamda benzina kimyoviy turg'un hisoblanadi. Poliformaldegid plastmassasidan asosan turli sanoat va kundalik hayotda qo'llaniladigan qurilmalar uchun reduktorlar tishli g'ildiraklari, klaponalar, sovuq suv uchun kran jumraklari, avtomobil detallari va shunga o'xshagan konstruksion detallar ishlab chiqarish uchun qo'llaniladi.

Qutubli termoplast plastmassalarning fizik-mexanik xossalari 2 jadvalda keltirilgan.

1.5. Plastmassalarning issiqbardosh turlari

Issiqbardosh plastmassalar – bu polimerlarda fenilli bo'g'in yuqori egiluvchanlikka ega bo'lgan amidli, sulfidli bo'g'inlar bilan navbatma-navbat almashgan bo'ladi. Bunday zanjirlarning issiqqa bardoshligi $400^{\circ}C$ bo'lsa, pishiq bo'g'in bilan ketma-ket siklik almashadigan turlari $600^{\circ}C$ haroratgacha ekspluatatsiya qilish mumkin.

Ishlab chiqarishda amaliy qo‘llanish bo‘yicha aromatik poliamidlar, polifiniloksid, polisulfon va getrotsiklik polimerlarga qiziqish ortib bormoqda.

Aromatik poliamid – fenelon nomi bilan ataladigan material bo‘lib u guruxli birikkan – NH–CO– fenilli radikallarga ega. Bu kristallanadigan chiziqli getrotsiklik zanjirga ega bo‘lgan polimer, uning issiqbardoshligi 250–260° C, sovuqqa bardoshligi juda yuqori suyuq azon muhitida ham ekspluatatsiya qilish mumkin, u kimyoviy turg‘un bo‘lib, radiatsiya nurlariga bardoshli. Kapronga nisbatan bu material toliqishga yuqori va yeyilishga bardoshli material hisoblanadi.

Yenilondan asosan ishqalanishga ishlovchi podshipniklar, germetik yopiladigan jihozlarning tuzuvchi kamera detallari, turli mashina va mexanizmlar uchun tishli g‘ildiraklar va shunga o‘xshagan detallar ishlab chiqarishda qo‘llaniladi.

Ariloks – polifenilenoksid – oddiy aromatik poliefir, amorfen – qiyin kristallanadigan, termik turg‘unligi bo‘yicha fenelondan pastroq. Bu materialni uzoq muddat 130–150°C harorat sharoitida ishlatish mumkin bo‘lib u juda yaxshi fizik–mexanik xossalarga ega: $\sigma_{ch} = 60-84$; $\sigma_{sk} = 105-115$; $\sigma_{eg} = 100-125$ MPa; $\epsilon = 20-100\%$; $a = 40-140$ kDj/m². polifenilenoksiddan asosan meditsinada foydalaniladigan xirurgik asboblardan, detallar va yuqori chastotalarda ishlovchi uskunalardan detallarini yasashda foydalaniladi.

Polisulfon – oddiy aromatik poliefir, ularning fenol makromolekula guruhlari oralig‘ida – CO₂ –materialga yuqori issiqbardoshlik va – O –, – C (C N₃)₂ – pog‘onalar bo‘lib, materialning tarangligini pasaytiradi. Bu amorf qiyin kristallanadigan polimer bo‘lib u termik turg‘un va kimyoviy bardoshli bo‘lib mexanik xossalari bo‘yicha polifinilenoksid materialiga o‘xshab ketadi. Polisulfon asosan turli pilyonkalar, quyma konstruksion detallar, –100 dan 175° C gacha bo‘lgan haroratda ishlaydigan avtomobil, dastgohlar, maishiy uy mashina detallari, tipografiya platalari tayyorlanadi.

1.5.1. To‘ldiruvchiga ega bo‘lgan termoplastlar

Bunday plastmassalarda bog‘lovchi, ya‘ni matritsa vazifasini termoplastik polimerlar tashkil etgan bo‘lib to‘ldiruvchi, ya‘ni armirolovchi vazifasini shisha, astbest, kelib chiqishi organik bo‘lgan polalar bajaradi. Tolasimon to‘ldiruvchi materialning skletini tashkil

etib u barcha tashqi kuchlarni o'ziga qabul qilib materialning mustahkamligini ta'minlaydi.

Ishlab chiqarishda asosan polimidli va polikarbonatli bog'lovchi hamda qisqa qirqilgan shisha tolali to'ldiruvchiga ega bo'lgan plastmassalar qo'llaniladi. Bular to'ldiruvchiga ega bo'lmagan plastmassalarga qaraganda yuqori mustahkamlikka $\sigma_v = 90-149$ MPa; $\sigma_{sk} = 110 - 140$ MPa; $\sigma_{eg} = 150-220$ MPa ega bo'lishadi. Ularning issiqbardoshligi -60 dan 180 °C ni tashkil etadi.

To'ldiruvchisi sinteteik tolalar, propilen, kapron, lavsan va vinol, bog'lovchisi esa poliimid yoki polikarbonat bo'lgan plastmassa turlari yuqori egiluvchanlikka ega bo'ladi, chunki bularning tolalari bog'lovchi kimyoviy strukturasi yaqin. Bu esa materialning oquvchanligini 5 barobar kamaytiradi, uzoq muddat ishlashini esa 10 barobar oshiradi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan tolali to'ldiruvchiga ega bo'lgan plastmassalardan tashqari, to'ldiruvchisi juda yupqa bo'lgan listdan yasalgan plastmassa turlari bo'ladi. Bunday materiallarda to'ldiruvchi sifatida kelib chiqishi har xil bo'lgan tolalardan tuzilgan gazlama listlari ko'llaniladi. Bu esa materialning mustahkamligini sezilarli oshirishga: $\sigma_v = 400-430$ MPa; $\sigma_{sk} = 280 - 300$ MPa; $\sigma_{eg} = 450-500$ MPa; $a - 250 - 300$ kDj/m² imkon berib, issiqbardoshligini esa 220 °C gacha oshiradi. Bunday materiallardan asosan issiq suv quvir va trubalari hamda ularga vintel detallari, agressiv suyuqliklarni saqlash idishlari va shunga o'xshagan buyumlar ishlab chiqariladi.

1.6. Termoreaktiv plastmassalar

Termoreaktiv plastmassalarda bog'lovchi material sifatida termoreaktiv polimerlarning smolalari qo'llanilib ularni polimerlashuv (qotishi) jarayonini tezlatish maqsadida, qotiruvchilar (otverditeli), tezlatuvchilar, yoki qotish jarayonini sekinlashtirish maqsadida, sekinlatuvchilar hamda shakllash jarayonini osonlashtirish maqsadida plastifikatorlar, rang berish maqsadida ranglatuvchilar qo'shilgan bo'ladi. Bunda bog'lovchi materialga bo'lgan asosiy talablarga: yuqori yopishqoqlik yoki boshqacha qilib aytganda biriktiruvchilik xususiyati; yuqori issiqbardoshlik; yuqori kimyoviy turg'unlikka, yuqori elektr izolyasiya xossalari, qayta ishlash jarayoni osonligi,

qotish jarayonida o'lichamlarning kirishish darajasi kichikligi va o'zidan zararli taksik gazlarni chiqarmasligi kerak. Bunda materialdagi smolalar to'ldiruvchi bilan birga birikib materialga tushayotgan tashqi yuklamalarni birga qabul qilishiga to'g'ri kelganligi uchun qotish jarayonidan o'tgan smola kerakli darajada mustahkamlikka ega bo'lishligi talab etiladi. Termoreaktiv plastmassalarga qo'shiladigan bog'lovchilar yuqori yelimplash xossasiga ega bo'lishi uchun ular qutubli bog'lanishga ega bo'lishligi kerak. Bundan tashqari, materialdagi bog'lovchi va to'ldiruvchining issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti deyarli bir xil bo'lishligini ta'minlash zarur, aks holda materialda o'z-o'zidan dars ketishlar kuzatiladi.

Sanoat miqyosida ishlab chiqariladigan termoreaktiv plastmassalarda bog'lovchi material sifatida: fenolformaldigid, kremniyorganik, epoksid va o'zgarmas yarim efirlar smolalari qo'llaniladi. Bularning ichida yuqori yelimplash va birliktirish xossasiga ega bo'lgan bog'lovchi epoksid smolasi hisoblanib yuqori mexanik xossaga ega bo'lgan plastmassa ishlab chiqarishga imkon beradi. Kremniy organik bog'lovchi va shisha tolasiga ega bo'lgan plastmassaning issiqbardoshligi 260–370°C ni tashkil etsa, fenolformaldigid qo'llanilgani 260°C, o'zgarmas yarim efir va epoksid smolasiga ega bo'lgani 200°C haroratga bardoshli bo'ladi. Epoksid smolasi va o'zgarmas yarimefirlarning eng muhim xossasiga ularning yuqori temperaturalardan tashqari past temperaturalarda polimerlashuv, ya'ni qotish jarayoni sodir bo'lishligida bo'lib, bunda materialga zarar yetkazadigan o'zgarishlar kuzatilmaydi va o'lichamlarning kirishish darajasi juda kichik qiymatlarda sodir bo'ladi. Bunday plastmassalarda gabarit o'lichamlari katta bo'lgan konstruksion detallar ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Termoreaktiv plastik massalarda qo'llaniladigan to'ldiruvchi turiga ko'ra ular kukunsimon, tolali va qatlamli plastmassalarga bo'linadi.

Kukunsimon to'ldiruvchiga ega bo'lgan plastmassalar—bu plastmassalarda kelib chiqishi organik (yog'och kukuni, arpa, bug'doy kukunli) va mineral (maydalangan kvarts, azbest, slyuda, grafit va shunga o'xshaganlar) kukunlari to'ldiruvchi sifatida qo'llaniladi.

Kukunli plastmassalarning xossalari izotropik bo'lib, ular kichik mexanik mustahkamlikka, kichik zarbiy qovushqoqlikka va qoniqarli

darajada elektr izolyasiya xossalarga ega bo'lishadi. Ularda asosan kichik yuklamalarda ishlovchi konstruksion materiallar va jihoz va simlarni elektr izolyasiyalovchi qoplamalar sifatida ishlatiladi.

Mineral kukun plastmassaga: suv va namgarchilikka bardoshli, kimyoviy turg'un, yuqori elektr izolyasiyalash xossalarini berib ulardan tropik muhitga bardoshli materiallarni ishlab chiqarish imkonini beradi. Mineral kukunlarni epoksid smola asosli bog'lovchi modda bilan birgalikda ishlab chiqilgan turlaridan mashinasozlikda turli qoliplar, detallar, moslama korpuslari ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi. Bundan tashqari epoksid smolasi asosli plastmassalardan singan yeyilgan detallarni qayta tiklash uchun ham ishlatiladi. Bu plastmassalardan quyma detallar olish juda qulay hisoblanadi.

Tolasimon to'ldiruvchiga ega bo'lgan plastmassalar. Bu gurux plastmassalarga tolali, azbesttolali, shishatolali plastmassalar kiradi.

Tolador plastmassalarda to'ldiruvchi paxta tolasi bo'lib u bog'lovchiga, ya'ni fenolformaldegid smolasiga shimdirilgan bo'ladi. Tolali plastmassa paxta tolasi va termoreaktiv smolalardan tashkil topgan kompozitsiyaga ega. Bu turdagi plastmassalar kukunsimon to'ldiruvchiga ega bo'lgan plastmassalarga nisbatan yuqori zarbiy qovushqoqlikka ega bo'ladilar. Bunday plastmassalar asosan umum texnik detallar tayyorlashda qo'llanilib, egilishga yoki buralishga ishlaydigan detallar tayyorlanadi, masalan: turli aylanma harakatni uzatish shikivlari, o'z o'qi bo'yicha buralib aylanadigan dastalar, turli maqsadlarda qo'llaniladigan ftulkalar ishlab chiqariladi.

Azbesttolali plastmassalarda to'ldiruvchi sifatida qo'shiladigan tolalar asosan azbestdan tayyorlangan bo'lib, bog'lovchi sifatida fenolformaldegid yoki boshqa termoreaktiv smolalar qo'llaniladi. Azbesttolali plastmassalarning afsalliklaridan biri ular yuqori issiqbardoshlikka ega bo'lib bunga azbest tolalari orqali erishiladi. Bundan tashqari bu plastmassa kelib chiqishi turlicha bo'lgan kislotali muhitlarga bardoshli va yuqori friksion xossalarga ega. Azbest tolasi qo'shilgan plastmassalardan asosan tormozlovchi detallar, kimyoviy korxonalar uchun kislotabardosh detallar, turli reaktor vannalari va idishlari ishlab chiqariladi.

Shishatolali plastmassalar – bu shisha tolasi va sintetik termoplast bog'lovchidan tashkil topgan kompozitsion material bo'lib unda shisha tolasi – to'ldiruvchi sifatida smola bog'lovchi sifatida

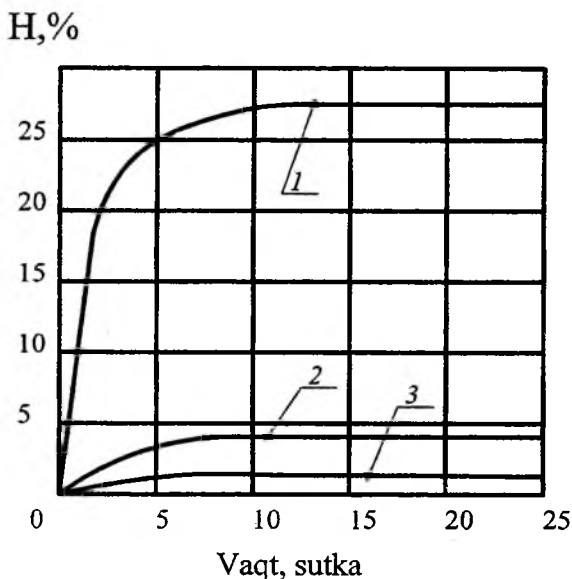
qo'shiladi. Materialda shisha tolasi ikki turda, cheksiz uzun tolali yoki qisqa qirqilgan tolalardan tashkil topgan bo'lishi mumkin. To'ldiruvchi sifatida qo'shilgan tolalarning diametri kichraygan sari materialning mustahkamligi keskin orta boshlaydi. Bunda aksariyat hollarda tola diametri 5–20 mkm ga ega bo'lgan tolalardan foydalaniladi. Bunday tolalarga ega bo'lgan materialning nisbiy cho'zilishi $\varepsilon = 2-3\%$ ni tashkil etsa, cho'zilishdagi mustahkamligi $\sigma_{ch} = 600-3800$ MPa ni tashkil etadi. Bundan tashqari, shishatolali plastmassaning xossalari shisha tarkibidagi ishqor miqdoriga ham bog'liq bo'lib, uning miqdori kamaygan sari xossalari ortib boradi, masalan: alyuminiy yoki bor oksidli selikatlardan olingan shisha yuqori xossalarni namoyon etadi.

Qatlamsimon to'ldiruvchiga ega bo'lgan plastik massalar. Qatlam–qatlam to'ldiruvchiga ega bo'lgan plastmassa materiallar og'ir kuchlanishlar sharoitida qo'llaniladigan konstruksion materiallarga kiradi. Har bir qatlami listlardan tashkil topgan bu material anizotropik xossalarga ega bo'ladi. Bu materiallar listlar, plitalar, trubalar yoki balvankalar shaklida yarim yoki tayyor mahsulot sifatida ishlab chiqariladi. Yarim mahsulot sifatida ishlab chiqarilgan turlariga har xil dasgohlarda mexanik ishlov berish mumkin.

Tekstalit – bu material termoreaktiv smola bog'lovchi va paxtadan olingan mato qatlamli to'ldiruvchiga ega bo'lgan material bo'lib matolar tola yo'nalishiga perpendikulyar ravishda bir-biriga taxlangan, qatlamlar va matoni o'zi bog'lovchiga shimdirilgan. Bu material nisbatan egiluvchan bo'lib past chastotali tebranma harakatlarni yutish qobiliyatiga ega. Tekstalit plastmassa materiallari qo'llanilishiga ko'ra konstruksion, elektrotexnik, grafitlangan, zichlovchi tekstalit plastmassa materiallarga bo'linadi. Konstruksion tekstalit materiallarida asosan har xil tovush chiqarmasdan 30000 ay/min tezlik bilan aylanuvchi tishli g'ildiraklar, shkivlar, podshipniklar ishlab chiqariladi. Ammo bu materiallar qo'llanishdagi muhit harorati cheklangan bo'lib 80–90° C haroratdan oshmasligi kerak.

Yog'ochqatlamli plastmassalar (DSP – ruschasi, YoKP – o'zbekcha) – bu turdagi plastmassalar yupqa yog'och listlardan iborat qatlamlardan tashkil topgan material bo'lib har qatlam oralig'i va litlarning o'zi fenolformaldegid yoki boshqa turdagi termoreaktiv smolalar bilan shimdirilgan bo'lib ular bir-biriga katta bosim bilan

biriktirilgan. Bu materiallar yuqori fizika-mexanik xossalarga ega bo'lib yuza sirti juda kichik ishqalanish koeffitsiyentiga ega. Bu materialni ishlab chiqarilishi natijasida turli metall va qotishmadan olingan materiallarning o'rnini almashtirish orqali turli shkiqlar, tishli g'ildiraklar, antifriksion ftulkalar ishlab chiqarishni arzonlashtirish imkoni tug'ildi. Ammo bu materialning asosiy kamchiligi unda nam va suv yutish qobiliyati boshqa plastmassalarga nisbatan ancha yuqori, shuning uchun bu materialni qo'llash chegaralangan. 1.6-rasmda har xil, yog'och, shisha va tekstalit qatlamlaridan yasalgan plastmassalarning suv shimish xossalari keltirilgan.



1.6-rasm. Qatlamli plastik massalarning suv shimish darajasi (N):
 1 – yog'ochqatlamli; 2 – tekstalit; 3 – shishaqatlamli

Yuqorida ko'rib chiqilgan termoreaktiv plastmassalarning asosiy fizik-mexanik xossalari 1.2-jadvalda keltirilgan.

Termoreaktiv plastmassalarning asosiy fizik-mexanik xossalari

Material turi	Zichligi, Kg/m ³	Ishlash harorati, °C	Mustahkamlik chegarasi			Nisbiy cho'zilishi, %	Zarbiy qovush-qoqligi, aDj/m ³	Bikiriklik moduli	Qattiqligi, HB
			cho'zish	siqish	egish				
Kukun-simonlar	1400	100-110	30	50-150	60	0,3	4-6	6300-8000	300-400
Tolali tolador asbesttolali shishatolali	1450 1950 1900	110 200 280	30-60 -500	80-150 110 130	50-80 70 120-250	1-3 4-3 1-3	9-10 20 25-150	8500 18000 -	250-270 300 -
Qatlamli: tekstalit yog'och shisha	1400 1350 1900	125 200 300	100 300 600	150 180 260	160 280 420	- - -	30 80-90 200	10000 18000 18850	- - -

1.7. Gaz–havo to‘ldirilgan plastik massalar

Gaz to‘ldirilgan plastmassalar geterogen sistemaga ega bo‘lib, ular qattiq, juda mayda polimer zarrachalardan va gaz fazalaridan tashkil topgan. Bunda qattiq mayda kukun polimerlar qizdirib yumshatilganda gaz havo pufakchalarining devorini hosil qiladi, ya‘ni pufakchalarni bir-biri bilan bog‘lovchi vazifani o‘taydi. Pufakchalar esa bo‘shliq – gazdan iborat bo‘lib, materialning to‘ldiruvchisi sifatida xizmat qiladi. To‘ldiruvchisi bo‘shliqdan iborat bo‘lgani uchun bu materiallar zichligi juda kichik va tovush o‘tkazmaslik xossalari paydo bo‘ladi. Gaz to‘ldiruvchining fizikaviy strukturasi ko‘ra bu plastmassalar **penoplast, poroplast va sotoplastlarga** bo‘linadi. Bunday turga ega bo‘lgan plastmassalarning bog‘lovchisi termoreaktiv yoki termoplastik polimerlardan tashkil topgan bo‘lishi mumkin.

Penoplastlar strukturasi gaz pufakchalar bir-biridan chegara orqali alohida-alohida joylashgan bo‘lib yacheykali strukturani tashkil etadi. Penoplastlarning hajmiy massasi 20 dan 300 kg/m³ ni tashkil etishi mumkin. Yacheykali struktura materialga yuqori suzuvchi va yuqori issiqlik, tovush izolyasiyalash xossalari beradi. Bu materialning issiqbardoshligi 0,003 dan 0,007 Vt/(m· K) gacha. Penoplastning mustahkamligi uning zichligiga bog‘lik ravishda o‘zgaradi.

Sanoatda asosan penoplastlarning termoplastik polimerli bog‘lovchiga ega bo‘lgan turi keng qo‘llanilib ulardan penopolistiroil (PS) va penopolivinilxlorid (PVX) bo‘lib ular ±60°C haroratlarda qo‘llaniladi. Penoplastning yana bir xususiyati u radioto‘lqinlarni yutadi shu bilan uni radarda ko‘rsatmaydi. Fenolformoldigid bog‘lovchiga ega bo‘lgan turlari (FF) va fenolkauchuklisi (FK) turdagi penoplastlar 120–160 °C haroratgacha qizdirilgan muhitda ishatish imkoniyatiga ega. Bundan tashqari, penoplastlar kremniyorganik bog‘lovchilar asosida issiqbardosh turlari ishlab chiqariladi, ularning ishlash harorati 200–250 °C. Termoturg‘un va issiqbardosh penoplastlar K-40 harflari bilan markalanadi – bundagi K harfi unda bog‘lanuvchi sifatida kremniyorganik polimerlar ko‘langaligini bildiradi. Bu materiallar hatto qisqa 5–6 soat davomida 300 °C

haroratda ishlashi mumkin. Bundan tashqari, o'z-o'zidan ko'piruvchi penoplastlar penopoliuretan asosida ishlab chiqariladi.

Penoplastlar asosan issiqlik izolyasiyalovchi material sifatida avtomobil, traktor, xolodilnik va shunga o'xshash jihozlarga o'rnatiladi. Bundan tashqari hozirgi paytda bu materiallar qurilish sohasiga kirib kelmoqda. Ulardan asosan devor bo'shliqlarini to'ldirishda foydalanilmoqda. Penoplastlarning asosiy fizik-mexanik xossalari 3-jadvalda keltirilgan.

Paroplastlar – penoplast materiallardan farqli o'laroq, ularning pufaklari bir-biri bilan qisman qo'shilgan bo'lib, orasidagi devorlar bir-biri bilan teshiklar hosil qilgan, bundan tashqari, ularning bir-biriga o'tuvchi teshiklari materialning butun hajmini teshib o'tgan bo'ladi, ya'ni atmosfera havosi bilan tutashgan. Bu materiallarning zichligi 25 dan 60, gohida boshqa markalari 130 – 500 kg/m³ bo'lishi mumkin. Paroplastlar asosan egiluvchi xossaga ega bo'lgan holda ishlab chiqariladi va PPU harflari bilan markalanadi. Polivinilplast asoslisi TPVF markali bo'lib, u suv va namlik yutish uchun ishlab chiqariladi. Uning namlik yutish qobiliyati 2 soat davomida 400 – 700% ni tashkil etadi. Shuning uchun paroplastlarni namlik ruxsat etilmagan bo'shliqlarga ko'yiladi.

Sotoplastlar – bu materiallar yuqorida ko'rib chiqilgan materiallarga nisbatan oldindan rejalashtirilgan g'ovakli shaklga ega bo'ladilar. Buning uchun, oldin juda ingichka listlardan garmoshka shaklli, gafna hosil qilishadi. Hosil qilingan gafna bir-biriga bog'lovchi asosida ulanib yopishtiriladi va umumiy ari uyasini eslatuvchi bo'shliqlar hosil qilinadi. Bu materiallar asosan bo'shliqlarni to'ldirish maqsadida qo'llaniladi. Bundan tashqari bu materiallar yuqori elektr izolyasiyalovchi, issiqlik, tovush va radioto'lqin yutish xususiyatlariga ham ega. Shuning uchun bu materialdan kema, samolyot va kosmik kemalarning devor oralig'ini to'ldirish maqsadlarida ham qo'llaniladi. Hozirgi paytda sotoplastning juda past haroratlarga bardosh beruvchi turlari o'ylab topilgan bo'lib ulardan kriagen uskunalari, xolodilnik va shunga o'xshash ko'pgina uskunalarda qo'llanilmoqda.

Gaz to'ldirilgan plastik massalar turkumiga kiradigan materiallarning asosiy fizik-mexanik xossalari 3-jadvalda keltirilgan.

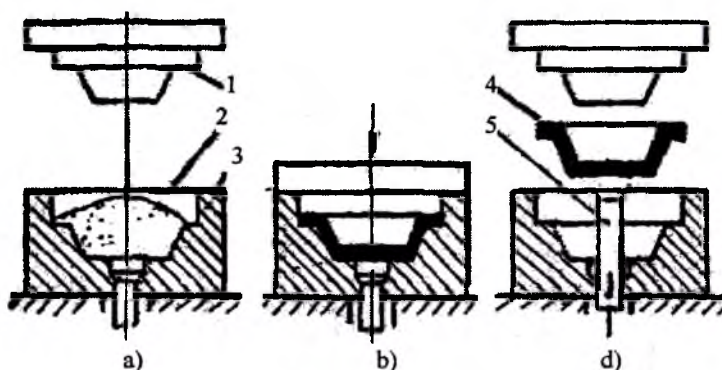
Gaz to'ldirilgan plastmassalarning asosiy fizik-mexanik xossalari

Material turi	Zichligi, kg/m ³	Ishlash harorati, °C	Mustahkamlik chegarasi, MPa		Bikir- lik moduli, MPa	Zarbiy qovush- qoqligi aDj/m ²	Issiqlik o'tkazuv. koef, Vτ/(mK)	Suv sin- gunchan- ligi, 30 sut. %
			4,2	3				
Penopolistirol	25-200	-60, +60	4,2	3	55-100	1-1,9	0,035-0,04	0,05-2
Penopolivinil- xlorid	50-200	-60, +60	4,5	2	80-85	0,7-1,5	0,040-0,055	0,3
Penopoliuritan	60-200	-60, +200	2,8	3	-	0,4-1,5	0,03-0,06	-
Porolon	30-70	-40, +100	0,1	-	-	-	0,03-0,06	-
Penofenoplast (FF)	200	-60, +150	1,2	4	-	0,2	0,036-0,06	-
Fenoloqauchukli (FK-20)	200	-60, +130	2	3	56	0,8	0,035-0,06	-
FK-20-A-20	200	-10, +250	1,5	2,3	58	0,5-0,75	0,055-0,075	-
Penopolisitoksan (K-40)	250-300	-10, +300	0,8	2	49,5	-	0,04-0,055	-
Penopoliepoksid	100-200	-60, +200	-	6	-	0,2-0,3	0,03-0,07	0,1
Penokorbamid	10-20	-110, +130	-	0,05	-	0,04- 0,20	0,026-0,04	500

1.8. Plastmassalardan buyumlar tayyorlash

Ko'pchilik plastmassalar yelimshaklik oquvchi holatda presslash, quyish, siqib chiqarish usullari bilan detallarga aylantiriladi.

To'g'ri presslash. Reaktoplatslarning detallarga aylantiruvchi asosiy usullaridan biri press-forma 3 matritsasining ichiga kukunsi-mon material (2) solinadi. Press-forma tutashganda press kuchi ta'sirida puanson (1) presslanuvchi materialga bosadi. Bu bosim ta'sirida va isitilgan press-forma issiqligi ta'sirida material yumshaydi va press-forma ichini to'ldiradi (1.7-rasm, a,b). Ma'lum vaqt ushlab turilgach (material qotguncha), press-forma ochiladi va turtib chiqargich (5) bilan tayyor detal olinadi (1.7-rasm, d).



1.7-rasm. To'g'ri presslash sxemasi:

1 – puanson; 2 – material; 3 – matritsa; 4 – detal; 5 – turtib chiqargich

Qotish davrida kompozitsion materialni tashkil etuvchilardan har xil uchib chiquvchi gazlar va namligining parlari ajralib chiqadi. Bularni oson chiqib ketishi uchun qayta presslanadi. Press ma'lum vaqt bosib turilgandan so'ng, puanson 5–10 mm balandlikka ko'tariladi va 2-zsek shunday turib, yana qayta presslanadi. Qalin va katta detallar 2 marta qayta presslanadi.

Presslash temperaturasi va bosimi ishlanayotgan material xiliga, detalning forma va o'lchamlariga bog'liq. Press ostida ushlab turish vaqti qotish tezligiga va detal qalinligiga bog'liq. Asosan, reaktoplastlar uchun 1mm qalinlikka 0,5–2min. to'g'ri keladi.

To'g'ri presslash usuli bilan o'rta qalinlikdagi va uncha katta bo'lmagan detallar yasaladi.

1.8.1. Bosim ostida

Quyib presslash. Murakkab shakldagi detallarni termoplastlardan (asosan) ishlanadi (rasm).

Bunker (4) dan kukunsimon press material avtomatik ravishda qizdiriladigan silindr (3) ga o'tib, u yerda oquvchan holga kelguncha qizdiriladi. Keyin esa bu qovushqoq massa plunjer (5) bilan qisilib, soplo orqali pressmatritsa (1) ga haydaladi. Pressforma sovugach, buyum ajraladi.



1.8-rasm. Quyish yo'li bilan buyumlarni bosim ostida hosil qilish sxemasi:

1—press-matritsa; 2—soplo; 3—silindr; 4—bunker; 5—plunjer

Bunda qayta presslash kerak emas, chunki, gazlar press-forma tirqishlaridan chiqib ketadi.

Press-formalar bir va bir necha detallar uchun bir yo'la bo'lishi mumkin. Press-formalarning aniqligiga talab katta.

Kamchiliklari:

1. Material chiqindisi ko'p: har gal quyish kanallarida qotishma qotib qolgan chiqindilar qoladi.

2. Press-forma konstruksiyasi murakkab, demak qimmat.

Yaxshi tomonlari:

1. Aniqligi yuqori. Ish unumi boshqa usullardan 20–40 marta yuqori. Shuning uchun bu usul—asosiy usul hisoblanadi.

1.8.2. Turli profilli buyumlarni maxsus mashinada uzluksiz ravishda siqib chiqarish yo'li bilan ishlab chiqarish

Press-kukun bunkerga solinadi. U bunkerdan ketma-ket joylashgan bir necha qizdirgichlardan birinchisiga tushadi va silindirdagi shnek rekali bir qizdirgichdan ikkinchisiga uzatiladi: oxirisida oquvchi holatga o'tadi. Bunda mundshtuk orqali siqib chiqariladi va to'g'ri press-formaga quyiladi.

Kalit so'zlar:

Polimer, organik, noorganik, makromolekula, bo'g'in, zanjir, kristall, amorf, uglerod-vodorodli birikmalar, chiziqli va fazoviy to'r, yuqori elastiklik, qovushqoqlik, termomexanik, strukturlanish, destrukturlanish, vakuum turg'unlik, gazsinguvchanlik. Polimer, termoreaktiv, termoplastik, to'ldiruvchili, to'ldiruvchisiz, qovushqoqlik, termomexanik egri chiziq, strukturlanish, destrukturlanish, vakuum turg'unlik, gazsinguvchanlik, bog'lovchi, polietilen, polipropilen, etilen sopolimerlari, polistiroil, ftoroplast, organik shisha, polivinilxlorid, polimidlar, poliuritanlar, polikarbonat, poliformaldegid, aromatik poliamid, ariloks - polifenilenoksid, polisulfon, gaz-havo to'ldirilgan, yacheykasimon, g'ovaklik, chegara qatlami, penoplastlar, paroplastlar, sotoplastlar.

Takrorlash uchun savollar

1. Qanday materiallarga nometall materiallar deyiladi?
2. Nometall materiallar metall va metall asosli qotishma materiallardan qanday afzalliklari va kamchiliklari mavjud?
3. Qanday materiallarga polimerlar materiallari deyiladi?
4. Polimer materiallari qanday tuzilishga ega?
5. Polimerlarning makromolekulalar shakli ularning fizik-mexanik xossalriga qanday ta'sir ko'rsatadi?
6. Polimer materiallar kelib chiqishiga, issiqlikka ta'siriga va qutbligiga ko'ra qanday sinflarga bo'linadi?
7. Qanday polimerlarga termoplastik, termoreaktiv polimerlar deyiladi?
8. Termoplastik va termoreaktiv polimerlarni qizdirish harorati bilan ularning mustahkamligiga qanday bog'langan?

9. Polimerlarning kimyoviy xossalari nimaga bog'liq?
10. Polimerlarning mexanik xossalari nimaga bog'liq?
11. Polimerlarning strukturasi xona haroratida qanday xolatda bo'ladi.
12. Polimerlarni yuqori elastik holatga o'tkazish uchun nima zarur?
13. Polimerlar yuqori qovushqoq holatda qanday xossalarga ega bo'ladi?
14. Qizdirish harorati va yuklama qiymati ko'tarilishi bilan polimerlarning strukturasi qanday o'zgaradi?
15. Polimerlarni orientatsion mustahkamlash qanday amalga oshiriladi?
16. Polimerlarning vakuum turg'unligi deganda nimani tushunasiz?
17. Eskirish nima va uning qanday turlarini bilasiz?
18. Polimer gazsinguvchanligi deganda nimani tushunasiz?
19. Qanday polimerlar vakuum turg'unlikka ega?
20. Agar polimerning strukturasi chiziqli makromolekulaga ega bo'lsa uning gazsinguvchanligi qanday?
21. Qanday materiallarga plastik massalar deyiladi?
22. Plastik massada kamida nechta komponent bo'lishi kerak va u qanday material?
23. Plastmassalarning bog'lanuvchi tabiatiga ko'ra turlarga bo'ling?
24. Plastmassalarni issiqqa ta'siri bo'yicha turlarga bo'ling?
25. Plastmassalarni qo'llanilishiga ko'ra turlarga bo'ling?
26. Plastmassalar strukturasi haqida ma'lumot bering?
27. Plastmassalarning ta'rifini, tarkibini va umumiy xossalarini keltiring?
28. Plastmassalarning kristallik darajasi ortsa uning xossalari qanday o'zgaradi?
29. Plastmassalarni bog'lovchi va to'ldiruvchiga ko'ra qanday turlarga bo'linadi?
30. Asosiy termoplastik plastmassalar turlarini, tarkibini, xossalarini va qo'llanish sohaslarini keltiring?
31. Polietilening qanday turlarini bilasiz va ular qanday ishlab chiqariladi?
32. Termoplastik plastmassalarning issiqbardosh turlari haqida ma'lumot keltiring?

33. To'ldiruvchiga ega bo'lmagan va to'ldiruvchiga ega bo'lgan termoplastik plastmassalar haqida ma'lumot bering?

34. Asosiy termoreaktiv plastmassalar turlari, tarkibi, xossalari va qo'llanish sohalarini keltiring?

35. Qutbli va qutbsiz plastmassalar deganda nimani tushunasiz?

36. Organik to'ldiruvchiga ega bo'lgan termoreaktiv plastmassalar haqida ma'lumot keltiring?

37. Noorganik to'ldiruvchiga ega bo'lgan termoreaktiv plastmassalar haqida ma'lumot keltiring?

38. Gaz-havo to'ldirilgan plastmassalarni bo'shliqlarining bir-biriga ulanishiga ko'ra turlarga bo'ling?

39. Gaz-havo to'ldirilgan plastmassalar turlarini keltiring?

40. Poroplast penoplastdan qanday farq qiladi?

41. Gaz-havo to'ldirilgan plastmassalarining asosiy xossalarini keltiring?

42. Gaz-havo to'ldirilgan plastmassalarining qo'llanilish sohalarini keltiring?

2. NOMETALL MATRITSALI KOMPOZITSION MATERIALLAR

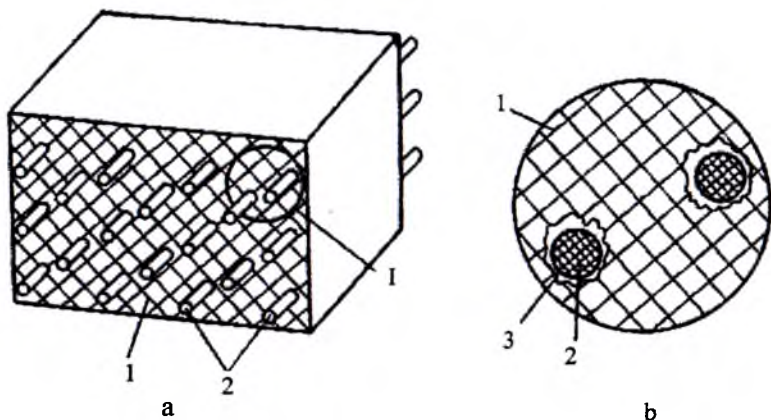
2.1. Kompozitsion materiallar

Kompozitsion materiallar deb xossalari turlicha bo'lgan, bir nechta materiallardan tashkil topgan materiallarga aytiladi. Bunda materialga ta'sir qilayotgan tashqi kuchlarga qarshilik ko'rsatishda kompozitsion materialni tashkil qiluvchilarning aniq o'z o'rni bo'ladi. Ular materialning umumiy qarshilik ko'rsatish xususiyatini belgilaydi.

Kompozitsion materialni tashkil etuvchi materiallarining o'z nomi bo'lib, ular quyidagicha nomlanadi: **matritsa** (material onasi, ya'ni asosi degan tushunchani beradi. Nometall matritsaga ega bo'lgan kompozitsion materiallarda polimer, uglerod va keramik materiallar qo'llaniladi); **mustahkamlovchi** (bu so'zning ma'nosi kompozitsion materialning mustahkamligini ta'minlovchi asosiy komponenti bo'lib u ko'pincha tolalardan tashkil topgan bo'ladi. Ular shisha, uglerod, borli, organik, oksidli va metall asosli bo'lishi mumkin); **armirolovchi** (bu so'z kompozitsion materialga qo'shimcha ravishda kiritilgan komponentga nisbatan ishlatiladigan so'z bo'lib, u tolali yoki to'qima materiallardan tashkil topgan bo'lishi mumkin. 2.1-rasmda oddiy kompozitsion materialning kesimdagi ko'rinishi ko'rsatilgan).

Kompozitsion materiallarning xossalari shu materialni tashkil etuvchi komponentlarning kimyoviy tarkibiga, bir-biriga bo'lgan miqdor nisbatiga va ular orasidagi bog'lanish mustahkamligiga bog'lik bo'ladi. Matritsaga mustahkamlovchini joylashtirishga, ya'ni tolalarni taxlash tartibiga yoki ularni bir-biri bilan to'kilish tartibiga kompozitsion materialni **armirlash** deyiladi.

Kompozitsion materiallar asosan: matritsa turiga, mustahkamlovchi turiga, makrostruktura tuzilishiga va ishlab chiqarish usuliga ko'ra turlarga bo'linadi.



2.1-rasm. Kompozitsion material kesimi: a – kvadrat kesimli; b – aylana kesimli; 1 – matritsa; 2 – mustahkamlovchi; 3 – chegara qoplami

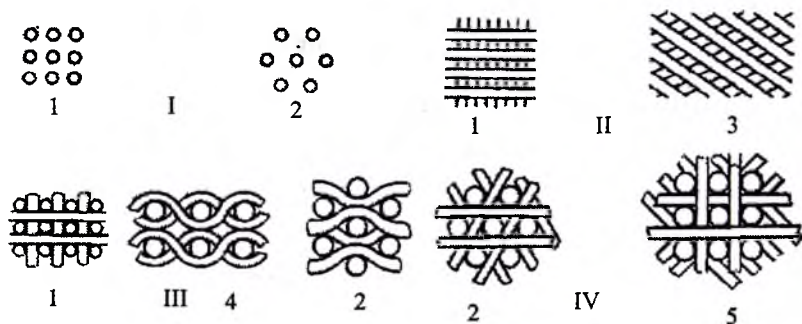
Matritsa turiga ko‘ra – organik polimer matritsali; noorganik polimer matritsali, metall matritsali; qotishma matritsali va aralash matritsali materiallarga bo‘linadi. Materialning matritsasi materialning asosiy geometrik shaklini berib, unga ta‘sir qilayotgan tashqi kuchni materialning butun hajmi bo‘ylab teng tarqatish va tolali yoki kukunli mustahkamlovchini atrof muhit ta‘siridan saqlash vazifasini bajaradi. Materitsaning turi undan yasalgan materialning haroratga, korroziyaga bardoshligini elektr va issiqlik o‘tkazuvchanligini, ishlab chiqarish turini va bir qator fizik–mexanik xossalarini belgilaydi.

Mustahkamlovchi turiga ko‘ra – shishatolali, karbotolali, bortolali va organik tolali turlarga bo‘linadi.

Qatlamli kompozitsion materiallarda tolalar birinchi qatlamda bir-biriga nisbatan parallel qilib bir qatordan yotqizilgan bo‘lsa, keyingi qatlamda unga nisbatan perpendekulyar, ammo tolalarning bir-biriga nisbatan parallel yotqizilgan bo‘ladi. Bir nechta shunday qatlamlardan tashkil topgan kompozitsion materialning xossalari anizotropik xossaga ega bo‘lib oladi. Bundan tashqari tolalarni bir-biriga nisbatan turli yo‘nalish va burchaklarda joylashtirish natijasida xossalari yuqori bo‘lgan kompozitsion materiallar hosil qilish imkoniyati paydo bo‘ladi. Bunda materialning egilishga yoki buralishga ishlay olishligi

materialdagi mustahkamlovchi va armirlovchining bir-biriga nisbatan joylashishi va qatlamlarning qalinligiga bog‘liq.

Kompozitsion materiallarda asosan mustahkamlovchi tolalar uchta, to‘rtta va undan ko‘proq to‘kilgan hollarda qo‘llaniladi. Mustahkamlovchi tolalarning taxlanish tartibi, ya‘ni armirlanish turi 2.2-rasmda ko‘rsatilgan.



2.2-rasm. Kompozitsion materiallarni mustahkamlovchilar bilan armirlash turlari: I – bir tamonlama yo‘naltirilgan taxlash, II – ikki tamonlama yo‘nalishda taxlash, III – uch tamonlama yo‘nalishda taxlash; 1 – to‘g‘ri burchakli, 2 – olti burchakli, 3 – og‘ma burchakli, 4 – to‘kilgan, 5 – ko‘p to‘kilganli

Ishlab chiqarishda asosan uchta bir-biriga nisbatan perpendikulyar tolalardan to‘kilgan strukturaga ega xillari tarqalgan. Bunda mustahkamlovchi UK bo‘yicha, radius bo‘yicha va aylana bo‘yicha joylashgan bo‘ladi.

Uch o‘lchamda mustahkamlangan kompozitsion materiallar istalgan qalinlikda bo‘lib, ular blokli-to‘rtburchak hamda silindrik shaklga ega bo‘lishi mumkin.

2.2. Karbotolali kompozitsion materiallar

Bu materiallarining ikkinchi nomi ugleplastiklar – ular polimer asosli matritsadan tashkil topgan bo‘lib, mustahkamlovchi tolalari uglerod tolalaridan iborat. Toladagi mustahkam uglerod (C – C) bog‘i materialga yuqori 2000 °C va juda past –200°C xloroplast ham o‘z mustahkamligini saqlay olishligini ta‘minlaydi. Bunda tolalarni atrof

muhit kislorodi ta'siridan kuymasligi uchun, tolalar juda yuqqa turli metallarning pardasi bilan qoplanadi. Uglerod tolalari shisha tolalaridan farqli o'laroq, bog'lanuvchiga juda kam, ba'zi birlari bilan deyarli namlanmaydi, shuning uchun ular maxsus achitish jarayonlaridan o'tkaziladi. Bunday jarayondan o'tgan uleplastiklarning kesilishdagi mustahkamligi 1,6 – 2,5 barobariga ortadi.

Epoksid matritsali korbotolali ugleplastiklar 100°C harorat sharoitida uzoq muddat ishlatilishi mumkin. Polimid matritsali ugleplastiklar 300°S haroratda ham o'z xossalarini yo'qotmaydi. Ugleplastiklar statik, dinamik va toliqishga yuqori bardoshli bo'lib, u bu xossalarini o'rta va juda past haroratlargacha saqlay olishadi. Bunda materialning yuqori issiq o'tkazuvchanligi materialning o'z-o'zidan qizib ketishining oldini oladi. Bundan tashqari, material suv va boshqa kimyoviy moddalar ta'siriga juda turg'un hisoblanadi.

Ugleplastiklarning issiqlik o'tkazuvchanligi shishaplastiklarga qaraganda 1,5–2 marotaba yuqori. Ular quyidagi etektrik xossalarga ega: qarshiligi $\rho = 0,0024 - 0,003 \text{ Om} \cdot \text{sm}$; $\epsilon = 10$ va $\text{tg } \delta = 0,01$ (tokning chastotasi 10^{10} GS).

Karboshisha tolali – bu kompozitsion materiallarda uglerod tolasidan tashqari shisha tolasi ham qo'shilgan bo'lib, bu material tannarxining pasaytirishga imkon tug'diradi.

2.3. Uglerod tolali va uglerod matritsaga ega bo'lgan kompozitsion materiallar

Uglerod tola va uglerod matritsaga ega kompozitsion materiallar – 800–1500 °C yuqori haroratlarda qayta yoki inert muhitda karbonatlashtirish, undan keyin 2500–3000 °C haroratda grafitlashtirish jarayonidan o'tkazilib tayyorlanadi. Bunda uning uglerod matritsasi koks hamda toshko'mir smolasi bilan birga birikib qattiq, yuqori fizik–mexanik xossalarga ega bo'lgan grafit materialiga shakllanadi. bu material texnikada qo'llaniladigan juda yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan grafit materialdan hamma xossasi bo'yicha 5–10 barobar ustun turadi. Bunday kompozitsion material qayta tiklovchi va inert gazlar muhitida 2200°C da o'z mustahkamligini saqlay olishadi. Ammo bu materiallar ochiq havoda 450°C qizdirilganda havodagi kisloroddan oksidlana boshlaydi. Bu materiallardagi asosiy xossalardan ishqalanish koeffitsiyenti bo'lib

ular ikkala materialda ham bir xil ammo yeyilishga bardoshligi kompozitsion materiallarda yuqori.

Ugleplastiklar asosan kemasozlikda, avtomobilsozlikda ishlatilib ulardan ishqalanib ishlovchi podshipniklar, qizdirish, qurilmalarning qizdirish elementlari va hattoki ulardan EXM ba'zi detallari tayyorlanadi. Ugleplastiklarning yuqori bikirlik moduliga ega bo'lgan turlari asosan aviasozlik, kosmos va maxsus energetika sohalarida qo'llaniladi. Bundan tashqari, bu material kimyoviy turg'un bo'lganligi uchun kimyoviy reaktorlar, turli yuqori erish temperaturasiga ega bo'lgan metallarni eritish uchun tigellar ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

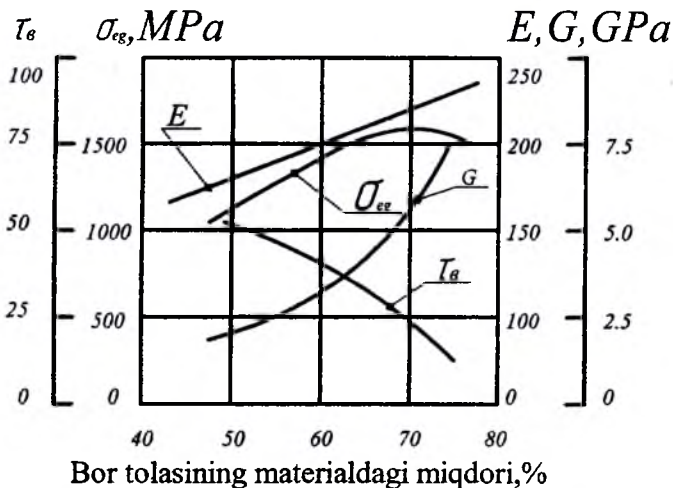
Hozirgi paytda ugleplastiklarni yuqori haroratlarda erigan kremniy bilan shimdirish orqali yuqori fizik-mexanik xossalarga ega bo'lgan materiallar ishlab chiqarilmoqda. Bu materialning asosiy avzaliklaridan biri, ular yoyilishga juda mustahkam. Shuning uchun aksariyat hollarda ularda tormozlovchi disklar ishlab chiqariladi.

2.4. Bortolali kompozitsion materiallar

Bortolali kompozitsion materiallarda mustahkamlovchi tola sifatida bor tolalari qo'llanilgan bo'lib, uning matritsasi termoplastik yoki termoreaktiv polimerlardan iborat. Bortolali kompozitsion materiallar yuqori siqilishdagi, kesilishdagi va qirqilishdagi mustahkamlikka, kam oquvchan, yuqori bikirlik moduli va qattqlikka, elektr hamda yuqori issiqlik o'tkazuvchan xossalarga ega. Bor tolalarining yacheykasimon strukturasi ularni matritsa va tola o'rtasidagi chegarada mustahkam bog'lanish hosil kilishiga imkon beradi.

Cheksiz uzun bortolali materiallardan tashqari, borning qisqa tolalari bilan birga o'ralgan shisha tolali materiallar ham mavjud bo'lib ular o'z geometrik shakllarini turg'un saqlay olishadi. Bunday ikkita borshisha tolalaridan ishlab chiqarilgan materiallar texnologik jarayoni bo'yicha va materialning tannarxi bo'yicha, faqat bortolalaridan ishlab chiqarilgan materialga nisbatan ancha arzon turadi.

Bortolali kompozitsion materiallarda matritsa sifatida asosan epoksid va poliimid polimerlari qo'llaniladi. KMB – 1 va KMB – 1k markaga ega bo'lgan bortolali kompozitsion materiallar asosan ishlash muhit harorati 200°C dan yuqori bo'lmagan sharoitlarda qo'llash uchun ishlab chiqariladi. KMB – 2k markadagi bortolali kompozitsion materiallar 300 °C haroratlarda qo'llanilishi mumkin.



2.3-rasm. Materialdagi bor tolasining miqdorining material mustahkamligiga ta'siri: ye – bikirlik moduli; σ_{egl} – egilishdagi mustahkamlik; G – kesilishdagi moduli; τ_{kr} – kesilishdagi mustahkamligi

Bortolali materiallarda bor tolasining miqdori oshishi bilan uning mexanik xossalari o'zgarishi 2.3-rasmda diagramma shaklida keltirilgan.

Bortolali kompozitsion materiallar yuqori toliqishdagi mustahkamlikka ega bo'lib, ular radiaktiv nurlariga, suvga, organik kelib chiqishga ega bo'lgan erituvchilarga va yoqilg'i hamda moylar ta'siriga bardoshli.

Bor tolalari yarim o'tkazuvchanlik xossalariga ega bo'lgani uchun ular yuqori $\lambda = 43 \text{ kDj}/(\text{m} \cdot \text{K})$ issiqlik o'tkazuvchanlikka va elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lib, uning solishtirma elektr qarshiligi $\rho = 1,94 \cdot 10^7 \text{ Om} \cdot \text{sm}$ ga teng. Bortolali kompozitsion materiallarning siqilishdagi mustahkamligi karbotolali kompozitsion materiallardan 2 – 2,5 yuqori.

Bortolali kompozitsion materiallardan asosan aviasozlik va kosmos texnika uchuvchi apparatlarning detallari va korpuslari tayyorlanadi. Bundan tashqari, bortolali materiallar hozirgi paytda harbiy texnikada yuqori talabga ega bo'lgan materiallar safiga kiritilgan.

2.5. Organik tolali kompozitsion materiallar

Organik tolali kompozitsion materiallar polimer matritsa va sintetik yo‘l bilan ishlab chiqarilgan mustahkamlovchi tolalardan tashkil topgan bo‘lib, ular kichik zichlikka, yuqori zarbiy qovushqoqlikka va pishiqlikka ega bo‘lishadi. Bu materiallar tebranma yo‘nalishini tez o‘zgartiradigan kuchlar ta‘siriga bardoshli bo‘lib, ular haroratning keskin o‘zgarishlariga chidamli hisoblanadi. Bu materiallar shunday xossaga egaki, agar ularning hajmiy nuqsonlari 59–60% yetganda ham o‘z boshlang‘ich mustahkamliklarini to‘la saqlay oladilar.

Organik tolali kompozitsion materiallarni tashkil etadigan matritsa va mustahkamlovchining xossalari bir-biriga yaqin bo‘lganliklari uchun ularning issiqlikdan kengayish oqibatida materialda darz ketishlar kuzatilmaydi. Bunda tola va matritsa o‘rtasida bo‘lib o‘tadigan kimyoviy diffuzion ion almashinuvlar materialning deyarli bir xilligini ta‘minlaydi. Bu esa material strukturada mutloqo defektlar bo‘lmasligiga olib keladi. Masalan, boshqa turdagi kompozitsion materiallarda bo‘shliqlar, g‘ovakliklar 10–20% ni tashkil etsa, bu materialda g‘ovakliklar miqdori atigi 1–3% ni tashkil etadi. Bu esa materialning butun hajmi bo‘yicha mexanik xossalarni bir xil bo‘lishligini ta‘minlaydi. Materialning zarbiy qovushqoqligi juda yuqori u 400 – 700 kDj/m² ni tashkil etadi. Bu materiallarning asosiy kamchiligi nisbatan siqilishdagi bardoshligi va yuqori oquvchanligidir.

Organik tolali agressiv kislotali yoki ishqorli muhitlarga yuqori bardoshli bo‘lib, tropik iqlimda uzoq muddat o‘z xossalarini yo‘qotmasdan ishlaydi. Ularning dielektrik xossalari juda yuqori, ammo issiqlik o‘tkazuvchanligi juda yomon. Ko‘pchilik organiktolali kompozitsion materiallar 100–150 °C haroratli, polimid matritsali 200–300 °C haroratgacha bardoshli.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan organiktolali kompozitsion materiallardan tashqari aralashgan organik va shishaorganik materiallar ham ishlab chiqariladi. Bunday materiallar yuqori mustahkamlikka va pishiqlikka ega bo‘ladilar.

Organiktolali kompozitsion materiallar asosan ikki holatda qo‘llaniladi: elektr izolyasiyalovchi va konstruksion material sifatida qo‘llaniladi. Ulardan egiluvchan yuqori bosimlarga bardosh beruvchi

shlanglar, trubalar, har xil hajimdagi idishlar; kimyoviy sanoatda turli ishqoriy va kislotali muhitlarda ishlovchi reaktorlarga himoya qatlami sifatida; kemasozlikda suv osti va suv usti kemalarining korpuslarini mustahkamlovchi qatlamlar; harbiy texnikada raketa korpuslari, tank yopinchiqlari va shunga o'xshash bir qator boshqa uskuna va jihozlarda qo'llaniladi. Oxirgi marta bu materialdan Marsga uchirilgan apparat uchun poroshut yasalgan edi.

Kalit so'zlar:

Kompozitsion, matritsa, mustahkamlovchi, armirlovchi, kar-boshisha, borshisha, organikshisha tolali, g'ovaklik, tartiblangan, cheksiz va qisqa qir qilgan.

Takrorlash uchun savollar

1. Kompozitsion materiallar deb qanday materiallarga aytiladi?
2. Oddiy no metall materiallardan kompozitsion materiallarinig qanday farqi bor?
3. Plastik massalardan kompozitsion materiallarning qanday farqi bor?
4. Kompozitsion materialning matritsasiga qanday vazifa yuklatiladi?
5. Kompozitsion materialning mustahkamlovchisiga qanday vazifa yuklatiladi.
6. Mustaxkamlovchi deganda nimani tushunasiz?
7. Armirlash deganda nimani tushunasiz?
8. Kompozitsion materiallar matritsa turiga ko'ra qanday guruhlarga bo'linadi?
9. Kompozitsion materiallar mustahkamlovchiga ko'ra qanday turlarga bo'linadi?
10. Agar kompozitsion materiallar ikki yoki undanda ortiq komponentlardan tashkil topgan bo'lsa ular qotishmalardan qanday farqlanadi?
11. Kompozitsion materialda mustahkamlovchining foizi ortishi bilan uning xossalari qanday o'zgaradi?
12. Kompozitsion materiallarning elektr o'tkazuvchanligi materialning ko'proq qaysi komponentiga bog'liq?

13. Shisha tolali mustahkamlovchining organik tolalarga nisbatan qanday afzalligi bor?

14. Organik tolaning metall va qotishma asosli tolalarga nisbatan qanday afzalligi bor?

15. Organiktolali kompozitsion materiallarning asosiy kamchiligini ko'rsating?

16. Kompozitsion materiallarning matritsalarini qanday materialdan yasaladi?

17. Kompozitsion materialning mustahkamlovchisi qanday materiallardan ishlab chiqariladi?

18. Kompozitsion materiallarga misol keltiring, undagi matritsa va mustahkamlovchilar nimadan iborat ekaligini, qanday armirlanganligini tushintirib bering?

19. Mustahkamlovchi matritsaga qanday usullarda joylashtirilishi mumkin va ular materialning mustahkamligiga qanday ta'sir ko'rsatadi?

20. Karbotolali kompozitsion materiallar qanday materiallar ularni qanday xossalarni bilasiz?

21. Bortolali kompozitsion materiallar qayerlarda qo'llaniladi, uning asosiy turlari qanday?

22. Matritsa materiallariga qo'yiladigan talablarni keltiring?

23. Mustahkamlovchi materiallarga qo'yiladigan asosiy talablarni keltiring?

3. REZINA MATERIALLARI

Rezina deb maxsus (vulkanizatsiya) ishlov berilgan mahsulot – kauchuk va oltingugurt aralashmasi hamda maxsus qo‘shilmalari bo‘lgan materialga aytiladi. Rezina boshqa konstruksion materiallardan yuqori elastiklik xossasi bilan tubdan farq qilib u bu xossasiga o‘zidagi asosiy komponenti bo‘lgan kauchuk orqali erishadi. U juda yuqori darajada 100% deformatsiyalanish xususiyatiga ega bo‘lib hech qanaqa qoldiqsiz yana joyiga keladi. Normal haroratlarda rezina yuqori elastiklik holatda bo‘lib u bu holatini katta haroratlar oralig‘ida saqlay oladi.

Rezinaning bikirlik moduli 1–10 MPa atrofida bo‘lib u boshqa materiallarga nisbatan ming va hattoki 10 ming marotaba kichik. Rezinanig o‘zgacha xossalari uning juda kam qiymatlarda siqilishi, Puanson koeffitsiyenti 0,4–0,5 va relaksion deformatsiyalanish xususiyati kiradi. Rezina materiallari ko‘p sonli mexanik kuchlanishlarda energiyaning bir qismi material ichki ishqalanish, tebranma harakatlar uchun yutiladi. Buning natijasida rezina materiali qiziy boshlaydi. Masalan juda qalin qatlamga ega bo‘lgan avtomobil shinasini issiqlik o‘tkazish qobiliyati kichikligidan u qiziy boshlaydi va ishlash qobiliyatini susaytiradi. Yuqorida aytib o‘tilgan o‘zgacha xossalardan yana muhimlari shundaki, rezina yuqori yeyilishga bardoshli, uning suv-gaz singuvchan emas, agressiv muhit va eritmalarga bardoshli, yuqori dielektrik va kam zichlikka ega material hisoblanadi.

3.1. Rezinaning turlari va xossalari

Har qanday rezina materialining asosini tabiiy (NK) yoki sun‘iy (SK) kauchuk tashkil etib u materialning xossalarini belgilab beradi. Materialning fizik–mexanik xossalarini yaxshilash maqsadida ularga turli qo‘shimchalar kiritiladi. Shunday qilib, rezina materiali asosan kauchuk va tubda ko‘rilib chiqadigan qo‘shimchalardan tashkil topgan:

1. *Vulkanlanuvchi modda* (agentlar) – materialning fazoviy to‘rsimon yacheyka strukturasi hosil qiluvchi komponentlari.

Odatda bunday moddalarga oltingugurt va selen kirsa, boshqalariga pereks qo'shiladi. Elektrotexnikada qo'llaniladigan rezina materiallariga oddiy oltingugurt o'rniga organik birikmalarning sulfidlari – tiuram kiritiladi.

Vulkanlash jarayonini tezlatish uchun: ko'psulfidlar, qo'rgoshin va magniy oksidlari kiritiladi. Ular bir vaqtning o'zida materialning vulkanlashuviga va uning fizik-mexanik xossalariga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

2. *Eskirishga qarshilik ko'rsatuvchilar* (antioksidanti) – rezina materialning tez eskirishiga to'sqinlik ko'rsatuvchi komponentlari bo'lib ular kimyoviy va fizikaviy ta'sirlashishga ega bo'ladilar. Kimyoviy ta'sirlashuvga ega bo'lganlari rezinadagi kauchukni unga qo'shilgan pereksdan oksidlanib ketishining oldini oladi. Fizikaviy ta'sirlashishda asosan parafin, ari uyasi (vosk) yoki shunga o'xshash moddalar bo'lib ular rezinadagi kauchukni yupqa pardalar bilan himoya qilishi natijasida eskirish sezilarli darajada to'xtaydi.

3. *Yumshatuvchilari* (plastifikatorı) – bu moddalar rezina materialiga boshlang'ich jarayonda, ya'ni birinchi bor unga shakl berishda texnologik jarayonni osonlashtirish maqsadida qo'shiladi. Bunda ular asosan rezina tarkibiga kiritilgan kauchukni shakllanish darajasiga ta'sir ko'rsatib uni yumshoqlantiradi. Bunday moddalarga asosan: parafin, vazilin, sterin kislotasi, bitum (smola), dibutilftalat va o'simlik yog'lari kiradi. Boshlang'ich xom ashyoga rezinaga kiritilgan kauchukning massasidan 8 – 30% yumshatuvchi modda kiritilishi mumkin.

4. *To'ldiruvchilari* – qo'shimcha kiritiladigan to'ldiruvchilar kauchuk bilan ta'sirlashishiga ko'ra aktiv to'ldiruvchi (kuchlantiruvchi) va noaktiv to'ldiruvchi (inert) turlarga bo'linadilar. Aktiv to'ldiruvchilarga: uglerod sajasi, nitrid bo'r sajasi, kremniy kislotasi va sink oksidi kiradi. Ular rezina materialning mexanik xossalarini, ya'ni mustahkamligini, yeyilishga bardoshligini va qattiqligini oshiradi. Noaktiv to'ldiruvchilarga mel, talk va baritlar kirib ular rezina materialining tannarxini pasaytirish uchun xizmat qiladilar.

Bundan tashqari, rezina materialiga eski rezina materiallarini qayta maydalab yangi rezina materialiga kiritishadi – ularga reagentlar deb atashadi. Ular nafaqat materialning tannarxini kamaytirishga, balki mexanik xossalarini oshirish va eskirishini kamaytirish xususiyatiga ham ega bo'ladilar.

5. **Rangberuvchilar** – ular rezina materialiga turli ranglarni berish maqsadida qo‘shiladi. Rang beruvchi moddalar odatda kelib chiqishiga ko‘ra ikki sinfga bo‘linadi – organik meniralli va noorganik. Bu moddalar nafaqat rezina materialiga chiroy berish uchun balki ular quyosh nurining ma‘lum spektridagi nurlarni yutib ayrimlarini qaytarish xususiyatiga ega bo‘lib, rezina materialning eskirishini oldini olishadi.

Rezina materialiga kiritiladigan oltingugurt miqdorini o‘zgartirish orqali turli yacheyk strukturali rezina materiallari olinadi. Masalan: 1–5% C ga ega bo‘lgan rezinaning strukturasi kamtarmoqlangan yacheyka shakliga ega bo‘lib u yuqori elastik va yumshoq bo‘ladi. Rezina tarkibida oltingugurtning foizi ortishi bilan uning strukturadagi tur tarmoqlashib borgan sari materialning yumshoqligi kamayib boradi va nihoyat eng ko‘p 30% oltingugurtga ega bo‘lgan rezina qattiq bo‘lib qoladi – bunday materialga «**ebanit**» deb nom berishgan.

Aralashmani vulkanlashtirish jarayonida undagi polimerning strukturasi o‘zgarishi natijasida materialning fizik–mexanik xossalari shakllanadi. Bunda rezinaning cho‘zilishga bo‘lgan mustahkamligi va kauchukning elastikligi ortadi, ammo uning plastikligi mutlaqo yo‘q bo‘lib ketadi. Masalan tabiiy kauchuk vulkanlashdan oldingi $\sigma_v = 1,0-1,5$ MPa mustahkamlikka ega bo‘lgan bo‘lsa vulkanlashdan keyin uning mustahkamligi $\sigma_v = 35$ MPa teng bo‘ladi.

3.2. Rezina materiallarining xossalariga ko‘ra qo‘llanilishi

1. Umumiy xossaga ega bo‘lgan rezina materiallari va ularning markalanishi.
2. Maxsus rezina materiallari va ularning markalanishi.
3. Issiqbardosh, yorug‘lik–ozonga, yeyilishga bardosh, elektrotexnik rezina materiallari.

3.3 Umumiy xossaga ega bo‘lgan rezina materiallari

Umumiy xossalarga ega bo‘lgan rezina materiallariga asosan vulkanlanuvchi qutubsiz kauchukdan – TK (NK), BSK (SKB), SSK (SKS), ISK (SKI) ishlab chiqarilgan materiallar kiradi.

TK (NK) – tabiiy kauchuk bo‘lib u quyidagi $(C_5N_8)_n$ – kimyoviy formulaga ega bo‘lgan polimerlar turkimiga kiradi. U yog‘larda va aromatik erituvchilarda: benzin, benzol, xloroform va oltingugurt vodrot moddalarida yelim xossasiga ega bo‘lgan suyuq eritmaga aylangan holda eriydi. Bu kauchuk 80–100°C haroratgacha qizdirilganda yuqori plastiklik holatga o‘tadi va 200°C gacha qizdirilganda kimyoviy parchalana boshlaydi. Tabiiy kauchuk – 70°C sovuqda juda mo‘rt bo‘lib qoladi, odatda tabiiy kauchuk amorf jismlar safiga kiradi, ammo u uzoq muddat saqlansa asta sekin kristallana boshlaydi. Materialning tarkibida kristall faza u cho‘zilganda ham hosil bo‘lishi mumkin, bu esa uning mustahkamligini keskin oshiradi. Tabiiy kauchukdan rezina olish uchun u oltingugurt bilan birga vulkanlashtirish zarur. Tabiiy kauchuk o‘zining yuqori elastikligi, mustahkamligi, suv va gaz o‘tkazmasligi hamda yuqori elektr izolyasiyalovchi xossalari bilan boshqa turdagi kauchuklardan ajralib turadi. Uning solishtirma elektr qarshiligi $\rho = 3 \cdot 10^{14} - 23 \cdot 10^{18} \text{ Om} \cdot \text{sm}$ ga teng.

BSK (SKB) – butadien sun‘iy kauchuk – u $(C_4N_6)_n$ – kimyoviy formulaga ega bo‘lib kimyogar va materialshunos S.V. Lebedev usulida ishlab chiqariladi. Bu material kristallanmaydigan kauchuk bo‘lib, uning cho‘zilishdagi mustahkamligi juda kichik bo‘lgani uchun undan rezina ishlab chiqarishda material tarkibiga kuchaytiruvchilar kiritilishi shart. Uning sovuqqa bardoshligi kichik va –45 °S ni tashkil etadi.

SSK (SKS) – butadienstirolli sun‘iy kauchuk – bu kauchuk butadien (C_4N_6) va stirolni $(CN_2 = CN - C_6N_5)$ birgalikda polimerlash natijasida olinadi. Bu kauchuk ishlab chiqarishda keng tarqalgan umumiy xossalarga ega bo‘lgan material. Kauchukning tarkibidagi stirol miqdoriga ko‘ra uning quyidagi: SKS–10, SKS–30, SKS–50 markalari ishlab chiqariladi. Bunda materialning fizik–mexanik xossalari uning tarkibidagi stirol miqdoriga qarab o‘zgaradi. Masalan stirolning foyizi ortgan sari materialning mustahkamligi orta boradi, ammo uning sovuqqa chidamliligi pasaya boradi. Ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladigan kauchukning markasi SKS–30 hisoblanadi chunki uning eskirishga qarshiligi va tez deformatsiyaga ishlashligi boshqa markalarnikidan ancha yuqori hisoblanadi. Gaz singuvchanligi va dielektrikligi bo‘yicha u tabiiy kauchukka tenglasha oladi. SKS–10 markali kauchukning sovuqqa bardoshligi yuqori –77 °C ni tashkil etadi. Agarda bu materialga ma‘lum xossalarga ega bo‘lgan

to'ldiruvchi qo'shilsa uning mexanik xossalari sezilarli ravishda oshadi.

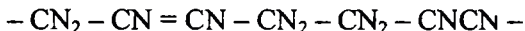
ISK (SKI)—izopren sun'iy kauchugi $-C_5N_8$ izoperenning polimerlashuvidagi mahsuloti. Bu kauchukni maxsus katalizatorlar yaratilgandan keyin olishga muvaffaq bo'lindi. SKI – kauchugi o'zining kimyoviy va fizika–mexanik xossalariiga ko'ra tabiiy kauchukka juda yaqin. Sanoat miqyosida ishlab chiqariladigan markalaridan SKI–3 va SKI–3P bo'lib, ularning xossalari tabiiy kauchuk xossalari bilan deyarli bir xil. SKI–3D – elektrokabellar uchun qoplama, SKI–3V – markasi esa vakuum texnikasi uchun rezina sifatida ishlab chiqariladi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan umumiy xossalarga ega bo'lgan rezina materiallari suvda, havoda, kislotada va ishqorlarda qo'llanilishi mumkin bo'lib, ularning qo'llanilishdagi harorati -35 dan 130 °C gacha. Bu rezinalardan asosan avtomobil shinalari, turli maqsadlarda qo'llaniladigan tasmalar (remen), konveyrlar lentalari, elektr simlarining qoplamalari va har xil radio–televideniye detallari tayyorlanadi.

3.4. Maxsus xossaga ega bo'lgan rezina materiallari

Maxsus xossaga ega bo'lgan rezina materiallari qo'llanilishiga ko'ra quyidagi turlarga: moy-yoqilg'i bardosh, issiqbardosh rezinalar, yorug'lik–ozonga bardosh rezinalar, yeyilishga bardosh rezinalar, elektrotexnik rezinalar va gidravlik suyuqliklarga bardoshli rezinalarga bo'linadi.

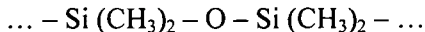
Moy-yoqilg'i bardosh rezinalar – bu rezinalar maxsus SKN kauchugidan ishlab chiqariladi. SKN – butadiennitril kauchugi bo'lib u butadien va akril kislotada nitrilining birgalikdagi polimerlashuv mahsuloti:



Kauchukning tarkibiga ko'ra, quyidagi SKN–18, SKN–25, SKN–40 markali turlari ishlab chiqariladi. Bu kauchuk molekulasining tarkibida CN – bo'lishligi unga qutubli xossalarga ega bo'lishligini ta'minlaydi. Kauchukning qutublilik darajasi ortgan sari uning kimyoviy va mexanik xossalari orta boradi va u bilan birga uning sovuqqa bardoshligi kamaya boradi. Masalan SKN–18 ning sovuqqa bardoshligi -50 dan -60 °C gacha, SKN–40 esa -26 dan -28 °C gacha. Bu kauchuk ham oltingugurt bilan vulkanlashtiriladi.

SKN – asosli rezina materiallari yuqori mustahkamlik $\sigma = 35$ MPa, yaxshi yeyilishga bardosh bo‘lsa-da elastiklik xossasiga ko‘ra tabiiy kauchukdan pastroq. Bu rezina benzin, kerasin, turli moylar ta‘siriga bardoshli bo‘lib -30 dan 130°C haroratgacha qo‘llash mumkin. Bu rezinadan asosan turli tasmalar, konveyr lentalari, yoqilg‘i quyish shoxobchalarida ishlatiladigan turli shlanglar, proklatkalar, zichlagichlar ishlab chiqariladi.

Issiqbardosh rezinalar – SKT – kauchugi asosida ishlab chiqariladi. SKT – sun‘iy issiqbardosh kauchuk bo‘lib kremniyorganik birikma, uning kimyoviy formulasi quyidagidek:



Bu kauchuk perekslar yordamida vulkanlashtiriladi va unga oq saja – nitrid bo‘r qo‘shilib kuchlantiriladi. Bu kauchukning molekulyar zanjiridagi siloksan guruh mustahkam bog‘i kauchukka yuqori issiqbardoshlikni ta‘minlaydi. SKT – kichik qutublanish darajasiga ega bo‘lgani uchun u juda yaxshi dielektrik hisoblanadi. Uning ishlash harorati -60 dan 250°C gacha. U erituvchilarda shishib ularni shimib olishi natijasida mustahkamligi va yeyilishga bardoshligi keskin yomonlashib qoladi. Ammo issiq va sovuq suvlarni uzatish uchun juda yaxshi shlanglar ishlab chiqariladi.

Yorug‘lik–ozonga bardosh rezinalar – ftorli, etilen–propilenli to‘yingan kauchuklar va butilkauchuk asosida ishlab chiqariladi.

Ftorli to‘yingan kauchuk – $\text{CF}_2 = \text{CFCl}$, $\text{CH}_2 = \text{CF}_2$ to‘yinmagan ftorli uglevodorodlarning sopolimerlash natijasida ishlab chiqariladi. Vatanimizda ishlab chiqariladigan turlari SKF–32, SKF–26 toifada markalanilsa, chet ellarda «F» harflari yordamida markalanadi. Bu rezinadagi kauchuklar: hatto yuqori haroratlarda ham issiqlik ta‘siridan eskirishga juda bardoshli, turli yoqilg‘i, moy va erituvchilar ta‘siriga chidamli. Ular vulkanlashuv jarayonidan o‘tkazilgandan keyin juda yuqori yeyilishga bardoshlikni namoyon qiladilar. Uzoq muddat 300°C da qo‘llanilishi mumkin. Shunga qaramasdan uning asosiy kamchiligiga – kichik elastikligi va ba‘zi tormozlovchi suyuqliklarga bardoshi kamligida.

Yeyilishga bardoshli rezinalar – bu rezina SKU– poliuritan asosli kauchuklardan ishlab chiqariladi. Chunki bu kauchuk juda yuqori mustahkamlikka, elastiklikka, yeyilishga va turli yoqilg‘i moylar ta‘siriga bardoshli. Bu kauchugning tarkibida to‘yinmagan bog‘lanishlar bo‘lmagani uchun u kislorod va ozon ta‘siriga juda

bardoshli. Uning gazsinguvchanligi tabiiy kauchuknikidan 10–20 barobar yuqori, ishlash harorati esa -30 dan 130 °C ni tashkil etadi.

SKU – kauchugi asosida avtomobillar uchun juda sifatli shinalar, tufli va batinkalarning padoshlari, abraziv zarrachali mahsulotlarni transportirovka qilish uchun konveyr lentalar, quvurlar va shunga o‘xshash buyumlar ishlab chiqariladi.

Elektrotexnik rezina – bu rezinalar yoki elektr tokini mutloq o‘tkazmaydigan yoki elektr tokini yaxshi o‘tkazadigan rezinalar bo‘lishi mumkin.

Elektr o‘tkazmaydigan rezinalar – asosan elektr uzatuvchi simlar, turli dastgohlar elektr izolyasiyasi, tok o‘tkazmaydigan qo‘lqop va oyoq kiyimlari TK, SKB; SKS, SKT va butilkauchuk asosida olingan rezinalardan ishlab chiqariladi. Ularning elektrqarshiligi $\rho=10^{11} - 10^{16}$ Om·sm, dielektrik singuvchanligi $\epsilon = 2,5 - 4$, atrofida bo‘ladi.

Elektr tokini o‘tkazuvchi rezinalar – NK, SKN, SKN–26 – kauchuklarning tarkibiga uglerod sajasi va grafit kiritish yo‘li bilan ishlab chiqariladi. Bunda grafitning miqdori kamida 65–75%ni tashkil etishi kerak. Ularning elektr qarshiligi $p=10^2 - 10^4$ Om·sm dan katta bo‘lmasligi talab etiladi.

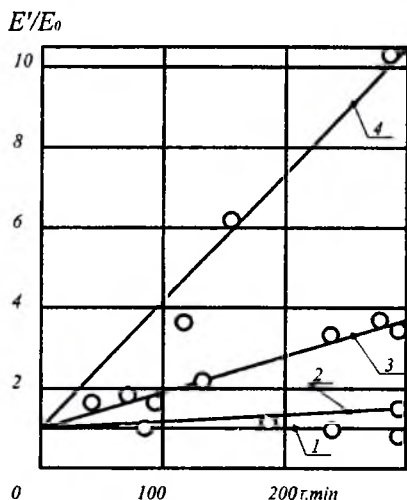
Yuqorida ko‘rib chiqqilgan rezinalar gidravlik suyuqliklar, moy, benzin ta’siriga turg‘un bo‘lib ulardan asosan harakatlanuvchi detallarni bir-biri bilan ulanish joylaridagi prokladkalar, zichlagichlar ishlab chiqarishda foydalaniladi.

3.5. Eksploatatsion sharoitining rezina xossalariga ta’siri

Eksploatatsion sharoitlarda rezina materiallarida turli: yorug‘likdan, ozondan, issiqlikdan, radiatsiyadan va vakuumdan eskirish jarayonlari bo‘lishligi ularning ishlash qobiliyatini kamaytirib, strukturasida qaytalanmaydigan o‘zgarishlarga olib keladi. Rezina materiallarining eskirishga qarshilik ko‘rsatish qobiliyati u yasalgan kauchukning to‘yinmaganlik darajasi, makromolekularining bikirlik darajasi, zanjirdagi kimyoviy bog‘ning mustahkamligi va materialning orientatsion hamda kristallanish darajalari bilan belgilanadi. Rezina materiallarning eskirishi ularning: mustahkamligi va cho‘ziluvchanligi, cho‘zilgach o‘z shaklini qayta tiklash qobiliyatini pasaytirishi va yeyilishga bardoshliligi keskin kamayishi bilan baholanadi.

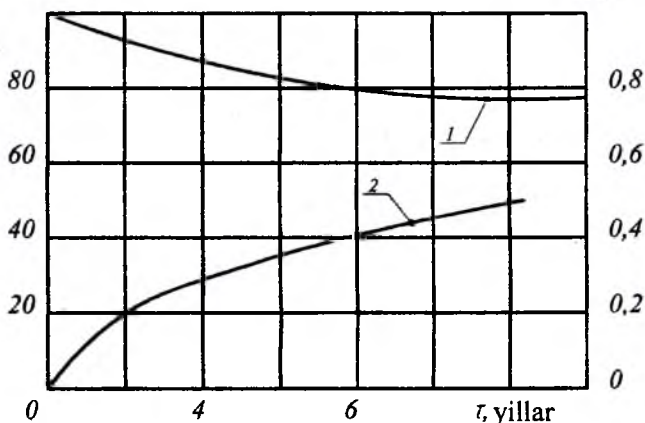
Kristallanadigan tabiiy, butil, xloropen va SKI kauchuklarning mustahkamligi 20–30 MPa ni tashkil etadi. Ularning dinamik kuchlanishlarga nisbatan uzoq ishlash muddati asosan toliqishga ishlash qobiliyati bilan aniqlanadi.

Atmosfera ozonning ta'siri ostida to'yinmagan kauchukdan olingan rezina tashqi va ichki kuchlanishlar natijasida darzlar paydo bo'lib parchalanadi. Bunday sharoitlarga asosan SKF, SKT, EP – markali kauchukdan olingan rezinalar qo'llaniladi. Quyosh yorug'ligi ta'sirida kauchukda foto–oksidlanish yuz beradi. Agar unga yana issiqlik ta'sir qilayotgan bo'lsa bu jarayon yana jadallanadi. 3.1-rasmda SKB – kauchugining harorat va yorug'lik ta'sirida material cho'ziluvchanligini o'zgarish diagrammasi keltirilgan.



3.1-rasm. SKB kauchugining yorug'lik nuri ta'sirida ularning cho'zilishga bo'lgan mustahkamligining pasayish diagrammasi: 1 – 25 °C da yorug'liksiz; 2 – 80 °C da yorug'liksiz; 3 – 25 °C yorug'likda va 4 – 80 °C yorug'likda

Rezining eskirish jarayonining jadalashuvi rezina holatiga bog'liq. Masalan rezina bo'sh turgan holda uning eskirishi juda sekin bo'lib o'tsa u tortilgan, ya'ni cho'zilgan sharoitida atrof muhit ta'sirida uning eskirishi jadal kechib o'tadi.

$\varepsilon_{\text{asi}}, \%$ K_p 

3.2-rasm. Rezina materialining cho‘zilgan va erkin holatlarda ularda eskirishning jadallashuvini ko‘rsatuvchi diagramma. 1 – eskirish jadalligini o‘zgarishi; 2 – qoldiq deformatsiya paydo bo‘lishligi

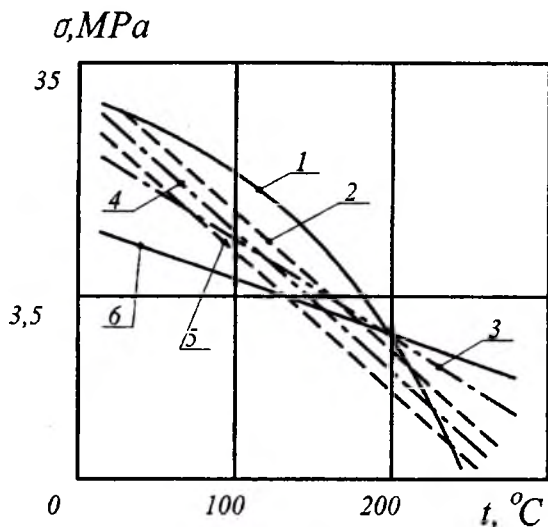
Diagrammadan ko‘rinadiki u qancha cho‘zilsa u vaqt o‘tgan sari o‘z tarangligini yo‘qotyapti. Demak, cho‘zilishga ishlayotgan rezinaning eskirish jarayoni erkin turgan rezina materialiga nisbatan 2–3 barobar jadalroq bo‘lar ekan.

Juda ko‘plab rezinalar vakuum hosil qilish qurilmalarida qo‘llaniladi. Shuning uchun rezina materiallari vakuum sharoitida uning xossalarini qay darajada o‘zgartirishi haqidagi ma‘lumot juda muhim hisoblanadi. Bundan tashqari, rezinaga vakuum sharoitida ham issiqlik va atrof muhitdagi agressiv moddalar katta ta‘sir ko‘rsatadi. Rezinaning ozon ta‘siriga bardoshligini unga turli ingredientlar va himoya qoplamlar bilan qoplash orqali erishiladi. Rezina materiallari uzoq vaqt omborxonalarda saqlangan bo‘lsa uni ishlatishdan oldin cho‘zishga sinab ko‘rishadi, agar uning cho‘zilishdagi mustahkamligi talabda ko‘rsatilgandan 80% kam bo‘lsa u jadal eskirgan hisoblanadi.

Issiqlik ta‘siri – polimerlarning issiqqa bardoshligi uning strukturasiidagi makromolekulalararo kimyoviy bog‘ning mustahkamligi bilan izohlanadi. Kauchuklarning issiqqa bardoshligi quyida keltirilgan qatorda aks etgan: tabiiy kauchuk (NK) < butil tabiiy kauchuk (BNK), butil sun‘iy kauchuk (BSK) < propilenli sopolimer

etilen (SKEP), < ftorli kauchuklar (SKF) < sun'iy issiqbardosh kauchuk (SKT).

Nisbatan yuqori haroratlarda (150°C) organik tarkibga ega bo'lgan rezinalar o'z mustahkamligini 1–10 soat davomida keskin pasaytirs, SKT – kauchugidan olingan rezinalar bu haroratda uzoq muddat o'z xossalarini pasaytirmasdan ishlashi mumkin. O'rta haroratlarda silakson rezinasining mustahkamligi organik tarkibga ega bo'lgan rezinalardan juda past, ammo 200°C da ularning mustahkamligi tenglashadi. Harorat yana $250\text{--}300^{\circ}\text{C}$ ko'tarilganda uning mustahkamligi yana ko'tarila boshlaydi. Demak, SKT – kauchugidan olingan rezining xossasi boshqa barcha kauchuklardan ishlab chiqarilgan rezina materiallaridan ustunroq bo'lar ekan.



3.3-rasm . Qizdirish haroratining rezina mustahkamligiga ta'siri:
1 – NK; 2 – xlropen; 3 – butilkauchuk; 4 – SKS; 5 – SKN; 6 – SKT.

Yuqori harorat ta'siri natijasida kauchukning makromolekula strukturasi destruksiya yuz beradi. Bunda ulardan turli tarkibga ega bo'lgan suyuqliklar yoki gazlar ajralib chiqadi. Buning natijasida unda issiqbardoshlik xossa paydo bo'ladi. Juda yuqori xaroratlargacha qizdirilganda rezina materiallarining turg'unligi ularning ma'lum vaqt

ichida o'zining qancha vaznini yo'qotishi bilan izohlanadi. Masalan tabiiy (NK) va izopren sun'iy kauchugi (SKI) 330°C haroratda 30 minut ichida o'zining 50% massasini yo'qotsa, SKD – 410°C da 50% massasini yo'qotadi.

Sovuq haroratning ta'siri – bu haroratlarda rezinaning yuqori elastik xossasi kamayib, hattoki mutlaqo yo'qolib shishasimon holatga o'tib qoladi, buning natijasida materialning mo'rtligi ming va hattoki 10 ming marotaba ortib ketadi. Juda past haroratlarda ishlashligi rezinaning sovuqbardoshlik koeffitsiyenti bilan izohlanadi. Bu koeffitsiyent rezinaning barcha xossalariга tegishli bo'ladi. Masalan: $K_{s_{sil}}$ – siljish, $K_{s_{skl}}$ – siqilish, $K_{s_{chuz}}$ –cho'zilishdagi sovuqqa bardoshlik koeffitsiyentlari. Rezina materiallarida sovuqqa bardoshlik koeffitsiyentlari quyidagi tartibda bo'ladi: $K_{s_{sil}} < K_{s_{skl}} < K_{s_{chuz}}$.

Vakuum ta'siri – aksariyat rezina materiallari prokladkalar sifatida turli haroratlarda ishlatiladi. Bunda vakuum sharoitini yoki yuqori bosimni ushlab turishi muhim xossalardan hisoblanib ularning gazinguvchanligi yoki gaz chiqarishi bilan izohlanadi. Bunda ular ma'lum darajada o'zlarining massasini yo'qotishadi. Bu esa rezinaning qanday kauchuk asosida ishlab chiqarilganiga bog'liq bo'ladi.

Rezina materiallarining vakuumga turg'unligi bo'yicha ularni shartli ravishda 3 guruhga bo'lish mumkin:

1. vakuumga juda turg'un – SKI-3, SKD, SKMS-10, SKEP, SKF-26, SKTF-50, SKTFT-100;
2. Vakuumga turg'un – SKT, SKTV-1, SKTFV-803;
3. Vakuumga turg'un emas – SKU, PXP, SKN-40, SKF-32.

Ishlab chiqarish korxonalarida vakuum zichlagichlar yoki yuqori bosimni himoya qiluvchi prokladkalar sifatida asosan NK, SKI-3, SKN-26, SKF-26 kauchuklar asosida ishlab chiqarilgan rezina materiallaridan foydalaniladi.

Kalit so'zlar:

Vulkanlar, porimerlash, tabiiy, sun'iy, antioksidantlar, ozonbardosh, rentgenbardoshlik, butadien, butadienstirolli, izopren.

Takrorlash uchun savollar

1. Rezina deb qanday materiallarga aytiladi?
2. Rezina materiallarining qanday turlarini bilasiz?

3. Kauchuklarning qanday turlarini bilasiz?
4. Tabiiy kauchuk bilan sun'iy kauchukning qanday farqi bor?
5. Tabiiy kauchukning afzalligi va kamchiligi?
6. Sun'iy kauchukning afzalligi va kamchiligi?
7. Rezina materialining tarkibi qanday va ular nima uchun alohida guruhga kiritilgan?
8. Vulkanlash nima va nima hisobiga sodir bo'ladi?
9. Vulkanlash jarayonida materialning fizik-mexanik xossasi qanday o'zgaradi?
10. Sun'iy ravishda ishlab chiqariladigan kauchuklar nomlari qo'llanilish sohasini keltiring?
11. Maxsus xossaga ega bo'lgan rezina materiallari haqida ma'lumot bering?
12. Agar rezina materiali moyga turg'un bo'lsa, qanday rezina turiga kiradi?
13. Issiqqa bardosh rezinaning tarkibi bilan umumiy xossaga ega bo'lgan rezina tarkibida qanday farq bor?
14. Yorug'lik va ozonga bardosh rezina materiallari qanday kauchuk asosida ishlab chiqariladi?
15. Yeyilishga bardosh rezina qanday kauchuk asosida ishlab chiqariladi?
16. Elektrotexnik rezina qanday maqsadlarda ishlab chiqariladi?
17. Rezina materialining fizik-mexanik xossalariga yorug'lik qanday ta'sir ko'rsatadi?
18. Rezina materiali eskirishi mumkinmi?
19. Atrof muhit harorati rezina materiali xossalariga qanday ta'sir ko'rsatadi?
20. Rezinaning vakuumga turg'un turlarini keltiring?
21. Rezina materiallarini vakuumga turg'unligi bo'yicha qanday turlarini bilasiz?
22. Sovuq harorat rezinaga qanday ta'sir ko'rsatadi?
23. Tabiiy kauchuk asosida olingan rezina $330\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha qizdirilsa nima kuzatiladi?

4. NOORGANIK POLIMER MATERIALLAR

Noorganik polimer materiallarga grafit, mineral shisha, stallar, keramika materiallari kiradi. Bu materiallar: olovda yonmaslik, yuqori issiqlikga bardoshlik, kimyoviy moddalarga bardoshlik, eskirmaslik, yuqori qattqlik, siqilishga chidamlilik xossalarga ega bo'lishadi. Ammo bu materiallar juda mo'rt, o'zgaruvchan haroratlarga va yuklamalarga kam bardoshli, organik polimerlarga nisbatan yuqori zichlikga ega hisoblanadi.

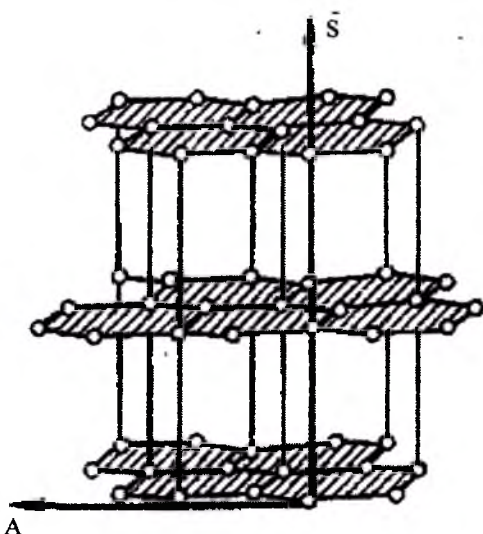
Asosiy noorganik polimerlarga asosan metallarning oksidlari va ularning kislorodsiz birikmalari kiradi. Bularning ichida ko'pchiligi kisloroddan tashqari kremniy va boshqa elementlari bo'lgani uchun ularga umumiy ravishda silikatlar deb nom berishgan. Hozirgi paytda silikatlardan tashqari sof oksidlardan tashkil topgan materiallar ham ishlab chiqarilmoqda. Bularga: alyuminiy, magniy, sirkoniy va shunga o'xshash metallarning sof oksididan olingan materiallar misol bo'la oladi.

4.1 Grafit

Grafit – bu uglerodning allotropik shakillaridan biri bo'lib u kristallik polimer noorganik nometall materiallar turkumiga kiradi. U parallel qatlamlardan iborat geksagonal kristall panjara hosil qiladi. Bu panjaraning fazoviy ko'rinishi 4.1-rasmda ko'rsatilgan.

Panjaraning har bir tugunlarida bittadan atom joylashgan bo'lib ular orasidagi masofa 0,143 nmni tashkil etadi. Bu tugunlarda atomlar bir-biri bilan juda mustahkam kovalent bog'ga ega. Panjara qatlamlar orasidagi masofa esa 0,335 nmni tashkil etib ular bir-biri bilan Van-der Vals kuchlari bilan ta'sirlashgan. Bundan tashqari, qatlamlar orasida erkin elektronlar bor. Grafit kristall panjarasining bunday tuzilishi materialga o'zgacha xossalarga ega bo'lishligini ta'minlaydi. Masalan har bir qatlam tekisligidagi geksagonal tugundagi atomlarning bir-biri bilan kovalent bog'langani uchun ular juda mo'rt bo'lib nometall xossalarga ega bo'lishlikni ta'minlasa, qatlamlar oralig'ida joylashgan erkin elektronlar materialga elektr va issiqlik o'tkazuvchanlik va

yaltiroq bo'lishlikni ta'minlaydi. Qatlamlarning bir-biri bilan molekulyar bog'i materialga yumshoqlik berib kichik tashqi kuchlar ta'sirida qatlamlarni bir-biri bilan oson ajralishini ta'minlaydi.



4.1-rasm. Grafitning geksagonal kristall panjarasi. A va S – uning kristallografik o'qlari

Grafit atmosfera bosimi ostida juda yuqori haroratlargacha qizdirilganda ham erimaydi, lekin 3700 °C haroratgacha qizdirganda erish jarayonini qoldirib u bug'lanishga o'tadi. Grafit materialini faqat yuqori 10 MPa bosim ostida 4000 °C haroratgacha qizdirilganda eriydi.

Grafit tabiatda keng tarqalgan material bo'lib u sun'iy ravishda ham ishlab chiqariladi. Tabiiy qazib olingan grafitning sifati unchalik yuqori bo'lmaydi, chunki unda begona elementlar bo'ladi. Shuning uchun bu grafit materiali antifriksion yoki elektrotexnik material sifatida ishlatiladi. Sun'iy grafit ikkita asosiy guruhga: texnikaviy grafit guruhi va pirolitik (maxsus jarayon prolyzdan o'tkazilgan) grafitga bo'linadi. Bu guruhdagi grafitlar kristall panjaralari deyarli

uksonsix, anizotropik xossalarga ega bo'lgan yuqori temperaturalarga bardoshli konstruksion material hisoblanadi.

Sun'iy texnik grafit – materiallarini ishlab chiqarishda qo'llaniladigan asosiy xomashyo materiali – neft koks va toshko'mir smolasi. Bunda toshko'mir smolasi grafit materialini ishlab chiqarishda bog'lovchi vazifasini o'taydi. Sun'iy konstruksion texnik grafit ishlab chiqarish uchun: oldin neft koksi yaxshilab maydalanib kukun holiga keltiriladi, maydalangan neft koksiga toshko'mir smolasi qo'shib birga qoriladi, qorishmani yana kukun holiga keltirilb ulardan press-shakl yordamida turli detallar presslanib tayyorlanadi; presslanib tayyorlangan shakllar, oddiy qo'llanilishga ishlaydiganlari 1200°C – haroratgacha qizdiriladi, murakkab sharoitlarda qo'llaniladigani 3000°C haroratda qizdirib ishlab chiqariladi. Sun'iy ravishda ishlab chiqarilgan grafit material to'la ravishda anizotropik xossalarga ega bo'ladi va konstruksion material sifatida turli sohalarda qo'llaniladi. Jumladan: elektr poezdlarda, tramvay trolleybuslarda sirpanuvchi elektr kontakti sifatida keng qo'llaniladi.

Pirolitik grafit – bu grafit materiali kukunsimon material bo'lib uni uglerod-vodorodli gazlaridan qayta ishlash natijasida ishlab chiqariladi. Buning uchun metan gazi yuqori $1000\text{--}1200^{\circ}\text{C}$ haroratgacha qizdirilib uglerod va vodorodga parchalaniladi, gazdan ajralib chiqqan uglerod keramik yuzaga yopisha boshlaydi. Bu jarayonga piroliz deb nom berishgan. Keramik yuzaga o'tirgan uglerod undan kirib olinadi natijada pirolitik grafit kukuni hosil bo'ladi.

Texnikaviy grafit materiallari sifatini oshirish maqsadida ular qayta kristallanish jarayonida o'tkaziladi. Buning uchun grafit yoki pirolitik grafit kukunlari maxsus reaktorga solinib 50 MPa bosim ostida 2500°C haroratgacha qizdiriladi. Qizdirish natijasida grafit qayta kristallana boshlaydi. Bunda uning strukturasi nazariy strukturaga erishib zichligi orta boshlaydi. Qayta kristallangan grafit materiali yuqori mustahkamlikka ega bo'lib uning barcha fizik-mexanik xossalari yaxshilanadi.

Sun'iy grafitning fizik-mexanik xossalari. Sun'iy ishlab chiqarilgan grafit xossalari asosan chiqarilgan xomashyo sifatiga, ishlab chiqarish texnologiya turiga, erishilgan zichlikka va erishilgan kristall struktura sifatiga bog'liq bo'ladi.

Grafit osongina kristall parallel qatlamlaridan ajraladi. Uning qattiqligi unchalik yuqori emas. Zichligi esa, g'ovakli grafit uchun

200 – 1200 kg/sm³, konstruksion turi uchun 1500–1850 kg/sm³ tashkil etadi, pirografitning zichligi esa 1950 – 2200 kg/sm² tashkil etib u deyarli nazariy qiymatga (2265 kg/sm³) yetishadi. Grafit materiallarining g'ovaklik darajasi 80% ga yetishi mumkin.

Hozirgi paytda sanoatda ishlab chiqariladigan grafit materiallarining asosiy fizik–mexanik xossalari 4.1-jadvalda keltirilgan.

4.1-jadval

Sun'y grafitning asosiy fizik-mexanik xossalari

Grafit turlari	Zichligi kg/m ³	G'ovakligi, %	Mustahkamlik chgarasi, МПа			Bikirlik moduli, ГПа	Issiqlik o'tkazuv., Vt/(m K)	Issiq. Kengayish koef. 10 ⁻⁶
			Cho'zishda	Siqishda	Egishda			
PROG	1640	24	10.2	50,3	17	8,75	3,56	1,9–5
PG–50	1020	52	5,2	11,6	7.5	1,7	–	–
Piro–grafit	2200	1,5	114	150	105	112	372	23,5

Grafit materiallariga mo'rt bo'lishlik xos, chunki ular nometal materiallar qatoriga kirgan. Uning siqilishga bo'lgan mustahkamligi cho'zilishdagi va egilishdagi mustahkamligidan yuqori. Grafit o'zgacha xossalardan biri, u qizdirilganda mustahkamligini oshiradi. Masalan, grafit 2200 – 2400°C gacha qizdirilganda uning mexanik mustahkamligi 2 barobar oshadi va u erish yoki bug'lanish haroratigacha ushlanib turadi.

4.2. Noorganik shisha materiallari

Noorganik shisha o'zgacha qotgan murakkab kislotali va asosli oksidlarning juda yuqori qovushqoqlikka ega bo'lgan qotishmalari. Moddalarning shishasifat holati bu amorf jismlarning bir turi bo'lib,

bunday moddalar asosan erigan holatda ham, qotgan qolatda ham, uni tashkil etuvchi ion yoki molekullari bir-biriga nisbatan betartib joylashgan bo'лади. Shuning uchun noorganik shishalarning tarkibi va ichki tuzilishi betartib shaklga ega.

Materialning shisha hosil qiluvchi asosi, SiO_2 kremniy oksidining fazoda noto'g'ri tuzilishga ega bo'lgan panjara turini hosil qiladi. Turdagi kremniyning ionlarini qisman alyumin yoki borgan almashtirish natijasida alyuminoselikatli yoki boraselikatli shisha materialli hosil bo'лади. Bunda shishaga kiritilgan ishqorlarning ionlari masalan, kaliy, natriy va ishqoriy yer elementlari: kalsiy magniy va bariy modifikatorlar deyiladi. Ular struktura turida asosan oraliq joylarni egallashadi. 4.2-rasmda shishani tashkil etuvchi atom va ionlarning fazoda joylashuvi ko'rsatilgan.



4.2-rasm. *Shishaning ichki struktura ko'rinishi*

Shishalar asosan: 1– shisha hosil qiluvchi modda turiga, 2– modifikator tarkibiga va 3–qo'llanishiga ko'ra sinflarga bo'linadi.

Noorganik shisha tarkibiga shisha turini hosil qiluvchilar: kremniy oksidi, bor, fosfor, germaniy, mushyak va modifikatorlardan: natriy, kaliy, litiy, kaltsiy, magniy, bariy oksidlari kiradi – bu modifikatorlar yordamida shisha materialiga u yoki bu fizik-mexanik

xossalar beriladi. Bundan tashqari, shishaga alyuminiy, temir, qo‘r-goshin, titan oksidlari ham kiritilishi mumkin. Bu oksidlar mustaqil tur yasamasida ular turlardagi oraliq joylarida joylashib materialni mustahkamlaydi. Shundan kelib chiqqan holda aytish mumkinki shisha juda murakkab ko‘p komponentli sistema deyish mumkin.

Shisha turini hosil qiluvchi moddalar kimyoviy kelib chiqishiga ko‘ra selikatli SiO_2 , alyuminoselikatli $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, alyumino-boraselikatli $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{V}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, borselikatli $\text{V}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, alyuminfosfatli $\text{V}_2\text{O}_3 - \text{R}_2\text{O}_7$, va boshqalar. Modifikatorlanganligi bo‘yicha: ishqoriy, ishqorsiz va kvarsli turlarga bo‘linadi.

Shishalar qo‘llanilishiga ko‘ra: **1-texnik shisha**, (optik texnik shisha, svetotexnik shisha, elektrotexnik shisha, kimyo laboratoriya shishalari, dastgoh shishalari va truba shishalari), **qurilish shishalari** (deraza shishalari, idish shishalari, shisha bloklar va armirlangan shishalar), **maishiy ish shishalari** (shisha taralar, idishlar va ko‘zgu shishalari).

Texnik shishalar asosan alyumin bor selikatli to‘g‘ridan to‘g‘ri kelib, ularga turli oksidlar qo‘shiladi va tayyor yarim mahsulot sifatida ishlab chiqariladi.

4.2.1. Shishalarning umumiy xossalari

Shisha qizdirilganda uning, erishi ma‘lum bir temperatura oraliq‘ida sodir bo‘ladi, aynan qanday temperaturalarda sodir bo‘lishligi uning tarkibiga bog‘liq bo‘ladi. Ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan selikatli shishalarning yumshashligi $600-800^\circ\text{C}$ va $100-1100^\circ\text{C}$ haroratlarda qizdirish shishalarga texnologik operatsiyalarni bajarish imkonini beradi. Shisha va umuman amorf moddalarning xossalari izotrob hisoblanadi ularning zichligi 2200 dan 6500 kg/m^3 atrofida bo‘ladi qo‘rg‘oshin yoki bariy oksidiga ega bo‘lgan shishalarning zichligi esa 8000 kg/m^3 ga yetishi mumkin.

Shishalarning mexanik xossasi asosan siqilishga yuqori qarshilik ko‘rsatishi $500-2000 \text{ MPa}$, cho‘zilishda juda past $30-90 \text{ MPa}$ va egilishda esa $50-150 \text{ MPa}$ qiymatlarni ko‘rsatadi. Shishaning bikirlik moduli yuqori u $45-100 \text{ MPa}$ tashkil etadi. Shisha materiallarning qattiqligi asosan Moos shkalasiga ko‘ra yuza qatlamini tirnash orqali aniqlanadi. Uning qattiqligi $5-7$ Moos birligiga teng Masalan, olmosning qattiqligi 10 Moos ga teng. Shishaning zarbiy qovush-

qoqligi juda kichik bo'lib, $1,5-2,5 \text{ kDj/m}^3$ ga teng bo'lib juda mo'rt material. Bundan yuqori ko'rsatgichlarni faqat ishqorsiz shishalar va kvars berishi mumkin.

Shishaning eng muhim xossalariga ularning optik xossalari: shaffofligi, nur qaytarishi, nurni parchalashi, nurni yutishi va uni sindirishi kiradi. Oddiy bo'yalmagan shisha o'zidan: 90% yorug'lik nurini o'tkazib, 8% ini qaytaradi va 1% nurni yutadi. Bunda oddiy shisha ultra binafsha nurini 100% yutsa kvars shishasi ultra binafsha nurini o'tkazadi. Shishaning nur sindirish ko'rsatgich koeffitsiyenti $1,47-1,96$ ni tashkil etadi. Juda ko'p qo'rg'oshin oksidi qo'shilgan shisha rengen nurlarini yutish xossasiga ega bo'ladi.

Shishaning issiqqa bardoshligi asosan uning shu haroratlarda uzoq muddat ishlashligi bilan belgilanadi. U shu harorat o'zgarish qiymati bilan aniqlanadi. Masalan, shishani suvda qizdirib 0°C gacha sovitilsa u sinmaydi. Ammo ochiq qavoda qizigan shishani keskin sovutish uning birdaniga sinib ketishiga olib keladi.

Shishaning issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti oddiy shishalar uchun $5,6 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$ -bo'lsa, $90 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$ - kvars uchun. Issiqlik o'tkazuvchanligi $0,7-15 \text{ Vt/(m}\cdot\text{K)}$ ga teng. Ko'pchilik oddiy shishalar uchun uning issiqqa bardoshligi $90-170^\circ\text{C}$ atrofida bo'lsa, kvars shishasi uchun u $800-1000^\circ\text{C}$ haroratni tashkil etadi. Shishalarning kimyoviy turg'unligi ularning qanday xomashyodan tayyorlanganligiga bog'liq. Masalan: SiO_2 , ZrO_2 , TiO_2 , B_2O_5 , Al_2O_3 , CaO , MgO , ZnO oksidlariga ega bo'lgan shisha materiallari yuqori kimyoviy turg'unlikka ega bo'ladi, agar shishada bularning o'rniga: Li_2O , Na_2O , K_2O , BaO va Pb oksidlar bo'lsa ularning kimyoviy turg'unligi keskin pasayadi. Shishalarning mexanik xossalari va termik xossalari ularni toblash orqali 2 - 3 barobar oshirishi mumkin.

Shishalarni termakimyoviy toblash. Buning uchun shisha materiallariga kimyoviy xossaga ega bo'lgan muhitda qizdirib ishlov beriladi, buning natijasida kimyoviy muhit shisha yuza qatlamlariga singib uning ichki strukturasi va yuza xossalarini tubdan o'zgartiradi. Buning natijasida shishaning mexanik xossalari bir necha barobar, yuzasini xossalari esa 25-40 barobar oshadi.

Masalan ikkita, gohida undan ortiq shishalar yuza qatlamlari tekislanib bir-biriga polimer yupqa qatlam bilan katta bosimda yopishtirib, termokimyoviy ishlov berilishi natijasida o'q o'tmaydigan

brona shisha hosil bo‘ladi. Ularga «Tripleks» deb nom berishgan. «Tripleks»ning umumiy ko‘rinishi 4.4-rasmda ko‘rsatilgan.



4.4-rasm. Tripleks shishasi

4.2.2. Texnik shishalarning qo‘llanilishi

Texnik shishalardan deyarli xalq-xo‘jaligining hamma joylarida foydalaniladi. Transport vositalarini yopish maqsadida asosan tripleks, termopan va toblangan shishalar ishlatiladi.

Optik asboblarda durbin, teleskop, mikroskop va boshqalarda asosan kichik sindirish ko‘rsatgichiga ega bo‘lgan shishalar qo‘llanilib, ularda qo‘rgoshin oksidi ko‘p qo‘shilgan bo‘ladi. Ularning asosiy yutug‘i shundaki, ular rentgen nurlarini o‘tkazmaydi. Bundan tashqari, bu shishalarga fluor qo‘shilgan bo‘lib u materialning optik xossalarini yaxshilaydi.

Metallurgiya korxonalarida marten yoki elektrduga pechlarining boshqaruv qurilmalarini, prokatlash stanlari va ko‘tarish kranlarining kabinalarini temir oksidi va vanadiyga ega bo‘lgan shishalardan yasashadi, chunki ular 70% infraqizil nurlarni yutish xossasiga ega bo‘ladilar.

Kvars shishaning yuqori kimyoviy va termik turg‘unligidan foydalanilgan holda ulardan har xil kimyoviy idishlar va ba‘zi metallarni eritish uchun tigel sifatida qo‘llaniladi.

4.2.3. Shisha tolali issiqlikdan va tovushdan izolyasiyalovchi materiallar

Bu materiallar po'kak, tolali strukturaga ega tolalari tartibsiz joylashgan po'kaklari havo bilan to'ldirilgan bo'shliqlardan iborat. Bunday strukturaga ega bo'lish ularning zichligini juda kichik bo'lishligini ta'minlaydi. Masalan, ularning hajmiy massasi 20 dan 30 kg/m³ gacha bo'lishi mumkin. Shu bilan birga ularning issiqlik o'tkazuvchanligi ham keskin pasayadi $K = 0,030 - 0,0488 Vt/(m \cdot K)$.

Shisha tolali materiallarning yana bir turiga shisha paxtali material kiradi, ammo u juda mo'rt bo'lgani uchun deyarli qo'llanilmaydi. Bundan tashqari, ularga shishamatoli, -AMIS, AMIMS, ATM-3 marka bilan belgilanadigan ikkita shisha va mato oralig'ida shisha tola joylashgan materiallar kiradi. Ular asosan -60 dan 600 °C gacha haroratlarda eksplatatsiya qilinishi mumkin. Ayrim hollarda shisha matolar termoreaktiv smolalar bilan shimdirilgan bo'ladi. Bu materialning yana zichligini kamaytirishga imkon beradi. (ATIMSS) ular 150°C haroratlargacha ishlatilishi mumkin. Qisqa shisha tolalari va sintetik smolalardan tashkil topgan materiallarga plitalar deyishadi. Ularning tovush so'ndirish koeffitsiyenti 200-800 Gs chastotaga ega bo'lganlari 0,5; 8000 Gs esa - 0,65 ni tashkil etadi.

Shisha paxta, mato, plitkalar asosan samolyot, mashina, traktor kabinalariga har xil maishiy xizmat ko'rsatish qurilmalarida, kemalarda, vagonlarda, elektrovozlarda tovush so'ndirish maqsadlarida qo'llaniladi. Bundan tashqari, ular issiq o'tkazmaydigan material bo'lib, ulardan issiq suvni xalq xo'jaligiga yetkazib berish uchun quvurlarni himoya qilishda, ya'ni issiqlikni isrof qilmaslik maqsadida keng qo'llaniladi. Hozirgi paytda shisha paxta uy tomlarini yopishda ham qo'l kelmoqda. Chunki unda uy harorati, ayniqsa, qishda yaxshi saqlanadi.

4.3. Shisha materiallar va ulardan mahsulotlar (buyumlar) ishlab chiqarish

Shisha mahsulotlarni ishlab chiqarish xomashyoga ishlov berish, shisha tarkibini tuzish, massasini eritish, shakl berish va buyumlarni yumshatish, ularga birlamchi va dekarativ ishlov berishni o'z ichiga oladi.

Xomashyoga ishlov berish qumni va boshqa komponentlarni keraksiz, ya'ni nomaqbul qo'shimchalardan tozalash, nafis maydalash va elakdan g'alvirlab o'tkazishdan iborat.

Shishani tayyorlash, ya'ni materiallarning quruq aralashmasini, komponentlarni retsentga asosan tarzda tortish va ularni to'la bir xil bo'lguncha yaxshilab aralashtirishdan iborat. Juda progressiv usuldan biri shishadan briketlar va granular tayyorlashdir. Bunda mixtaning bir xilligi saqlanadi, erish tezlashadi. Shishadan tayyorlangan (tuvakli) pechlardan maksimal 1450–1550°C temperaturada eritiladi.

Eritish jarayonida murakkab fizik-ximik o'zgarishlar va xomashyo materiallarning o'zaro ta'siridan erish natijasida silikatlarning paydo bo'lishi va erishidan erkin kremniy hosil bo'ladi. Tiniqlashtiruvchi moddalar yordamida shisha massasini gaz qo'shimchalaridan ham qilinadi, tarkibi va qovushoqligi bo'yicha bir xil bo'lguncha yaxshilab aralashtiriladi.

Xomashyoga ishlov berish, shishani tayyorlash va eritish tartiblarini buzish shisha masasida nuqsonlarni paydo bo'lishiga olib keladi. Nuqsonlar rangli ko'rinishda, begona shishasimon qo'shimchalar, gaz g'ovaklari va pufakchalar, kristall toshlar shaklida bo'ladi.

Qovushqoq shisha massadan buyumlarga shakl berish turli usullar bilan bajariladi.

Temperaturaning pasayishi bilan shishaning qovushqoqligi sekin asta ortib boradi. Bu esa buyum yuzasini silliq va yaltiroq bo'lishini ta'minlaydi. Shakl berish usuli, buyumning shaklini, devorini, qalinligini, bezash usullarini, rangini belgilaydi va shuning uchun asosiy assartiment va narx hosil qiluvchi belgi va faktori hisoblanadi.

Uy buyumlari dastaki va erkin puflab shakl berib, mexanizatsiyalashtirilgan usulda puflab, presslab, presslab va puflab, ko'p bosqichli usullarda egish, markazdan qochma usulda shakl berish bilan tayyorlanadi.

Dastaki puflash. Bu usulda shisha zagatovkani puflash nay yordamida yog'och yoki metallardan yasalgan qoliplardan foydalanib, ularda zagatovkani aylantirib puflash, shakl berish yakunlanadi.

Bu usulda istalgan shakli va devori qalinligi turlicha bo'lgan, yuzalarni, silliq va yaltiroq buyumlarni olish mumkin. Rangsiz massasi bo'yicha bo'yalgan, ikki va ko'p qatlamli buyumlar ishlab chiqariladi. Puflab yasash jarayonida idishlarni turli usullar bilan

bezash mumkin. Erkin puflab ishlab chiqarishda buyumga yakuniy shakl berish asosan xavoda bajariladi.

Avtomatlarda mexanizatsiyalashtirilgan puflab shakl berish bilan rangsiz oddiy shaklli buyumlar, asosan stakanlar tayyorlanadi.

Buyumlarni presslash avtomatik presslarda metall qoliplarda o'zak bosimi ostida amalga oshiriladi. Rangsiz yoki rangli buyumlar yassi, silindrik, yuqori qismining kengligi 3 mm dan katta bo'ladi. Yuzada ajraladigan qoliplarni birlashgan joyining choklarini ko'rish mumkin.

Presslash va puflash bilan stakanlar va murakkab shaklli idishlar, ya'ni grafinlar, kichkina idishlar va boshqa buyumlar tayyorlanadi. Presslash va puflash avtomatik liniyalarida qadah idishlar ishlab chiqariladi. Qadahning ustki qismi puflash bilan, uning tubi va oyoq qismi presslab, ularni o'zaro payvandlab tayyorlanadi. Shakl berishda hosil bo'lishi mumkin bo'lgan nuqtalar bu buyumning egriligi, detallarni nosimmetrik qo'yilishi, devorlar qalinligining har hilligi, burmalar, tirishmalar, tirmalar yuzalardagi mayda darzlar va boshqalar. Shakl berishda shishaning issiqlikni o'tkazishi pasayib, keskin kuchlanishlar paydo bo'ladi, ular buyumlarning buzilishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun ularga albatta termik ishlov berilishi kerak. Ular yumshatiladi. Buning uchun buyumlar 530–550°C qizdiriladi, shu temperaturada talab etilgan vaqtda tutib turiladi, shu temperaturada talab etilgan vaqtda tutib turiladi, keyin sekin sovutiladi.

4.3.1. List shaklidagi shishialarni ishlab chiqarish

Qurilishda quyidagi tartibli shishadan foydalaniladi:

Kvars – xomashyo, qum ko'rinishida (70–72%); soda, reaksiya katalizatori, karbonat va sulfat (14% yaqin); Oxak, qattiq shakldagi stabilizator (10% ga yaqin); ba'zi bir boshqa oksidlar – alyuminiy, magniy oksidlari, ular shishaning fizikaviy xossalarini oshiradi.

Bosqichlar:

Xomashyoni tayyorlash. Xomashyo komponentlarining aralashmasi (unga erish temperaturasi nuqtasini pasaytirish uchun shisha qo'shiladi) o'txonaga joylanadi, kerakli komponentlarni loydan ajratish uchun suv bilan aralashtiriladi.

Xomashyoni eritish. O'txonada shisha ishlab chiqarish jarayoni uchta asosiy bosqichda o'tadi: Eritish, xomashyo 1550°C temperaturada

eriydi; tozalash, erigan shisha gomogenlanadi va undan gaz pufakchalari yo'qotiladi; termik tartibni almashtirish, eritma qovushoq holatga kelguncha sovutilganda, ya'ni uni qalayli vanna orqali sidirib o'tkazish qulay bo'lganda.

Shisha yuzasini shakllantirish. Suyuq shisha temperaturasi 1000°C^1 bo'lgan erigan qalay bilan to'ldirilgan vannaning yuzasiga to'kiladi.

Vanna lenta ko'rinishida tayyorlangan, qalay qalinligi 6–7 mm. Shishaning qovushoqligi yuqori bo'lganligi sababli u suyuq qalay bilan aralashmaydi. Shu bilan ikkala materialning kontakt yuzalarining silliqdigi ta'minlanadi. Bo'lajak shisha listlarning qalinligi vannaga quyilgan suyuq shisha miqdori bilan aniqlanadi.

Shishaning yuzasi. Qalayli vannadan keyin lenta ko'rinishga ega bo'lgan qattiq shisha «ler» deb ataladigan sovuq tuneldan o'tadi. Shishaning temperaturasi sekin asta 620°C dan 250°C ga pasayadi. Sovutish jarayoni shishani kesish va unga ishlov berish mumkin bo'lishigacha davom ettiriladi.

Shishani kesish. Sovutilgan shisha lenta avtomat stellarda kerakli o'lchamli shisha listlarga kesiladi.

Tiniq shishalardan tashqari mahsus shishalar, ya'ni massasi bo'yalgan va maxsus qoplamli shishalardan umumiy termin bilan ataluvchi «Kam emission shishalar» dan keng foydalaniladi.

Massasi bo'yalgan shisha tarkibiga turli qo'shimchalar qo'shingan xomashyo materiallardan bronza rangi bilan jigarrang orasidagi ranglardir. Massasi bo'yalgan shishalarga quyoshdan himoyalovchi yoki adeorbisyalovchi shishalar ham kiradi.

Binolarning derazalari oynalari va bino fasadlarida kam emission shishalardan tayyorlangan bo'lsa:

Xonada issiqlikni yo'qolishi pasayadi;

Quyosh radiatsiyasini qaytaradi;

Xonalarni elektromagnit nurlari va radio to'lqinlardan himoyalaydi;

Ko'rinadigan diapazondagi nurlarni qaytaradi.

Tiniq va massasi bo'yalgan shishalar yuzalarini, turli materiallarni purkab qoplash mumkin, bunda turli xossalari konstruksiyalarni hosil qilish mumkin.

Loyihalalanayotgan oyna bilan qoplash shisha yuzasi funksiyasiga ko'ra ikki turdagi qoplama bilan qoplanishi mumkin.

1. «Qattiq qoplama» ning asosi SnO_2 : F dan iborat. Uni boshqacha «Yarim o'tkazgich qoplama» deb nomlanadi.

Bunday qoplamali shishalar, qoidaga ko'ra, maxsus adabiyotlarda «Q-shisha» deb belgilanadi. Qoplama float-shishani ishlab chiqarishning bir bosqichida piroliz qilishda kimyoviy reaksiya hisobiga qoplanadi. Bu reaksiya vaqtida qalay oksidi qatlami qizigan shisha yuzasiga o'tirib qoladi va uning ajralmas qismi bo'lib qoladi. Bunda, qoplamsiz shisha kabi kimyoviy, mexanika va issiqbardosh xossalarga ega bo'lgan, qattiq va mustahkam metall qoplama hosil bo'ladi.

Qattiq qoplamalar ob-havo sharoiti ta'siriga va 620°C gacha bo'lgan temperaturalar ta'siriga chidamlidir.

2. «Yumshoq qoplama». Bu qoplamaning asosi Ag va adabiyotlarda «i-shisha» deb belgilanadi.

Tayyor float-shisha yuzasiga surtib qoliplanadi va unda molekulyar kuchlar ta'sirida ushlab turiladi. Qoplama bir necha yupqa qatlamlardan iborat bo'lib, ular talab etilgan oynalash xarakteristikalariga ko'ra tanlanadi: nur sochish xususiyati, yorug'lik o'tkazuvchanligi, hamda optik xossalari ko'ra.

«Qattiq» qoplamalardan farqi, «yumshoq» qoplama ob-havoni tashqi temperaturalar ta'siriga chegaralangan turg'unlikka ega.

«Qattiq» va «yumshoq» qoplamalarning prinsipial tarkibi quyidagi rasmda keltirilgan.

4.4. Sitallar

Sitallar (kristall tuzilishga ega bo'lgan shishalar) noorganik shisha materiallarini kristallanish jarayonini boshqarish yo'li bilan olinadi. Sitall so'zi ruscha «stiklo» va «kristall» so'zlarining birikmalari asosida kelib chiqqan bo'lib, chet davlatlarda shisha-keramik yoki prokeramik nomi bilan atashadi. Chunki sitallarni ishlab chiqarish texnologiyasi shisha va keramik materiallarni ishlab chiqarish texnologiyasining o'rtasida joylashgan. Ular oddiy shishalardan kristall struktura tuzilishi bilan, keramik materiallardan esa kristallarining juda maydaligi va bir xilligi bilan farq qiladi (4.5-rasm).

Sitallar maxsus tarkibga ega bo'lgan shisha shixtasini eritib unga katalizator qo'shib plastik holga kelish darajasigacha sovitiladi. Keyin shisha ishlab chiqarish usullari yordamida kerakli shaklni bergach

maxsus sharoitlarda va haroratni ma'lum tezlik orqali boshqarish natijasida kristallanish jarayoni bo'lib o'tadi. Bundan tashqari, sitalarni kukun metallurgiyasi usullarida ham ishlab chiqarish mumkin.

Sitalarni ishlab chiqarish uchun asosan quyidagi tarkibga ega bo'lgan shishalar qo'llaniladi: Li_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , CaO , katalizator va nukliatorlar, ya'ni yorug'likka sezgir metallarning tuzlari Au, Ag va Cu kiritiladi. Ular sitall tarkibida juda mayda kolloid shaklida bo'ladi. Bundan tashqari, ularga ftaridlar, fosfatlar hamda titan ikki oksidi kiritiladi. U esa shisha kristallarini kattalashib ketishidan saqlash maqsadida qo'shiladi. Ular erimaydigan mayda zarrachalar bo'lib sitall tarkibida alohida joylashadilar.

Nukleatlar kristall panjaraga ega bo'lib kristallanish jarayonida shishani kristall markaziga yoki oddiy tilda aytadigan bo'lsak achiqiga o'xshab ketadi. Ularning miqdori va harorati orqali shishaning kristallanish jarayonini boshqarish mumkin.

Sitallar asosan uchta turga, ya'ni fotosital, termosital va shlakasitalarga bo'linadi.



4.5-rasm . Katalizatorlar yordamida shishani sitallarga bo'linishi

Sitalarning strukturasi ko'p fazali bo'lib unda shisha orqali biri-biri bilan yopishgan bir xil yoki bir-necha xil kristallar bo'lishi mumkin. Bunda sitallarda 30 dan 95% gacha kristall fazalar bo'lishi mumkin. Kristall donalarning o'lchami 1–2 mkm orasida bo'ladi. Sitallar tashqi ko'rinishiga qarab shaffof yoki bo'yalgan holda bo'lishi mumkin. Bunda uning bo'yalish darajasi 40% ni tashkil etadi.

Agar oddiy shishalarning xossalari ularning kimyoviy tarkibiga bog'liq bo'lsa sitallar xossasiga materialning strukturasi va fazalar tarkibi katta ahamiyatga ega. Sitalarning bunday yaxshi xossaga ega bo'lishligi asosan ularning juda mayda kristallarga ega bo'lishligidan. Sitalarning xossalari izotropik bo'lib ularda deyarli g'ovaklik yo'q.

Sitallarning yana bir tomoni, ularni qayta ishlash jarayoniga kirishish darajasi past, obraziv yeyilishga bardoshli. Ularning zichligi $2400\text{--}2950\text{ kg/m}^3$ ga teng, mustahkamligi esa $\sigma_{\text{cr}} = 70\text{--}350\text{ MPa}$ (bazi bir hollarda hattoki 560 MPa), $\sigma_v = 112\text{--}161\text{ MPa}$, $\sigma_{\text{sj}} = 700\text{--}2000\text{ MPa}$, bikrlilik moduli esa $84\text{--}141\text{ GPa}$. Sitallarinig mustahkamligi qizdirish temperaturasiga bog'liq bo'lib, u $700\text{--}780^\circ\text{C}$ gacha qizdirilganda mustahkamligi ozgina pasayadi agar u juda yuqori temperaturalargacha qizdirilsa sezilarli ravishda pasayadi. Tashqi kuchlar ta'sirida bo'lgan sitallarning issiqqa bardoshligi $800\text{--}1200\text{ }^\circ\text{C}$ temperaturani tashkil etadi. U asosan $1250\text{--}1350^\circ\text{C}$ haroratgacha qizdirilganda yumshay boshlaydi. Sitallarning zarbiy qovushqoqligi shishalarga qaraganda biroz pastroq ($4,5\text{--}10,5\text{ kDj/m}^2$) va ular juda mo'rt materiallar sinfiga kiradi. Sitallarning qattiqligi toblangan po'latlar qattiqligi bilan tenglashadi (mikroqattiqligi $7000\text{--}10500\text{ MPa}$). Ular yeyilishga juda bardoshli bo'lib, issiqdan kengayish koeffitsiyenti $7\text{--}300\cdot 10^{-7}\text{ s}^{-1}$ ga teng. Issiqlik o'tkazuvchanligi shishalarnikidan yaxshi, chunki ularning zichligi shishaga qaraganda yuqori $Y = 2\text{--}7\text{ Vt/(m}\cdot\text{K)}$.

Sitallarni asosan ichki yonuv dvigatellarining detallari, sirpanish podshipniklar, kimyoviy korxonalarda qo'llaniladigan truba quvurlari, vakuum elektron priborlarning himoya trubkalari, radioelektronika detallar, issiqqa bardoshli qoplamlar reaktor qozonlarini sirlashda, tekstil korxonalarining ba'zi detallarini tayyorlashda ishlatiladi.

Fotositallar – shishalarga nukliatlar qo'shish natijasida quyma quyish orqali olinadi. Bunda fotokimyoviy reaksiya ultra binafsha nurlarining ta'sir qilishi orqali amalga oshiriladi. Bunda shishaning tashqi ko'rinishi o'zgarmasdan faqat uning strukturasi mayda kristallardan tashkil topgan bo'ladi, kristallanish esa uni qayta qizdirib sovutganda yuz beradi.

Termositallar – $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, sistemaga ega bo'lgan shishalarga TiO_2 va FeS qo'shilib olinadi. Kristallanish jarayoni esa shakl berilgan materialni qayta qizdirish va sovutish orqali amalga oshiriladi.

Shlakli sitallar – katalizatorlar (sulfatlar, temir kukuni va boshqalar, sitallashni kuchaytirish maqsadida fluor ham kiritilishi kerak.) yordamida domea pechlarning shlaklaridan olishadi.

Kalit soʻzlar:

Piroliz, pirolitik grafit, ishqorlarga turgʻunlik, kislotalarga turgʻunlik, bugʻlanish, antifraksiyon xossalari, ishqalanish koeffitsiyenti.

Takrorlash uchun savollar

1. Grafit qanday material?
2. Grafit elektr tokini oʻtkazadigan material boʻlsa uning metallardan qanday farqi bor?
3. Grafitning tuzilishi va asosiy xossalarini keltiring?
4. Grafitni qanday sharoitlarda eritish mumkin?
5. Agar grafit, olmos, antratsit, koks hammasi uglerod boʻlsa, ularning bir-biridan qanday farqi bor?
6. Issiqlik taʼsirida grafitning xossasi qanday oʻzgaradi?
7. Pirolit va texnik grafitlarning xossalari va qoʻllanish sohalarini keltiring?
8. Shisha nima?
9. Shishaning strukturasi qanday tuzilishga ega?
10. Shishani ishlab chiqarishdagi asosiy xomashyo?
11. Kvars nima va uning strukturasi qanday?
12. Kvars shisha materialining deraza shisha materialidan qanday farqi bor?
13. Shishaning optik xossalarini keltiring?
14. Shisha materialining issiqqa bardoshligi nimaga bogʻliq?
15. Mustahkam shisha olish uchun uning kimyoviy tarkibi qanday boʻlishi kerak?
16. Xrustall shisha boʻlsa uning tarkibi qanday?
17. Shishaning tarkibida qoʻrgʻoshin oksidi boʻlsa u qanday xossalarga ega boʻla oladi?
18. Shishaning plastmassa materiallardan qanday farqi bor?
19. Nima uchun shisha elektr tokini oʻtkazmaydi?
20. Shisha materiallarining asosiy turlari?
21. Shishaning ichki tuzilishi haqida maʼlumot bering?
22. Shisha materiallar tarkibiga koʻra qanday turlarga boʻlinadi?
23. Sital nima va u qanday soʻzlar birikmasidan tashkil topgan?
24. Sitalarning shisha materiallardan qanday farqi bor?
25. Sitallar qanday ishlab chiqariladi?
26. Sitalarning qanday turlarini bilasiz?

27. Fosital qanday material va u qanday maqsadlarda ishlab chiqariladi?
28. Shlakli sital qayerlarda qo'llaniladi?
29. Sitallarning asosiy afzalligi.
30. Sitallarning asosiy kamchiligi.

5. KERAMIK MATERIALLAR

5.1. Keramik materiallar haqida umumiy ma'lumotlar

Nometall keramik materiallar deb yuqori temperaturalargacha qizdirish yo'li bilan olingan noorganik mineral materiallarga aytiladi. Noorganik materiallarni 1200–2500°C haroratgacha qizdirish natijasida keramikaning mayda kukun zarrachalari bir-biri bilan yopishib materialning ichki fazoviy strukturasi hosil qiladi, buning natijasida esa kukun material bir butun o'ziga xos fizik-mexanik xossalarga ega bo'lgan keramik materialga aylanadi.

Texnik keramika o'zida har xil kimyoviy birikma va fazoviy tarkibga ega bo'lgan sun'iy olingan keramik materiallardan tashkil topgan, u o'ziga xos kompleks xossalarga ega. Bunday keramik materiallar o'z tarkibida minimal miqdorda loy yoki umuman loysiz bo'lishi mumkin. Keramik materiallarning asosiy tarkibini oksidlar va metallarning kislorodsiz birikmalari tashkil etadi. Har qanday keramik material ko'p fazali tarkibga ega bo'lib, unda kristallik, shisha va gaz-havo fazalari bo'lishi mumkin.

Keramik materiallardagi kristallik fazalarni, asosan kimyoviy birikma yoki qattiq qotishmalar hosil qiladi. Bu fazalar keramik materialning asosini tashkil etib, uning fizik-mexanik va kimyoviy hamda maxsus xossalarini belgilab beradi.

Keramik material strukturasi shisha fazalar esa materialni tashkil etuvchi zarrachalar oralig'ida joylashgan bo'lib, ularni bir biriga qisman bog'lovchi vazifasini o'taydi. Har qanday keramik material tarkibida 1–10% gacha shisha fazasi bo'lishi mumkin. Materialda shisha fazasining ko'payishi bir tomondan uni mexanik mustahkamligini pasaytirsam, ikkinchi tomondan uning texnologik xossalarini oshiradi.

Keramik materialdagi gaz-havo fazasi materialning zarrachalar oralig'idagi bo'sh kovaklarida bo'ladi. Shunga ko'ra keramik material g'ovaksiz yoki g'ovakli keramik materiallarga bo'linishi mumkin. G'ovaksiz keramik material tarkibida gaz-havo fazasi yopiq holda bo'ladi. Keramik materialdagi hattoki yopiq gaz-havo fazasining

bo'lishi materialning mexanik xossalarini keskin pasaytiradi. Ayrim hollarda keramik materialda maxsus ravishda g'ovaklar qoldirishadi. Bu uning tovush va issiqlik izolyasiya xossalarini oshiradi.

Aksariyat texnik keramik materiallar umuman g'ovaklikka ega bo'lishmaydi. Ularni maxsus texnologiya yordamida ishlab chiqarishadi.

5.2. Sof oksidli keramik materiallar

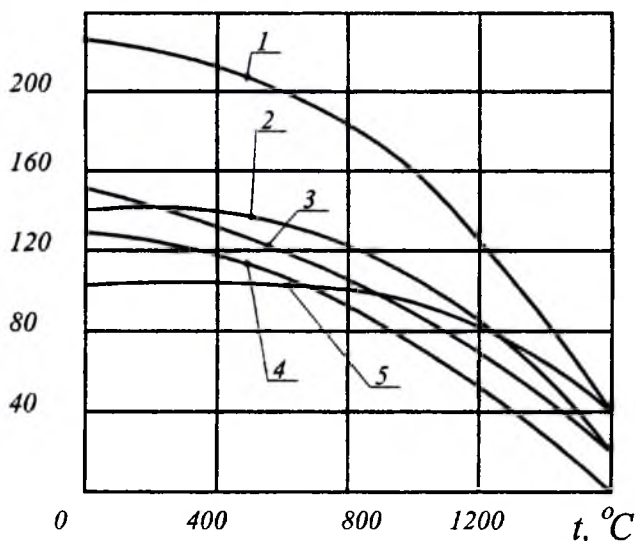
Keramik materiallarni ishlab chiqarish jarayonida asosan quyidagi sof metallar oksidlari qo'llaniladi: Al_2O_3 , ZrO_2 , MgO , CaO , BeO , ThO_2 , UO_2 . Bunday keramik materiallarning asosiy tarkibi bir fazali bo'lib u polukristallik strukturaga ega. Undagi juda kam miqdordagi qo'shimchalar gaz-havo va shisha fazalarda qisman namoyon bo'ladi. Sof oksidlarning erish temperaturasi $2000\text{ }^{\circ}C$. Shuning uchun ular yuqori issiqbardosh materiallar safiga kiradi. Albatta, barcha keramik materiallar siqilishga yuqori bardoshli bo'lib, ular egilish va cho'zilishga sust qarshilik ko'rsatishadi. Mayda donali kristall keramik materiallar yirik kristalli keramik materialga nisbatan ancha mustahkam bo'ladi. Chunki yirik kristallarning bir-biri bilan birikish joylarida ichki qoldiq energiya ichki zo'riqish kuchlanishlarini hosil qiladi.

Harorat o'zgarishi bilan aksariyat keramik materiallarning mustahkamligi pasayib boradi. 5.1-rasmda keramik materiallarning mustahkamlik chegarasiga qizdirish haroratining ta'sirini ko'rsatuvchi diagramma keltirilgan.

Keramik materiallarning afzallik tomonlariga ularning oksidlovchi yoki agressiv muhitlarda qizdirilganda xossalarini yo'qotmasligi va havodagi kislorod ta'sirida oksidlanmasligi kiradi. Oksidli keramik materiallar odatda kislorodga ega bo'lganliklari uchun ular ochiq havoda yuqori temperaturalargacha xossalarini saqlab qoladilar.

Alyuminiy oksidi Al_2O_3 asosli keramik materiallar. Alyuminiy oksidi yuqori mustahkamlikka ega, kimyoviy turg'unlik va ajoyib elektr izolyatsiya materiali hisoblanadi. Alyuminiy oksidi mexanik mustahkamligini yuqori temperaturalargacha saqlab qoladi. Korund materialining temperatura o'zgarishlarga bardoshi sustroq. Hozirgi paytda alyuminiy oksidi asosli konstruksion materiallar ko'plab sohalarda ishlatilmoqda. Undan metallarga ishlov beruvchi kesgichlar,

σ_{eg}, MPa



5.1-rasm. Kislorodli keramikaning egilishdagi mustahkamligi

qoliplar, filerlar, yuqori temperaturalarda ishlovchi pechlar detallari, pech konveyrlarining podshipniklari, nasos detallari va avtomobil svechalari ishlab chiqarilmoqda. SM – 332 Karunddan material xossalari bo'yicha boshqa asbobsozlik materiallaridan ustun turadi, uning zichligi 3960 kg/m^3 , siqilishdagi mustahkamligi 5000 MPa , qattiqligi 92–93 HRA, issiqlik bardoshligi esa 1200°C ni tashkil etadi.

Serkoniy oksidi (ZrO_2) Korundga nisbatan inert tabiatga ega bo'lgan oksid bo'lib u asosan $2000\text{--}2200^\circ \text{C}$ temperaturalargacha ishlay oladi. Serkoniy oksididan asosan metallarni eritish uchun tigellar, kimyoviy riaksiyalarni o'tkazish uchun reaktorlar, issiqqa bardoshli detalar va qoplamlar qoplashda qo'llaniladi.

Kalsiy va magniy oksidi asosli keramik materiallar. Bu keramik materiallar har xil metallarning shlaglariga kimyoviy turg'un material bo'lib issiqlikka bardoshi boshqa keramik materiallardan pastroq. Yuqori temperaturalarda magniy oksidi uchish xossalari, kalsiy oksidi esa nam va suvni yutish xossalarini namoyon qiladi. Bunday keramik materiallardan asosan tigillar va futirovkalar tayyorlaniladi.

Berilliy oksidi asosli keramik materiallar. Nisbatan issiqlik o'tkazuvchiligi yaxshi material bo'lgani uchun uning issiqqa bardoshligi yuqori, lekin mexanik mustahkamligi pastroq material hisoblanadi. Berilliy oksidi asosli keramik material yuqori energiyali ionlashgan nurlarni yoyib so'ndirish, issiq neytronlarni so'ndirish koeffitsiyenti yuqori xususiyatga ega. Undan asosan sof metallarni eritish tigillari, vakkum uskunalarning keramik detallari va termoyadroviy riaksi o'tkazuvchi reaktorlar ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Uran va tori oksidi asosli keramik materiallar Bu oksidlar juda yuqori erish temperaturasiga ega materiallar bo'lib, ular juda yuqori zichlikka va radiaktiv nurlarni chiqarish xususiyatiga ega. Bunday keramik materiallardan asosan radiy, platina, iridiy va shunga o'xshash metallarni eritish uchun tigillar ishlab chiqariladi.

Sof oksidli keramik materiallarning asosiy xossalari jadvalda keltirilgan.

5.3. Kislordsiz keramik materiallar

Kislordsiz keramik birikmalarga asosan qiyin eriydigan metallarning MeS_x va nometallarning uglerod bilan birikkan NoS_x karbidlari, bor bilan birikkan MeV_x baridlari, kremniy bilan birikkan $MeSi_x$ silsilidlari hamda oltingugurt bilan birikkan MeS_x sulfidlari kiradi. Bunday birikmalar juda yuqori issiqqa bardoshligi ($2500 - 3500^\circ C$), qattiqligi va yeyilishga bardoshligi bilan ahamiyatga sazovordir. Ularning asosiy kamchiligi ularning mo'rtligida. Karbid va boridlarning oksidlashga bardoshligi $900 - 1000^\circ C$ ni tashkil qilsa, nitridlarniki $800^\circ C$, silisidlar esa $1300 - 1700^\circ C$ gacha qizdirilganda ham oksidlanmaydi.

Karbidlar. Karbidlar ishlab chiqarishda keng tarqalgan material bo'lib, ulardan asbobsozlik materiali, yeyilishga bardosh qoplamalar olishda keng foydalaniladi. Ishlab chiqarishning deyarli barcha sohasida qo'llaniladigan karbidlarga SiC misol bo'la oladi. Undan qattiq obraziv material sifatida jilvirlash toshi va qog'ozi ishlab chiqarishadi. U juda qattiq va kislotalarga bardosh material hisoblanadi. Undan pechlarning qizdirgichlarini sterjenga o'xshatib ishlab chiqarishadi.

Boridlar. Bu birikmalar qisman metallik xossalarini namoyon qilishadi. Ular yaxshi elektr o'tkazuvchan, yeyilishga bardoshli, qattiq va oksidlanishga bardoshli material hisoblanadi. Texnikada qiyin

eriydigan metallar baridlari keng qo'llaniladi (masalan ZrB_2 va boshqalar). Ularni kremniy yoki silisid bilan ligerlash orqali agressiv muhitlarda issiqqa bardoshligini $2000^\circ C$ ga yetkazish mumkin Serkoni baridi legerlangandan keyin erigan alyuminiy, mis, po'lat va cho'yanlarga bardosh material bo'ladi. Uni $2000^\circ C$ da ishlaydigan kimyoviy sanoat riaktorlar qozonini, harorat o'lchash termoparalarni, titan eritish qozonlarini ishlab chiqarishda ishlatishadi.

Nitridlar. Nometall nitridlar asosan yuqori temperaturali material hisoblanadi. Ular past issiqlik va elektr o'tkazuvchanlikka ega, oddiy haroratda uning elektr qarshiligi juda yuqori bo'lsa yuqori haroratda yarim o'tkazgich xossalarini namoyon qiladilar. Harorat ortishi bilan ularning kengayish koeffitsiyenti va issiqlik sig'im koeffitsiyenti ortib boradi. Nitridlarning qattiqligi va mustahkamligi karbid va boridlarning qattiqligidan biroz pastroq. Ular vakuum sharoitida qizdirilganda sekin astalik bilan parchalana boshlaydilar. Nitridlar erigan metallarning ta'siriga bardoshli hisoblanadi.

Bor nitridi. Oq kukun materiali bo'lib texnikada «oq grafit» nomi bilan tanish. U α -BN kristall modifikatsiyasiga ega bo'lib, geksoqonal grafit kristan panjarasiga o'xshab qat-qat joylashgan, grafit kabi juda yumshoq material. U barcha oksidlovchi, qaytaruvchi va neytral muhitlarga bardosh kukun material bo'lib, issiqbardosh kukun sifatida qo'llaniladi. Uning kukunidan qizdirib pishirish orqali olingan materiallar dielektrik bo'lib $1800^\circ C$ haroratda kislorodsiz joyda ishlaydi. Yuqori tozalikda olingan nitrid yerdan kosmosga uchiriladigan. Nitrid borning boshqa kristall modifikatsiyasi β - BN bo'lib u olmosifat kub nitrid bori deb ataladi. Uni texnikada «elbor» nomi bilan tanishadi. Elborni yuqori bosim va $1360^\circ C$ temperaturagacha qizdirish yo'li bilan katalizator orqali olishadi. Bu materialning zichligi 3450 kg/m^3 ga teng erish temperaturasi esa $3000^\circ C$. U olmos materiali bilan raqobatlasha oladigan material bo'lib havoda $2000^\circ C$ oksidlanmaydi. Bu xossasi bilan olmosdan ustun turadi (olmos $800^\circ C$ temperaturada oksidlana boshlaydi).

Kremniy nitridi. Si_3N_4 - kimyoviy formulaga ega bo'lib boshqa nitrid birikmalariga qaraganda $1600^\circ C$ qizdirilganda ham havoda va boshqa oksidlovchi muhitga ancha turg'un hisoblanadi. Issiqqa bardoshligi va arzonligi bilan u issiqbardoshli po'latlardan ustun turadi. Kremniy nitrid deyarli 10 barobar issiqbardoshli po'latlardan arzon. U mustahkam, yeyilishga bardoshli issiqqa bardoshli material bo'lib undan

asosan ichki yonuv dvigatellarining porshen qoplami, kovaklarini hamda yeyilishga, issiqlikka bardoshli qoplama sifatida qo'llaniladi.

Silitsidlar. Silitsidlar karbidlardan va boridlardan farqli o'laroq yarim o'tkazgich xossalarini namoyon qilishadi, ular kislota va ishqorlarga turg'un. Ularni 1300 – 1700°C temperaturalarda qo'llash mumkin bo'lib, ular 1000°C gacha qizdirilganda erigan qo'rg'oshin, qalay va natriy bilan kirishishmaydi. Ulardan yuqori 1700°C gacha temperaturalarda ishlovchi elektr qarshilik qizdirgichlar ishlab chiqariladi. Masalan, MoSi_2 molibden silsid kukunidan har xil sharoitlarda ishlovchi gaz turbina parraklari, avtomobil vkladishlari, sirpanish podshipniklari va qattiq moylash materiallari sifatida qo'llanishi mumkin. Bundan tashqari, uning kukunidan issiqqa bardoshli, yeyilishga bardoshli, har xil kislota va ishqorlarga bardoshli qoplamalar qoplashda keng foydalaniladi.

Sulfidlar. Sulfidli birikmalardan ishlab chiqarish va texnikada faqat molibdenning disulfidi keng qo'llaniladi. Uning kukuni asosan ishqalanishga qarshilik ko'rsatuvchi material sifatida turli maqsadlarda qo'llaniladigan mineral va sintetik moylarga solinadi. Bundan tashqari u antifriksion xossalarini havoda – 150 dan 435°C haroratda ham saqlay oladi. Vakuumba esa u 1540°C temperaturada ham antifriksion xossalarga ega bo'ladi. Molibdenning disulfidi elektr tokini o'tkazuvchi magnitlashmaydigan kukun materiali bo'lib u havoda 450°C qizdirilganda o'zidan oltingugurtni chiqarib oksidlana boshlaydi. Aksariyat normal sharoitlarda u suvga, barcha mineral va sintetik moylarga hamda kislota va ishqorlarga turg'un.

5.4. Keramikadan mahsulot ishlab chiqarish

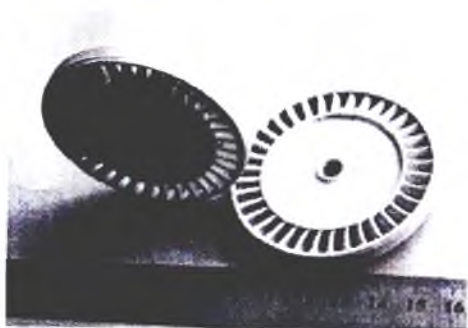
Keramikadan mahsulot ishlab chiqarish texnologik jarayoni quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- asosiy komponentlarni mayin holda maydalash va obdon qorishtirish;
- massani plastifikatsiyalash va qoliplash yarim mahsulotini hosil qilish;
- plastifikatsiyalangan massadan yarim mahsulotni qoliplash;
- mahsulotni pishirish.

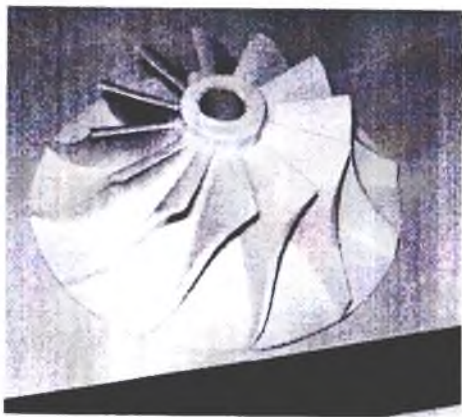
5.2-rasmda keramikadan turli xildagi mashina detallarini olish ko'rsatilgan.



a)



b)



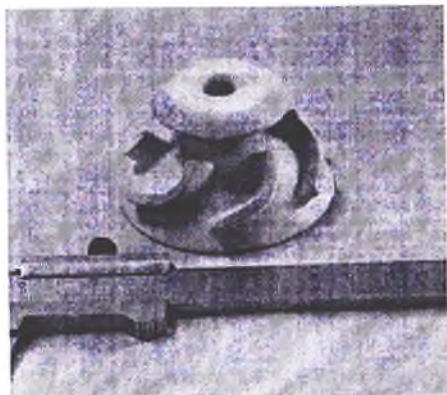
d)



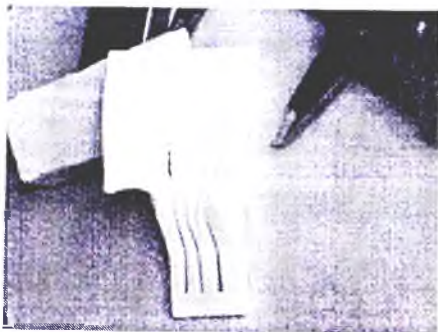
e)



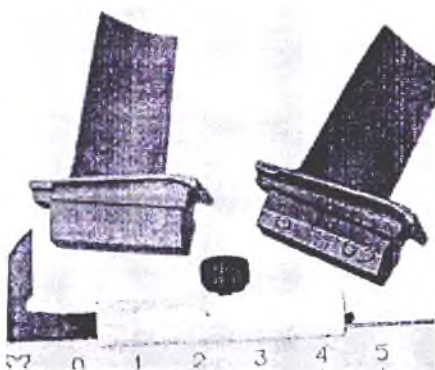
f)



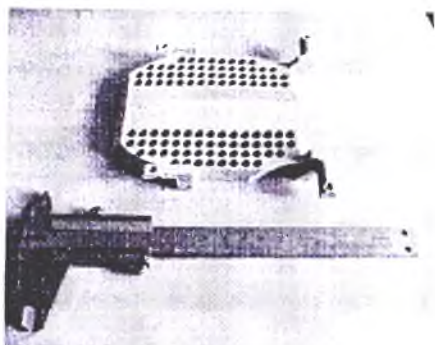
g)



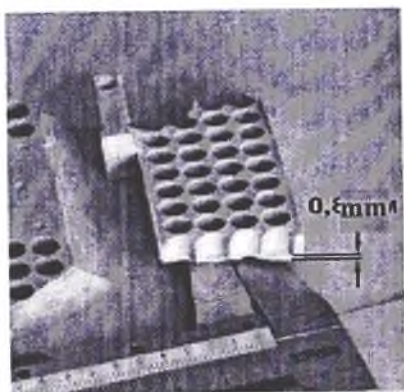
h)



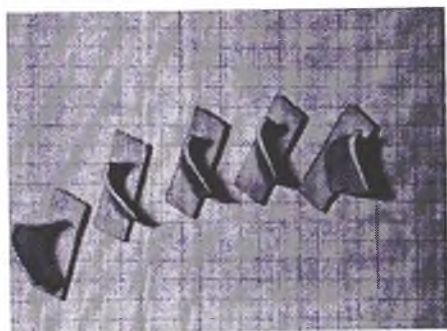
i)



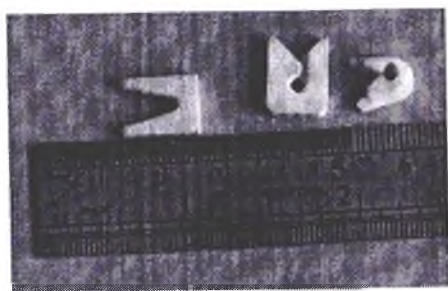
j)



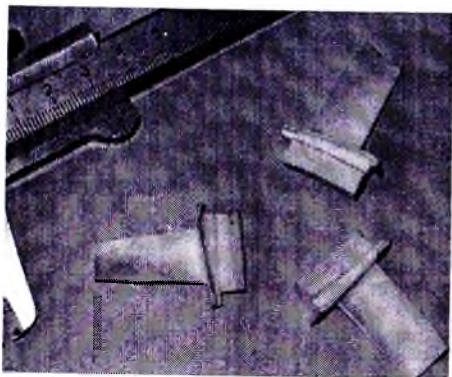
k)



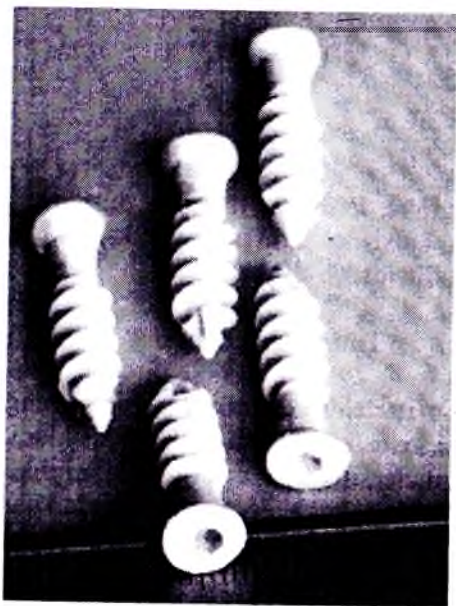
l)



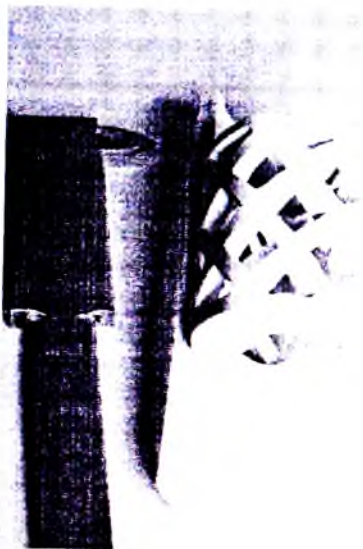
m)



n)



o)



p)

Kalit soʻizlar:

Texnik teramika, karbidlar, boridlar, nitridlar, alyuminiy oksidi, sirkoniy oksidi, kalsiy oksidi, magniy oksidi, berilliy oksidi, uran, toriy, kremniy, silitsidlar, sulfidlar

Takrorlash uchun savollar

1. Keramik materialda keramik soʻzi nimani anglatadi?
2. Qanday materiallar keramik material deyiladi?
3. Keramik materiallarning asosiy xossalarini keltiring.
4. Keramik materialning plastik massalardan qanday farqi bor?
5. Keramik materialning asosiy kamchiligi.
6. Keramik materialning asosiy afzalligi.
7. Keramik materialning mustahkamligi materialning nimasiga bogʻliq?
8. Keramik materialning qanday turlarini bilasiz?
9. Oksidlar asosida olingan keramik material havoda yuqori haroratlargacha qizdirilsa oksidlanadimi?

10. Texnik keramika bilan sof keramika bir-biridan qanday farq qiladi?
11. Alyuminiy oksidi asosli keramik material qanday maqsadlarda ishlab chiqariladi?
12. Agar keramik material karbidlar asosida ishlab chiqarilgan bo'lsa u qanday turdagi keramik material?
13. Kremniy va uglerodning kimyoviy birikmasidan tashkil topgan keramik material qanday nomlanadi?
14. Sirkoniy oksidi asosli keramik material qanday maqsadlarda qo'llaniladi?
15. Kislorodsiz keramik materiallar turlarini keltiring.

6. KUKUN KOMPOZITSION MATERIALLAR

6.1. Kukun kompozitsion materiallarga qo'yiladigan asosiy talablar

Kompozitsion material deb: bir-biri bilan aniq chegaraga, keskin farqlanuvchi kimyoviy tarkib va xossalarga ega bo'lgan ikki va undan ortiq komponentga, komponentlarning materialda taqsimlanishi va joylashishi oldindan rejalashtirilgan tartibga ega bo'lib, mikromasshtab darajada strukturasi har xil ammo makromasshtab darajasida esa bir xil strukturaga ega bo'lgan materialga aytiladi. Bunda kompozitsion material ikkita matritsa va mustahkamlovchi komponentlardan tashkil topgan bo'lib ularga qo'yiladigan asosiy talab matritsa va mustahkamlovchi hech qachon kimyoviy ta'sirlashuvga ega bo'lmasligi kerak.

Material yaratishning bunday yangi usulidan faydolanish negizida bir butun materialga bir vaqtning o'zida bir nechta qarama-qarshi xossalarni berish imkoniyatini hosil qilish ko'zda tutilgan. Xozirgi paytda kompozitsion materiallar ishlab chiqarish sohasida keng qo'llanilmoqda. Ular yuqori mustahkamlikka, pishqlikka, toliqishdan sinishga yuqori qarshilik ko'rsatish xossasiga, ichki va yig'ilma kuchlanishlarga kam ta'sir ko'rsatuvchi material hisoblanadi. Bundan tashqari, kompozitsion materiallar yuqori yeyilishga bardoshli, issiqlikka chidamli va bardoshli materiallar hisoblanadi. Shuning uchun bu materiallarga umumiy talablardan tashqari yana maxsus talablar: kichik zichlikda yuqori mustahkamlikga ega bo'lishi, kichik nisbiy cho'zilishda yuqori plastiklikka ega bo'lishligi, dinamik va termik yuklanishlarga bardoshli, strukturasi o'zgartirish orqali xossalarni keng miqyosda o'zgartirish imkoniyatiga ega bo'lishligi talab etiladi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan talablarga javob beruvchi kompozitsion materiallarni xalq xo'jaligining ishlab chiqarish mashina mexanizm, kosmos va aviasozlik sohalarida qo'llash natijasida ularning yuklama ko'tarish qobiliyati, yuqori va past haroratlarga bardoshligi va kam og'irlikka, yuqori ekspluatatsion mustahkamlikka

hamda uzoq muddat turg'un, benuqson ishlaydigan asbob-uskunalar transport va uchish apparatlarini ishlab chiqarish imkoniyatini tug'diradi.

6.2. Kukun kompozitsion materiallarning klassifikatsiyasi, xossalari va qo'llanilishi

Odatda, kompozitsion materiallar ikkita strukturadan: butun hajm bo'yicha yaxlit uzluksiz struktura–matritsa va butun hajm bo'yicha uzlukli takrorlanuvchi struktura mustahkamlovchi komponentlardan tashkil topgan bo'ladi.

KKM – (kompozitsion kukun – materiallar) asosan strukturasi ko'ra, matritsaning materialiga ko'ra, mustahkamlovchining materialiga ko'ra va mustahkamlovchining joylashish tartibiga ko'ra klassifikatsiyalanadi.

KMP – strukturasi ko'ra: tolali va qatlamli; dispersion mustahkamlangan; evtektik turlarga bo'linadi.

Tolali KM – butun yaxlit matritsaga ega bo'lib, uning ichida teng taqsimlangan mustahkamlovchi tolalar joylashgan bo'ladi, bunda tolalar cheksiz uzun yoki qisqa qirqilgan shaklda bo'lishi mumkin. Qatlamli KM ikki o'lchamga ega bo'lgan yupqa listlarning bir-biriga yopishtirish natijasida hosil bo'ladi, bunda to'liq yupqa listlar yoki matolar bo'lishi mumkin. Tolali KM da tolalar matritsaga yopishgan bo'lib, materialga berilayotgan asosiy yuklamani ko'tarishga ishlab u materialning mustahkamligini belgilaydi. Matritsa esa materialga berilayotgan yuklamani tolaga uzatib alohida tolalarning uzilishiga to'sqinlik qiladi. Bundan tashqari, matritsa tolalarni, ya'ni mustahkamlovchilarni tashqi muhit ta'siridan va mexanik parchalanishdan saqlaydi.

Qatlamli KM da yuqori plastiklikka ega bo'lgan qatlamlar matritsa vazifasini o'tasa qatlamlar orasidagi qattiq material materialga berilayotgan yuklamani ko'tarishga ishlaydi.

Dispersion–mustahkamlangan KM – matritsasining butun hajmi bo'ylab teng taqsimlangan juda mayda dispersion zarrachalarga ega bo'lib ular materialni ishlab chiqarish yoki ekspluatatsiya qilish davri davomida matritsa bilan kimyoviy ta'sirlashmaydi. Boshqa turdagi KM dan farqli o'laroq, bu materialning matritsasi materialga berilayotgan yuklamani ko'tarishga ishlaydi. Undagi mustahkam-

lovchining vazifasi matritsadaagi kristall yoki boshqa turdagi nuqsonlarni birlashib ketishiga yoki harakatiga to'sqinlik qilish orqali materialni yanada mustahkamlaydi.

Evtektik KM – suyuq matritsada erib va qattiq holatida singmaydigan kristall tola shaklida ajralib chiqadigan mustahkamlovchiga ega bo'ladi. Bu materialni ishlab chiqarish jarayonida matritsa erigan bo'lib uni maxsus qoliplarda sovutish, yani qotirish jarayonida undan kristall qisqa mo'ylovga o'xshash kristallar, ya'ni mustahkamlovchi ajralib chiqadi. Bu material boshqa KM farqli ishlab chiqarish texnologiyasiga ega. Evtektik KM dagi matritsa va mustahkamlovchining vazifasi dispersion–mustahkamlangan KM bilan bir xil.

Matritsaning materialiga ko'ra kompozitsion kukun materiallar: metallik, polimerli va keramik matritsali KM ga bo'linadi.

Metallik KM – bu turdagi materiallarda matritsa: alyumin, magniy, titan, nikel, mis, kobalt va qiyin eriydigan metallar hamda ularning qotishmalaridan tayyorlangan bo'ladi.

Polimer KM – bu turdagi materiallarda matritsa: epoksid, yarim efirli, fenolli, kremniy organik va polimidli smolalardan tayyorlangan bo'ladi. Bunda matritsaning materiali KM qo'llanish sohasidagi harorat qiymati, yuklama darajasi va ishlash muhitining turiga ko'ra tanlanadi. Bundan tashqari, ishlab chiqarish va ekologiyaga ta'siri ham inobatga olinadi.

Keramik KM – bu materiallarda matritsa har xil alyuminiy, sirkoniy, kremniy, magniy va xrom oksidlari hamda qiyin eriydigan metallarning kimyoviy birikmalaridan ishlab chiqariladi.

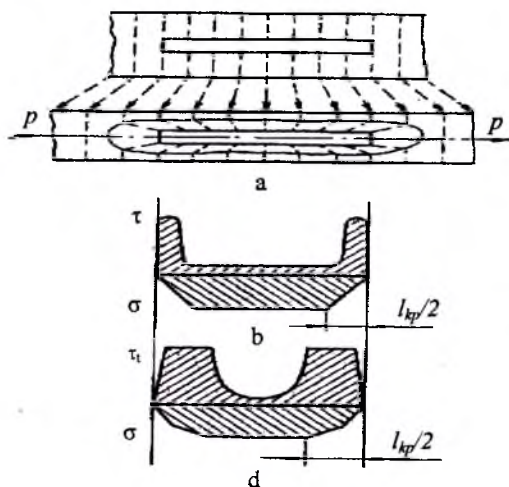
Kompozitsion materiallar armirlovchi komponentning mustahkamlavchiga nisbatan joylashishiga ko'ra: izotropik va anizotropik turlarga bo'linadi.

Izotropik xossaga ega bo'lgan KM – ta'sir qilayotgan yuklamalarga barcha materialning kristallografik yo'nalishlari bo'yicha bir xil qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga ega bo'lib ularda mustahkamlovchi va armirlovchi matritsaning butun hajmi bo'ylab tartibsiz yoki teng tarqalgan bo'ladi.

Anizotropik KM – material matritsasida mustahkamlovchi va armirlovchi ma'lum tartib va yo'nalishga ega bo'lib ularga: qisqa qirqilgan tolali armirlovchiga ega bo'lgan KM, dispersion–mustahkamlavchiga ega bo'lgan KM va evtektik KM kiradi.

Bu KM yuqori mustahkam po‘latlarga qaraganda mustahkam material hisoblanadi. Chunki an’anaviy materiallarda deformatsiyadan sodir bo‘ladigan nuqsonlarning harakatga kelish mexanizmi tubdan farq qiladi. Masalan, po‘lat materiallarning deformatsiyalanish natijasida undagi mikro daralar harakatga kelib hech qanday qarshiliksiz bir-biri bilan ulanib yirik daralar ketishni hosil qiladi. Buning natijasida po‘lat material sinadi. KM da esa mayda mikrodaralarning harakatga kelishiga to‘siqlar bo‘lib ular daralarni bir-biri bilan ulanishga to‘sqinlik qiladilar, bu esa materialga berilayotgan yuklamani yanada oshirishga imkon tug‘diradi.

KM dagi l – uzunlikka ega bo‘lgan tolalarga kuchlanishning taqsimlanishini va materialning mustahkamlanish mexanizmini aniqlaymiz. Materialda quyidagi shartlar mavjud: 1 – tola va matritsa chegaralangan bikrlilik hududida ishlaydi; 2 – tolaning bikrlilik moduli matritsaning bikrlilik modulidan katta ($y_{e_t} > y_{e_m}$), bu esa matritsani qo‘shni tola hududida erkin cho‘zilishini chegaralaydi; 3 – matritsa va tola bir-biri bilan bog‘langan bo‘lib, kuchlanish tolaning torets tomonidan uzatilmaydi.



6.1-rasm. Matritsa va tolalarning birgalikdagi (a) deformatsiyalanish sxemasi hamda (b) τ – urunma, σ – normal kuchlanishlarning (d) plastik bikrlilik hududidagi epyurasi

Materialga cho'zuvchi yuklama berilsa tola, yuqori bikrlk moduliga ega bo'lgani uchun matritsani o'ziga yaqin hududda erkin harakatlanishiga to'sqinlik qiladi (6.1-rasm, a). Matritsa toladan uzoqroq hududlarda teng tarqalgan tekis plastik cho'ziladi. Bu esa tolaga yaqin hududlarning deformatsion tekisligini bezovtala boshlaydi.

Toladan uzoqlashgan sari bezovtalanish darajasi pasaya boradi. σ – cho'zuvchi kuchlanishning tolalar bo'ylab taqsimlanishi 6.1-rasm, b da ko'rsatilgan.

Tolalar toretsi tomonidan yuklama uzatilmagani uchun cho'zuvchi kuchlanish tola uchidan, noldan boshlab $x = l_{kor}/2$ bo'lgan nuqtagacha maksimal qiymatga oshadi (l_{kor} – cheksiz uzun tolaga to'g'ri keladigan kuchlanishga ega bo'lgan qisqa tolaning uzunligi).

Tolaga tasir qilayotgan kuchlar muvozanatidan kelib chiqqan holda shuni aytish kerakki, urunma kuchlanish doimo tola uchida minimal va tola o'rtasida esa maksimal ko'rsatgichga ega bo'ladi (6.1-rasm, b). τ_{max}/σ_{max} – analizidan ko'rish mumkinki urunma kuchlanishlarning tola – matritsa chegarasida $0,1-0,3\delta_v$ – qiymatida bo'ladi va matritsaning oquvchanligi ko'rsatgichidan yuqori bo'ladi, bu esa matritsani plastik deformatsiyalanishini ta'minlaydi. Bundan kelib chiqqan holda kuchlanishlar epyurasi 6.1-rasm, d shakliga o'tadi. Kompozitsion materialning urunma kuchlanishining maksimal qiymati matritsaning oquvchanligi bilan chegaralanadi.

Bikrlk chegara hududidan tashqarida yuklamani uzatish l_{kor} – tolaning uzilishdagi σ'_v – kuchlanishga bog'liq ravishda o'zgaradi. Bu bog'liqlikni kompozitsion materialning matritsa va tola muvozanatidan kelib chiqqan holda aniqlaymiz:

$$\frac{1}{4} \pi d^2 \sigma_v^p = \frac{1}{2} \pi d l_{kor} \tau_m,$$

bundan

$$\frac{l_{kor}}{d} = \frac{\sigma_v^p}{2\tau}$$

Ifodadan ko'rinadiki, l_{kor} – tolaning kritik uzunligi uzulish kuchlanishiga proporsional ravishda o'sadi.

Tolali kompozitsion materiallarning mustahkamligi uni tashkil etuvchi tola va matritsaning mexanik xossasiga va ularning bir-biriga bo'lgan nisbatlariga bog'liq. Agar: 1 – tolalar matritsada teng tekis taqsimlangan; 2 – ularning yo'nalishi va tarkibi bir; 3 – matritsa va tola o'rtasida sakrashi mutlaqo yo'q desak unda o'q bo'ylab berilgan yuklama kuchlanish bilan quyidagicha bog'langan:

$$P = \int_F \sigma_z dF$$

bunda: F – materialning ko'ndalang kesim yuzasi.

Agar materialning sinish yuzasi tekis bo'lsa, unda materialni sindiradigan yuklamasi R_{\max} o'q bo'ylama σ_z^p – sindiradigan kuchlanishga huddi shunday bog'liq.

Kompozitsion materialning cho'zilishdagi mustahkamligi quyidagicha:

$$\sigma_k = \frac{R_{\max}}{F} = \frac{1}{F} \int_F \sigma_z^p dF$$

Materialning sinish yuzasi ikkita komponentni kesib o'tgani uchun:

$$\sigma_k = \frac{1}{F} \int_F \sigma_z^p dF + \frac{1}{F} \int_F \sigma_z^p dF$$

bunda: F_v va F_m – mos ravishda tolaning hamda matritsaning ko'ndalang kesim yuzasi.

Kompozitsion materialning parchalanishida toladagi kuchlanish taxminan tolaning kompozitsiyadagi o'rtacha σ_b^p – mustahkamligiga teng bo'lsa, matritsadagi kuchlanish esa tolaning uzilish onidagi o'rtacha δ_M – oquvchanligiga teng bo'ladi. Shuning uchun oxirgi ifodani quyidagicha yozsa bo'ladi:

$$\sigma_k = \frac{F_b}{F} \bar{\sigma}_b^p + \frac{F_m}{F} \bar{\sigma}_m$$

Agar materialning istalgan joyidagi ko'ndalang kesimida matritsa va tolaning bir-biriga nisbatan yuzasi bir xil bo'lsa tenglama quydagi shaklga ega bo'ladi:

$$\sigma_K = V_v \bar{\sigma}_B^P + V_m \bar{\sigma}_M$$

bunda: V_v va V_m – mos ravishda tolaning va matritsaning materialdagi hajmi.

Bu tenglamaga *aralashmalar tartibi yoki aralashmalar tengligi* deb nom berilgan bo'lib, tenglik tolaning mustahkamlik ko'rsatgichi juda kichik oraliqda bo'lgan hollar uchun o'rinlidir. Bunday ko'rsatgichli mustahkamlikka metallardan yasalgan tolalar kiradi. Kompozitsion materiallarda qisqa qirqilgan mo'rt dispers kristallar qo'llangan bo'lsa, ularning faqat o'rtacha mustahkamligini inobatga olish yetarli bo'lmaydi. Bunday hollarda ularning disperslik darajasi ham inobatga olinishi kerak.

Matritsaga kiritiladigan tolaning V_v – hajmi ma'lum chegaraga ega. Agar matritsaga juda ko'p tola kiritilsa, unda aralashmalar tengligi buziladi. Chunki bunda tolalarning joylashishini va yo'nalishini to'liq nazorat qilish imkoni bo'lmay qoladi. Buning natijasida tolalarning ba'zi joylarida matritsasiz tolani tola bilan ulangan joylari hosil bo'ladi. Materialni deformatsiyalash jarayonida aynan shu joylarda darz ketishlar kuzatiladi. Bu esa kompozitsion materialning mustahkamligining keskin kamayishiga olib keladi. Agar matritsaga kiritilgan tolalar juda kam bo'lsa, unda materialga berilayotgan yuklamadan hosil bo'lgan kuchlanish ularning parchalanishiga olib keladi. Shundan kelib chiqqan holda matritsadagi tolalarning zaruriy hajmiy miqdorini aniqlash muhim ahamiyat kasb etadi. Matritsaning deformatsion mustahkamlanishi unda parchalanishga ishlayotgan tola hisobiga amalga oshirilayotgan bo'lsa, materialning mustahkamligi matritsaning xossasidan kelib chiqqan holda aniqlanadi:

$$\sigma_K = \sigma_M^P (1 - V_B)$$

bunda: σ_M^P – matritsaning mustahkamligi.

Ikkita tenglamaning birgalikdagi yechimidan aralashmalar tengligiga javob beruvchi matritsaga kiritiladigan minimal tolaning hajmiy miqdorini aniqlash mumkin:

$$V_{\min} = \frac{\sigma_M^p - \bar{\sigma}_M}{\bar{\sigma}_B^p + (\sigma_M^p - \bar{\sigma}_M)}$$

Ifodadan ko'rinadiki, juda yuqori mustahkamlangan ($\sigma_M^p - \bar{\sigma}_M$) matritsaning deformatsion mustahkamlanganiga ko'ra V_{\min} kichik.

Kompozitsion materiallarni yaratishdan maqsad uning asosini tashkil etuvchi matritsaning mustahkamligidan yuqori bo'lgan material olishdan iborat, ya'ni:

$$\sigma_K = \bar{\sigma}_B^p V_M + \bar{\sigma}_M (1 - V_B) \geq \sigma_M^p$$

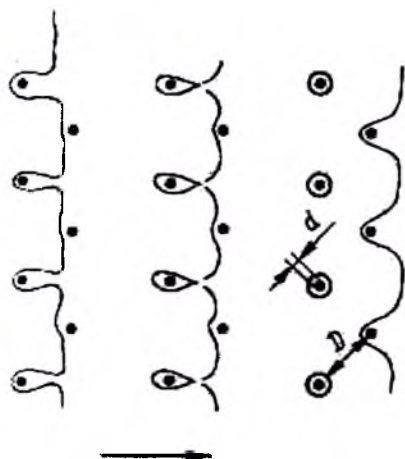
Shuning uchun matritsaning yuqori darajada mustahkamlanishini ta'minlovchi tolaning hajm miqdori quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$V_{\text{krit}} = \frac{\sigma_M^p - \bar{\sigma}_M}{\bar{\sigma}_B^p - \bar{\sigma}_M}$$

Bundan ko'rinadiki matritsa bilan tolalarning xossalari bir-biridan qancha farq qilsa, tolaning kritik hajmi shuncha kichik bo'ladi, bunda uning qiymati juda keng chegaralarda 1 dan 50% gacha o'zgarishi mumkin.

Tolali kompozitsion materiallardan farqli o'laroq dispersion mustahkamlangan kompozitsion materiallarning mustahkamlanish mexanizmi tubdan farq qiladi. Ye. Orovan modeliga ko'ra materialning mustahkamlanishi undagi dispers zarrachalarning atrofida dislokatsiya halqalarining hosil bo'lish natijasida sodir bo'ladi. Dislokatsiya materialga ta'sir qilayotgan urunma kuchlanishlar ta'sirida harakatga keladi va dispers zarrachalar oralig'ida egiladi (6.2-rasm). Bunda u zarracha atrofida halqa hosil qiladida yana o'z harakatini dovom ettiradi. Keyingi dislokatsiya huddi shunday xalqa hosil qiladi, natijada ikkita halqa energiyasi qo'shiladi. Buning natijasida u yerda bikrlilik kuchlanish maydoni hosil bo'ladi, qancha qo'shilsa shuncha yaxshi. Bu maydon keyingi harakatga kelgan

ditslokatsiyalar harakatini mutlaqo to'sishga o'tadi va oqibatda yana hosil bo'lgan dislokatsiya zarrachalar orasidan o'tolmay qoladi.



6.2-rasm. Orvin modeli bo'yicha dispersion mustahkamlangan matritsada dislokatsiyaning harakatlanish sxemasi: d – zarracha diametri; D – zarrachalar orasidagi masofa.

Zarrachalar oralig'idagi dislokatsiyani egish uchun zarur bo'ladigan kuchlanish quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$\tau = \frac{tr}{bL}$$

bunda: $t = ag_s b^2$ dislokatsiya chizig'ining kuchlanishi; b – Byurger vektori; L – zarrachalar oralig'idagi o'rtacha masofa; g_s – matritsaning surilish moduli; r – harakat tekisligidagi zarrachaning o'rtacha radiusi.

Tenglamaning qiymati shuni ko'rsatadiki, harakatdagi dislokatsiya zarrachalar orasini kesib o'tish vaqtida matritsaning boshlang'ich surilish kuchlanishi qancha darajada ortadi? Bunda dispers zarrachaning diametri katta ahamiyatga ega, chunki katta diametrga ega bo'lgan zarracha dislokatsiya tomonidan egiladi, kichik diametrga ega bo'lgan zarracha esa dislokatsiya tomonidan kesiladi. Shuning

uchun zarrachaning kritik diametridini d_{kr} – bilish juda muhim u quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$d_{kr} = \frac{g_s b}{\tau_{sd}}$$

bunda: τ_{kr} – zarrachaning deformatsiyalanishi uchun zarur bo'lgan kritik surish kuchlanishi.

Juda ko'pchilik mustahkamlovchi element zarrachalarning d_{kr} – kritik diametri 0,01 – 0,05 mkm ni tashkil etsa ularning oralig'ida masofa 0,1–0,05 mkm oralig'ida bo'ladi. Matritsaga kiritiladigan mustahkamlovchi zarrachalarning hajmiy qiymati quyidagi muvozanatdan aniqlanadi:

$$L = \frac{d}{\frac{1}{(1,91 f)^{1/2}} - 1}$$

bunda: L – zarrachalar orasidagi masofa; d – zarracha diametri; f – zarrachalarning hajmiy massa miqdori. Ko'pchilik kompozitsion materiallarning matritsasining maksimal mustahkamligini oshirish uchun kiritiladigan dispers zarrachalarning miqdori 5–10% atrofida bo'ladi.

Shuni aytish kerakki yuqorida ko'rib chiqilgan kompozitsion materiallarning mustahkamlanish mexanizmi juda ko'p chegaralangan shartlarni o'z ichiga oladi, ammo mustahkamlanish jarayonini juda yaxshi tushintiradi.

Texnika sohalarida yechiladigan muommalarni hal etish uchun kompozitsion materiallarning parchalanish, ishdan chiqish yoki sinish xarakterlarini o'rganish zaruriyati paydo bo'ladi. Tolali kompozitsion materialning sinish xarakteri: 1–matritsada tolalarning hajmiy miqdoriga; 2 – tolalarning yo'nalishiga; 3 – sinishgacha bo'lgan deformatsiya nisbatlariga bog'liq. Kompozitsion materiallarning sinishi ikkita ***bir darajali sinish va ko'p darajali sinish*** iboralari bilan sinish turlariga bo'linadi. Bir darajali sinishda kompozitsion materiallar faqat bitta tolalarning uzilishi natijasida sodir bo'lsa ko'pdarajali sinishda tolalarning ko'pchiligi uzilgandan keyin sinish sodir bo'ladi.

Deformatsiyaning kichik qiymatlarida kuchlanish uchun aralashmalar tengligini quyidagi shaklda yozish mumkin

$$\sigma_x = E_B \varepsilon V_B + E_M \varepsilon V_M$$

Bu muvozanat material komponentlarining biridan-biri deformatsion sinishi sodir bo'lmaguncha saqlanib qolinadi. Tolaning deformatsion uzilishi matritsaning deformatsion sinishdan ($\varepsilon_v < \varepsilon_m$) kichik bo'lgani uchun bu tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\sigma_x = E_B \varepsilon_v V_B + E_M \varepsilon_v V_M = \sigma_m^p V_B + E_m \varepsilon_v V_M$$

Kuchlanish qiymati tolaning σ_B^p – mustahkamligidan oshishi bilan uzila boshlaydi va yuklanish bevosita matritsaga uzatiladi. Demak, matritsa shu bilan birga kompozitsiya birinchi tolaning uzilishidayoq sina boshlaydi agar quyidagi shart bajarilsa:

$$V_M \sigma_m^p \triangleleft \sigma_v^p V_B + E_m \varepsilon_v V_M$$

Bu shartning teskarisi bajarilsa birinchi tola uzilgani bilan material sinmaydi. Kompozitsiyaga ta'sir qilayotgan yuklamaning yanada oshishi natijasida tola parchalana boshlaydi. Tolaning parchalanishi, material quyidagi kuchlanish ta'siridan sinmaguncha davom etadi:

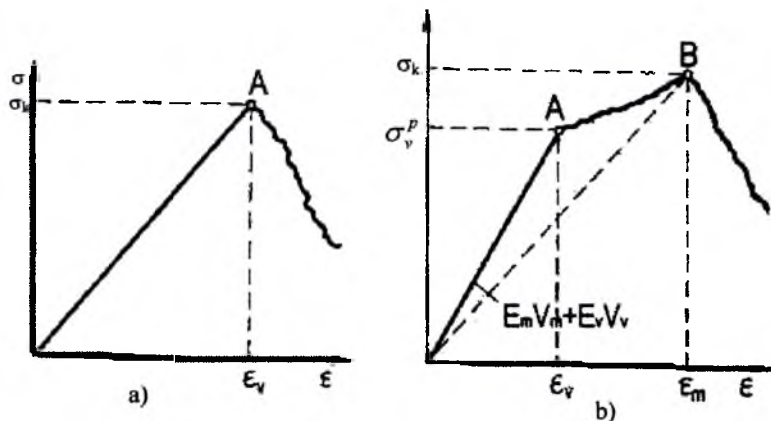
$$\sigma_x = \sigma_m^p V_M$$

Kompozitsiyaning kuchlanish va deformatsiyalanib $\sigma - \varepsilon$ sinishining egri chizig'i 1.3-rasmda keltirilgan. Bir darajali sinishda deformatsiya diagrammasi chiziqli bikrlilik moduliga ega bo'lgan bog'liqlikka ega ε_v tola deformatsiyasi bo'lib, undan ortig'i birinchi tolaning uzilishi, shu bilan materialning sinishiga olib keluvchi diagramma 6.3-rasm, *a* da ko'rsatilgan.

Ko'p darajali sinishda esa diagrammada bikrlilik moduli o'zgargan oquvchanlik chegarasiga mos keluvchi hudud hosil bo'ladi.

$$E'' = E_v V_v + \left(\frac{dV}{d\varepsilon}\right)_m \cdot V_M$$

bunda: $(dV/d\varepsilon)_m$ – matritsaning deformatsion mustahkamlanish koeffitsiyenti. Materialning sinishi $\sigma_m^p V_M$ kuchlanishda sodir bo'ladi 6.3-rasm, *b*.



6.3-rasm. Kompozitsiyaning: a – bir darajali va b – ko‘p darajali deformatsiyalanib sinish egri chizig‘i

Materialga berilayotgan kuchlanish yo‘nalishini tolaning yo‘nalishga nisbatan o‘zgartirilsa materialning sinish xarakteri to‘liq o‘zgaradi, mustahkamligi esa pasayadi. Tola yo‘nalishi va kuchlanish ta’sir yo‘nalishi oralig‘idagi burchak $\theta < 10^\circ$ bo‘lsa (6.4-rasm), kompozitsiyaning sinishi undagi tolaning uzilishi natijasida sodir bo‘lib, materialning mustahkamligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\sigma_k = \frac{\sigma_k^0}{\cos^2 \theta}$$

bunda: σ_k^0 – kompozitsiyaning $\theta = 0^\circ$ ga teng paytdagi mustahkamligi

Agar burchak qiymati $\theta = 10 \dots 70^\circ$ atrofida bo‘lsa, kompozitsiya sinishi matritsaning qo‘zg‘alishi natijasida sodir bo‘lib, quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\sigma_k = \frac{\tau_m}{\sin \theta \cos \theta}$$

bunda: τ_m – matritsaning qo‘zg‘alishdagi sinish mustahkamligi

Burchakning katta qiymatlarida kompozitsiyaning sinishi matritsaning tolaga nisbatan ko'ndalang kesimidan uzilishi yoki tola va matritsaning ulangan chegara yuzasidan sodir bo'ladi. Bunda kompozitsiyaning mustahkamligi quyidagi formuladan aniqlanadi?

$$\sigma_k = \frac{\sigma_m^p}{\sin^2 \theta}$$

Shunday kritik burchak borki $\theta_{kp} = \arctan \frac{1,5\tau_m}{\sigma_k}$ undan yuqorisi kompozitsiya mustahkamligining keskin pasayishiga olib keladi.

Evtetik materiallar sinishi ham xuddi shu mexanizm bo'yicha boradi. Negaki evtektik materiallarning mustahkamlovchisi juda mo'rt xossaga ega bo'lgani uchun ular burchak o'zgarishi bilan tezda sinadi va ularning o'rnida plastik asosga ega bo'lgan matritsada bo'shliqlar hosil bo'ladi. Matritsaga ta'sir qilayotgan yukning ortishi natijasida qo'zg'alish kuchlanishidan sodir bo'layotgan deformatsiyadan bo'shliqlar bir-biri bilan bog'lanmaguncha kengayishda davom etib kompozitsiyaning sinishiga olib keladi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan kompozitsiyaning mustahkamlanishi va sinish mexanizmi shuni ko'rsatadiki, kompozitsiyaning mustahkamligi uni tashkil etuvchi alohida komponentlarning mustahkamligidan bir necha barobar yuqori bo'ladi. Bundan tashqari, kompozitsiyaning mustahkamlanish effektini plastik xossaga ega bo'lgan matritsani dispersion mustahkamlash va yuqori bikrlilik moduliga ega bo'lgan tolalarni qo'llash orqali yanada oshirish imkoni bo'ladi.

6.3. Kompozitsion kukun materiallarning qisqacha xarakteristikasi

Kukunli metallurgiya bilan detal va zagatovkalar uchun har xil kompozitsion materiallar olinadi. Maxsus fiziko-mexanikaviy va ekspluatatsion xossali kompozitsion materiallar ko'p qo'llanilmoqda.

A. Ishqalanishga qarshi (antifriksion) metallokeramik materiallardan har xil sirpanish podshipniklar yasaladi. Bularda 10–35% gacha g'ovak bo'ladi. Metall bu yerda qattiq tashkil etuvchi. G'ovak yog', grafit yoki plastmassa bilan to'ldirilib, bular yumshoq tashkil

etuvchilar hisoblanadi. Yog' bilan to'yintirilgan—shimdirilgan bunday podshipniklar moysiz bir necha oy ishlashi mumkin. Agar maxsus moy «cho'ntaklar» qoldirilsa yog' zaxirasi uchun 2–3 yil ishlaydi.

G'ovak ishqalanishiga qarshi materiallar uchun temir–grafit, temir–mis–grafit, bronza–grafit, alyumin–mis–grafit kompozitsiyalari ishlatiladi. Bularning foiz miqdori qo'yilgan ekspluatatsion talablarga bog'liq.

B. Ishqalanuvchi kompozitsion materiallar mis yoki temir asosida murakkab kompozitsiyalardir. Ishqalanish koeffitsiyentini asbest, qiyin eriydigan metallarning karbidlarini va har xil oksidlarni qo'shish bilan oshirish mumkin. Sanoatda ishqalanuvchi material asos materialga bosim ostida yopishtirib, bimetall elementi sifatida ishlatiladi. Temir asosidagi ishqalanish materialining cho'yan bilan ishqalanish koeffitsiyenti 0,4–0,6. Ular 500–600°C ni ushlab tura oladi, tormoz qismlari hamda ssenlenie qismlarida ishqalanish materialli sifatida ishlatiladi.

V. Yuqori g'ovakli materiallardan filtr va shunga o'xshash detallar yasaladi. Filtrlarning ishlash sharoitiga qarab, ularni yemirlishga chidamli po'lat, alyuminiy, titan, bronza va h.k. metallar kukunidan yasaladi. G'ovakligi 50% gacha boradi. Bular presslanmasdan qizdirib biriktiriladi. Kukunlarni qizdirib biriktirish davrida gaz chiqaradigan moddalar qo'shiladi.

G. Metallokeramik qattiq qotishmalar o'zlarining yuqori qattiqligi, o'ta chidamliligi va ishqalanishga chidamliligi bilan xarakterlanadi. Shuning uchun bulardan qirquvchi, parmalovchi asboblari yasaladi. Tez yeyiladigan yuzalarga surtiladi. Qattiq qotishmalar qiyin eriydigan metallar karbidlari asosida yasaladi: WC, TiC, TaC. Bog'lovchi bo'lib, kobalt xizmat qiladi. Foiz miqdori qo'yilgan maqsadga qarab belgilanadi.

Kukunli metallurgiya usuli bilan almaz metallidan yuqori qirqish xossalari materiallar olinadi. Bog'lovchi sifatida metall poroshoklari (mis, nikkell va h.k.) yoki ularning qotishmalari xizmat qiladi.

D. Issiqbardosh va olovbardosh materiallardan yuqori haroratda ishlaydigan detallar yasaladi. Bu materiallar yuqori issiqbardosh va oksidlanishga qarshi turg'un bo'lishi kerak. Nikkel, titan, tantal, volfram va h.k. metallar asosida qotishmalar bunga javob berib, 850–900°C da ishlayveradi. Qiyin eriydigan va qattiq birikmalar (oksidlar, karbidlar, boridlar) 3000°C gacha ishlaydi.

E. Kukun metallurgiyasidan maxsus elektromagnit xossali materiallarni (doimiy magnit, magnitodielektrik, ferrit) olishda ham foydalaniladi.

J. Kompakt konstruksion materiallarini olishda har xil metall va qotishmalarning kukinidan foydalaniladi. Zichligi yuqori bo'lganidan metallarning mexanikaviy xususiyatlari o'zgaraydi. Lekin bir xil ekspluatatsion xossalari anchagina ortadi. Masalan, alyuminiy (poroshogi) kukunini qizdirib, birlashtirilsa, u ancha issiqqa chidamli bo'lib qoladi:

600 °C da ham ishlayveradi. Chunki tarkibida 15% gacha alyuminiy oksidi bo'lib, u alyumin zarrachalarini yupqa parda (plyonka) sifatida o'rab, uzluksiz karkas hosil qiladi.

3. Tolali kompozitsion materiallar hozirgi zamon sanoatida keng qo'llanilmoqda. Bu rivojlanayotgan va yosh soha. Bunda asos matritsa–yumshoq materiallar. Armatura yuqori puxtalikdagi tola: volfram, molibden simlari; alyumin; bor oksidlari tolasi; kremniy karbidi, grafit simlari.

6.3.1. Aralashmani tayyorlash

Bu 3 operatsiyadan iborat: a) dastlabki yumshatish, b) kukunlarni zarrachalar o'lchamiga qarab saralash; v) aralashtirish.

Dastlabki yumshatish natijasida oksidlar qaytariladi va naklep yo'q qilinadi, qaysiki mexanikaviy maydalash davrida barabanlarda hosil bo'ladi. Yumshatish harorati $T=0,5-0,6$. Erish va himoya yoki qaytaruvchi muhitda olib boriladi.

G'alvirlash natijasida o'lchami 50 mkm va undan katta bo'lgan zarrachalar ajratilib gruhlarga bo'linadi. Maydalari havoda separatsiya qilinadi. Metall parashoklarga–kukunlarga texnologik qo'shimcha materiallar qo'shiladi: presslarni osonlashtirish uchun plastifikatorlar:

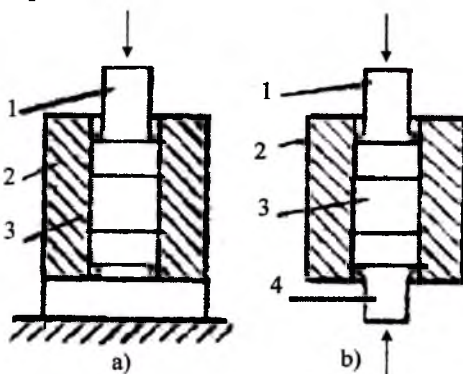
parafin, steorin; yaxshi–oson eriydigan materiallar, qizdirib birlashtirishni yaxshilash uchun; kerakli g'ovaklikni olish uchun uchuvchi moddalar qo'shiladi.

Tayyorlangan kukunlar sharli, barabanli tegirmonlarda va maxsus moslamalarda aralashtiriladi.

Metall kukunlardan zagatovkalar quyidagi usullarda olinadi: presslash (sovuq holda, issiq holda, gidrostatik) va prokatlash.

6.3.2. Sovuq holda presslash

Press-formaga (2) kerakli miqdorda metall kukuni (3) tashlanadi, puanson (1) bilan presslanadi.



6.4-rasm. Sovuq holda presslash:
a–bir tomonlama; b–ikki tomonlama

Presslash natijasida zarrachalar orasidagi kontakt kattalashadi, g'ovaklilik kamayadi, ma'lum zarrachalar deformatsiyalanadi yoki maydalanadi. Zagatovkaning puxtaliligi asosan kukun zarrachalarning mexanikaviy bog'lanish kuchiga bog'liq. Bosim ortishi bilan puxtalik ortadi.

Ikki tomonlama presslashda kuch 30–40% kamayadi. Titratib presslash bosimni bir necha 10 marta kamaytiradi.

Presslash davrida kukun zarrachalari plastik va elastik deformatsiyalanadi, natijada zagatovkada ancha kuchlanish vujudga keladi. Shuning uchun zagatovka press-formadan chiqarilgach, o'z o'lchamlarini elastik deformatsiya hisobiga o'zgartiradi.

6.3.4. Issiq holda presslash

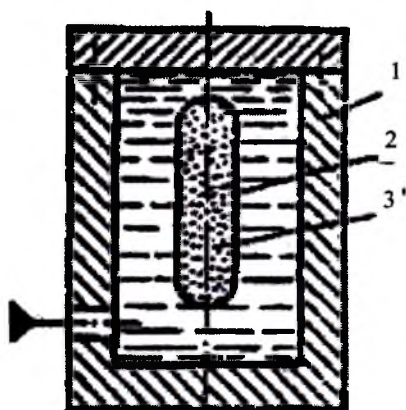
Bunda ikki operatsiya bir yo'la ketadi: forma berish va qizdirib biriktirish. Issiq holda presslash temperaturasi $T_{pr}=0,6-0,8 T_{erish}$. (kukunning erish temperaturasidan). Qizdirish natijasida zichlash jarayoni tezroq ketadi, kuch ham kamroq. Bu usulda yuqori puxtalik,

zich va bir xil strukturali materiallar olinadi. Bu usul yomon presslanadigan, yomon qizdirib biriktiriladigan kompozitsiyalar uchun ishlatiladi: karbidlar, boridlar va h.k. metallga o'xshash qiyin eriydigan birikmalar. Press-forma uchun grafit ishlatiladi.

Grafitli press-forma chidamliligi kam (10–12 presslash), maxsus himoya gaz muhitida ishlashni talab qiladi. Shuning uchun bu usul boshqa usullarni qo'llash mumkin bo'lmay qolgan holda ishlatiladi.

6.3.5. Hidrostatik presslash

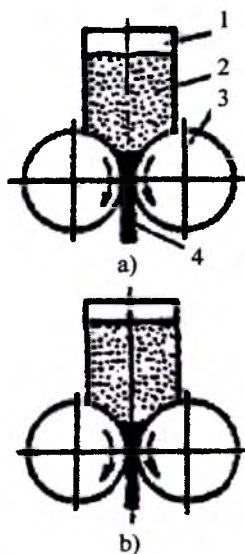
Metallokeramik zagatovkalarni olishda qo'llaniladi, qaysilardan yuqori aniqlik talab qilinmaydi? Kukun (3) elastik qobiq (2) ichiga solinib, har tomondan bir tekisga mahsus germetik kamerada (1) kesiladi. Zagatovka bir xil zichlikda olinadi. Kerak kuch kamayadi. Ishchi suyuqliklari; yog', suv, glitserin.



6.5-rasm. Hidrostatik presslash sxemasi:
1–kamera-maxsus germetik; 2–elastik qobiq; 3–kukun

6.3.6. Prokatka

Eng kelajagi porloq va mehnat unumi yuqori usul. Kukun uzluksiz bunker (1) dan juvalar (3) orasiga tushadi. Juvalar aylanganda kukun (2) kesiladi va chuzilib lenta yoki polosa (4) ma'lum qalinlikda olinadi.



6.6-rasm. Prokatlash sxemasi:

1–bunker; 2–kukun; 3–juvalar; 4–lenta (polosa); 5–devorcha;
 a–bir qatlamli material olish; b–ikki xil materialli–ikki qatlamli
 material olish

Kerak bo'lsa, bir yo'la qizdirib biriktirib ketish ham mumkin. Bu holda pechdan o'tib, yana prokatlanadi (kerakli o'lchamlarni olish uchun). Agar devorcha o'rnatilib, ikki tomonga ikki xil kukun tashlansa, ikki xil materialli ikki (qavatli) qatlamli material olinadi. Prokat qalinligi $t=0,02-3,0$ mm. Keyingi $V=300$ mm. gacha bo'ladi.

6.4. Zagatovkalarni termik ishlash va yakunlovchi ishlov berish

Presslangan yoki prokatlangan zagatovkalar qizdirilib biriktiriladi. Presslangan zagatovkalarda donachalar orasidan kontakt kichkina va bular qizdirib biriktirilgandan so'ng kattalashadi. Bunda quyidagi jarayonlar mavjud bo'ladi: yuza oksidlari qaytariladi, diffuziya o'tadi, rekristalizatsiya va h.k. Bunda zagatovka o'lchamlari o'zgaradi: utiradi usadka), fizika-kimyoviy xossalari ham o'zgaradi. Qizdirish harorati asosiy metall erish temperaturasining $0,6-0,9$

qismini tashkil etadi. Vaqti esa 30–90 min. Temperatura yuqorilansa, vaqt kattalashsa, zagatovka zichligi va mustahkamligi ortadi. Lekin keragidan ko‘proq ushlab kristall uyalarini kattalashtiradi–mustahkamlik pasayadi.

Metall kukunlaridan tayyorlangan buyumlar oksidlanishga moyil bo‘ladi, shuning uchun ularga termik ishlov berish himoya gazlari muhitida olib boriladi: vodorod, dissotsirlangan ammiak, yoki vakuumda olib boriladi. Qizdirish elektr pechlarida (qarshilik hisobiga) yoki induksion pechlarda olib boriladi.

Ko‘pincha, qizdirib biriktirilgan zagatovkalarining fizika–mexanikaviy xossalarini o‘zgartirish uchun, yuzining yemirilishini kamaytirish uchun ustiga pardoz berib, o‘lcham aniqligini oshirish uchun qayta qo‘shimcha operatsiyalar bajariladi.

Fizika-mexanikaviy xossalarini oshirish uchun:

1. Qayta presslash va qayta qizdirib biriktirish.
2. Moylar bilan to‘yintirish – ishqalanib yoyilishga qarshilikni oshirish.

3. Kimyo-termik va termo-mexanik ishlov berish.

Qizdirib biriktirilgan materialarni yuqori haroratda bolg‘alansa, prokatlansa, shtampovka qilinsa, g‘ovakligi kamayib, zichligi ortadi. Masalan, volfram govakligi 2–5 %ga kamayadi, plastikligi oshadi.

Agar 70–140 °C yegga zagatovka 15 min.dan 2 soatgacha solib qo‘yilsa, uning 90–95% yeg bilan tuladi.

Termik ishlashning asosiylari yumshatish bilan toblash. Yumshatish puxtalikni pasaytirib, plastikligini bir necha marta oshiradi. Buni bosim ostida ishlashdan oldin qo‘llanadi.

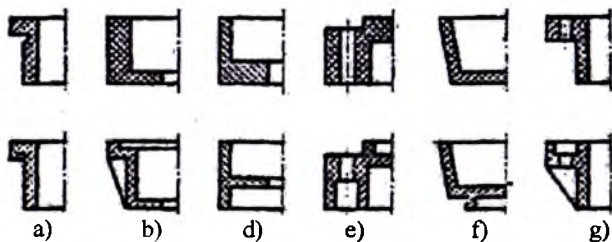
6.5. Kukun metallardan tayyorlangan detallarga qo‘yiladigan asosiy texnologik talablar

1. Detallar devorlarining keskin o‘zgarishligi (1:3) 6.7-rasm, b–d–e).

2. Detaillarda uzun ortiklar, tor uzun ariqchalar, o‘tkir burchakli o‘tishlar bo‘lmasligi.

3. Presslash o‘qiga tik teshiklar, ariqchalar bo‘lmasligi (6.7-rasm, a).

4. Teshiklar maxsus supachalarga joylashtirilsa, o‘tirish kamayadi (6.7-rasm e, g).



6.7-rasm. Detallar loyihalarini jihozlashga misollar

Tayanch suzlar:

Stekloplastika, matritsa, sinchlovchi, puxtalovchi, to'ldirgich, tola bilan puxtalash, polimerli kompozitlar, bikirlik, mustahkamlik, plastiklik, bir o'qli, ikki o'qli va undan ortiq o'qli, suyuq faza, yelimli, tebratgich tegirmonlari, futirovka, generator, konvertor, karbonil usuli, ishqalanishga qarshi, yuqori g'ovakli, qattiq qotishma, metallokeramika, tolali kompozitsion material, presslash, eunker, juva, ikki katlamli material, supachalar, kimyo-termik, termomexanik ishlov.

Takrorlash uchun savollar

1. Kompozitsion materiallarning aviatsiyadagi o'rni.
2. Materiallarning kukunlari qanday olinadi?
3. Tola bilan mustahkamlanish asoslari nimada?
4. Ikki xil material katlam buyum qanday olinadi?
5. T 15K6 qanday material? O'qib bering.

7. NOMETALL MATERIALLARNING ASOSIY XOSSALARINI ANIQLASH

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 polioleflar, polivinixlorid, ftoroplastlar, polimetakrilatlar, rezinalar, shishaplastiklar, sintetik elimlar, grafito va boroepoksiddi kompozitlarni keng ishlatyaptilar. Sanoatda yangi issiqbardosh polimerlarishlab chiqarish o'zlashtirilgan, turli kompozitsion materiallar kimyoviy fizik-mexanik, teplofizik, elektrik xossalari yaxshilangan, ularning ishlatish soxasi kengaygan.

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

7.1. Nometall materiallarni 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 muxandislik baxolash, shuningdek, mahsulotni konstruktorlik hisoblari asosida yotadi.

7.2. 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 $10 \pm 0,2 \cdot 15 \pm 0,2 \cdot 120 \pm 2$ 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 1-jadvalda va 1-rasmda keltirilgan o'lchamlarga mos bo'lishi lozim.

1-jadval

Statik egilishdagi buzuvchi kuchlanishni aniqlash sharoiti

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	$35 \pm 1,5$	$5 \pm 0,2$	$20 \pm 0,3$	2	10–20
2,01–4,0	$55 \pm 1,5$	$5 \pm 0,2$	$40 \pm 0,3$	4	20–40
4,01–6,0	$80 \pm 2,0$	$5 \pm 0,2$	$60 \pm 0,5$	6	30–45
6,01–8,0	$100 \pm 2,0$	$5 \pm 0,2$	$80 \pm 0,5$	8	40–53,5
8,01–10,0	$120 \pm 2,0$	$15 \pm 0,2$	$100 \pm 0,5$	10	50–62,5

10 mm. dan ortiq qalinlikdagi plitadan namuna tayyorlanganda faqat bir tomondan 10 mm gacha kesiladi. Quyma usuli ostida quyma materiallar tayyorlangan namunalar o'lchami $6 \pm 0,2 \cdot 4 \pm 0,2 \cdot 55 \pm 1$ 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, kundalang kesim yuzasi aniqlanadi.

Namuna keng tomoni bilan qiyaligi $R_1=1$ mm radiusli 2 ta tayanchga yotqiziladi. Mexanik ishlangan va presslangan namunalar

uchun tayanch orasi $100 \pm 0,5$ mm, bosim ostida quyma uchun $40 \pm 0,3$ mm bo'lishi lozim.

Namuna markaziga to'g'ri burchak ostida asbob hosil qilgan eguvchi kuch quyiladi. 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).

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) G_n 1 kg/sm² 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.

7.3. Siqishdagi buzuvchi kuchlanishni aniqlash

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

Siqishda buzilmaydigan materiallarni tavsiflash uchun berilgan nisbiy deformatsiya kg/sm² 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, sm².

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 $10 \pm 0,5$, balandligi 15 yoki $30 \pm 0,5$ mm. li silindr shaklida tayyorlanadi. Qavatli materiallar namunalarini sinashda plitalardan kesilib, $10 \pm 0,5 \cdot 10 \pm 0,5$ mm asosli va 15 ± 1 mm balandlikdagi brusoklar formasiga keltiriladi.

Sinov 5 ta namunada olib boriladi. Sinov oldidan har bir namuna o'lchanadi va $0,01 \text{ sm}^2$ 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 tsiferblatda kg da qayd qilinadi.

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

7.4. Cho'zilishdagi buzuvchi kuchlanishni aniqlash

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

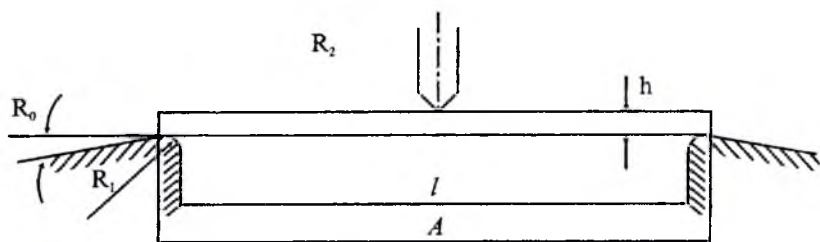
Usulning moxiyati shundaki, aniq forma va o'lchamlarga ega namunaning cho'zilishda buzuvchi kuchlar miqdorini kg/sm^2 larda aniqlash yoki cho'zilishdagi oquvchanlik chegarasini kg/sm^2 da topish, ya'ni bu namunaning yuklanish oshmasdan deformatsiyalanadigan kuchlanishidir.

Oquvchanlik chegarasiga mos keluvchi yuklanish deformatsiya-ning 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. Kavatli 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.

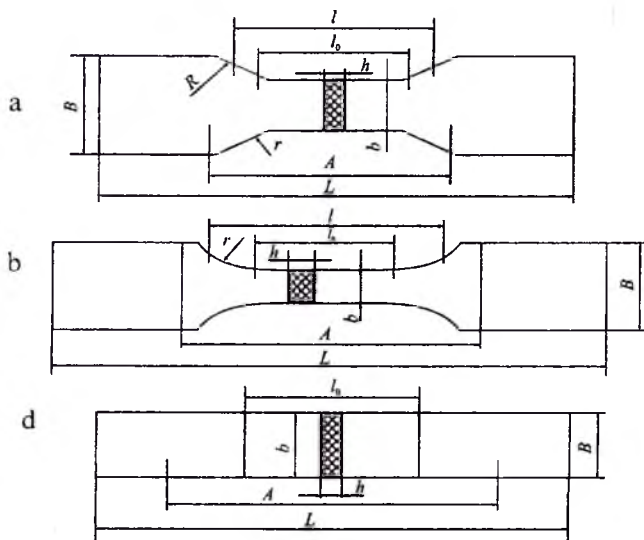
Formatlanuvchan va presslanuvchan materiallarning namunalarini sinashda namunalar maxsus press-formada (presslash yoki formalash) tayyorlanadi. Listli va qavatli materiallarni sinov namunalari sinaluvchini plastinadan 2 ta yo'nalishda, uzunlik va eniga qirib olinadi.

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 $V=25\pm 1$ mm, ishchi qismi uzunligi $l=33\pm 1$ mm, ishchi qismi kengligi $b=6\pm 0,4$ mm, egilish radiusi $r=14\pm 0,5$ mm, $R=25\pm 1$ mm, belgilar orasidagi masofa $A=80\pm 5$ mm, ishchi qismi qalinligi $h=1-2$ mm, baza uzunligi $l_0=25\pm 1$ mm bo'lishi lozim.(2-a rasm);

– termoreaktiv, termoplastik va qavatli materiallar uchun namunalarda quyidagi o'lchamlarda tayyorlanadi. $L = 150 \text{ mm}$, $V = 20 \pm 0,5 \text{ mm}$, $l = 60 \pm 0,5 \text{ mm}$ $b = 10 \pm 0,5 \text{ mm}$, $r = 60 \text{ mm}$ dan kam bo'lmisligi lozim. (2-b rasm);

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



2-rasm. Namunaning cho'zilishda buzuvchi kuchlanishni aniqlashdagi shakllari va o'lchamlari:

- a) uzilishdagi nisbiy uzayishi yuqori bo'lgan plastmassa uchun;
- b) ko'pgina plastmassalarni sinash uchun;
- d) shishaplastiklarni sinash uchun.

Sinovlar $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 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 maxkamlanadi va mashina salt yurishida 10 dan 20 mm/min mashina qisqichlari tezlikda o'suvchi yuklanish ta'sirida uzilishga qadar olib boriladi. Mashinadagi

shkala bo'yicha qo'yilgan yuklanish kg da, ya'ni namuna uzilgandagi qiymat belgilanadi. Qavatli va plyonkali materiallarda material uzayish qiymati chizikli 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:

$$X = (n - m) \cdot 100 / m$$

bu yerda, X –material uzayishi, %; m –namunaning boshlang'ich erkin uzunligi, mm; n –namunaning uzilish vaqtidagi uzunligi, mm.

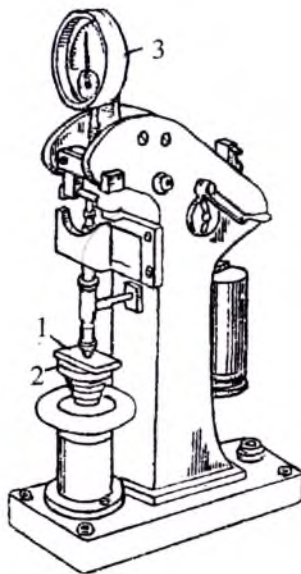
7.5. Qattiqlikni Brinell bo'yicha aniqlash

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 $5 \pm 0,1$ mm 50 kg kuch ostida material namunasiga 60 sek. 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 chap tarafdagi dastak ohista qo'yib yuborilib, so'ngra asbob o'ng tarafdagi dastasi qo'yiladi.

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



3-rasm. Brinell uskunasi:

1–sinaladigan namuna; 2–ko‘targich stoli; 3–indikator.

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.

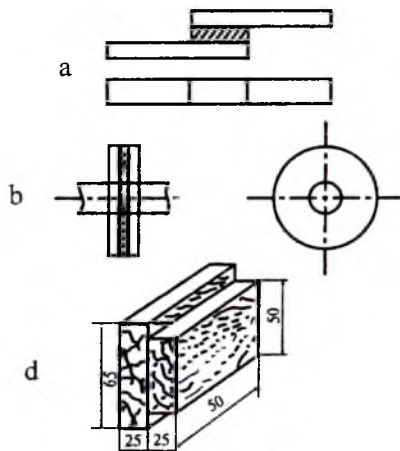
Juda qattiq materiallarda 20 kg/mm^2 dan yuqori hollarda sharchaga qo‘yilgan yuklanish 250 kg gacha oshadi.

7.6. Yelimlarni sinash

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

Siljishdagi mustahkamlik chegarasini aniqlash. Metall plastinalar elimlashdan oldin spirtda yuviladi, quritiladi, keyin elim bitta

plastina yarmiga ikkinchi plastina bilan 4-rasmda ko'rsatilgandek yopilib qisqichda 145–160⁰C haroratda qotiriladi. (Sinalayotgan polimer qotish haroratida). Qotish vaqtida polimer qotish tezligi bilan o'lanadi. Yelimdan holi tomonlar mashinaga cho'zilishdagi (4-a rasm) sinash uchun mahkamlanadi va elim choki mustahkamligi siljishda, mustahkamlik chegarasi (kg/sm²) bo'yicha o'lanadi.



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

Uzilishdagi mustahkamlik chegarasini aniqlash. Yelim qatlami bilan maxsus yog'och kallak (4-b rasm) qoplanadi, elimlanadi, qisqichda qisilib termoshkafda qotiriladi. Bunday shartlar siljishdagi mustahkamlik chegarasini aniqlash singari bo'ladi. Yelimlangan yog'och kallaklar uzish mashinasi qotiriladi va uzilishdagi mustahkamlik kg/sm² larda aniqlanadi.

Yorilishdagi mustahkamlik chegarasini aniqlash. Yog'ochdan yasalgan stan dart namunalar elim surilgan elimxonada (4-d rasm) qotgandan so'ng mashinada yorilishga sinalib, yorilishdagi mustahkamlik chegarasi (kg/sm²) topiladi.

7.7. Nometall 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'kotishlar kiradi. Bu kattaliklar quyidagilarga bog'lik bo'ladi: harorat, chastota va tashqi maydon amplitudasi kuchlanishi, ya'ni kattalik tashqi muhit va ekspluatatsiya sharoitlari bilan xarakterlanadi qator hollarda elektrlarning 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 ompozitsiya tanlash orqali amalga oshiriladi. Bundan tashqari dielektrik xususiyat polimer va polimerli kompozitsion materiallarning qurilishi va tarkibiga bog'liqdir. Dielektrik xususiyatni urganishda molekulyar strukturani izlash va polimerlarning issiklik harakati metodlaridan foydalanamiz.

7.8. Solishtirma yuza elektr qarshiligini aniqlash

Solishtirma yuza elektr karshiligi deganda elektr maydon ta'sirida 1 sm materialning ko'rsatayotgan qarshiligi tushuniladi. Potensiallar farqi 1000 V ni tashkil etganda sinalayotgan namunaning yuzasi orqali utayotgan tok kuchining ulchamiga asoslangan. Sinov namunaning qalinligi $4 \pm 0,2$ mm bo'lib bunda disk kurinishidagi diametri 100 ± 2 mm yoki kvadrat plastina shaklida bulgan ulchami $100 \pm 2 \cdot 100 \pm 2$ mm ni tashkil etgan namunalardan foydalanamiz.

Solishtirma yuza elektr karshiligi Om larda ulchanib, 1 xonali sonning 10 V ga kupaytirilishi va kerakli darajada aks etishi bilan ifodalanadi.

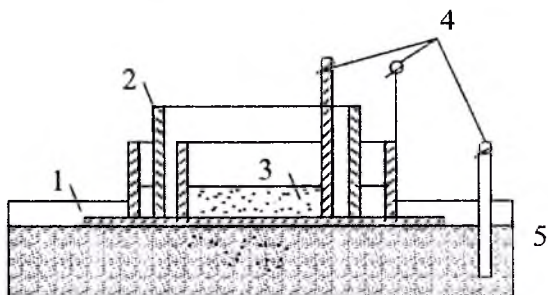
Solishtirma yuza elektr karshiligi asbob orqali aniklanadi. Uning sxemasi 5- va 6-rasmlarda ko'rsatilgan.

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

Halqa ichiga grafit kukuni solinadi, bu elektrodning biri sifatida xizmat kilsa, 2- elektrod sifatida, 2- va 3- halqa orasidagi grafit xizmat kiladi. Sinov $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ haroratda olib boriladi. Solishtirma yuza elektr qarshiligi elektrodlar orasidagi kuchlanish doimiy bulganda ulchanadi. Elektrik ulanishning alohida element kurilmalar sxemasi 6-rasmda ko'rsatilgan.

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

Namunani sinashdan oldin yig'ilgan qurilma tekshiriladi, bunda P_1 ekgich 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 otkaziladi. 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.

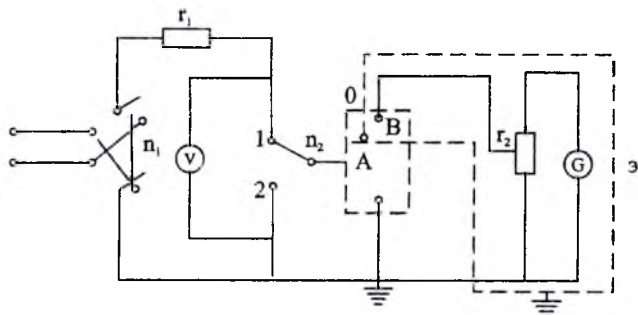


5-rasm. Solishtirma yuza elektr qarshiligini aniqlashda uchkuna sxemasi:

1 – namuna; 2 – yuqori voltli elektrol; 3 – o'lchovchi elektrod (grafit);
4 – kontakt; 5 – himoya elektrodi (grafit).

Agar shu holatda ham tok mavjud bulsa, darhol sxemaning ulanishini tekshirish kerak.

Sinovni utkazish yuqorida ko'rsatilganday qilib tokning uchirilganligini tekshirish, ya'ni P_1 yoqgich har qanday holatga o'rnatilib, P_2 yoqgich esa, 1-holatga o'rnatiladi. Shunt 1:10000 holatga o'rnatiladi. Shundan keyin namunaga kuchlanish beriladi. Galvanometrning S. T. 1.mm. dan kam bulmagan 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 yoqgich 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 – yoqgichlar; r_1 – himoya qarshiligi; r_2 – galvonometrغا etadigan shunt; e – ekran.

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

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

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 – ulchovchi elektrodning diametri, sm .

Galvanometrning dinamik doimiyligini aniqlashda (S_d) a va v namuna qarshiligi (10^6 Om dan kam bo'lmagan) yoqilgan holatda har bir shuntirlangan qarshilik pog'onasida belgilanadi va tokning doimiy potensial farqi 1000 V bo'ladi. S_d quyidagicha aniqlanadi:

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

bu yerda, r – namuna qarshiligi, Om; a – galvanometr strelkasining ogishi.

7.9. 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 $4 \pm 0,2 \text{ mm}$, disk ko'rinishida diametri $100 \pm 2 \text{ mm}$ bo'lgan yoki kvadrat plastinkasidagi o'lchami $100 \pm 2 \times 100 \pm 2 \text{ mm}$. ni tashkil etadi.

Solishtirma hajm elektr qarshiligi Om·sm da belgilanib, bir xonali sonning 10 ga kupaytirilishi 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 aniklaymiz:

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

bu yerda, V – kuchlanish; n – shuntirlangan qarshilikning shunt soni; S – ulchovchi elektrodning maydoni, sm^2 ; C_d – galvanometrning dinamik doimiyliigi, A / mm;

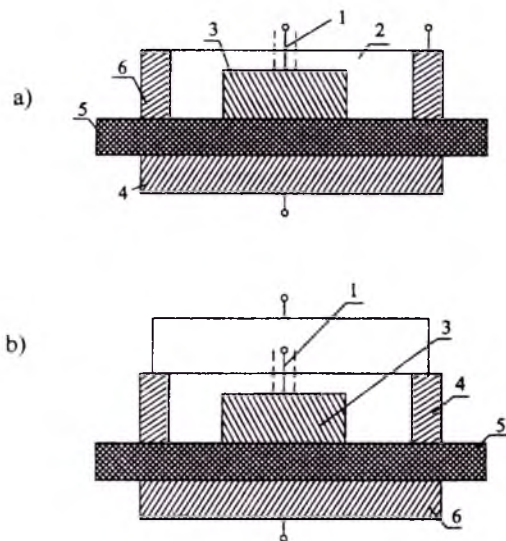
a – galvanometr ko'rsatkichi, mm; d – namuna qalinligi, sm.

7.10. 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 tangens $\text{tg}\delta$ bilan aniqlanadi. Ideal dielektrikda tok bilan kuchlanish orasidagi burchak 90° ni tashkil etadi, real holatda to'g'ri burchak b burchakka og'adi. Og'ish burchagi tangensi dielektrik yo'qotishni xarakterlaydi, $\text{tg}\delta$ qancha kichik bulsa, 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 Gts chastotada aniqlanadi. Namuna disk diametri $50 \pm 0,5$ 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 tgb ga o‘xshab elektroizolyatsiyalangan materialning dielektrik o‘tkazuvchanligi E aniqlanadi, bu dielektrik o‘tkazuvchanligi izolyatsion material kondensatori sig‘imining havo izolyator kondensatori yoki vakuum ostidagi kondensator sig‘imiga nisbati sifatida aniqlanadi.

tgb va E ko‘rsatkichi standart razmerli namunalarda, nisbiy namlik 20–30%, harorat $50 \pm 3^{\circ}\text{C}$, termostatida 24 soat davomida saqlangandan, keyin xona haroratigacha sovutib 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'lov kondensatoriga mahkamlangan va qo'zg'aluvchan yerga ulangan elektrodlar orasiga joylashtiriladi. Keyin kondensator o'lchash asbobiga ulanadi va asbobning ko'rsatkichi belgilanadi. Asbobning etalon kondensator sig'im ko'rsatkichi (S_1) va yo'qotish faktor kattaligi (tgb_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 tekuncha pastga tushiriladi. Shundan so'ng namuna o'lchash kondensatorining yo'qotish faktorini (tgb_2) aniqlash uchun qo'zg'aluvchan elektrod ko'tariladi. Bunda asbobning etalon kondensator sig'imi doimiy saqlanib (S_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 (S_2) sig'imi 2-chi 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 tgb si quyidagicha aniqlanadi:

$$tgb = (S_1 / S_x)(tgb_1 - tgb_2),$$

bu yerda, tgb_1 —namuna ishtirokida o'lovchi kondensatorning tangens yo'qotish burchagi; tgb_2 —namuna ishtirok etmaganda o'lovchi kondensatorning tangens yo'qotish burchagi; S_1 — namuna ishtirok etganda o'lovchi kondensatorning to'liq sig'imi, nF; S_x — sinalayotgan namunaning hajmi, nF.

7.11. 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 chidamliligini 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 harakatlanuvchi 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° bo'lishi kerak. Yuza bo'yicha elektrodlar orasidagi masofa 8 mm ni tashkil qiladi. Elektrodlarning namunaga tegadigan uchi 45° ostida konus shaklida bo'lishi kerak.

O'lchash 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 o'rtasidagi uchlari orasidagi masofa 8 mm. Namuna yuzi bilan orasidagi burchak 45° . 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 elektrodning urnini 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.

7.12. Nomtall materiallarning issiqlikka bardoshlilikini tadqiq etish

Kompozitsion materiallarni issiqlikka bardoshlilik deb, harorat yuqori bo'lganda ularning yumshamaslik 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 tusin formasida quyidagi o'lchamlarda bo'lishi kerak:

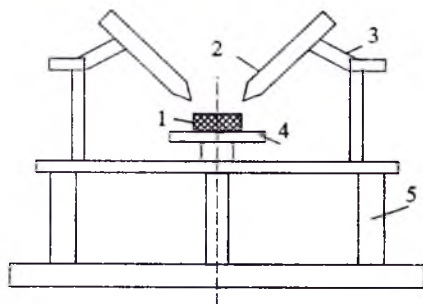
	№1	№2	№3
Uzunligi	120±2	80± 1	50 ±0.5
Kengligi	15 ±0.5	10±0.2	6±0.2
Qalinligi	10 ±0.5	4 ±0.2	4±0.2

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:

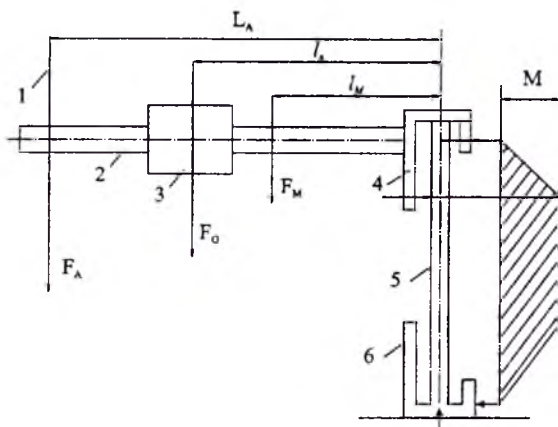
- qisqich toshli moslama;
- deformatsiya ko'rsatkichi;
- boshqarish sistemasiga va harorat o'lchovchisiga ega bo'lgan termoshkaf (9-rasm).

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 uskunasi sxemasi:

1 – namuna; 2 – elektrodlar; 3 – shtativ; 4 – taglik; 5 – izolyator.



9-rasm. Issiqqa bardoshlikni 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.

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 $325 \pm 5K$ ($50 \pm 5^{\circ}C$) tezlikda tekis ko'tarilib borishini ta'minlashi kerak,

boshlang'ich harorat $298 \pm 2\text{K}$ ($25 \pm 2^\circ\text{C}$). 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.

Defformatsiya 6 ± 0.1 mm ga etganda 2 ta 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 bardoshliliigi deb hisoblanmaydi.

7.13. Issiqlik o'tkazuvchanlikni aniqlash

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

Nometall material namunasining issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlashni 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 uskunasi 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) bilan artiladi. Keyin PFMS-4 markadagi 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°C da galvanometr shkalasiga proporsional ravishda namuna va teplomerdagi harorat o'zgarishi o'lchab boriladi.

Polimerlarning issiqlikka bardoshliligining ayrim tavsiflari

Polimer	Vik bo'yicha issiqlikka bardoshlilik, °C	Martens issiqlikka bardoshlilik, °C
Polivinilatsetat	37	–
Viniplast	90–95	65–70
Politetraforetilen	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 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 $m^2 K/Vt$;

G_β – namunaning issiqlik kengayish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

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

B – issiqlik kengayishining chiziqli koeffitsiyenti $grad^{-1}$; Δt –sinovning harorat intervali 0K .

Namunaning issiqlik qarshiligi P_0 quyidagicha aniqlanadi:

$$P_0 = n_0 S / n_t K_r (1 + G_s) - P_k$$

S – ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 ;

P_k –kontakt issiqlik qarshiligini hisobga oluvchi koeffitsiyent;

n_0 – namunada harorat o'zgarishi, galvanometr shkalasining ko'rsatishi;

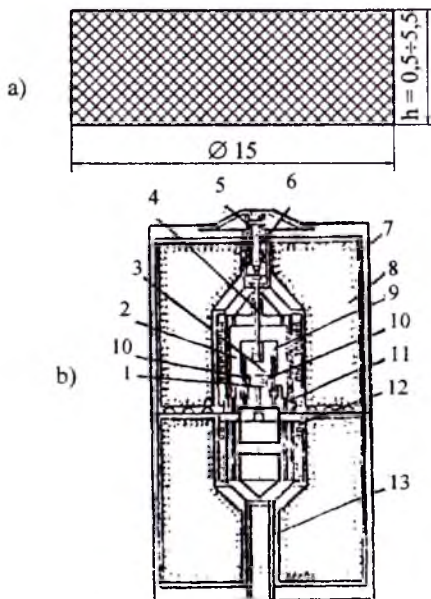
n_t –issiqlik o'lchagichida galvanometr shkalasining ko'rsatishi;

K_r –ishchi qatlamidagi issiqlik o'tkazuvchanlikning effektivligini ko'rsatuvchi proporsionallik koeffitsiyenti.

G_s —namunaning issiqlikkacha hajmiy koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

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

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;



10-rasm. Namuna (a) va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini aniqlash uchun (b) IT-L-400 uskunasi ning 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 Issiqlik o'tkazuvchanlikni o'lchashda, unga tegishli t_i harorat quyidagicha aniqlanadi.

$$t_i = t_s + 0.5 A_t K_u n_0$$

t_s —sterjen harorati, K; A_t —termojuftlarning harorat koeffitsiyentlari, K /mV; K_u – galvanometning sezgirligi mV/bulim; n_0 – galvano-metrning 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.

7.14. Termobardoshlilikni aniqlash

Polimerlarni termobardoshligi deganda yuqori haroratda materialning kimyoviy tuzilishini o'zgartirish qobiliyati tushuniladi. Qizdirishda polimer kimyoviy tuzilishining o'zgarishi uning destruksiyasi va tuzilishining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan bu ikkita jaraen birgalikda amalga ohsa qaysi jaraenning tezligi katta balsa, 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 temperaturaga 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 ($40^{\circ}\text{C}/\text{min}$ va undan yuqori) avtomatik yozib boruvchi termogramмага 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) doimiy 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

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

2 – doimiy bosim P va entropiya S holatining ta’sirida sistema entalpiyasi – H

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

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

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

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

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

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 haroratidanidan materialni ekspluatatsiya qilish yoki massa to‘liq yoki ma’lum miqdorgacha yo‘qotishgacha harorat ko‘tarilganda aniqlanadi.

7.15. Fizik holatning temperatura chegaralarini aniqlash

Nometall materiallarning fizik holatini temperatura chegaralarini aniqlash termomexanik usulda amalga oshiriladi. Temperaturaning keng diapazonida materialning mexanik xususiyatlarini o‘rganish imkonini beradi, ma’lum bir vaqt mobaynida doimiy mexanik kuchlanish ta’siri natijasida kompozitsion material deformatsiyasini temperaturaga 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 temperatura ta’siri ostidagi material deformatsiyasining o‘zgarishi yozib boriladi, doimiy

yuklanish ostida termomexanik egri chiziq xosil qilinadi. Koordinata chizig'idagi temperaturani ekstrapolyatsiya qilish yo'li bilan oynasimon, yuqori elastik va qovushqoq oquvchanlik holati temperatura oblastlari aniqlanadi, shuni barobarida oynalanish temperaturasi va qovushqoq oquvchanlik temperaturasini 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.

3-jadval

Ayrim polimerlarning termobardoshlik tavsifi

Polimer 1	$T_0, ^\circ\text{C}$ 2	$T_{0.5}, ^\circ\text{C}$ 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
Politetraftoretillen	400	500
Poli-m-fenilen-2.5-oksadiazol	410	550
Poliarilat tereftali k-ta va fenolftalein	440	550

«NOMETALL MATERIALLAR TEXNOLOGIYASI» FANIDAN TEST SAVOLLARI

1. Polimerlarda...

- A. Makromolekulalar ko'p sonli elementar bo'g'inlardan tashkil topgan;
- B. Molekulalar ko'p turdagi bo'g'inlardan tashkil topgan;
- C. Makromolekulalar bir-bir bilan bo'g'inlar xosil qilmasdan bog'lanadi;
- D. Molekulalar kovalent bog'langan bo'ladi.

2. Polimer materiallarning molekulyar massasi qanday?

- A. 5000 dan 10000 g/m gacha;
- B. 500 dan 1000 g/m gacha;
- C. 50 dan 100 g/m gacha;
- D. 3000 dan 5000 g/m gacha.

3. Polimerlarning asosiy bo'g'inidagi atomlar bir-biri bilan qanday bog'langan?

- A. Kovalent bog' orqali bog'langan;
- B. Ion bog' orqali bog'langan;
- C. Molekulyar bog' orqali bog'langan;
- D. Metallik bog' orqali bog'langan.

4. Polimer zanjiridagi molekularlar bir-biri bilan qanday energiya bilan bog'langan?

- A. 5 – 40 kDj/Mol energiya bilan bog'langan;
- B. 50 – 400 kDj/Mol energiya bilan bog'langan;
- C. 15 – 140 kDj/Mol energiya bilan bog'langan;
- D. 500 – 400 kDj/Mol energiya bilan bog'langan.

5. Monomerlar deb nimaga aytiladi?

- A. Polimerlarning makromolekulalari bir turdagi kimyoviy elementlardan tashkil topgan bo'lsa ularga;
- B. Polimerlarning makromolekulalari har xil kimyoviy elementlardan tashkil topgan bo'lsa;
- C. Polimerlarning makromolekulalari faqat uchta har xil kimyoviy elementlardan iborat bo'lsa;
- D. Polimerlarning makromolekulalari 5 ta har xil moddalardan tashkil topgan bo'lsa.

6. Polimer materiallar qanday klassifikatsiyalanadi?

- A. Tarkibiga, makromolekula shakliga, fazoviy holatiga, bog'lanish turiga va haroratiga ko'ra;
- B. Material rangiga, uni erish haroratiga va mustahkamligiga ko'ra;
- C. Issiqlik va elektr o'tkazish qobiliyati hamda qattiqligiga ko'ra;
- D. Organik erituvchilarda erish darajasi va kimyoviy xossalriga ko'ra.

7. Polimerlar tarkibiga ko'ra:

- A. Organik, elementli organik va noorganik sinflarga bo'linadi;
- B. Vodorod, elementli organik va uglerod noorganik sinflarga bo'linadi;
- C. Metall organik va uglerodli noorganik sinflarga bo'linadi;
- D. Kremniy, uglerodli organik va kislorodli noorganik sinflarga bo'linadi.

8. Agar organik polimerning asosiy zanjirini faqat uglerod atomlari tashkil etsa—

- A. Korbozanjirli polimerlar;
- B. Kremniyzanjirli polimerlar;
- C. Borzanjirli polimerlar;
- D. Metall zanjirli polimerlar deyiladi.

9. Organik polimerlarga

- A. Smolalar va kauchuk;
- B. Kukunsimon materiallar va kauchuk;
- C. Kremniy asosga ega bo'lgan moddalar va kauchuk;
- D. Smolalar va plastmassalar kiradi.

10. Elementli organik birikmalarning asosiy zanjirini

- A. (Si, Ti, Al) va organik radikallar (CH_3 , C_6H_5 , CH_2);
- B. (Si, Ti, Al) va noorganik radikallar (CH , C_6H_5 , CH_4);
- C. (CH_3 , C_6H_5 , CH_2) va organik (Si, Ti, Al) radikallar;
- D. (Si, Ti, Al) – elementlar tashkil etadi.

11. Noorganik polimerlarga asosan—

- A. Selikatli shisha, keramika, slyuda va asbest;
- B. Organik shisha, metall va qotishmalar;
- C. Selikatli shisha, keramika, slyuda va smolalar;
- D. Selikatli shisha, keramika, slyuda va metallar kiradi.

12. Polimerlar makromolekulyar tuzilishiga ko'ra:

- A. Chiziqli, tasmali, fazoli yoki to'rsimon turlarga bo'linadi;
- B. Kristalli, tasmali, kristalsiz yoki to'rsimon turlarga bo'linadi;
- C. Chiziqli, tasmali, polukristallik yoki mono kristallik to'rsimon turlarga bo'linadi;
- D. Chiziqli, tasmali, fazoli yoki to'rsimon turlarga bo'linadi.

13. Polimerlar fazoviy holatiga ko'ra:

- A. Amorfli va kristalli polimerlar turiga bo'linadi.
- B. Qattiq fazali va suyuq fazali polimerlar turiga bo'linadi.
- C. Ammorfli suyuq fazali va kristalli qattiq fazali polimerlar turiga bo'linadi.
- D. Qattiq kristallik va suyuq amorf polimerlar turiga bo'linadi.

14. Polimerlar bog'lanish turiga ko'ra:

- A. Qutbli va qutbsiz bog'langan polimerlarga bo'linadi;
- B. Bitta bog'li va qutbsiz ko'p bog'li polimerlarga bo'linadi;
- C. Qutbli ko'p bog'li va qutbsiz har xil bog'langan polimerlarga bo'linadi;
- D. Molekulyar bog'li va ion bog'langan polimerlarga bo'linadi.

15. Polimerlar harorat ta'siriga ko'ra:

- A. Polimerlar harorat ta'siriga ko'ra termoplastik va termoreaktiv polimerlarga bo'linadi;
- B. Tez eriydigan, sekin eriydigan va erimaydigan polimerlarga bo'linadi;
- C. Yumshaydigan, tez yumshaydigan va mutlaqo yumshamaydigan polimerlarga bo'linadi;
- D. Termopassiv va termoaktiv polimerlarga bo'linadi.

16. Termoplastik polimerlar deb—

- A. Polimer qizdirilganda juda bo'shashib plastik holatga o'tsa;
- B. Polimer qizdirilganda yumshamasa;
- C. Polimer kislota va ishqorlarda erimasa;
- D. Polimer qizdirilganda kislota va ishqorlarda erisa ularga termoplastik polimerlar deyiladi.

17. Termoreaktiv polimerlar:

- A. Qizdirilganda yumshamaydi;

- B. Qizdirilganda yumshaydi;
- C. Qizdirilganda eriydi;
- D. Qizdirilganda yonadi.

18. Polimerlar past temperaturalarda qanday holatda bo'ladilar?

- A. Amorf yoki kristall holatda bo'ladilar;
- B. Juda qattiq holatda bo'ladilar;
- C. Juda yumshoq holatda bo'ladilar;
- D. Juda yumshoq holatda bo'ladilar.

19. Termoplastik polimerlar qizdirilganda:

- A. Oldin yumshaydi, keyin qovushqoq holatga o'tadi va nihoyat suyuq holatga o'tadi;
- B. Oldin yumshaydi, keyin suyuq holatga o'tadi va bog'lana boshlaydi;
- C. Oldin yumshaydi, keyin suyuqlanishni qoldirib bug'lana boshlaydi;
- D. Hech qanday o'zgarish kuzatilmaydi.

20. Termoplastik polimerlar o'ta qizdirilganda:

- A. Suyuq holatga o'tgach yana hororat orttirilsa, kimyoviy parchalana boshlaydi;
- B. Suyuq holatdan keyin bug'lana boshlaydi;
- C. O'ta suyuq holatda kimyoviy parchalanmasdan qoladi;
- D. Suyuq holatdan yonishga o'tadi.

21. Orientatsion mustahkamlash bu–

- A. Polimerlardagi makromolekula zanjirini ma'lum burchakga to'g'irlash;
- B. Polimerlardagi atomlarni ma'lum burchakka to'g'irlash;
- C. Polimerlarni sinash;
- D. Polimerlardagi bog'ning mustahkamligini oshirish.

22. Orentatsion mustahkamlangan polimerlarning mustahkamligi:

- A. 2 dan 5 barobargacha oshadi;
- B. 20 dan 50 barobargacha oshadi;
- C. 12 dan 15 barobargacha oshadi;
- D. 25 dan 52 barobargacha oshadi.

23. Polimerlarning orentatsiyaga ko'ndalang yo'nalish bo'ylab mustahkamligi:

- A. 30 – 50% gacha pasayadi;
- B. 3 – 5% gacha pasayadi;
- C. 300 – 500% gacha pasayadi;
- D. 53 – 35% gacha pasayadi.

24. Polimerlarning eskirishi deb:

- A. Polimer materialning o'z-o'zidan ekspluatatsiya yoki saqlash vaqtida fizik-mexanik xossalarini yo'qotishiga aytiladi;
- B. Polimer materialning o'z-o'zidan ekspluatatsiya yoki saqlash vaqtida kimyoviy xossalarini yo'qotishiga aytiladi;
- C. Polimer materialning o'z-o'zidan ekspluatatsiya yoki saqlash vaqtida elektrotexnik xossalarini yo'qotishiga aytiladi;
- D. Polimer materialning o'z-o'zidan ekspluatatsiya yoki saqlash vaqtida faqat mexanik xossalarini yo'qotishiga aytiladi.

25. Polimerlarni eskirishi bu:

- A. Polimer materialning o'z-o'zidan ekspluatatsiya yoki saqlash vaqt davomida fizik-mexanik xossalarini yo'qotishiga aytiladi;
- B. Polimer materialning o'z-o'zidan ekspluatatsiya yoki saqlash vaqt davomida kimyoviy xossalarini yo'qotishiga aytiladi;
- C. Polimer materialning o'z-o'zidan ekspluatatsiya yoki saqlash vaqt davomida elektrotexnik xossalarini yo'qotishiga aytiladi;
- D. Polimer materialning o'z-o'zidan ekspluatatsiya yoki saqlash vaqt davomida faqat mexanik xossalarini yo'qotishiga aytiladi.

26. Polimerlar eskirishi qachon jadallashadi?

- A. Yorug'lik, issiqlik, havodagi kislorod, ozon va tashqi mexanik kuchlar ta'sirida;
- B. Faqat issiqlik va havodagi kislorod ta'sirida;
- C. Faqat yorug'lik va tashqi mexanik kuchlar ta'sirida;
- D. Faqat tashqi mexanik kuchlar ta'sirida.

27. Polimer materiallarda qanday turdagi eskirish jarayonlari bo'ladi?

- A. Issiqlikdan, yorug'likdan, ozondan va atmosferadan eskirish;
- B. Yorug'likdan, ozondan va atmosferadan eskirish;
- C. Issiqlikdan, yorug'likdan, va atmosferadan;
- D. Issiqlikdan, yorug'likdan, ozondan eskirish.

28. Polimerlarga vakuum qanday ta'sir ko'rsatadi?

- A. Aksariyat hollarda vakuum polimerlarning eskirishini jadallashtiradi;
- B. Yorug'likdan, ozondan va atmosferadan eskirish;
- C. Aksariyat hollarda vakuum polimerlarning mexanik xossalarini oshiradi;
- D. Aksariyat hollarda vakuum polimerlarning kimyoviy xossalarini oshiradi.

29. Qanday turdagi polimerlar vakuumga turg'un?

- A. Chiziqli orrientatsiyalangan zanjir makromolekula strukturaga ega bo'lgan polimerlar;
- B. To'rtli zanjir makromolekula strukturaga ega bo'lgan polimerlar;
- S. Makromolekula zanjiri mustahkam bo'lgan polimerlar;
- D. Makromolekula bog'ida kovalent bog'i bo'lgan polimerlar.

30. Plastik massalar (plastmassa) deb-

- A. Organik bog'lovchi polimerlar va to'ldiruvchi materiallar asosida sun'iy ravishda olingan materiallarga aytiladi;
- B. Noorganik bog'lovchi polimerlar va to'ldiruvchi materiallar asosida sun'iy ravishda olingan materiallarga aytiladi;
- C. Organik bog'lovchi polimerlar va to'ldiruvchi materiallar asosida tabiiy ravishda olingan materiallarga aytiladi;
- D. Organik bog'lovchi polimerlar va to'ldiruvchi materiallar bilan aralashgan moddaga aytiladi.

31. Aksariyat plastik massalar qizdirilganda :

- A. Plastik va o'ta plastik holatga o'tadi;
- B. Plastik, o'ta plastik va bug' holatiga o'tadi;
- C. Suyuq va bug' holatga o'tadi;
- D. Plastik, o'ta plastik, suyuq va bug' holatiga o'tadi.

32. Ko'pchilik plastik massalarga ishlov berish uchun ular:

- A. Qizdiriladi, bunda harorat 70 – 100 °C ni tashkil etadi;
- B. Qizdiriladi, bunda harorat 170 – 170 °C ni tashkil etadi;
- C. Qizdiriladi, bunda harorat 700 – 1000 °C ni tashkil etadi;
- D. Qizdiriladi, bunda harorat 7 – 10 °C ni tashkil etadi.

33. Plastik massalarda qanday komponentlar bo'lishi mumkin?

- A. Bog'lovchi, to'ldiruvchi, ranglovchi, qotiruvchi, seklatuvchi;
- B. Bog'lovchi, to'ldiruvchi, ranglovchi;
- C. Bog'lovchi, to'ldiruvchi, qotiruvchi, seklatuvchi;
- D. To'ldiruvchi, ranglovchi, qotiruvchi, seklatuvchi.

34. Plastik massalardagi asosiy komponent bu:

- A. Bog'lovchi modda hisoblanadi;
- B. To'ldiruvchi modda hisoblanadi;
- C. Ranglovchi modda hisoblanadi;
- D. Eskirtiruvchi modda hisoblanadi.

35. Bog'lovchi moddaning xossasiga ko'ra plastik massalar

- A. Termoplastik polimer asosli va termoreaktiv smolalar asosli plastik massalarga bo'linadi;
- B. Termoplastik polimer asosli va termoaktiv smolalar asosli plastik massalarga bo'linadi;
- C. Termoplastik polimer asosli va termopassiv smolalar asosli plastik massalarga bo'linadi;
- D. Termoturg'un polimer asosli va termoreaktiv smolalar asosli plastik massalarga bo'linadi.

36. Plastmassalar qo'llanilishiga ko'ra (yuklamali):

- A. Konstruksion, friksion va antifriksion materiallar turlariga bo'linadi;
- B. Konstruksion va antifriksion materiallar turlariga bo'linadi;
- C. Konstruksion va friksion materiallar turlariga bo'linadi;
- D. Konstruksion materiallar turlariga bo'linadi.

37. Plastmassalarni qo'llanilishiga ko'ra (yuklamasiz):

- A. Optik shaffof, kimyoviy turg'un, elektr izolyatsiyalovchi, issiqlik izolyatsiyalovchi materiallar turlariga bo'linadi;
- B. Kimyoviy turg'un, elektr izolyatsiyalovchi, issiqlik izolyatsiyalovchi materiallar turlariga bo'linadi;
- C. Optik shaffof, elektr izolyatsiyalovchi, issiqlik izolyatsiyalovchi, materiallar turlariga bo'linadi;
- D. Elektr izolyatsiyalovchi, issiqlik izolyatsiyalovchi, materiallar turlariga bo'linadi.

38. Plastik massalarning zichligi:

- A. 1 t/m^3 dan -2 t/m^3 oralig'ida bo'ladi;
- B. 10 t/m^3 dan -20 t/m^3 oralig'ida bo'ladi;
- C. 100 t/m^3 dan -200 t/m^3 oralig'ida bo'ladi;
- D. 21 t/m^3 dan -12 t/m^3 oralig'ida bo'ladi.

39. Plastik massalar issiqlikka ta'siri bo'yicha:

- A. Termoplastik va termoreaktiv;
- B. Termopassiv va termoreaktiv;
- C. Termoplastik va termoaktiv;
- D. Termopassiv va termoaktiv plastmassalarga bo'linadi.

40. Termoplastik plastmassalar qizdirilganda:

- A. Plastik holatiga o'tadi;
- B. Hech qanday holatga o'tmaydi;
- C. Bug' holatiga o'tadi;
- D. Suyuq holatga o'tadi.

41. Termoplastik plastmassalar asosini

- A. Chiziqli yoki tarmoqlangan zanjir strukturaga ega bo'lgan polimerlar tashkil etadi;
- B. Har xil kimyoviy moddalar tashkil etadi;
- C. Chiziqli yoki tarmoqlangan soplemerlar tashkil etadi;
- D. Chiziqli yoki tarmoqlangan monomerlar tashkil etadi.

42. Termoplastlarning issiqbardoshligi qanday?

- A. Termoplastlar asosan chegaralangan issiqbardoshlikka ega bo'lib $60 - 70^{\circ} \text{C}$ ni tashkil etadi;
- B. $600 - 700^{\circ} \text{C}$ ni tashkil etadi;
- C. $160 - 170^{\circ} \text{C}$ ni tashkil etadi;
- D. $760 - 670^{\circ} \text{C}$ ni tashkil etadi.

43. Issiqbardosh strukturali termoplastlarning issiqbardoshligi qanday ?

- A. Issiqbardosh strukturaga ega bo'lgan plastmassalarning issiqqa bardoshligi $150 - 250^{\circ} \text{C}$ ni tashkil etadi;
- B. $1500 - 2500^{\circ} \text{C}$ ni tashkil etadi;
- C. $15 - 25^{\circ} \text{C}$ ni tashkil etadi;
- D. $25 - 55^{\circ} \text{C}$ ni tashkil etadi.

44. Pishiq bug'inga va siklik strukturaga ega bo'lgan termoplastlarning issiqbardoshligi qanday?

- A. $400 - 600^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi;
- B. $40 - 60^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi;
- C. $140 - 160^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi;
- D. $240 - 260^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi .

45. Faqat bog'lovchidan iborat termoplastik plastmassalarga

- A. Polietilen, polipropilen, etilen sopolimerlari, polistirol va ftoroplast kiradi;
- B. Polipropilen, etilen sopolimerlari, polistirol va ftoroplast kiradi;
- C. Polietilen, polipropilen, etilen sopolimerlari va polistirol kiradi;
- D. Polietilen, polipropilen, sopolimerlari, polistirol va ftoroplast kiradi.

46. Faqat bog'lovchidan iborat termoplastik plastmassalar o'zgaruvchan kuchlar ta'sirida :

- A. Mo'rtlashib boradi va buning natijasida ularning mustahkamligi keskin pasayadi;
- B. Mo'rtlashib boradi va buning natijasida ularning mustahkamligi keskin ortadi;
- C. Kimyoviy parchalana boradi va buning natijasida ularning mustahkamligi keskin pasayadi;
- D. Qizib boradi va buning natijasida ularning mustahkamligi keskin pasayadi.

47. Faqat bog'lovchidan iborat termoplastik plastmassalar o'zgaruvchan kuchlar ta'sirida:

- A. Mo'rtlashib boradi va buning natijasida ularning mustahkamligi keskin pasayadi;
- B. Mo'rtlashib boradi va buning natijasida ularning mustahkamligi keskin ortadi;
- C. Kimyoviy parchalana boradi va buning natijasida ularning mustahkamligi keskin pasayadi;
- D. Qizib boradi va buning natijasida ularning mustahkamligi keskin pasayadi.

48. Faqat bog'lovchidan iborat termoplastik plastmassalarning mustahkamlik chegarasi:

A. 10 dan – 100 MPa gacha, bikirlik moduli esa 1800 – 3500 MPa ga teng;

B. 100 dan – 1000 MPa gacha, bikirlik moduli esa 1800 – 3500 MPa ga teng;

C. 10 dan – 100 MPa gacha, bikirlik moduli esa 180 – 350 MPa ga teng;

D. 100 dan – 1000 MPa gacha, bikirlik moduli esa 180 – 350 MPa ga teng.

49. Faqat bog'lovchidan iborat termoplastik plastmassalarga ta'sir ettiriladigan o'zgaruvchan kuchlar chastotasi:

A. 20 Gs dan oshirilsa ular qiziy boshlaydi va buning natijasida mustahkamlik keskin pasayadi;

B. 200 Gs dan oshirilsa ular qiziy boshlaydi va buning natijasida mustahkamlik keskin pasayadi;

C. 2000 Gs dan oshirilsa ular qiziy boshlaydi va buning natijasida mustahkamlik keskin pasayadi;

D. 2000 Gs dan oshirilsa ular qiziy boshlaydi va buning natijasida mustahkamlik keskin pasayadi.

50. Polietilen kimyoviy formulasi qanday yoziladi?

A. $(-CN_2 - CN_2 -)_n$;

B. $(-CN_4 - CN_2 -)_n$;

C. $(-CN_2 - CN_4 -)_n$;

D. $(-CN_4 - CN_4 -)_n$.

51. Polietilenlarning kristallik darajasi

A. Polietilen 55 dan – 65 % gacha kristal fazaga ega;

B. Polietilen 155 dan – 65 % gacha kristal fazaga ega;

C. Polietilen 55 dan – 165 % gacha kristal fazaga ega;

D. Polietilen 155 dan – 165 % gacha kristal fazaga ega.

52. Polietilenlar ishlab chiqarish texnologiyasiga ko'ra –

A. Yuqori bosimda olingan polietelen PVD va past bosimda ishlab chiqilgan PND turlarga bo'linadi;

B. Yuqori haroratda olingan polietelen PXD va past bosimda ishlab chiqilgan PND turlarga bo'linadi;

C. Yuqori bosimda olingan polietelen PVD va past haroratda ishlab chiqilgan PXD turlarga bo'linadi;

D. Yuqori haroratda olingan polietelen PVD va past haroratda ishlab chiqilgan PND turlarga bo'linadi.

53. Polipropilen kimyoviy formulasi qanday yoziladi?

A. $-(\text{CN}_2 - \text{CNCN}_3 -)_n$;

B. $-(\text{CN}_2 - \text{CN}_2 -)_n$;

C. $-(\text{CN}_4 - \text{CN}_4 -)_n$;

D. $-(\text{CN}_3 - \text{CNN}_3 -)_n$.

54. Polipropilenning issiqbardoshligi:

A. 150°C ni tashkil etadi;

B. 1500°C ni tashkil etadi;

C. 15°C ni tashkil etadi;

D. 50°C ni tashkil etadi.

55. Polipropilenning asosiy kamchiligi:

A. Sovuqqa bardoshligi pastligi $-10 - 20^\circ \text{C}$ va tez eskirish xususiyatiga egaligida;

B. Sovuqqa bardoshligi pastligi $-100 - 200^\circ \text{C}$ va tez eskirish xususiyatiga egaligida;

C. Sovuqqa bardoshligi pastligi $-110 - 120^\circ \text{C}$ va tez eskirish xususiyatiga egaligida;

D. Sovuqqa bardoshligi pastligi $-100 - 20^\circ \text{C}$ va tez eskirish xususiyatiga egaligida.

56. Polistirol kimyoviy formulasi:

A. $(-\text{CN}_2 - \text{CNC}_6\text{N}_5 -)_n$;

B. $(-\text{CN}_2 - \text{CNN}_5 -)_n$;

C. $(-\text{CN}_2 - \text{NC}_6\text{N}_5 -)_n$;

D. $(-\text{CN}_4 - \text{CNC}_6\text{N}_5 -)_n$.

57. Polistirol qanday polimer?

A. Qattiq, pishiq, shaffof amorf turdagi polimer hisoblanadi;

B. Yumshoq, pishiq, shaffof amorf turdagi polimer hisoblanadi;

C. Qattiq, pishiq, rangli amorf turdagi polimer hisoblanadi;

D. Qattiq, pishiq, shaffof kristall turdagi polimer hisoblanadi.

58. Ftoroplast – 4 kimyoviy formulasini ko'rsating:

- A. $(-CF_2 - CF_2 -)_n$;
- B. $(-CFO_2 - CF_2 -)_n$;
- C. $(-CF_2 - COF_2 -)_n$;
- D. $(-COF_2 - CF_2 -)_n$.

59. Ftoroplast – 4 ning asosiy kamchiligiga:

- A. 30 – 50 °C haroratgacha qizdirilganda o'zidan inson organizmiga zararli toksik fluor gazlarni chiqarishi;
- B. 150 – 250 °C haroratgacha qizdirilganda o'zidan inson organizmiga zararli toksik fluor gazlarni chiqarishi;
- C. 1500 – 2500 °C haroratgacha qizdirilganda o'zidan inson organizmiga zararli toksik fluor gazlarni chiqarishi;
- D. 50 – 55 °C haroratgacha qizdirilganda o'zidan inson organizmiga zararli toksik fluor gazlarni chiqarishi.

60. Qutubli termoplastik plastmassalarga qanday plastmassalar kiradi?

- A. ftoroplast – 3, organik shisha, polivinilxlorid, polimidlar, poliuritanlar, polietilentereftalat, polikarbonat, penaplast va poliformaldegid;
- B. ftoroplast – 4, organik shisha, polivinilxlorid va polietilen;
- C. ftoroplast – 4d, organik shisha, polivinilxlorid, polimidlar, polietilen, penaplast va poliformaldegid;
- D. ftoroplast – 3, 4, 4D organik shisha, polivinilxlorid, polimidlar va poliuritanlar.

61. Ftoroplast – 3 kimyoviy formulasini to'g'ri ko'rsating:

- A. $(-CF_2 - CFCI-)_n$;
- B. $(-CFCI_2 - CFCI-)_n$;
- C. $(-CFCI_2 - CFCI_2 -)_n$;
- D. $(-CFCI_2 - CFCI-)_n$;

62. Ftoroplast – 3 qanday sharoitlarda ishlashi mumkin?

- A. Uzoq vaqt davomida –105 dan 70 °C harorat sharoitida ishlatish mumkin bo'lib u faqat 315 °C da kimyoviy parchalana boshlaydi;
- B. Uzoq vaqt davomida –105 dan 700 °C harorat sharoitida ishlatish mumkin bo'lib u faqat 315 °C da kimyoviy parchalana boshlaydi;

C. Uzoq vaqt davomida -105 dan 170 °C harorat sharoitida ishlatish mumkin bo‘lib u faqat 315 °C da kimyoviy parchalana boshlaydi;

D. Uzoq vaqt davomida -105 dan 70 °C harorat sharoitida ishlatish mumkin bo‘lib u faqat 315 °C da kimyoviy parchalana boshlaydi.

63. Ftoroplast–3M markali plastmassaning issiqqa bardoshligi qanday?

A. ftoroplast – 3M, ftoroplast – 3 ga nisbatan yuqori issiq-bardoshligiga ega, 170 °C hisoblanadi;

B. ftoroplast – 3M, ftoroplast – 3 ga nisbatan yuqori issiq-bardoshligiga ega, 17 °C hisoblanadi;

C. ftoroplast – 3M, ftoroplast – 3 ga nisbatan yuqori issiq-bardoshligiga ega, 70 °C hisoblanadi;

D. ftoroplast – 3M, ftoroplast – 3 ga nisbatan yuqori issiq-bardoshligiga ega, 700 °C hisoblanadi.

64. Organik shisha:

A. Murakkab akril va metaakril kislotalarning efirlari asosida olingan shafof amorf material;

B. Murakkab tuzilishga ega bo‘lgan kislotalar asosida olingan shafof amorf material;

C. Murakkab akril va metaakril kislotalarning efirlari asosida olingandan ko‘ra amorf material;

D. Murakkab akril va metaakril kislotalarning efirlari asosida olingan shafof kristall material.

65. Organik shisha plastmassaning zichligi qanday?

A. Organik shisha oddiy mineral noorganik shishalardan deyarli 2 barobar yengil bo‘lib uning zichligi 1180 kg/m³ ga teng;

B. Organik shisha oddiy mineral noorganik shishalardan deyarli 2 barobar yengil bo‘lib uning zichligi 180 kg/m³ ga teng;

C. Organik shisha oddiy mineral noorganik shishalardan deyarli 2 barobar yengil bo‘lib uning zichligi 118 kg/m³ ga teng;

D. Organik shisha oddiy mineral noorganik shishalardan deyarli 2 barobar yengil bo‘lib uning zichligi 100 kg/m³ ga teng.

66. Organik shisha qanday (°C) haroratda yumshaydi?

A. 80 °C gacha qizdirilganda yumshay boshlaydi;

B. 180 °C gacha qizdirilganda yumshay boshlaydi;

C. 800 °C gacha qizdirilganda yumshay boshlaydi;

D. 280 °C gacha qizdirilganda yumshay boshlaydi.

67. Organik shisha qaysi tarmoqlarda qo'llaniladi?

A. Organik shisha materiallari asosan samolyotsozlikda, avtomobilsozlikda va optik priborsozlikda ishlatiladi;

B. Organik shisha avtomobilsozlikda va optik priborsozlikda ishlatiladi;

C. Organik shisha materiallari asosan samolyotsozlikda va optik priborsozlikda ishlatiladi;

D. Organik shisha materiallari asosan optik priborsozlikda ishlatiladi.

68. Polivinilxlorid qanday kimyoviy formulaga ega?

A. $(-\text{CN}_2 - \text{CNCl}-)_n$;

B. $(-\text{CNCl}_2 - \text{CNCl}-)_n$;

C. $(-\text{CNCl}_2 - \text{CNCl}_2-)_n$;

D. $(-\text{CNCl}_2 - \text{CNHCl}-)_n$.

69. Polivinilxlorid kamchiligi:

A. Issiqbardoshligi past $60 - 70^\circ\text{C}$, uzoq vaqt kuchlar ta'sirida strukturasi tez eskiradi, past -10°C temperaturada mo'rtlashishi kiradi;

B. Issiqbardoshligi past $600 - 700^\circ\text{C}$, uzoq vaqt kuchlar ta'sirida strukturasi tez eskiradi, past -10°C temperaturada mo'rtlashishi kiradi;

C. Issiqbardoshligi past $60 - 70^\circ\text{C}$, uzoq vaqt kuchlar ta'sirida strukturasi tez eskiradi, past -100°C temperaturalarda mo'rtlashishi kiradi;

D. Issiqbardoshligi past $600 - 700^\circ\text{C}$, uzoq vaqt kuchlar ta'sirida strukturasi tez eskiradi, past -100°C temperaturalarda mo'rtlashishi kiradi.

70. Polimidlar kimyoviy formulasini ko'rsating:

A. $-\text{NH}-\text{CO}-(\text{CN}_2)_m-\text{NH}-\text{CO}-(\text{CN}_2)_n$;

B. $(-\text{CN}_2 - \text{CNCl}-)_n$;

C. $(-\text{CF}_2 - \text{CFCl}-)_n$;

D. $(-\text{CN}_2 - \text{CNCN}_3-)_n$.

71. Polimidlarning asosiy kamchiligi:

A. Ular suv shimish xossasiga egaligi va qayta ishlov berish jarayonida oksidlanishi orqali eskirishi;

B. Ular suv shimish xossasiga egaligi uchun qayta ishlov berilmaydi;

C. Qayta ishlov berish jarayonida oksidlanishi orqali eskirishi;

D. Ular suv shimish xossasiga ega.

72. Issiqbardosh plastmassalarning issiqbardoshligi:

- A. Struktura turiga qarab 400 °C dan 600 °C gacha bo‘ladi;
- B. Struktura turiga qarab 40 °C dan 60 °C gacha bo‘ladi;
- C. Struktura turiga qarab 140 °C dan 160 °C gacha bo‘ladi;
- D. Struktura turiga qarab 40 °C dan 160 °C gacha bo‘ladi.

73. Issiqbardosh plastmassalarning fenilli bo‘g‘inlari:

- A. Amidli, sulfidli pog‘onalar bilan navbatma–navbat almashgan bo‘ladi;
- B. Kislородli bo‘ginlar navbatma–navbat almashgan bo‘ladi;
- C. Makromolekula pog‘onalar navbatma–navbat almashgan bo‘ladi;
- D. Kislotali pog‘onalar bilan navbatma–navbat almashgan bo‘ladi.

74. Polisulfon – bu:

- A. Oddiy aromatik poliefir, ularning fenol makromolekula guruhlarini oralig‘ida – SO_2 – pog‘ona mavjud;
- B. Oddiy aromatik poliefir, ularning fenol makromolekula guruhlarini oralig‘ida – SiO_2 – pog‘ona mavjud;
- C. Oddiy aromatik poliefir, ularning fenol makromolekula guruhlarini oralig‘ida – SbO_2 – pog‘ona mavjud;
- D. Oddiy aromatik poliefir, ularning fenol makromolekula guruhlarini oralig‘ida – SrO_2 – pog‘ona mavjud.

75. Polisulfon qanday polimer?

- A. U amorf qiyin kristallanadigan polimer;
- B. U kristall strukturali polimer;
- C. Juda qattiq mo‘rt kristalli polimer;
- D. Juda yumshoq kristalli polimer.

76. Polisulfon qanday sharoitlarda qo‘llaniladi?

- A. –100 °C dan 175 °C gacha harorat bo‘lgan sharoitlarda ishlaydi;
- B. –10 °C dan 17 °C gacha harorat bo‘lgan sharoitlarda ishlaydi;
- C. –10 °C dan 1750 °C gacha harorat bo‘lgan sharoitlarda ishlaydi;
- D. –100 °C dan 1750 °C gacha harorat bo‘lgan sharoitlarda ishlaydi.

77. Termoreaktiv plastmassalarda bog‘lovchi material sifatida:

- A. Termoreaktiv polimerlarning smolalari qo‘llaniladi;
- B. Termopassiv polimerlarning smolalari qo‘llaniladi;
- C. Termoaktiv polimerlarning smolalari qo‘llaniladi;
- D. Termopassiv va termoaktiv polimerlarning smolalari qo‘llaniladi.

78. Sanoat miqyosida ishlab chiqariladigan termoreaktiv plastmassalarda bog'lovchi material sifatida:

A. Fenolformaldigid, kremniyorganik, epoksid va o'zgarmas yarim efirlar smolalari qo'llaniladi;

B. Polietelen fenolformaldigid, kremniyorganik, epoksid va o'zgarmas yarim efirlar smolalari qo'llaniladi;

C. Ftoroplast – 4, fenolformaldigid, kremniyorganik, epoksid va o'zgarmas yarim efirlar smolalari qo'llaniladi;

D. Penoplast, fenolformaldigid, kremniyorganik, epoksid va o'zgarmas yarim efirlar smolalari qo'llaniladi.

79. Kremniy organik bog'lovchi va shisha tolasiga ega bo'lgan plastmassaning issiqbardoshligi

A. 260 – 370 °C ni tashkil etadi;

B. 26 – 37 °C ni tashkil etadi;

C. 60 – 70 °C ni tashkil etadi;

D. 2600 – 3700 °C ni tashkil etadi.

80. Fenolformaldigid smolali plastmassalarning issiqbardoshligi:

A. 260 °C ni tashkil etadi;

B. 26 °C ni tashkil etadi;

C. 60 °C ni tashkil etadi;

D. 126 °C ni tashkil etadi.

81. O'zgarmas yarim efir va epoksid smolasiga ega bo'lgan plastmassalarning issiqbardoshligi:

A. 200 °C ni tashkil etadi;

B. 20 °C ni tashkil etadi;

C. 120 °C ni tashkil etadi;

D. 100 – 120 °C ni tashkil etadi.

82. Termoreaktiv plastik massalar to'ldiruvchi turiga ko'ra:

A. Kukunsimon tolali va qatlamli plastmassalarga bo'linadi;

B. Mo'rtsimon tolali va qatlamli plastmassalarga bo'linadi;

C. Kristallsimon tolali va qatlamli plastmassalarga bo'linadi;

D. Kukunsimon tolali va ammorfsimon plastmassalarga bo'linadi.

83. Tekstalit – bu:

- A. Termoreaktiv smola bog‘lovchi va paxtadan mato to‘ldiruvchiga ega bo‘lgan material;
- B. Termoplastik smola bog‘lovchi va paxtadan mato to‘ldiruvchiga ega bo‘lgan material;
- C. Termoaktiv smola bog‘lovchi va paxtadan mato to‘ldiruvchiga ega bo‘lgan material;
- D. Termoaktiv va termopassiv smola bog‘lovchi va paxtadan mato to‘ldiruvchiga ega bo‘lgan material.

84. DSP – nima?

- A. Yog‘och qatlamli to‘ldiruvchiga ega bo‘lgan plastmassa;
- B. Metall qatlamli to‘ldiruvchiga ega bo‘lgan plastmassa;
- C. Qog‘oz qatlamli to‘ldiruvchiga ega bo‘lgan plastmassa;
- D. Asbest qatlamli to‘ldiruvchiga ega bo‘lgan plastmassa.

85. Gaz to‘ldiruvchining fizikaviy strukturasi ko‘ra:

- A. Penoplast, poroplast va sotoplastlarga bo‘linadi;
- B. Penoplast, poroplast va termoplastga bo‘linadi;
- C. Penoplast, poroplast va raketaplastga bo‘linadi;
- D. Penoplast, poroplast va shishaplastga bo‘linadi.

86. Penoplastlar strukturasi:

- A. Gaz pufakchalar bir-biridan chegara orqali alohida–alohida joylashgan bo‘lib, yacheykali strukturani tashkil etadi;
- B. Gaz pufakchalar bir-biri bilan qo‘shilgan bo‘lib, yacheykali strukturani tashkil etadi;
- C. Kristall panjara strukturasi tashkil etadi;
- D. Qisman kristall va qisman amorf strukturaga ega.

87. Penoplastlarning hajmiy massasi:

- A. 20 kg/m^3 dan 300 kg/m^3 gacha bo‘lishi mumkin;
- B. $2,0 \text{ kg/m}^3$ dan $30,0 \text{ kg/m}^3$ gacha bo‘lishi mumkin;
- C. 20 kg/m^3 dan $30,0 \text{ kg/m}^3$ gacha bo‘lishi mumkin;
- D. 200 kg/m^3 dan 300 kg/m^3 gacha bo‘lishi mumkin.

88. Paroplastlar strukturasi:

- A. Pufaklar bir-biri bilan qisman qo‘shilgan bo‘lib g‘ovaksimon tuzilishga ega;

B. Pufaklar bir-biri bilan qo'shilmagan bo'lib g'ovaksimon tuzilishga ega;

C. Pufaklar bir-biri bilan qisman qo'shilgan bo'lib g'ovaksiz tuzilishga ega;

D. Pufaklar bir-biri bilan qisman qo'shilgan tuzilishga ega.

89. Paroplastlarning zichligi:

A. 25 kg/m^3 dan 60 kg/m^3 gacha;

B. $2,5 \text{ kg/m}^3$ dan $6,0 \text{ kg/m}^3$ gacha;

C. 250 kg/m^3 dan 160 kg/m^3 gacha;

D. 250 kg/m^3 dan 600 kg/m^3 gacha.

90. Sotoplastlar – strukturasi:

A. Tartibli g'ovakli shaklga ega bo'ladi;

B. Tartibsiz g'ovakli shaklga ega bo'ladi;

C. Tartibli g'ovaksiz shaklga ega bo'ladi;

D. Tartibli kristall shaklga ega bo'ladi.

91. Penopolistirolni qo'lash harorati:

A. -60 dan $+60$ °C gacha;

B. $-6,0$ dan $+6,0$ °C gacha;

C. -160 dan $+160$ °C gacha;

D. -600 dan $+600$ °C gacha.

92. Porolon qo'llash harorati :

A. -40 dan $+100$ °C gacha;

B. -400 dan $+1000$ °C gacha;

C. $-4,0$ dan $+10,0$ °C gacha;

D. -140 dan $+10,0$ °C gacha.

93. Penopoliepoksid:

A. -60 dan $+200$ °C gacha;

B. $-6,0$ dan $+20,0$ °C gacha;

C. -60 dan $+20,0$ °C gacha;

D. -60 dan $+2000$ °C gacha.

94. Kompozitsion materiallar deb:

A Xossalari turlicha bo'lgan bir nechta materiallardan tashkil topgan materiallarga aytiladi;

B. Xossalari bir xil bo'lgan bir nechta materiallardan tashkil topgan materiallarga aytiladi;

C. Xossalari turlicha bo'lgan bir nechta materiallardan tashkil topgan qotishmaga aytiladi;

D. Xossalari turlicha bo'lgan bir nechta materiallardan tashkil topgan metallga aytiladi.

95. Kompozitsion materiallardagi matritsa – so'zining ma'nosi:

A. Material onasi, ya'ni asosi degan tushunchani beradi;

B. Materialga qo'shilgan degan tushunchani beradi;

C. Material qo'shilmagan degan tushunchani beradi;

D. Material komponenti degan tushunchani beradi.

96. Mustahkamlovchi – bu:

A. Material mustahkamligini ta'minlovchi komponenti;

B. Material mustahkamligini pasaytiruvchi komponenti

C. Material mustahkamligini me'yorlovchi komponenti;

D. Material qattiqligini ta'minlovchi komponenti.

97. Armirlovchi – bu so'z:

A. Kompozitsion materialga qo'shimcha ravishda kiritilgan komponentga nisbatan ishlatiladi;

B. Kompozitsion materialga qo'shimcha ravishda kiritilgan armaturaga nisbatan ishlatiladi;

C. Kompozitsion materialga qo'shimcha ravishda kiritilgan qotishmaga nisbatan ishlatiladi;

D. Kompozitsion materialga qo'shimcha ravishda kiritilgan metallga nisbatan ishlatiladi.

98. Matritsa turiga ko'ra:

A. Organik, noorganik polimer matritsali, metall, qotishma matritsali va aralash matritsali materiallarga bo'linadi;

B. Organik metall, noorganik polimer qotishma matritsali, metall, qotishma matritsali va aralash matritsali materiallarga bo'linadi;

C. Organik qotishmali, noorganik polimer metall matritsali, metall, qotishma matritsali va aralash matritsali materiallarga bo'linadi;

D. Organik keramik, noorganik uglerodli polimer matritsali, metall, qotishma matritsali va aralash matritsali materiallarga bo'linadi.

99. Mustahkamlovchi turiga ko'ra:

A. Shishatolali, karbotolali, bortolali va organiktolali turlarga bo'linadi;

B. Shishatolali, karbotolali, bortolali va organik metall tolali turlarga bo'linadi;

C. Shishatolali, karbotolali, bortolali va organik qotishma tolali turlarga bo'linadi;

D. Shishatolali, karbotolali, bortolali va organik uglerod tolali turlarga bo'linadi.

100. Rezina deb:

A. Maxsus (vulkanizatsiya) ishlov berilgan mahsulot – kauchuk va oltingugurt aralashmasi hamda maxsus qo'shilmalari bo'lgan materialga aytiladi;

B. Maxsus (vulkanizatsiya) ishlov berilgan mahsulot – kauchuk va plastmassa aralashmasi hamda maxsus qo'shilmalari bo'lgan materialga aytiladi;

C. Maxsus (eritib) ishlov berilgan mahsulot – kauchuk va oltingugurt aralashmasi hamda maxsus qo'shilmalari bo'lgan materialga aytiladi;

D. Maxsus (oksidlab) ishlov berilgan mahsulot – kauchuk va oltingugurt aralashmasi hamda maxsus qo'shilmalari bo'lgan materialga aytiladi.

101. TK (NK) – tabiiy kauchukning kimyoviy formulasini ko'rsating:

A. $(C_5N_8)_n$ – kimyoviy formulaga ega bo'lgan polimerlar turkumiga kiradi;

B. $(Ca_5N_8)_n$ – kimyoviy formulaga ega bo'lgan polimerlar turkumiga kiradi;

C. $(C_5Nf_8)_n$ – kimyoviy formulaga ega bo'lgan polimerlar turkumiga kiradi;

D. $(C_5NO_8)_n$ – kimyoviy formulaga ega bo'lgan polimerlar turkumiga kiradi.

102. BSK (SKB) – butadien sun'iy kauchukning kimyoviy formulasi:

A. $(C_4N_6)_n$;

B. $(CN_6)_n$;

C. $(C_4N)_n$;

D. $(CN_4)_n$.

103. SSK (SKS) – butadienstirolli sun'iy kauchuk qanday kimyoviy tuzilishga ega?

A. Bu kauchuk butadien (S_4N_6) va stirolni ($SN_2 = SN - S_6N_5$) birgalikda polimerlash natijasida olinadi;

B. Bu kauchuk butadien (SN_6) va stirolni ($SNO_2 = SNO - S_6N_5$) birgalikda polimerlash natijasida olinadi;

C. Bu kauchuk butadien (S_4N) va stirolni ($SIN_2 = SIN - S_6N_5$) birgalikda polimerlash natijasida olinadi;

D. Bu kauchuk butadien (SN_4) va stirolni ($SN_2 = SaN - S_6N_5$) birgalikda polimerlash natijasida olinadi.

104. ISK (SKI) – izopren sun'iy kauchugi qanday kimyoviy mahsulot?

A. – C_5N_8 izoprenning polimerlashuvdagi mahsuloti;

B. – $C_5N_8TiO_2$ izoprenning polimerlashuvdagi mahsuloti;

C. – CN_4 izoprenning polimerlashuvdagi mahsuloti;

D. – Cl_5N_8 izoprenning polimerlashuvdagi mahsuloti.

105. Noorganik polimer materiallarga:

A. Grafit, mineral shisha, sitallar va keramika materiallari kiradi;

B. Grafit, plastmassalar, mineral shisha, sitallar va keramika materiallari kiradi;

C. Grafit, mineral shisha, organik polimerlar, sitallar va keramika materiallari kiradi;

D. Grafit, mineral shisha, sitallar, metall va kotishmalar xamda keramika materiallari kiradi.

106. Grafit – bu:

A. Uglerodning allotropik shakllardan biri bo'lib u kristallik polimer noorganik nometall materiallar turkumiga kiradi;

B. Uglerodning allotropik shakllardan biri bo'lib u kristallik polimer organik metall materiallar turkumiga kiradi;

C. Uglerodning allotropik shakllardan biri bo'lib u kristallik polimer metall materiallar turkumiga kiradi;

D. Uglerodning allotropik shakllardan biri bo'lib u kristallik polimer organik nometall materiallar turkumiga kiradi.

107. Grafit atmosfera bosimi ostida juda yuqori haroratlargacha qizdirilganda:

A. Erimaydi, lekin 3700 °C haroratgacha qizdirganda erish jarayonini qoldirib u bug'lanishga o'tadi;

B. Eriydi va 3700 °C haroratgacha qizdirganda esa mutlok suyuq holatga o'tadi;

C. Erimaydi, lekin buning uchun uni 3700 °C haroratgacha qizdirish kerak bo'ladi;

D. Erimaydi, lekin 3700 °C haroratgacha qizdirganda ham erimaydi.

108. Sun'iy texnik grafit materiallarini ishlab chiqarishda qo'llaniladigan asosiy xomashyo materiali:

A. neft koks va toshko'mir smolasi;

B. neft koks va kimyoviy moddalar;

C. Kimyoviy moddalar va toshko'mir smolasi;

D. Kimyoviy moddalar va ta'biy grafit.

109. Shishaning asosiy xom ashyosi

A. SiO₂;

B. SiC₂;

C. SiN₂;

D. SiD₂.

110. Shishalar qo'llanilishiga ko'ra:

A. Texnik shisha, qurilish shishalari va maishiy ish shishalariga bo'linadi;

B. Texnik shisha, qurilish shishalari va juda shaffof shishalariga bo'linadi;

C. Texnik shisha, qurilish shishalari va kimyooviy shishalariga bo'linadi;

D. Texnik shisha, qurilish shishalari va fizika–kimyoviy shishalarga bo'linadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Горбаткина Ю. А. Адгезионная прочность в системах полимер-волокно. – М.: Химия, 1987, 192 с.
2. Зуев Ю. С., Дегтева Т. Г. Стойкость эластомеров в эксплуатационных условиях. – М.: Химия, 1986. 264 с.
3. Каменев Е. И., Мясников Г. Д., Платонов М. П. Применение пластических масс: Справочник. – Л.: Химия, 1985. 448 с.
4. Кирпичников П. А., Аверко–Антонович Л. А., Аверко–Антонович Ю. О. Химия и технология синтетического каучука. 3-е изд. – Л.: Химия, 1987. 424 с.
5. Лахтин Ю. М., Леонтева В. П. Материаловедение: Учебник. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1980. 493 с.
6. Манин В. Н., Громов А. Н., Григорев В. П. Дефектность и эксплуатационные свойства полимерных материалов. – Л.: Химия, 1986. 184 с.
7. Материаловедение /Под общ. ред. Б. Н. Ареамасова. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1986. 384 с.
8. Материалы для авиационного приборостроения и конструкций /Под ред. А. Ф. Белова, М.: Металлургия, 1982. 400 с. Сополимеры этилена/е. В. Веселовская, Н. Н. Северова, Ф.И.Дунтов и др. – Л.: Химия, 1983. 224 с.
9. Сычев М. М. Неорганические клеи. 2-е изд. – Л.: Химия, 1986. 152 с.
10. Тарнопольский Ю. М., Жигун И. Г., Поляков В. А. Пространственно-армированные композиционные материалы: Справочник. – М., 1987.

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
1. POLIMERLAR.....	5
2. NOMETALL MATRITSALI KOMPOZITSION MATE- RIALLAR.....	41
3. REZINA MATERIALLARI.....	50
4. NOORGANIK POLIMER MATERIALLAR.....	62
5. KERAMIK MATERIALLAR.....	79
6. KUKUN KOMPOZITSION MATERIALLAR.....	92
7. NOMETALL MATERIALLARNING ASOSIY XOS- SALARINI ANIQLASH.....	112
«NOMETALL MATERIALLAR TEXNOLOGIYASI» FANI- DAN TEST SAVOLLARI.....	136
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	159

SH.A.KARIMOV, SH.M.SHAKIROV,
M.A.MAMATQOSIMOV

NOMETALL MATERIALLAR TEXNOLOGIYASI

Toshkent – «Fan va texnologiya» – 2015

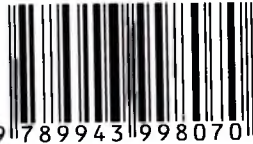
Muharrir:	N.Rasulmuhamedova
Tex. muharrir:	M.Holmuhamedov
Musavvir:	D.Azizov
Musahhih:	F.Ismoilova
Kompyuterda sahifalovchi:	Sh.Mirqosimova

Nashr.lits. AIN_№149, 14.08.09. Bosishga ruxsat etildi 03.12.2015.
Bichimi 60x84 ¹/₁₆. «Timez Uz» garniturası. Ofset bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 10,5. Nashriyot bosma tabog‘i 10,0.
Tiraji 500. Buyurtma № 182.

«Fan va texnologiyalar Markazining
bosmaxonasi» da chop etildi.
100066, Toshkent sh., Olmazor ko‘chasi, 171-uy.

FAN VA
TEKNOLOGIYALAR

ISBN 978-9943-998-07-0



9 789943 998070