

# Materialshunoslik

## 1 - Bob

### **Kompozitsion materiallar. Nanotexnologiya asosida olingan materiallar, tarkibi, tuzilishi, xossalari**

Ma'ruzachi: ass. A.R.Baymirzaev

**Kompozitsion materiallar** an'anaviy konstruktsion materiallarga nisbatan alohida xossalarga ega. Bu narsa ijobiy xususiyatli materiallarni va konstruktsiyalarni yaratishga olib keldi.

**Kompozitsion materiallar** (k.m.) ikki va undan ortiq tashkil etuvchilardan-komponentlardan tuzilgan murakkab material bo'lib, har xil usullar bilan bog'langan va o'ziga xos xossalari bor.

Birinchi kompozitsion material frantsuz bog'boni J.Mone 1867 yilda patentlangan (hovli gul tuvaklari, sim va sementdan yasalgan).

Samolyot konstruktsiyasida oynoplastik "stekloplastik" poliefir materiali oyna tolasi bilan sinchlangan ("armirovan") kompozitsion material 1942 yilda qo'llanilgan.

Kompozitsion materiallar mashinasozlik apparati konstruktsiyalariga qo'yilgan quyidagi talablarga javob beradi:

- yengil bo'lishligi;
- maksimal mustahkamlik va bikirlik;
- ishlash davrida maksimal ishlash resursi.

Shular uchun kompozitsion materiallar samolyotsozlikda ko'p qo'llanilgan.

CCCP ning "Ruslan" samolyotida 5,5 t. og'irlikdagi konstruktsion kompozitsion materiallardan yasalgan va 15 t. og'irlik iqtisod qilingan.

Hozirgi zamon transport samolyotlari konstruktsiyalarining 15-20%; harbiy samolyotlarning 25-30%; harbiy vertolyotlarning 45-55%; strategik raketalarining 75-80% kompozitsion materiallardan yasalgan.

Kompozitsion materiallarga quyidagi xususiyatlar yig'indisi xos:

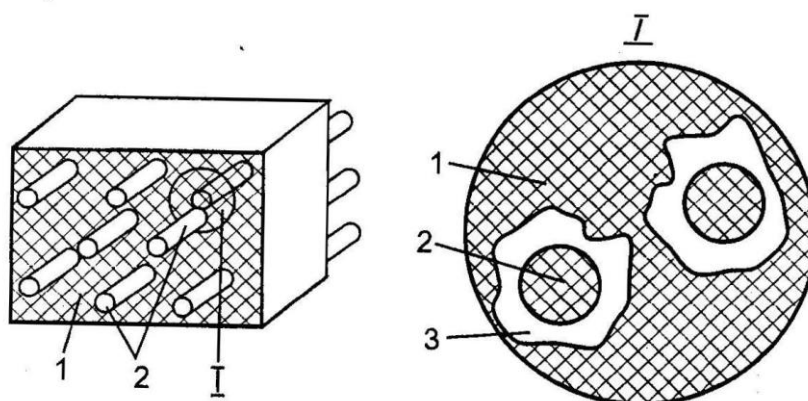
- a) Komponentlarning tarkibi, formasi va taqsimlanishi oldindan aniqlangan;
- b) Ikki va undan ortiq kimyoviy har xil materiallardan tarkib topgan va birlari bilan ajralib turadilar;
- v) Kompozitsion materialning xossalari har bir tashkil etuvchining xossalari bilan aniqlanadi;
- g) Kompozitsion materialning xossalari, tashkil etuvchilarning xossalaridan farq qiladi;
- d) Kompozitsion material makromasshtab miqyosida birtanli,

mikromasshtabda bir tanli emas;

e) Bu material tabiyatda uchramaydi va odamzodning ixtirosidir.

Geometrik ko'rsatkichlariga qarab tashkil etuvchilar har xil bo'ladi. Butun hajm bo'yicha uzluksiz-to'xtovsiz tarqalgan hamda kompozitsion materialning bir butunligini ta'minlovchi komponent **-matritsa** deyiladi (1-matritsa). Uzlukli, bo'lak-bo'lakli materiallar **sinchlovchi yoki puxtalovchi modda** tashkil etuvchilar ya'ni armatura deb ataladi.

Matritsa bilan qo'shimchalar orasida maxsus yupqa qatlam bo'lib, u ajralish yuzasini – 3 belgilaydi.



## 2-rasm Kompozitsion materialarning tuzilishi

SHartli belgilar: 1- matritsa (bog'lovchi material); 2- armatura (mustahkamlovchi) element; 3- ajralish yuzasi.

Kompozitsion materiallarni sinflarga ajratishda matritsa yoki armatura va qo'shimchalarning turiga, mikrotuzilish xususiyatlari va materialni olish usullariga asoslangan.

Matritsa materiali sifatida metall va uning qotishmalari; organik va noorganik polimerlar; keramika, uglerod va boshqa materiallar ishlatiladi. Matritsa materiali xossalari kompozitsion materialni olish texnologik jarayonini ifodalaydi. Uning zichligini, mustahkamligini, ishlash haroratini, charchab buzilishga qarshiligini, tashqi agressiv muhitga qarshiligini ifodalaydi.

Sinchlovchi yoki puxtalovchilar matritsa bo'ylab bir tekisda joylashadi. Bular yuqori puxtalikka, qattiqlikka, elastiklik moduliga ega. Bu ko'rsatkichlar matritsa ko'rsatkichlarinikidan ancha yuqori.

“To'ldirgichlar” puxtalikni oshirib qolmay, kompozitsion materialning boshqa xossalariga ham ta'sir qiladi.

To'ldirgichlarning geometriyasiga qarab, ularni matritsada joylashishiga qarab, kompozitsion materiallar quyidagicha klassifikatsiya qilinadi.

To'ldirgichlarning geometriyasiga qarab:

1. **Nol-o'lchamli to'ldirgichli:** bularning o'lchamlari uch tomonlama o'lchashda bir xil o'lcham ko'rsatgichiga ega;

2. **Bir-o'lchamli to'ldirgichli:** o'lchamlardan birining o'lchamlari qolgan ikkitasinikidan juda katta;

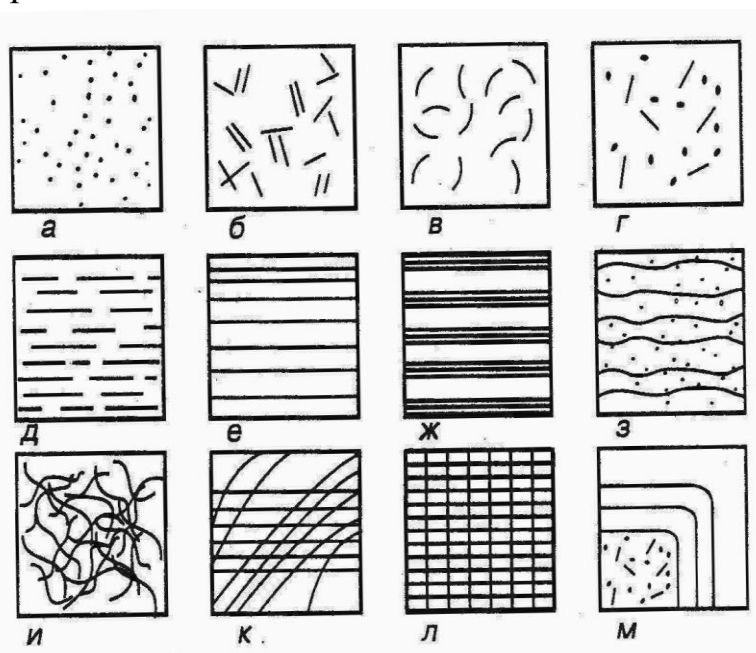
3. **Ikki-o'lchamli:** ikki o'lchami qolgan bittasidan juda katta.

To'ldirgichlarning joylashish sxemasiga qarab kompozitsion materiallar uch guruhga bo'linadi:

1. To'ldirgichlarni bir o'qda-chizig'iy joylashishi bilan to'ldirgichlar tola, ip, intevid shaklidagi kristallar formasiga bo'lib, matritsada bir- biriga parallel bo'ladi;

2. Ikki o'qli-yuzali: bularda sinchlovli to'ldirgichlar tola formasida, intevid kristallarning matolari formasida, matritsada folga formasida parallel tekisliklarda bo'ladi;

3. Uch o'qli-hajmiy: bunda sinchlovchi to'ldirgich hajm bo'yicha joylashgan; afzal yo'nalishi yo'q.



2-rasm

Kompozitsion materiallarni makrotuzilishi bo'yicha farqlanish sxemasi

**SHartli belgilar:**

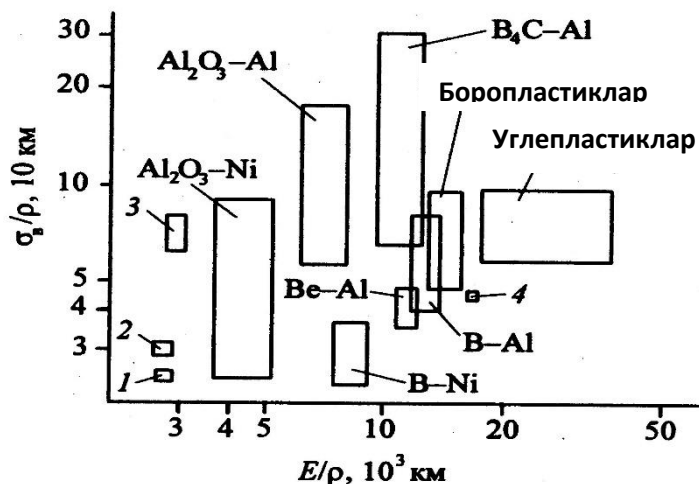
Tuldiruvchi va armaturaning tartibsiz (*a, b, v, g va i*), bir o'q yo'nalishida (*d, e, j va z*), murakkab (*k, l va m*.) joylashuvi.

Bunda: *a* - kukun; *b*- kalta tolalar; *v* - payraxalar; *g*- kukun bilan kalta tolalar aralashmasi; *d*- kalta tolalar; *e*- va *i*- uzun tolalar; *j*-to'qima va yupqa materiallar chiqindisi, *z*- to'qima va kukun aralashmasi.

Komponentlarning tabiatiga qarab kompozitsion materiallar quyidagi to'rt guruhga bo'linadi:

1. Tarkibida metall yoki metall qotishmasi bor;

2. Tarkibida oksidlar, karbidlar, nitridlarning noorganik birlashmalari borlari;
3. Tarkibida metall emas elementli, uglerodli, borli va h.k. li komponent borli;
4. Komponentlari organik moddalar birlashmasidan (epoksidli, poliefirli, fenolli va h.k. smolalar) tashkil topgan.



Kompozitsion materiallar hozirgi zamon konstruksion materiallarga nisbatan ancha yuqori nisbiy bikirlikka ( $E/r$ ) va nisbiy puxtalikka ( $\sigma_v/p$ ) ega.

3-rasm Nisbiy puxtalik va nisbiy egiluvchanlik moduli:

1 – alyuminiy uchun; po‘lat va titan; 3 – oyna plastik; 4 – berilliy va boshqa materiallar uchun

Kompozitsion materialning elastiklik modulini xohlagan tomonga ko‘tarish mumkin, o‘sha tomonga sinchlovli qo‘yib.

Kompozitsion materiallarning ishonchliligi ham yuqori. Oddiy qotishmalarda darz ketish va uning o‘sishi ishlash vaqtida tez ketadi. Kompozitsion materialda darz ketish matritsadan boshlanadi. U o‘sa olmaydi, chunki yo‘lda puxtalovchi to‘ldirgichga borib taqaladi.

### Nol-o‘lchamli to‘ldirgichli kompozitsion materiallar

Bu tipdagi kompozitsion materiallarda matritsa asosan metaldan va qotishmadan iborat. Metall asosidagi kompozitsiyalar bir tekis puxtalanadi, dispers zarrachalar bilan. Dispers zarrachalar:

- a) Mikroskopik ( $d=0,01-0,1 \text{ mkm}$ );
- b) Mayda ( $d=1-50 \text{ mkm}$ ) bo‘ladi.

Xossalari **izotrop** bo‘ladi.

Dispers zarrachalar bilan sinchlangan kompozitsiyalar ko‘pincha kukun

metallurgiyasi usulida olinadi. Asosiy etaplari:

1. Matritsa metali va puxtalovchini kukunlarini aralashmasini olish (maxsus usullar bilan kukunlar olinadi. Soʻngra maxsus mashinalarda aralastiriladi).

2. Poʻlat matritsalarida kukunni presslash va ixcham zagatovkaga aylantirish. Soʻngra uni termik ishlash - "spekonie" Presslash, deformatsiyalash va termik ishlash davrida **mahsulot** optimal, turgʻun dislokatsion strukturaga ega boʻladi.

Bunday materiallarda hamma kuchni matritsa oʻziga oladi. Dispers zarrachalar esa plastik deformatsiyani rivojlanishiga tusqinlik qiladi. Bunda dispers zarrachalar ham yakka holdagi dislokatsiyalarning harakatiga ham dislokatsiya hosillari harakatiga toʻsqinlik-qarshilik qiladilar. Samarali puxtalanish puxtalovchi modda miqdori 5-10% tashkil etganda sodir boʻladi.

Kompozitsiyaning puxtalik darajasiga puxtalovchi dispers zarrachalarning hajmiy birligi, uning disperslik darajasi va zarrachalar orasidagi masofa taʼsir qiladi. Qarshilik ortadi zarrachalar orasidagi masofa kichiklashishi bilan

$$\sigma = Gb / l;$$

bu Orovan formulasi,

G- matritsa material siljish ("sdvig") moduli;

b-atomlar orasidagi masofa;

l-puxtalovchi zarrachalari orasidagi masofa.

Sinchlovchi toʻldiruvchilar sifatida koʻpincha qiyin eriydigan oksidlarning, nitridlarning, boridlarning, karbidlarning dispers zarrachalari ( $Al_2O_3$ ;  $ThO_2$ ;  $HfO_2$ ; BN; SiC; WC; TiC) xizmat qiladi. Bu qiyin eriydigan birlashmalar yuqori elastiklik moduliga ega; zichligi past; matritsa materialiga nisbatan inert. Masalan,  $ThO_2$ ;  $Al_2O_3$  larning elastik moduli  $380,5 \cdot 10^3$  va  $146,12 \cdot 10^3$  Mpa ga teng, zichligi 1,0 va  $3,97 \text{ g/sm}^3$ .

### **Alyuminiy matritsali kompozitsion materiallar (nol-oʻlchamli)**

Mashinasozlikda, alyuminiy asosidagi  $Al_2O_3$  bilan puxtalangan kompozitsion materiallar oʻrin olgan. Bular kukun metallurgiyasi usulida alyuminiy upasini-kukunini presslab termik ishlab olinadi (**SAP**). Upa zarrachasi "cheshuyka" formasida boʻlib, qalinligi=1mk.m. Zarrachalar yuzasidagi oksid plenka qalinligi  $t=0,01-0,1$  mkm. **SAP**-pishirilgan alyumin kukuni ("spechyonnaya alyuminevaya pudra"). Tarkibi:  $Al_2O_3$  (6-22%); va alyumin. Ikkalasi ham kukun holatda. SAS – bu pishirilgan alyumin qotishmasi ("spechyonnuyu alyuminevuyu splav"). Kimyoviy tarkibi: SAP ga Fe, Ni, Cr, Mn, Cu, lar qoʻshiladi, yaʼni shular bilan legirlanadi.

**SAP** ning 20<sup>0</sup>S dagi mexanik xossalari.

Marka	$Al_2O_3$ ; % hajmi	$\sigma_v$ , MPa	$\sigma_{0,2}$ MPa	$\delta_1$ , %	E, MPa
-------	------------------------	------------------	--------------------	----------------	--------

SAP-1	6-8	300	200	7-9	67
SAP-2	9-12	320	230	4	71
SAP-3	13-17	400	340	3	76
D20		420	300	11	69

Duralyumin-Al-Cu-Mg tizimidagi Al qotishmasi D20 ning xossalari toblash ( $535 \pm 5$ )<sup>0</sup>S va 180<sup>0</sup>S da 124 soat ichida eskirishdan so‘ng. Bu sharoitda D20 ning mexanik xossalari SAP dan yuqori.

**SAP** ning ilg‘orligi-yaxshi tomonlari 300<sup>0</sup>S dan yuqorida bilinadi, namoyon bo‘ladi. Bu haroratda alyuminiy qotishmalari o‘z puxtaliklarini yo‘qotadi. Dispersli-mustahkamlangan qotishma uz xossalarini 0,8 T erish haroratigacha ushlab tura oladi, chunki puxtalangan zarrachalarning termodinamik turg‘unligi katta. Kislorod alyuminiyda erimaydi. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ning zarrachalari o‘zaro ta’sir qila olmaydilar, chunki oradagi alyuminiy matritsa bunga yo‘l qo‘ymaydi. 500<sup>0</sup>S da deformatsiyalanadigan qotishma D19 va D20 larning mustahkamligi  $\sigma_v=1-5$  MPa ni tashkil qiladi. SA-1 niki  $\sigma_v=80$  Mpa; SAP-2 niki  $\sigma_v=90$  Mpa; SAP-3 niki  $\sigma_v=120$  Mpa.

SAP larning fizik xossalari (elektr o‘tkazish, issiqlik o‘tkazish, termik kengayish koeffitsienti) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ning miqdoriga bog‘liq. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ortishi bilan fizik xossalari pasayadi. Lekin, SAP-3 ning elektr va issiqlik o‘tkazishi D19 va D20 larnikidan yuqori.

SAP qotishmalari issiq holda qoniqarli deformatsiyalanadi. SAP-1 sovuq holda ham deformatsiyalanadi. SAP oson qirg‘iladi; argon yoy va kontakt usullarida qoniqarli payvandlanadi.

SAP lardan yarimfabrikatlar chiqariladi: listlar, profillar, trubalar, folga. SAP dan yasalgan detallar 300..500<sup>0</sup>S da benalol ishlayveradi: kompressor, trubina, ventilyator lopatkalari, porshen shtoklari. Issiq va kuch ostida ishlaydigan detallar usti SAP listlari bilan qoplanadi.

### **Nikel matritsali kompozitsion materiallar (nol-o‘lchamli)**

Bunday kompozitsion materialning puxtalovchi komponentlari zaharli **toriy dioksidi** (ThO<sub>2</sub>) yoki **gafniy dioksidi** (HfO<sub>2</sub>) zarrachalaridir. Bu materiallar **VDU-1 va VDU-2** deb belgilanadi. **VDU-3** qotishmasida matritsa vazifasini nikel-xromli qattiq eritma (20%-xrom) bajaradi. Puxtalovchi zarracha-gafniy dioksidi.

Gafniy va toriy oksidlari qisishda yuqori mikroqattqlikni va puxtalikni ko‘rsatadilar. Matritsa esa maksimum turg‘un. Toriy va gafniy oksidlarini hajmi 2-3%.

HfO<sub>2</sub> oksidining mexanik xossalari yuqoridagi ThO<sub>2</sub> nikidan kam farq qiladi.

Issiqqa bardoshligi oksid zarrachalarning soniga, o‘lchamlariga; matritsa dipolarining ham o‘lchamlariga, formasiga va qurilishiga bog‘liq. Matritsaning bu dipolari bosim ostida va termik ishlash davrida hosil bo‘ladi.

VDU-1, VDU-2, VDU-3 larning issiqqa bardoshligi oddiy haroratda nikel asosidagi issiqbardosh po‘latlarnikidan past. Lekin, harorat ko‘tarilishi bilan VDUning issiqqa bardoshligi (shu haroratdagi mustahkamligi) shu harorat uchun nikel asosidagi issiqqa bardosh po‘latlarning mustahkamligidan katta bo‘adi.

VDU-1, VDU-2 plastik, shuning uchun har xil harakatda har xil usullar bilan deformatsiyalanadi: bolg‘alash, shtamplash, cho‘ktirish, botirish. Bir biri bilan yuqori haroratli kavsharlash vositasida birlashtiriladi. Diffuzion payvandlash ham qo‘llash mumkin.

VDU-2, VDU-3 truba, chivik, list, sim, falga sifatida chiqariladi. Bular asosan aviatsiya dvigatellari uchun ishlatiladi: lopatkalar, alanga stabilizatori, yonish kamerasi.

### **Bir-o‘lchamli to‘ldirgichli kompozitsion materiallar**

Bu tipdagi kompozitsion materiallarda puxtalovchi komponent sifatida bir o‘lchamli elementlar **ipsimon kristall**, tola (sim) formasida ishlatiladi. Tolalar va boshqa sinchlovchi elementlar matritsa vositasida bir bo‘lak qilib maxkamlanadi-qotiriladi. Matritsa tolalarni buzilishdan-zarb yeyishdan-uzilishdan saqlaydi. Matritsa kuchlanishni tolaga uzatadi. Agar bitta tola uzilsa, kuchni qayta taqsimlaydi. Bu yerda asosiy shart tolalar matritsa bo‘ylab bir tekisda bo‘lingan bo‘lishi lozim.

Kompozitsion xossalarga sinchlovchi tolalarning puxtaligi, matritsaning bikirligi, matritsa bilan tola orasidagi bog‘liqlik mustahkamligi ta’sir qiladi.

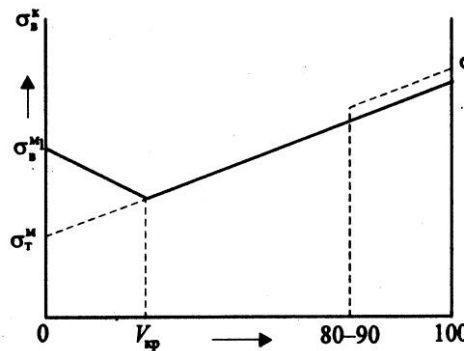
### **Tolalar bilan puxtalash**

Matritsaga joylashgan tolalarning elastik moduli ( $E_t$ ) matritsa materialining elastik modulidan ( $E_m$ ) dan katta bo‘lishi kerak:  $E_t > E_m$ .

Bu kompozitsiyaning mexanik xossalarining yuqori bo‘lishining asosiy va zaruriy sharti.

Kompozitsion materiallar nazariyasi shuni takoz qiladiki, tolalar butun matritsa bo‘yicha bir tekisda joylashgan bo‘lishi kerak va matritsa-tola chegarasida hech qanday sirpanish bo‘lishi mumkin emas. Shunda kuch matritsa va tolalar orasida bir xil bo‘linadi. Kompozitsiya, matritsa va tola deformatsiyalari teng bo‘ladi:  $\xi_k = \xi_m = \xi_t$ .

Bu holda kompozitsiya puxtaligi  $\sigma_{v.kom}$  tolalarning hajmiga qarab o'zgaradi:



Rasm 15.2 Tolali material mustahkamligining to'ldirgich miqdoriga qarab o'zgarishi

Holi, tolalarning hajmi  $\vartheta_{tola} < \vartheta_{kr}$  bo'lganda kuchni tolalar qabul qilib uziladi va kuchni faqat matritsa qabul qiladi. Hajm  $\vartheta_{kr}$  dan oshgach ( $\vartheta_{tola} > \vartheta_{kr}$ ), kuchni tola oladi va uning puxtaligi kompozitsiya puxtaligini aniqlaydi.

Kompozitsiya puxtaligi matritsa va tola puxtaliklarining yig'indisiga teng

$$\sigma_{v.kom.} = \sigma_{v.tola} \vartheta_{tola} + \sigma_{v.matr} (1 - \vartheta_{tola})$$

Shu kabi elastik moduli ham.

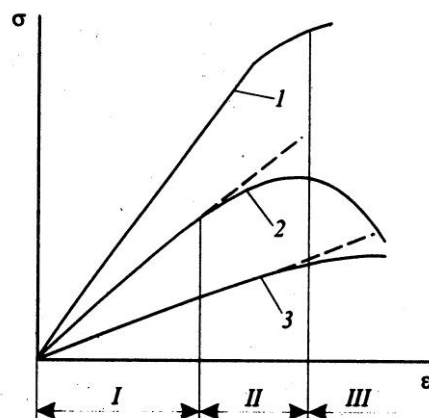
$$E_{kom} = E_{tola} \vartheta_{tola} + E_{mat} (1 - \vartheta_{tola}).$$

Kompozitsiyaning puxtaligi  $\vartheta_{tola} = 0,8-0,9$  gacha bo'lguncha oshadi. Bundan so'ng matritsa materialini tola bilan to'ldirish qiyin. Matritsa bilan tola bog'lanishi pasayib, ular bir biriga nisbatan sirpanishi mumkin.

Puxtalovchi tolalarning matritsada kritik hajmi, quyidagicha aniqlanadi:

$$\vartheta_{kr} = (\sigma_{v.mat.} - \sigma_{t.mat.}) / (\sigma_{v.tola} - \sigma_{t.mat.})$$

Kompozitsion materiallarning tola yo'nalishi bo'yicha berilgan kuch ta'siri ostida deformatsiyasi uch bosqichda o'tadi.



Rasm 15.3. Cho‘zish diagrammasi:

1 – tola; 2 – matritsa; 3 – bir tomonga yo‘nalgan tolali kompozitlar uchun

Birinchi (I) bosqichda elastik deformatsiya bo‘ladi. Bu tolaga ham, matritsaga ham tegishli.

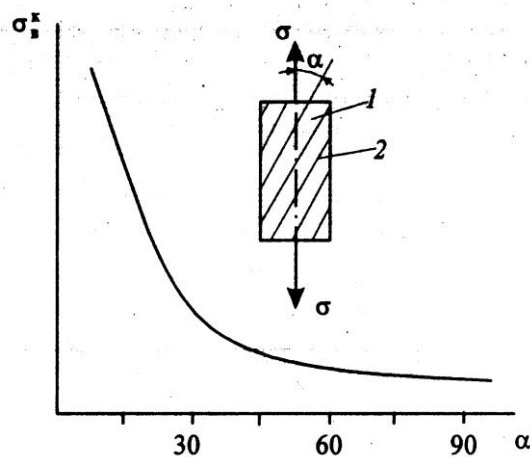
Ikkinchi (II) bosqichda matritsa elastik-plastik holatga o‘tadi, tolalar esa elastik deformatsiyalanadi. Bu holda elastik moduli:

$$E_{\text{kom}} = E_{\text{tola}} \vartheta_{\text{tola}} + (d\sigma_{\text{mat.}}/d\varepsilon_{\text{mat.}}) \vartheta_{\text{mat.}}$$

bu yerda:  $d\sigma_{\text{mat.}}/d\varepsilon_{\text{mat.}}$ , matritsaning deformatsion puxtalanishi.

Uchinchi (III) bosqichda kompozitsiya puxtaligi keskin pasayadi, chunki murt tolalar uziladi va matritsa buziladi.

Tolali **kompozitlar anizotrop material** hisoblanadi. Mexanik xossalari tolalarning kuch yo‘nalishiga qarab joylashishiga bog‘liq.



Rasm 15.4

Bir tomonga yo‘nalgan tolali kompozit mustahkamligining tola yo‘nalish burchagiga qarab o‘zgarishi:

1- matritsa; 2- tola

Bu kamchilikni tola materialini to‘g‘ri tanlab va hajmiy sinch tolalarini, detallarini shunday tanlash kerakki, kuch tola bo‘yicha ta’sir qilsin.

### Sinchlovchi materiallar va ularning xossalari

Kompozitsion materiallarni puxtalash uchun yuqori puxtalikdagi:

a) po‘lat simlar; volframdan, molibdendan olingan simlar, ularning qotishmalaridan olingan simlar va h.k.

b) bor, uglerod, oyna-shisha; alyuminiy nitridi va kremniy nitridi oksidi monokristali tolalaridan foydalaniladi.

**Simlar** - eng arzon hammabop sinchlovchi material. Po‘latdan va berilliydan olingan detallar uchun ishlatiladi. Volfram va molibdendan yasalgan simlar o‘rta va yuqori haroratda ishlatiladi.

Hozirgi vaqtda puxtalash uchun austenit, austenit-martensit, martensit klassidagi po‘latdan olingan tola-simlar ishlatilmoqda.

**Austenit klassidagi** (X18N9, X18N10T) po‘latlarni 92% ga qisib, **kiryalab** (“**volochenie**”) sim olinadi. Bunda puxtalik birdaniga ortib, plastiklik anchagini pasayadi. Turg‘un emas austenitning martensitga aylanishini tezlashtirish uchun zagatovka sovuq (minus) haroratgacha sovitiladi - bunga **sovuqlayin ishlash** (“**obrabotka xolodam**”) deyiladi.

Martensit strukturali simning puxtaligi austenit strukturaliknikidan 40-50% yuqori.

Martensit klassidagi po‘latlar 30X13; N17N2; 13X14N3FA dan, ularni 950-1000<sup>o</sup>S da toblab (suvda yoki yogda), bo‘shatib yuqori puxtalikdagi simlar olinadi. Masalan, 30X13 ning puxtaligi 2000 Mpa ga yetadi.

Austenit va martensit klassidagi po‘latlardan yasalgan sim 380-400<sup>o</sup>S da puxtaligini yo‘qotadi.

Austenit-martensit klassidagi 20X15N5AM3 po‘lat puxtaligini 480-500<sup>o</sup>S da ham ushlab turadi. Sovuq holda kiryalash (80%) bilan uning puxtaligini ancha oshirish mumkin: 3200 Mpa.

Puxtalanish simning diametriga bog‘liq: diametr kichiklashishi bilan puxtalanish ortadi.

**Volfram va molibden olingan simlar.** Volfram va molibdendan hamda ularning qotishmalaridan olingan simlar, asosan **kukun metallurgiyasi** usulida olinadi. Oxirida kiryalanadi. Volfram simlarini olishda qo‘shimcha sifatida oksidlar ThO<sub>2</sub>; SiO<sub>2</sub>; La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lar ishlatiladi. Bu volfram simini mustahkamligini yetarli darajada ushlab turadi.

Oldin diametri 2,75 mm bo‘lgan shtabiklar olinadi: po‘lat formada, bosim  $R=4-6 \text{ ts/sm}^2$  da, gidropresslarda, 3000<sup>o</sup>S haroratda termik ishlab -pishirib (“**spekanie**”). Kiryalash: 1000<sup>o</sup>S da boshlanib, asta pasaytirib, oxirgi davrda 400-600<sup>o</sup>S ga tushirib. Bir necha bor yumshatiladi: birinchisi 800<sup>o</sup>S da, qolganlari 600-750<sup>o</sup>S da. Yumshatish bilan birga kiryalanadi: diametri  $d=0,3; 0,12; 0,05$  mm li **kiryalar** (“**filera**”) bilan.

### Diametri 0,5 mm bo‘lgan volfram simlarining xossalari

Sim markasi	Harorat, °S	Puxtalik, MPa	Uzoq muddatli puxtalik, 100 soat. MPa	Oquvchanlik chegarasi, $6 \cdot 10^{-5}$
VA	900	1320	630	760
W <sub>+</sub> qo‘shimcha- ”prisadka”	1000	1130	480	630
	1100	-	350	470
SiO <sub>2</sub> va Al	1200	740	330	380
VT-15	900	-	-	-
W <sub>+</sub>	1000	1200	660	830
2% ThO <sub>2</sub>	1100	1090	440	600
	1200	850	410	520
BP-20	900	2670	1170	1950
W <sub>+</sub>	1000	2140	1060	1300
20% Re	1100	1990	420	690
	1200	1390	240	350

VR-20 ning puxtaligi, uzoq muddali puxtaligi 1100<sup>0</sup>S gacha ancha yuqori. VT-15 esa 1200<sup>0</sup>S da ham uzoq muddatli puxtaligini saqlagan.

Molibden, volfram, tantaldan yasalgan simlar o‘z mustahkamliklarini 1200-1500<sup>0</sup>S da saqlab turadilar. Molibdenli simlar ham shu yo‘sinda olinadi. Molibden volframga nisbatan ancha plastik. Past haroratda ishlanadi, volframga nisbatan (100-200<sup>0</sup>S) past haroratda. Molibden qo‘shimchasiz sovuq holda ham deformatsiyalanadi va 0,3 dan 0,02 mm gacha diametrli sim olinadi.

Umuman, volframli va molibdenli simlarni issiqbardosh kompozitsion materiallarni sinchlash uchun ishlatish maqsadga to‘g‘ri keladi.

**Berilliyli simlar.** Berilliyning zichligi kam:  $\gamma=1850 \text{ kg/m}^3$ ; katta mustahkamlikka va Yung elastik moduliga ega. Bular berilliyning nisbiy xarakteristikalarini.

**Berilliy simi** 400-480<sup>0</sup>S da kiryalanadi. Bu haroratda berilliy plastikligi juda yuqori bo‘ladi va **kam uglerodli po‘lat** plastikligiga yaqin keladi. Berilliy metall qobiq‘i ichida kiryalanadi, masalan, nikel qobiq‘ida. Kiryalab bo‘lgandan so‘ng, qobiq eritib olib tashlanadi (“travit”) . So‘ng sim yuzasi elektro-kimyoviy sayqallanadi. Metall qobiq sifatida matritsa materiali ham ishlatiladi. Bu holda elektro-kimyoviy eritish va saykallash operatsiyalari bulmaydi.

Diametri 1,8 mm bo‘lgan berilliy simi  $\sigma_v=1129 \text{ Mpa}$ ,  $E=320 \cdot 10^3 \text{ MPa}$  ga ega.

Qattiq deformatsiyalangan berilliy tolasi yuqori rekristallanish haroratiga ega: 700<sup>0</sup>S. Kamchiligi: past plastikligi ( $\delta=1-2\%$ ) va zaharliligi.

Berilliy simi kupincha matritsasi alyuminiy, magniy yoki titandan bo'lgan kompozitlarni puxtalash uchun ishlatiladi.

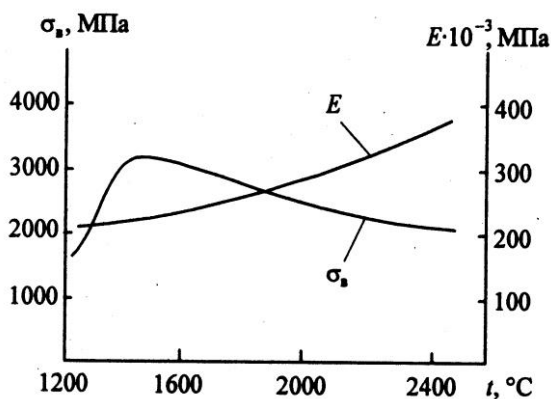
**Uglerodli tolalar.** Bular poliakripnitrilli gidrotsellyulozali toladan yoki neftli smola asosida olingan tolalardan olingan. Uglerodli tolalarni olish texnologiyasi organik dastlabki tolalarni issiq ta'sirida parchalanishiga asoslangan. Qizdirish **boshqariladigan atmosferada** olib boriladi.

Uglerodli tolalarni ishlab chiqarish quyidagi operatsiyalardan iborat:

1. **Oksidlash;**
2. **Karbonizatsiyalash;**
3. **Grafitlash.**

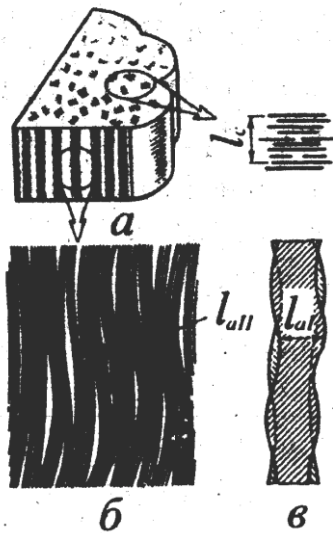
Tolalar 200-300<sup>0</sup>S da olib boriladi. Karbonizatsiya 900<sup>0</sup>S dan yuqorida vodorod muhitida o'tadi. Unga o'tga turg'unlik xossasi beriladi 2500<sup>0</sup>S dan yuqorida uglerod tolasi hosil bo'ladi.

Ishlash vakuumda yoki inert gaz (azot, argon, geliy) muhitida olib boriladi. Uglerod tolasi xossalriga yakunlovchi harorat katta ta'sir qiladi. Grafitlash haroratini o'zgartirib, tola xossalari boshqarish mumkin:



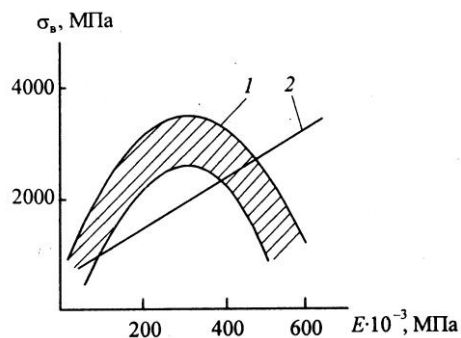
Rasm 15.5. Uglerodli tolalar xossalriga grafitizatsiya qilish haroratini ta'siri

Uglerodli tolalar strukturasi lentasimon kondensirovkalash uglerod qatlamlari tizimidan iborat. Bu **geksogonal strukturali**, nomi **mikrofibrillalar**. Bir xil yunaltirilgan mikrofibrillar gruppasi **fibrillalarni** tashkil qiladi. Bunda mikrofibrillar bir-birlaridan tor tirkishlar bilan ajralib turadi.



Rasm 15.7. Uglerodli tolalar qurilishini sxemasi:  
 a - umumiy ko‘rinish; b – fibrillarning uzunasiga kesimi; v – mikro fibrillani ko‘ndalang kesimi;  $l_a$  va  $l_c$  – mikro fibrillani ko‘ndalang o‘lchamlari

Fibrillalarning o‘zaro joylanishi, ularni “orientatsiya” darajasi dastlabki xom-ashyoga bog‘liq: tolaning cho‘zilish darajasiga, makromolekula tarkibiga, tola olish texnologiyasiga. Shuning uchun har xil dastlabki materiallardan olingan tolalarning puxtalik va bikirlik xossalari bir-biriga nisbati har xil, puxtalik xossalari ham har xil.



Rasm 15.7. Poliakrilnitrildan (1) va viskozadan (2) olingan uglerodli tolalarning vaqtincha qarshiligi va egiluvchanlik moduli orasidagi bog‘liqlik

Uglerodli tolalar puxtaligiga nuqsonlar ancha ta’sir qiladi: g‘ovaklik, darz ketish.

Mexanik xossalari qarang 2 xil bo‘ladi:

1. **Yuqori puxtalikdagi tola:**  $\sigma_v=2500-3200$  MPa

$E=(180-220)10^3$  Mpa.

2. **Yuqori modulli tola:**  $\sigma_v =1400-2200$  Mpa

$E=(350-550)10^3$  Mpa.

Korxonalar uglerodli tolalarni **buralgan** yoki buralmagan arqon formasida chiqaradi. Arqondagi tolalar soni: 1000-160 000 tola diametri  $d=7$  mkm.

Kamchiliklari:

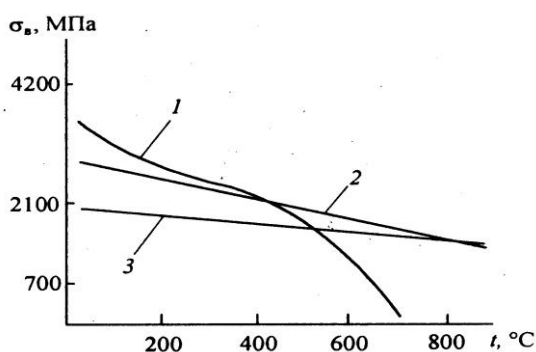
1. Havoda oksidlanishiga moyilligi;
2. Metall-matritsa bilan kimyoviy aktivligi;

### 3. Polimer-matritsa bilan adgeziya pastligi.

Yuqoridagi 2 kamchilikni yo'qotish uchun tolaga metall va keramika qoplama beriladi.

**Bor tolasi.** Diametri  $d=12$  mkm bo'lgan, tozalangan va dastlab  $1100-1200^{\circ}\text{S}$  gacha qizdirilgan volfram simiga gaz fazodan ( $\text{Bcl}_2 + \text{H}_2$ ) bor utirishi bilan bor tolasi olinadi. Natijada, o'rtasi volfram boridi ( $\text{WB}$ ;  $\text{W}_2\text{B}_5$ ;  $\text{WB}_4$ ) hosil bo'ladi: diametri 15-17 mkm. Buni atrofida polikristallik bor joylashadi. Hosil bo'lgan tola diametri hammasi bo'lib 70-200 mkm bo'ladi. O'rta o'zagi puxtaligi umumiy tola puxtaligidan past bo'ladi. O'rta kisilgan, atrofi chuzilgan bo'ladi-bu kuchlanishga va darz ketishga olib keladi.

Bor tolalari bebaho xossalarga ega: kam zichlik ( $\gamma=2600 \text{ kg/m}^3$ ), yetarli darajadagi yuqori mustahkamlik ( $\sigma_v=3500 \text{ MPa}$ ). Yung moduli  $420\,000 \text{ MPa}$  da va erish harorati  $2300^{\circ}\text{S}$ . Bor tolasi havoda  $400^{\circ}\text{S}$  da tez oksidlanadi.  $500^{\circ}\text{S}$  dan yuqorida matritsa-alyuminiy bilan reaksiyaga kirishadi. Buni yo'qotish va issiqbardoshligini oshirish uchun tola yuzasi kremniy karbidi bilan 3-5 mkm kalindligida qoplanadi. Buni nomi-**borsiq**. Yuqori haroratda borsiqning puxtaligi bor tolasinikidan yuqori.



Rasm 15.8. Tolalar mustahkamligining haroratga qarab o'zgarishi:  
1 – tola bordan yasalgan; 2 – borsiqdan yasalgan; 3 – kremniy karbididan yasalgan

Korxonalarda monotola shaklida g'altaklarda chiqariladi. Bor tolalari polimer va alyuminiy asosli matritsali kompozitlar ishlab chiqishda qo'llaniladi.

**Kremniy karbidi tolalari.** Olish texnologiyasi bor tolalari olish texnologiyasidan farqi yo'q.

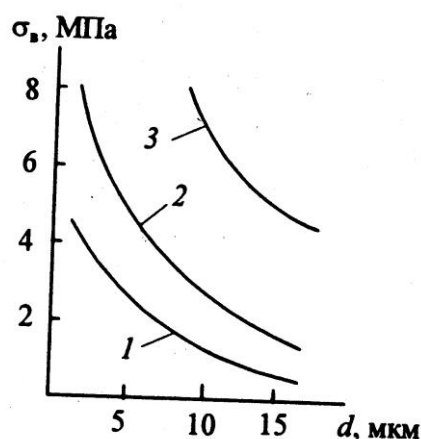
Asos uglerod bo'lgan (o'rtasi) kremniy karbid tolalari arzon. Lekin, yuza nuqsonlariga injik, puxtaligi kamroq.

Metall matritsali yuqori haroratda ishlaydigan kompozitlarni sinchlashda qo'llaniladi.

**Shisha tolalar.** Eritilgan  $1200-1400^{\circ}\text{S}$  da shisha diametri 0,8-3 mm bo'lgan

fileradan o'tkaziladi va tezda bir necha mikrometrgacha cho'ziladi. Diametri 3-100 mkm bo'lgan tola barabanga o'raladi, uzunligi 20 km gacha. Tolaning ko'ndalang kesim yuzasi kvadrat, to'g'ri to'rtburchak, dumaloq, uchburchak va oltiburchak formada bo'ladi. Bu zich joylashishni va yuqori puxtalikni ta'minlaydi. Shisha tolasining asosi-bu kremniy dioksididir ( $\text{SiO}_2$ ). Shisha hosil qiluvchi tabiatiga qarab silikatli ( $\text{SiO}_2$ ), alyumosilikatli ( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ), alyumobosilikatli ( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ) bo'ladi.

Yuqori puxtalikdagi S-shisha tarkibi: 65%  $\text{SiO}_2$  ; 25%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 10%  $\text{MgO}$  uy haroratida  $4,5 \cdot 10^3$  MPa mustahkamlikka ega. Egiluvchanligi  $87 \cdot 10^3$  Pa. Shisha tolalarining diametri ortishi bilan uning puxtaligi kamayadi.

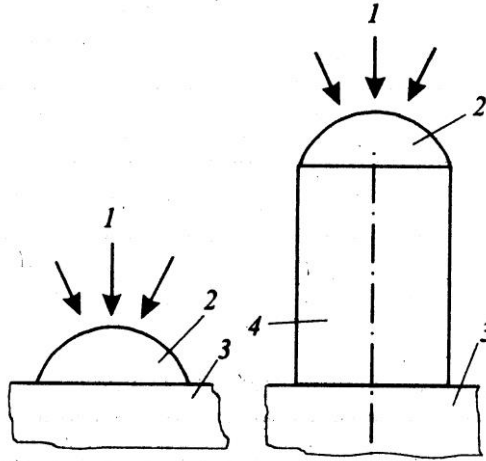


Rasm 15.9. Ishqorli (1), ishqorsiz (2) alyumoborosilikatli (3) oynalar mustahkamligini uning diametriga bog'liqlik grafigi

Ingichka tolada mikrodarzlar va govaklar kam bo'ladi. Lekin, juda ingichkalari tezrok uziladi (ishlash va ishlatishda). Shuning uchun o'rtacha 5-15 mkm olinadi.

Shisha tolalari arkon, ip, lenta, to'qima, matolar ko'rinishida kompozitlarni sinchlash uchun ishlatiladi.

**Ipsimon kristallar (muylovlar).** Karbidlar va kremniy nitridlari alyuminiy oksidi va nitridlari va boshqa qiyin eriydigan birikmalarning ipsimon kristallari gaz fazasidan transport reaksiyasi, piroliz reaksiyasi bilan chuktirib ("Osajdenie") olinadi.

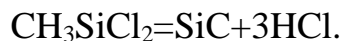
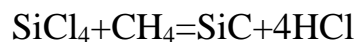


Rasm 15.10. Par – suyuqlik – kristall mexanizmi bo‘yicha kremniy kristallarini o‘shish sxemasi:

1 – par; 2 – Au-Si eritmasini tomchisi; 3 – kremniyli yostiqcha; 4 – kremniy kristalli

Tizim: par-suyuqlik-qattiq faza.

Kremniy karbidi ipsimon kristallari o‘shishi xlorisilan va uglevodorodlar hisobiga bo‘ladi:



Suyuq faza sifatida 3lik faza: temir-uglerod-kremniy qo‘llaniladi. **Yostiqcha (“podlojka”)** sifatida-grafit. Jarayon 1250-1350<sup>0</sup>S da o‘tadi.

Kremniy kristalligi diametri mikronning ulushidan bir necha 10 mikrongacha bo‘ladi. Uzunligi 60-80 mkm.

Mo‘ylovlar, ipsimon kristallarning strukturali mukammallashgan va puxtalik xossalari nazariy xossalarga yaqin.

Grafit mo‘ylovlari nisbiy puxtalik va bikirlik bo‘yicha yuqori ko‘rsatkichga ega. Lekin metall matritsada yuqori haroratda turg‘un emas.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; SiS mo‘ylovlari va qiyin eriydigan birikmalar mo‘ylovlari metall matritsali kompozitlar uchun eng yaxshi puxtalovchi hisoblanadi.

### **Metall asosidagi tolalar bilan sinchlangan kompozitsion materiallarni olish**

Har xil matritsa materiallari va turli tolalar bilan sinchlangan kompozitlarni olish usulini tanlash quyidagi faktorlarga bog‘liq:

1. Matritsa va puxtalovchilarning dastlabki materiallari o‘lchamlari, profili va tabiati;
2. Matritsa-puxtalovchi chegarasida mustahkam bog‘lanish hosil qilish imkoniyati;
3. Tolalarni matritsada bir tekisda taqsimlanishini olish;

4. Kompozitsion materialni olish va undan detal yasash jarayonlarini bir vaqt ichida olib borish (“sovmeshat”);

5. Jarayonni iktisodiy tejamkorligi.

Kompozitsion materiallarni olish usullari tolalarni eritma bilan to‘yintirish sharoitlariga qarab bo‘linadi:

1. Normal bosimda;

2. Vakuum sharoitida;

3. Bosim ostida;

4. Vakuumda to‘yintirish va bosim ostida quyish elementlari birgalikda.

Kompozitsion materiallarning xossalari shunday detallarda to‘la namoyon bo‘ladiki, qaysilarda tolalar uzluksiz joylashgan bo‘lsa. Yana iloji boricha kompozitsion materialni olish va detalni yasash bir jarayonda olib borilsa, juda maqsadga muvofiq bo‘ladi.

### **Alyuminiy matritsa kompozitsion materiallar**

Kompozitsion materiallarni matritsasi sifatida texnikaviy alyuminiy va uning qotishmalari ishlatiladi:  $Am_{ts}$ ,  $Am_g$ , AD1, D16, SAP va boshqalar. Sinchlovchi material sifatida yuqori puxtalikdagi po‘lat (08X18N9T; 1X15N4AM3; EP322 va x.k) simlari, berilliy simlari, bor, kremniy karbidi, uglerod tolalari.

Po‘lat simlar bilan sinchlangan kompozitsion material prokatlanadi. Prokatka rejimi harorat, deformatsiya yo‘nalishi va darajasi bilan aniqlanadi. Prokatlash harorati po‘latning puxtaligini yo‘qotish (“razuprochnenie”) harorati bilan aniqlanadi. Masalan, 08X18N9T va 12X18N10T po‘latlari uchun prokatlash harorati=380-400<sup>0</sup>S, (bu po‘latlarning puxtaligini yo‘qotish harorati=400<sup>0</sup>S). Shu 15X15N4AM3 va EP322 po‘latlari uchun prokatlash harorati=420-450<sup>0</sup>S (puxtalikni yo‘qotish  $t^0=450^0C$ )/

Deformatsiya yo‘nalishi prokatlashda sinchlar yo‘nalishiga qiyaroq qilib olinadi; prokatlash davrida tolalar uzilib ketmasligi uchun.

Korxonalarda kompozit KAS-1 ishlab chiqarish yo‘lga qo‘yilgan. Bunda puxtalovchi-sinch 1X15N4AM3 po‘latidan yasalgan sim (diametri  $d=0,15$  mm). Matritsa AV yoki SAP-1.

Po‘lat sim bilan sinchlangan alyuminiy matritsali kompozitlarning mexanikaviy xossalari.

Sinchlash natijasida kompozitsiyaning puxtaligi 10-12 marta oshadi: to‘ldirgich-simining hajmi 25% ni tashkil qiladi. Agar sinchlar hajmi 40% yetkazilsa,  $\sigma_v=1700$  Mpa ga teng bo‘ladi.

Po‘lat sim bilan sinchlangan (25-40%) alyuminiy matritsali kompozitning mexanikaviy xossalari titan qotishmalari xossalariga tenglashadi.

Bu kompozitni sovuqlayin deformatsiyalab, toblab va eskirtirib, uni mexanik

xossalari yanada oshirish mumkin. (Agar alyuminiy termik ishlanadigan bo'lsa).

Yuqori haroratda ishlaydigan detallar uchun matritsa sifatida SAP ni olish maqsadga muvofik.

SAP-1 ni po'lat sim(X19N9) bilan (15%) sinchlanishi, uni puxtaligini 250<sup>0</sup>S da 2,3 marta, 350<sup>0</sup>S da 3,9 marta; 500<sup>0</sup>S da 5,6 marta oshiradi.

**Alyuminiy-bor tolasi** tizimidagi kompozitlar yanada puxta va bikir, 400-500<sup>0</sup>S da ham bemalol ishlayveradi. Chunki, bor harorat ta'sirida puxtaligini kamaytirmaydi.

Alyuminiy bor (Al-B) tizimida kompozitlarga misol: VKA-1. Bor miqdorining ortishi bilan kompozitsiyaning puxtaligi va bikirligi ortadi. VKA-1 da 50% bor mavjud.

Agar alyuminiy borsik tolalari bilan sinchlansa, kompozitsiya puxtaligi 500<sup>0</sup>S da 600 MPa ni tashkil etadi. Agar borsiq hajmi 65% bo'lsa, puxtalik 1600 Mpa ga yetadi va uzoq vaqt (1000 soat) saklanib turadi; 300-500<sup>0</sup>S da xam.

Alyuminiy matritsa uglerod tolasi bilan puxtalangan kompozit ancha arzon, lekin mexanik xossalari pastroq.

Agar titan bilan sinchlansa, kompozitning egiluvchanlik moduli va ishlash harorati ko'tariladi.

### **Nikel matritsali kompozitsion materiallar**

Ko'proq issiqbardosh nikel qotishmalari sinchlanadi; ishlash vaqtini va haroratini ko'tarish maqsadida (1100-1200<sup>0</sup>S). Puxtalovchilar: **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ning ipsimon kristallari** (muylovlari), qiyin eriydigan metall va ularning volfram va molibden asosidagi qotishmalari simlari; uglerod va kremniy karbidi tolalari.

Nikel va nixrom Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> iplari bilan kukun metallurgiyasi usulida sinchlanadi. Bunday kompozit xarakteristikasi: 9% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bo'lsa,  $\sigma_v=1800-2100$  MPa , nisbiy puxtalik=22-25 km.

Issiqbardosh nikel qotishmalarini volfram bilan sinchlangan kompozitlari ko'proq tarqalgan. Plastik deformatsiya usuli bilan olinadi: **prokatlash, portlatib payvandlash.**

Vakuumda issiq holda presslanadi: bir kavat issiqqa chidamli nikelxromovolframli qotishma XN60V, bir qavat Vt15 dan sim (d=0,15-0,18 mm). Shu tarzda qavatma-qavat presslanaveradi. Bu kompozit 1100-1200<sup>0</sup>S da ishlaydi. Bunday kompozitlarning vakili VKN-1. Matritsa: quyma issiqqa bardosh qotishma JS6K, sinchlovchi: volfram simi VA, d=0,5 mm

## **Nanotexnologiya asosida olingan materiallar, tarkibi, tuzilishi, xossalari**

“Nanotexnologiya” termini birinchi marta yapon olimi N. Tanituchi tomonidan 1974 yilda ishlatilgan.

“Nano” so‘zi milliarddan bir qism, milliardni bir qismi degani va  $(NM)=10^{-9}m$  degani. Eslatamiz, angstrom= $10^{-8}m$  (1 millimetr= $10^{-3}m$ , 1 mikrometr= $10^{-6}m$ ). Demak, nano bu uzunlik birligi. Buni “sezib” taqqoslash uchun, shuni aytish kerakki inson sochining qalinligi-diametri taxminan 50000 nanometrga teng.

Nanotexnologiya asosida konstruksion materiallarga miyaga (xayolga) kelgan xossalarni berish mumkin. Hozirda nanotexnologiyaga yiliga 9-10milliard dollar sarf qilinyapti :AQSh da 4-5 milliard, Yaponiyada 2-3 milliard. Lekin nanotexnologiyadan keladigan foydani 2010-15yillir davomida bir necha trillion dollar kutilyapti.

Nanotexnologiya sanoatda 1994 yildan boshlab qo‘llanila boshlagan.

Nanomateriallar – bular moddalar va moddalar kompozitsiyasidir, qaysilarki, sun‘iy yoki tabiiy tartibga solingan yoki solinmagan nanometrik xarakteristikali o‘lchamli bazoviy elementlar tizimi – sistemasidir. Bularda nanometrik o‘lchamli elementlarni kooperatsiya qilganda (birlashtirganda-yiqqanda) ularni o‘zaro fizikaviy va kimyoviy ta’siri alohida (maxsus) namoyon bo‘ladi. Bularning hammasi materiallar va sistemalarda ilgari ma’lum bo‘lmagan xossalarni paydo bo‘lishini ta’minlaydi: mexanik, kimyoviy, elektrofizik, optik, teplofizik va h.k.

Hozirgi paytda nanomateriallarni (molekulyar o‘lchamli yoki unga yaqin darajada strukturalashtirilgan) har xil perspektiv - istiqbol usullaridan foydalaniladi. Usullarni nanoob’ekt yuzaga kelish printsipiga qarab asosan ikki gruppaga bo‘linadi. 1) Materiallar yuzalarida nanostruktura hosil qilish: neytron atomlar, ionlar elektronlar tutamlari bilan ishlash plazma bilan xurushlash (“travlenie”) va boshqa usullar bilan ishlash. 2) Nanoobekt - nanomaterialni atomma-atom yoki molekulama-molekula yig‘ish. Nanoob’ektlarni ikki usulda olinadi.

1)Sun‘iy usullar: olinayotgan nanoobekt xarakteriga qarab har xil usullar qo‘llaniladi; fizikaviy, kimyoviy, biologik va boshqalar. Ba’zi hollarda bir nechta birgalikda. Nanoobektlarni o‘ta vaakum sharoitida, suyuq muhitda yoki gaz atmosferasida olish mumkin.

2)O‘z – o‘zidan yig‘ilish: Bunga nanotexnologiyada katta e’tibor beriladi. O‘z-o‘zidan yig‘ilish molekulalarni hamma vaqt energiyasi kam satxga o‘tishga intilish printsipiga asoslangan.

O‘z – o‘zidan yig‘ilishda nanokonstruktor yuzaga yoki oldindan yig‘ilgan nanokonstrukturaga ma‘lum atomlar yoki molekulalar kiritiladi. So‘ngra molekulalar o‘zlarini ma‘lum holatda tekislaydilar-to‘g‘rilaydilar, ba‘zan kuchsiz bog‘lanish hosil qilib, ba‘zan kuchli kovalent bog‘lanish qilib.

O‘z – o‘zidan yig‘ishning yana bir turi – bu kristallarni o‘stirishdir. Kristallarni eritmada o‘stirish mumkin, dastlabki (murtak, xomila) kristalldan foydalanib. Bunda katta emas kristall tarkibida o‘zi materiali ko‘p bo‘lgan muhitga (ko‘proq eritmaga) joylashtiriladi. So‘ngra bu komponentlarga kichkina kristall yoki murtakka-xomilaga taqlid (“imitatsiya”-o‘xshash) qilishga ruxsat qilinadi. Mikrochiplarni yaratishda ishlatiladigan kremniyli bloklar shu tarzda o‘stiriladi.

Nanostrukturalarni tabiiy hosil bo‘lishi. Bu hodisa ko‘proq rudalarni hosil bo‘lishiga tegishli. An’anaviy yondoshish bo‘yicha kristallanish quyidagi yo‘llar bilan amalga oshadi.

- moddalarni kondensatsiyasidagi (energiya yig‘ishdagi) hosil bo‘lgan parlardan.

- eritmalaridan, ularni sovib-qotishidan.

- eritmalaridan, erigan moddani cho‘kishi natijasida.

- qattiq holatdagi diffuzion o‘zgarishlaridan.

Bular tog‘ jinslarini barchasiga, shu bilan birga oltinga ham tegishli.

### 19.1. Nanomateriallarni qo‘llanilishi

Hozirda nanomateriallar juda ko‘p sohalarda qo‘llaniladi; sanoatda, nanoelektronikada, nanooptikada, nanobiologiyada, nanospektroskopiyada, nanomeditsinada, nanoelementlarda va h.k.

Nanomateriallarni sanoatda qo‘llanilishi alohida ahamiyatga ega. Bu materiallarning xossalari printsiplial farq qilgani uchun sanoatni ko‘p sohalarida ishlatiladi.

Albatta birinchi navbatda nanomateriallarni qo‘llash yuqori mexanik xossali yangi konstruktsion materiallarni yaratishga imkon beradi. Nanostrukturali moddadan yasalgan rezьbali mahsulot (detalь) yuqori mustahkam bo‘ladi. Masalan avia va avtomobilsozlikda ishlatiladigan titandan yasalgan mahsulot

nanostukturali qilib olinsa, uning chidamliligi uzoq umr ko‘rishi (dolgovechnostʻ) 1,5marta oshadi, rezʻbani yasash mehnat sig‘imi kamayadi.

Nanostukturali alyuminiy qotishmalaridan murakkab formadagi yengil mahsulotlarni yuqori tezlikda o‘ta plastik deformatsiyalab (bosim bilan ishlab) detallar yasash mumkin. Bu sharoitda shtampli barcha teshik, burchak va h.k. lari to‘liq to‘ladi, deformatsiya kuchi pasayadi, forma hosil qilish harorati pasayadi (450°Sdan350°Sgacha). Bu pulku! Hozirda bu usul bilan ichki yonar dvigateli porshenlari (murakkab formadagi) yasaladi.

Nitridli legirlangan keramik nanostukturali moddalardan tuzilgan material olovbardosh bo‘ladi va ulardan ichki yonar dvigatellar, gaz turbinalari, keskich plastinkalari yasaladi.

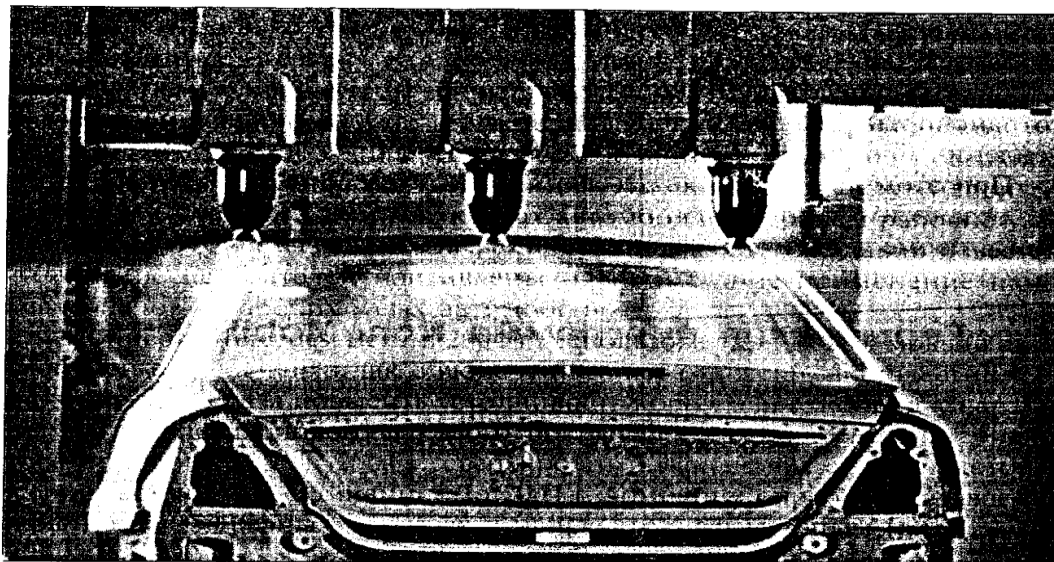
Metallurgiyada esa nanomaterialdan yasalgan o‘tga bardosh material-keramika qo‘llaniladi.

Hozirda mashinasozlikda nanoparoshoklar ko‘p funktsiyali qo‘shicha sifatida juda keng qo‘llaniladi: motor, transmissiya va industrial yog‘larga, plastik moylarga, bosim ostida ishlaydigan jarayonlarda ishlatiladigan texnologik moylarga, metallarni qirqishdagi moylovchi-sovituvchi suyuqliklarga, sayqallashdagi (dovodogno-pritirichnye) pasta va suspenziyalarga qo‘shiladi.

Tarkibida plastmassa va polimerlar bo‘lgan kompozitsion materiallarga metallarning nanokukunlarini qo‘shish ancha istiqbolli yo‘nalishdir. Bu yo‘l bilan plastik magnit, elektr o‘tkazadigan rezina, tok o‘tkazadigan kraska va kley va h.k. xossalari kompozitsion materiallar olish mumkin. Metallarni nanokukunlari qo‘shib yonmaydigan polimerlar olinadi.

Umuman, nanomaterialli qoplamalar bir tekisda, bir xil qalinlikda, bir xil zichlikda yetadi, olovbardosh bo‘ladi.

Mersedes – Benz kontserni 2004 yildan avtomobillar korpusi uchun maxsus lak ishlata boshladi. Maxsus lakga keramik nanokukun qo‘shilgan. Bu bilan avtomobil korpusini tirnashga-qirilishga (“tsaropanie”) qarshiligi 3marta oshgan. Maxsus lak berish jarayoni rasm 19.1da ko‘rsatilgan.



Rasm 19.1 Avtomobil kuzoviga-korpusiga nanokukunli (zarrachali) himoya qatlamini berish.

Shu tariqa nanomateriallar bilan avtomobil korpusini bikirligini ko‘tarib, og‘irligini pasaytirish mumkin.

AQShlarning Elekiy universtiteti olimlariga meditsinada nanomateriallarni (texnologiyani) qo‘llashni o‘rganishga 6,5 mln. dollar hajmida pul ajratilgan. Olimlar insonlarning tirik to‘qimalariga impluatatsiya qilinadigan biomimetik nanoo‘tkazgichni yaratyaptilar.

Bundan buyoq quyosh energiyasidan foydalanish energetika sohasidagi dolzarb masala bo‘lib qolaveradi. Nanotexnologiya asosida yaratilgan mis-indiy-dieselenid-galliy (CIGS-plyonka) plyonkasini fotoelektrik effekti (samaradorligi) hozirgi zamon quyosh elementlarinikidan 20% ga ko‘proq.

## 19.2.Dispersli tizimlarni klassifikatsiyasi

Hozirda dispersli tizimlarni o‘rganishda va ishlab chiqarishda ko‘p terminlar ishlatiladi: nanomaterial, nanokristall, nanozarracha, nanokompozitlar, klasterlar, mikroklasterlar, kolloid zarrachalar, ultrayupqa paroshoklar, gel, aerozol va h.k.

Dispersiyalash – mayda(juda mayda) zarrachalarga ajratish-bo‘lish.

Dispersli tizim-ikki yoki ko‘p sonli fazalardan hosil bo‘lgan tizim, bunda fazalar orasidagi ajralish yuzasi kuchli rivojlangan.

Dispersli tizimda jilla qursa bitta faza mayda zarrachalar shaklida boshqa uzluksiz-yaxlit fazada taqsimlanadi. Dispersli tizimni maydalangan (parchalangan, uzlukli) qismiga dispersli faza dispersion muhit deyiladi.

Klassifikatsiyalash mezonlari-belgilari ko‘p: dispersli faza va dispersion muhit agregat holatiga qarab, dispersli faza o‘lchamiga qarab, dispersli faza zarrachasi o‘lchamiga qarab.

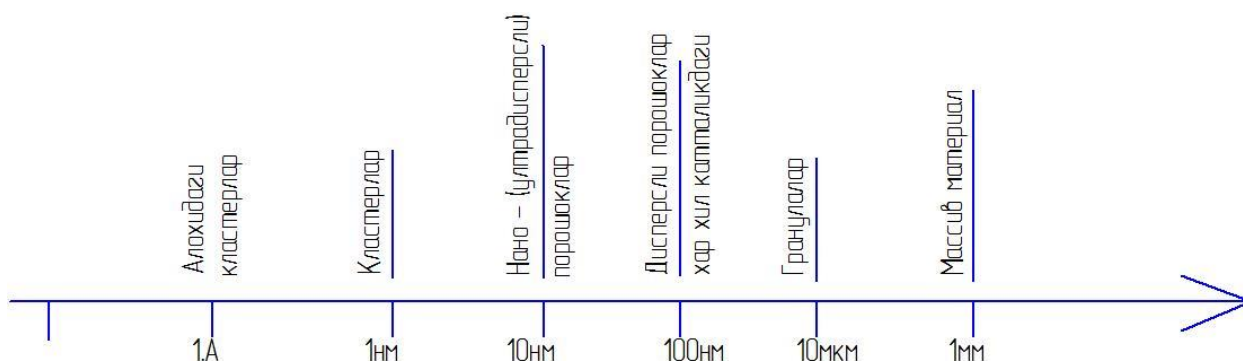
### 19.2.2 O‘lchamiga qarab klassifikatsiyalash

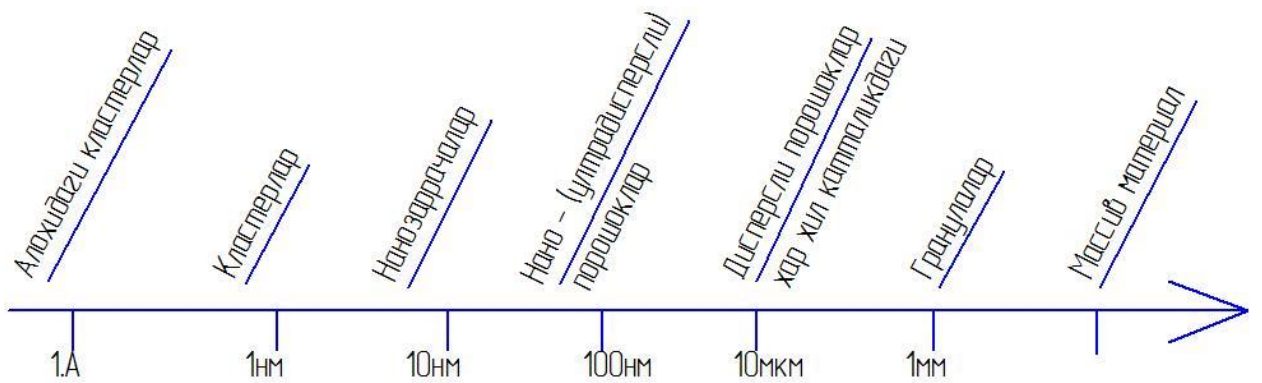
Klassifikatsiyalash me‘zonlari kriteriyalari ko‘p. Birinchi navbatda, dag‘al dispersli va yuqori (mayda) dispersli. Dag‘al disperslida zarracha o‘lchami 1mkm dan yuqori bo‘ladi. Yuqori disperslini kolloidli dispersli deb ataladi: zarracha o‘lchami 1nm dan 1mkm gacha bo‘ladi.

Metallurgiyada (mashinasozlikda) quyidagicha: ultrayupqa paroshoklar-zarracha o‘lchamlari 500 nm dan kam;o‘ta yupqa paroshok, o‘lchami 500nm dan 10mkm gacha; yupqa paroshok, o‘lchami 10-40 mkm;o‘rta yirikli paroshok,o‘lchami 40-150mkm; dag‘al(yirik)paroshok, zarracha o‘lchami 150-500mkm. Oxirgi vaqtda o‘lchami 1-10nm bo‘lgan ob‘ektlar nanozarrachalar deb atala boshlandi.

Atomlar, molekulalar va ionlarning bir-biriga yaqin joylashgan va maxkam bog‘langan gruppasiga klaster deyiladi.

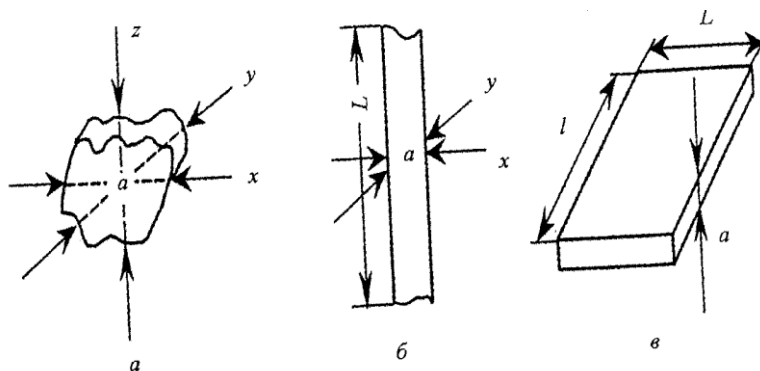
Xulosa qilib aytganda, o‘lchamlar atom birligidan boshlab massiv materialga o‘tguncha bir necha o‘lchamlarni o‘tadi. Sxemaga qarang. Quyida dispersli materiallarni dispers fazalari o‘lchami bo‘yicha klassifikatsiya berilgan.





Dispers fazalar amaldagi tizimlarda har xil formalarga ega: sfera-qubba-shar; ignasimon, tsilindrsimon, tangachali (baliqlar po‘stlog‘i kabi), teng o‘qli emas hosila (hosil bo‘lgan forma) va h.k. Dispersli fazani qoplamalar, plyonkalar, membranalar, iplar, kapilyarlar, har xil tolalar, g‘ovaklar ham tashkil qilishi mumkin. Shuning uchun dispers tizimlarni o‘lchamiga qarab klassifikatsiyasi dispers fazani e‘tiborli (asosiy) o‘lchamlari geometriyasiga yoki o‘lchash soniga asoslangan.

Disperslikni aniqlovchi o‘lchamlar ham o‘ziga xos. Disperslik - bu dispers faza zarrachalari o‘lchamlariga teskari kattalik. Uch o‘lchamli jismlarni o‘ziga xos o‘lchamlari va dispersligi o‘zaro perpendikulyar yo‘nalishda aniqlanadi (rasm 19.2.a).



Rasm 19.2 Nolb o‘lchamli (a), ikki o‘lchamli (b) va bir o‘lchamli (v) dispers fazalar.

Hozirgi zamon klassifikatsiyasiga ko'ra nolb o'lchamli dispers tizimlarga nano - (ul'trodispersli) paroshoklar va nanozarrachalar kiradi.

Ikki o'lchamli jismlarni dispersligi ikki o'lcham bilan baholanadi, qaysilariki, bir-biriga perpendikulyar yo'nalishda bo'ladi. (rasm 19.2.b) Uchinchi o'lcham L disperslikka ta'sir qilmaydi. Ikki o'lchamli tizimlarni tolalar, iplar, kapilyarlar tashkil qiladi.

Bular makrouzunlikka ega, qolgan ikki o'lcham nanometrlarda o'lchanadi. Bir o'lchamli jismlarda faqat "a" o'lcham disperslikni aniqlaydi (rasm 19.2v). Bir o'lchamli materiallarga plyonkalar, mumbranalar kiradi. Bularning qalinligi nanometrda o'lchanadi, qolgan ikkita o'lcham makroskopik o'lcham.

Uch o'lchamli nanotizimlarga hajmiy nanomateriallar kiradi.

### 19.3. Nanoo'lchamli materiallarni olish usullari

Nanomateriallarni olish usullariga bo'lish negizida nanomaterialni sintez bo'lish jarayoni yotadi. Shu nuqtai nazardan olish usullari quyidagi turlarga bo'linadi: mexanikaviy, fizikaviy, kimyoviy va biologik.

Mexanikaviy usul materiallarga katta deformatsiyalovchi kuch ta'siriga asoslangan: bosim, egish, vibratsiya, ishqalash, kavitatsion jarayonlar va h.k. Fizikaviy usullar asosida fizikaviy o'zgarishlar yotadi: bug'lanish, kondensatsiya, toblash, termotsikllash va boshqalar. Kimyoviy usullar kimyoviy reaksiyalarga asoslangan: elektroliz, qaytarilish, termik parchalanish. Biologik usul oqsil tanachalarida o'tadigan biologik jarayonlarga asoslangan.

#### 19.3.1. Mayda zarrachalarga bo'lishni (disperslashni) mexanik usullari

O'z navbatida bu nanomateriallarni olish usullari quyidagi guruhlariga bo'linadi: mexanikaviy maydalash, shiddat jadal bilan deformatsiyalash, har xil muhitlarni mexanikaviy ta'sirida.

##### 19.3.1.1 Nanomateriallarni mexanikaviy maydalash bilan olish

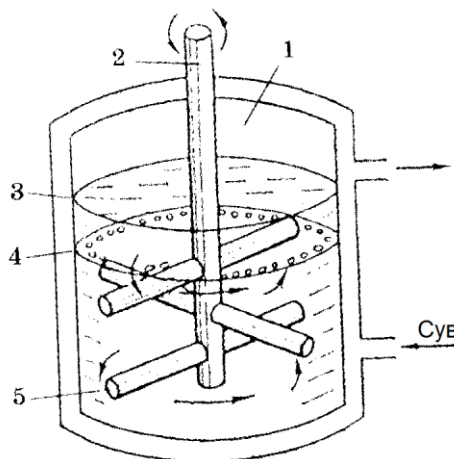
Bu usul maydalanayotgan qattiq materiallarga katta urilish kuchi va katta ishqalanish ta'siriga asoslangan. Bunda mexanik ta'sir impul'sli bo'lishi kerak. Mexanik ta'sir zarrachaning ma'lum bir joyiga-nuqtasiga (lokal'no) ta'sir qiladi.

Kuch impul'sli va lokal bo'lganidan kichkina vaqtda nisbatan katta kuch ta'sir qiladi.

Mexanikaviy maydalash har xil qurilma va moslamalarda olib boriladi: sharoviy, planetar, vibratsiyali, girdob (вихрь), giroskopik, oqimli tegirmonlarda bajariladi., attritorlarli qurilmalarida bajariladi. Tegirmonlarni ichida eng soddasi va keng tarqalgani bu sharoviy tegirmonidir.

Tegirmon tsilindr bo'lib, ichida maydalovchi jism bo'ladi: ko'pincha po'lat yoki qattiq qotishmali sharlar. Tsilindr aylanganda bu sharlar aylanish bo'yicha baraban bo'ylab ko'tarilib, eng tepasiga chiqqanda o'z og'irligi bilan pastga otilib tushib, maydalanuvchi materialni urib, maydalab deformatsiyalaydi. Maydalanish tezligi barabanning aylanish tezligiga bog'liq. Maydalangan zarracha formasi-siniq (oskolochniy), g'adir-budir.

Attritorli qurilmalar, sharoviy tegirmonlarning bir turidir (rasm19.3).

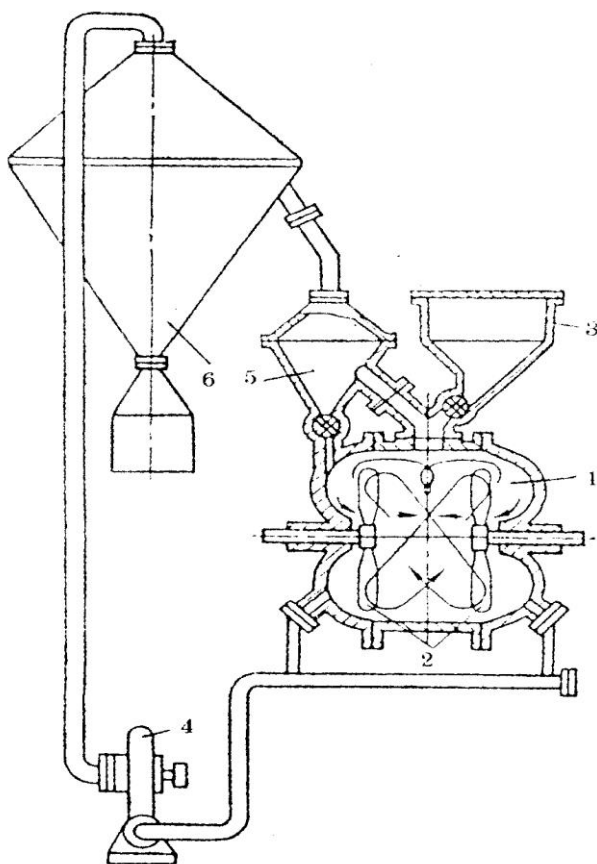


Rasm 19.3. Attritor qurilma sxemasi: 1-maydalovchi hajm; 2-aralashtiruvchi val; 3-maydalanuvchi material; 4-maydalangan jism; 5-aralashtiruvchi parrak.

Maydalanuvchi jism qimirlamaydigan baraban ichida bo'ladi. Baraban ichida katta tezlikda (100ayl\min. va undan yuqori) aralashtiruvchi kuraklar aylanadi. Maydalangan jismlarni tsirkulyatsiyasini-aylanishini va maydalanayotgan materialni maydalanishini (eyilishini) aralashtiruvchi kurakchalarga qiya o'rnatilgan taroqlar ta'minlaydi.

Zarrachalar o'lchami bir tekis. Lozim disperslik sharoviy tegirmonidagiga nisbatan bir necha marta katta bo'ladi.

Girdob ("vixrevoy") tegirmonlarda asosan bolg'alangan bosim ostida (kovkiy) ishlangan materiallarni nanoparoshokka aylantirishda qo'llaniladi. Bu qurilmalarda urilish va ishqalanish kuchlari maydalanayotgan materialni zarrachalarini o'zaro bir-birlariga urilishlarida hosil bo'ladi. Girdob tegirmoni (rasm 19.4) ish kamerasida bir-biriga qarshi o'rnatilgan propellerlar-parraklar o'rnatilgan bo'lib, ular bir-biriga qarshi yo'nalishda katta tezlikda (3000ayl\min) aylanadi. Lekin albatta bir xil tezlikda.



Rasm 19.4. Girdob ("vixrevoy") tegirmon sxemasi.

1-ish kamerasi, 2-parraklar, 3-bunker, 4-nasos, 5-qabul kamerasi, 6-cho'kuvchi kamera.

Dastlabki modda bunkerdan girdob oqimiga tushadi-yo'liqadi. Girdobni parraklar vujudga keltiradi. Girdobda zarrachalar bir-birlari bilan to'qnashib maydalanadi. Tashuvchi gaz yordamida allaqachon maydalangan zarrachalar ish bo'shlig'idan-kamerasidan olib chiqarilib qabul qiluvchi kameraga yo'naltirilib xaydaladi. Bu hajmda yirik zarrachalar hajm tagiga cho'kadi va yana ish kamerasiga qaytariladi hamda qayta maydalanadi. Mayda zarrachalar cho'kuvchi kameraga yo'naltiriladi, bu yerdan vaqti-vaqti bilan olib turiladi.

Maydalanayotgan material turiga qarab zarrachalar shishasimon qirrali, bodroqsimon yoki shar formasida bo'lishi mumkin.

Nanoparoshoklarni olishda eng samarador va mehnat unumi yuqori usul oqimli tegirmondir. Bu usulda juda mayda zarrachalar olinadi. Qisilgan gaz (havo, azot va h.k.) yoki o'ta qizigan bug' oqimi konus naychali teshik (soplo) orqali ish kamerasiga tovish tezligida ( $V_{tov}=311\text{m}\backslash\text{sek}$ ) va undan yuqori tezlikda ham yuboriladi. Yorug'lik tezligi  $V_{yor}=3\cdot 10^8\text{m}\backslash\text{sek}$ . Ish kamerasida maydalanayotgan katta tezlikdagi girdobga bir-birlariga katta nisbiy (nuqtaviy) kuch bilan bir necha marta(ko'p marta) urilib shiddat bilan qizg'in yeyilib maydalanadi.

Oqimli tegirmonlarda metallar, keramika, polimerlar va ularning har xil kompozitsiyalari maydalanadi. Mo'rt materiallar va tegirmonlarda yetarli darajada maydalanmagan zarrachalar ham maydalaniladi.

Maydalanayotgan material tabiatiga qarab har xil o'lchamli zarracha olinadi.

Masalan,  $\text{MoO}_3$  va  $\text{WO}_3$  oksidlaridan 5NM dan kichik nanoparoshok olish mumkin, temir Fe uchun sharli tegirmonda 10-20NM o'lchamli zarracha olish mumkin.

Maydalash jarayoni vaqti bir necha soatdan bir necha sutkagacha bo'lishi mumkin.

### 19.3.2. Jadal plastik deformatsiya usuli

Hajmiy materiallarda nanostrukturani shakllantirish maqsadida deformatsiyalashni maxsus mexanik sxemasi ishlatiladi. Bunday deformatsiya natijasida nisbatan past haroratda katta-ko'p buzilgan struktura olinadi.

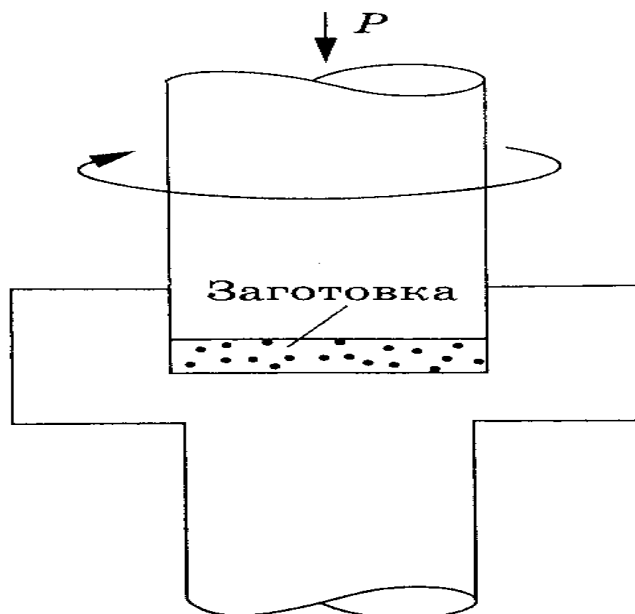
Jadal plastik deformatsiyalashga quyidagi deformatsiyalar kiradi:

1. Katta bosim ostida burash.

2. Teng kanalli burchakli presslash.
3. Har tomonlama bolg'alash.
4. Teng kanalli burchakli cho'zish.
5. "Qum soat" usuli.
6. Jadallik bilan sirpanib ishqalash usuli.

Eng ko'p tarqalgani birinchi ikkinchi usullar.

Katta bosim ostida burashni amalga oshirish uchun namuna disk formasida yasaladi. Namuna-material 2ta puanson orasiga joylashtirilib, katta bosim (bir necha Gpa) bilan qisib turiladi.(rasm 19.5)

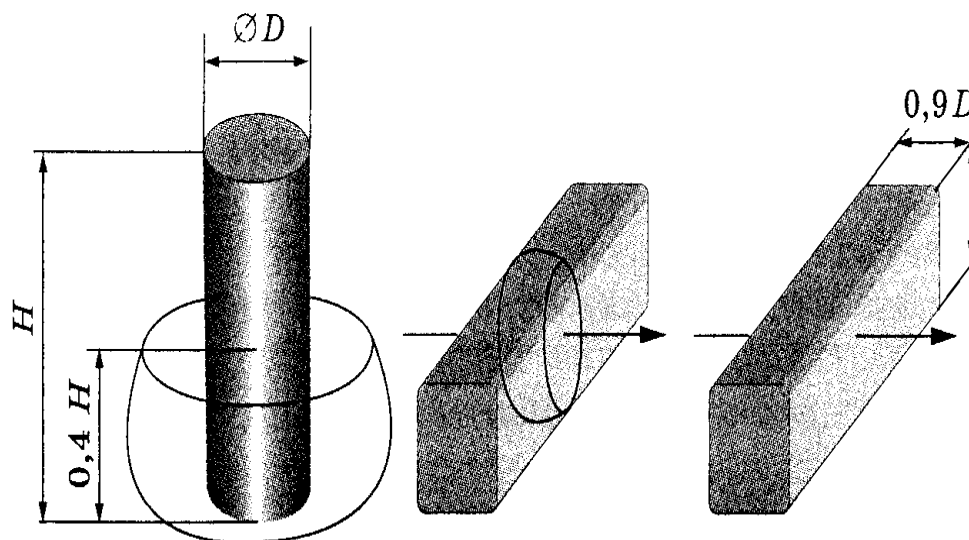


Rasm 19.5. Katta bosim ostida burab deformatsiyalash usuli printspial sxemasi.

Faqat yuqori puanson aylanadi. Bu holda ishqalash kuchlari materialni asosiy hajmini deformatsiyalanishga majbur qiladi. Jarayon uy haroratida xam,  $0,4T_{erish}$  haroratidan pastda ham olib borilishi mumkin.

Disk formasidagi namuna o'lchamlari:  $D=10-20\text{mm}$ , qalinligi  $t=0,2-0,5\text{mm}$ . Lozim deformatsiya olish uchun bir necha aylanishni o'zi kifoya.

Maydalanishi material turiga bog‘liq. Masalan, austenitli po‘lat X18N10T dan 70NM o‘lcham. Mo, V, azot bilan legirlangan po‘latlardan 40-50NM o‘lcham, kam uglerodli po‘latlardan 100NM o‘lchamli zarrachalar olish mumkin. Katta-og‘ir namunalardan nanostruktura olishda har tomonlama bolg‘alash usuli qo‘llaniladi. Bolg‘alash bir necha martagacha (20martagacha) qayta-qayta bajariladi. Bunda cho‘ktirish-cho‘zish kuchlanish kuchlarini qo‘yish o‘qlari ham almashtirilib turiladi (rasm 19.6).



Rasm 19.6 Har tomonlama bolg‘alash sxemasi.

Deformatsiyalash harorati  $T_{def}=(0,3-0,6)T_{erish}$

### 19.3.3. Mayda zarrachalarga bo‘ishni (disperslashni) fizikaviy usullari

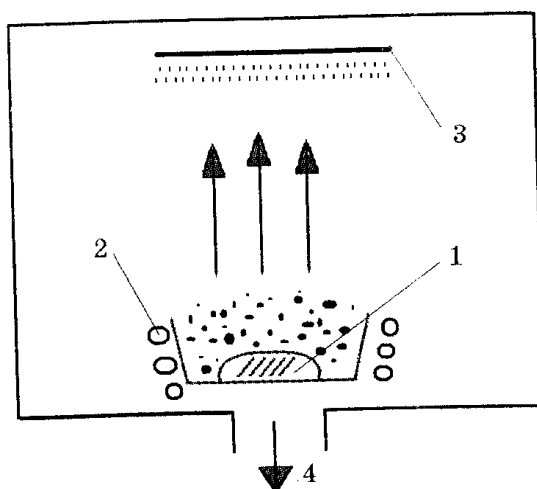
Maydalashni fizikaviy usuliga quyidagilar kiradi: purkash, bug‘lanish-kondensatsiya (suvga aylanish), vakuum-sublimatsiya jarayonlari, qattiq holatdagi o‘zgarishlar.

#### 19.3.3.2. Nanomateriallarni bug‘lanish-kondensatsiya usuli bilan olish

Bug‘lanish – kondensatsiya usullari nanoobjektlar bir agregat holatidan ikkinchi agregat holatiga tez o‘tkazish yo‘li bilan sintez qilishga asoslangan; ya’ni

fazoviy o'zgarishlar natijasida: bug'-qattiq jism, bug'-suyuqlik-qattiq jism. Demak, usul mohiyati-bu jadal qizdirish, so'ngra tez sovitish. Bug'lanuvchi materialni qizdirish turiga (manbaiga) qarab quyidagi turlarga bo'linadi: lazerli, rezisterli, plazmali, elektr yoyli, induksionli, ionli. Bug'lash-kondensatsiyalash jarayonini vakuumda yoki neytral gaz muhitida olib borish mumkin. Sovitish usullari har xil.

Bug'lanuvchi modda jism qiyin eriydigan, kimyoviy inert materiallardan (To, W, grafit) yasalgan "tigel" ga joylashtiriladi (rasm19.7).



Rasm 19.7 Bug'lanish-kondensatsiyalash usuli bilan nanoparoshokni olish qurilmasi sxemasi. 1-bug'lanuvchi jism, 2-qizdirgich, 3-yuza, bunga nanoparoshok cho'ktiriltiradi-o'tiltiriladi, 4-idishdan havoni-muhitni chiqarib tashlash.

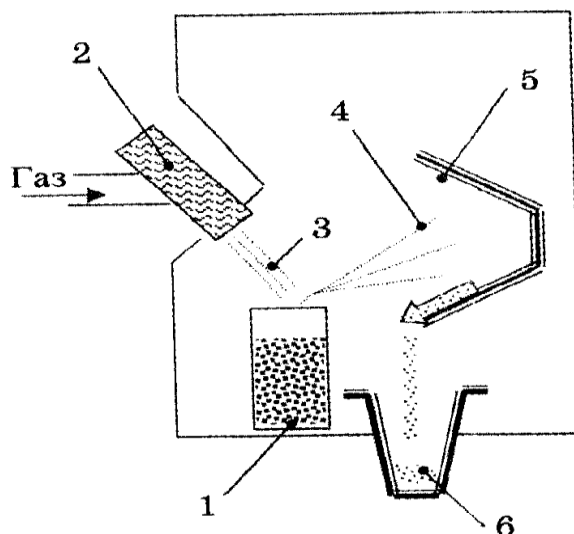
Tigelga joylashtirmasdan ham bug'latish mumkin. Bunda lazer yoki plazma bilan qizdiriladi.

Bu sohada plazmali texnologiya keng qo'llaniladi.

Plazma – qisman yoki to'la ionlashgan gaz, qaysiki yuqori haroratda atom va molekulalarning termik ionlashishi natijasida hosil bo'ladi. Plazmalar past va yuqori haroratli bo'ladi. Texnologik jarayonlarda past haroratli plazmalar ishlatiladi. Ular  $t=2000-20000^{\circ} K$  da olinadi, bosimi  $P=10^{-5}-10^{-3}$  mpa.

Plazma hosil qilish ("generatsiya") uchun elektr yoyli va yuqori va o'ta yuqori chastotali katta quvvatli plazmatronlar qo'llaniladi: gaz juda yuqori haroratgacha qizdiriladi. Turg'un plazma vodorod qo'shilgan inert gazda olinadi.

Rasm 19.8da ingichka plazma oqimi bilan nanoparoshok olish qurilmasi sxemasi berilgan.



Rasm 19.8 Ingichka plazma oqimi bilan nanoparoshok olish qurilmasi sxemasi: 1-tigель namuna bilan, 2-plazmatron, 3-plazma, 4-kondensatsiya zonasi, 5-suv bilan sovutiladigan nanomaterialni plastinkasimon to‘plagich, 6-mahsulotni (paroshokni) yig‘ish uchun idish.

Maydalanadigan – dispersiyalanadigan material plazmatrondan chiqadigan ingichka plazma oqimi bilan qizdiriladi va bug‘ga aylantiriladi. ( $T_{\text{plazma}}=15000-70000^{\circ}\text{K}$ ). Bug‘lanadigan material plazma zonasiga paroshok ko‘rinishida yoki elektrod (anod) ko‘rinishida kiritiladi. Juda kuchli qizigan gaz hosil bo‘ladi. Endi maydalanishlik, paroshok strukturasi, mehnat unumiga sovitish tezligi xal qiluvchi roly o‘ynaydi. Qiyin eriydigan materiallardan 5-100NM li o‘lchamda paroshok olinadi, formasi sferik, ba‘zan qirrali. Keramik intermetallidlar, kompozitlar (Ti-Mo-C) lardan ham paroshok olinadi.

Lazer yordamida ham nanoparoshoklar olinadi, ayniqsa, Ti; Ni; Mo; Fe; Al lardan. Lazerni issiq berish qobiliyati plazmanikiga teng.

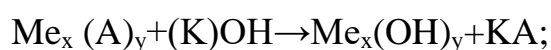
Lazer - bu optik kvantli generator, optik kogarentli nurlanish manba‘i hisoblanadi. Lazer no‘rining yo‘nalishligi ancha yuqori va zichligi katta. Lazerlar suyuqlili, gazli, qattiq jisimli bo‘ladi.

### 19.3.4. Dispergirlashni kimyoviy usullari

Nanomuhitlarni kimyoviy reaksiyalash yordamida sintez qilishni variantlari juda ko'p. Ularni asosan uch guruhga bo'lish mumkin: 1-asosan kimyoviy o'zgarishlar hisobiga o'tadigan; 2-asosan elektrokimyoviy; 3-kimyoviy va fizikaviy reaksiyalar aralashmasiga.

#### 19.3.4.1. Kimyoviy reaksiyalarni ishlatib nanomateriallarni olish

Cho'ktirish usuli keng qo'llaniladi. Metallarni ularni gidrooksidlarini ularni tuz eritmalaridan cho'ktirib olinadi. (maxsus cho'ktirgichlar yordamida) Masalan, ishqor eritmaları NH<sub>4</sub>OH; NaOH; KOH; umuman jarayonga quyidagi reaksiya to'g'ri keladi:



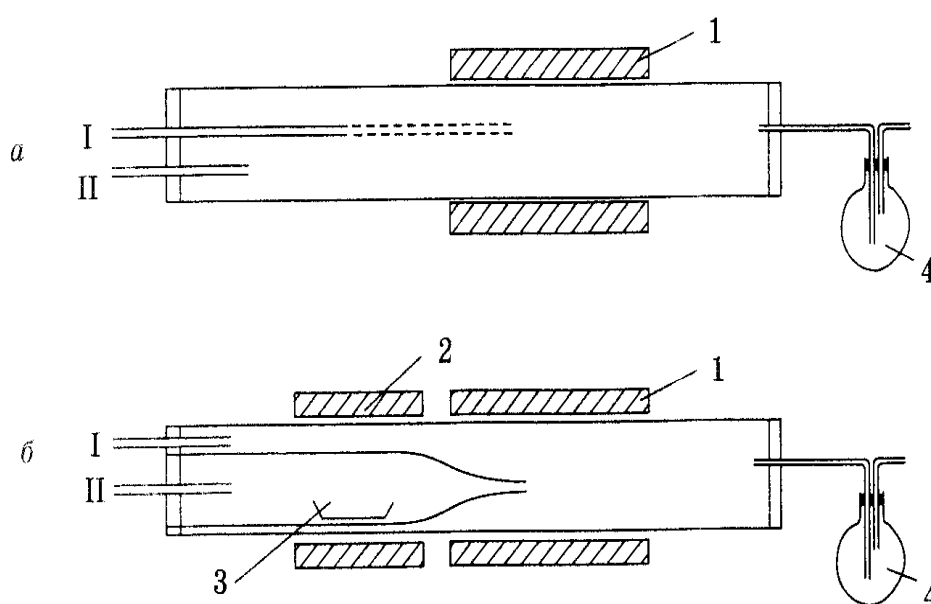
Bu yerda A-anionlar: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; Cl<sup>-</sup>; SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>

K-kationlar: Na<sup>+</sup>; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; K<sup>+</sup>

X, Y-koeffitsentlar.

Olingan nanoparoshoklar o'lchami 10-150NM. Formalari: sferik, ignasimon, po'stloqli, qiyshiq formal.

Gaz fazali kimyoviy reaksiyalarni o'tkazish uchun maxsus qurilmalardan foydalaniladi (rasm 19.9).

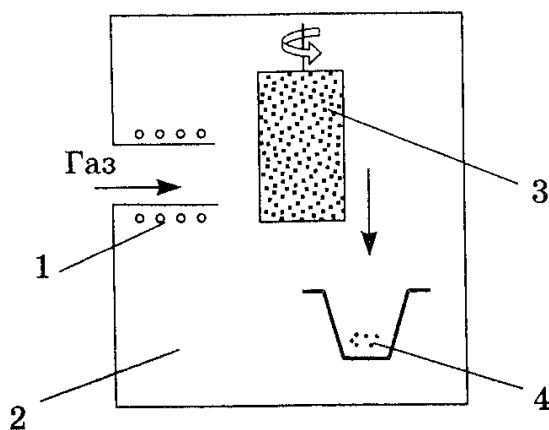


Rasm 19.9 Reaksiya zonasini tashqaridan qizdirish jaryonida nanoparoshok olish qurilmasi sxemasi. a) gazsimon dastlabki jismlarni quritishda, b) dastlabki qattiq jismlardan foydalanganda.

Reaksiyon gaz 1 va 2 trubkalar orqali kiritiladi. Pech 1 reaksiyon zonani qizdiradi. Pech 2 dastlabki jismni yana qizdirishga xizmat qiladi. Bu dastlabki jismni reaksiyon idishda to'g'ridan-to'g'ri bug'lanishi zarur bo'lgan holda (rasm 19.9b) Reaksiyaning gaz holatidagi mahsulotlari idish 4 ga tushadi, bu yerda ularni sovutiladi va kondensatsiyalanadi. Reaksiyon trubkalar, qoida bo'yicha kvartsdan, keramik materialdan yoki glinazyomdan yasaladi.

Gaz fazadan nanozarrachalarni ajratib olish bu usulning muammosidir. Zarrachalar nanoo'lchamli bo'lib, gaz oqimida ularning miqdori (konsentratsiyasi) kam, harorati esa yetarli darajada yuqori. Ularni tutib olish uchun maxsus filtrlar qo'llaniladi. Filtrlar keramikadan yasaladi, elektrofiltrlar ham ishlatiladi, markazdan qochma usulda cho'ktirish tsiklon agregatlarida.

Tsiklonlar suyuq plyonkali, maxsus gazoviy markazfugalar, sovuq aylanuvchi baraban. (rasm 19.10)



Rasm 19.10 Gazoviy kimyoviy reaksiyalar davomida nanoparoshoklarni olish apparati sxemasi: 1-qizdiriladigan trubkasimon reaktor, 2-ish kamerasi, 3-aylanadigan soviq tsilindr, 4-paroshok yig'iladigan idish.

#### 19.3.4.2 Nanoparoshoklarni elektrokimyoviy usulda olish

Boshqa usullar samarador bo'lmay qolganda ishlatiladi, kimyoviy jarayon tez o'tadi.

Elektrokimyoviy usulni mohiyati tuzlarning suvdagi eritmasidan doimiy elektr toki o'tkazish jarayonida ulardan metallik paroshokni cho'kishidir. Maxsus tanlangan elektrolit ichiga katod va anod plastinkalari joylashtiriladi. Anod plastinkasi materiali sifatida paroshok qilib cho'ktirilayotgan material olinsa juda yaxshi bo'ladi.

Elektroliz jarayoni o'tish davrida anod va katod atrofida elektrolitik reaksiya o'tadi, natijada katodda paroshok ajraladi. Cho'kma katoddan vaqti-vaqti bilan olib turiladi. Elektrolit majburiy tsirkulyatsiya qilinadi.

#### 19.3.5. Nanomateriallarni olishga biologik yondoshish

Nanomateriallarni biologik usullar bilan olinsa bo'lar ekan. Ko'pchilik tirik organizmlarda masalan, ba'zi bakteriyalarda zarracha yoki nanoo'lchamlar doirasida strukturalar ishlab chiqariladi. Bunga evolyutsiya yo'li bilan uzoq vaqt davomida erishilgan.

Biologik yo'llar bilan nanomaterial olishga molyuskalar misol bo'ladi. O'ziga ozuqani qidirib olish uchun ularda tishga o'xshash tillari bo'ladi. Bu "tishlar" tarkibida juda qattiq materiallar (getit va magnetit) bo'lgan nanokristallik ignachalar bor.

Biologik usulni o'ziga xos kelajagi bor.

#### 19.4. Nanoo'lchamli paroshoklarni yig'ish usullari

Nanomateriallar olish usullarini ko'pchiligini natijaviy mahsuloti bu - paroshok. Ba'zi materiallarni nanostrukturalarini katta hajmda yaratish qiyin, ba'zan esa mumkin emas.

Nanoparoshoklardan hajmiy materiallar olish uchun, birinchi navbatda, har xil presslash jarayoni variantlari qo'llaniladi.

Jipslashgan buyum olish uchun, presslashni, pishirishni ("spekanie"), prokatlashni har xil texnologik jarayonlarini qo'llaniladi.

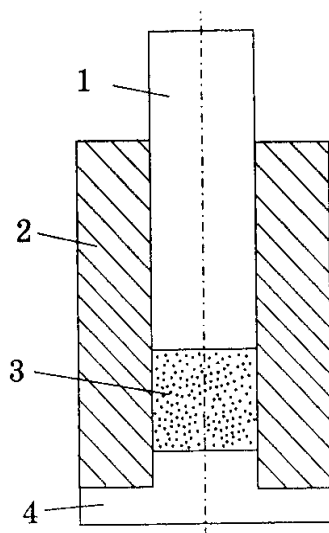
Amaliyot ko'rsatadiki, materialni dispersligi ortishi bilan jipslashishligi kamayadi.

Presslash-bu paroshokka bosim ta'sirida forma berish-formalash. Natijada talab qilingan forma, o'lcham va zichlik olinadi.

Presslash statik va dinamik gruppalariga bo‘linadi. Bularning har biri yana guruhlarga bo‘linadi:

1. Presslash haroratiga qarab: soviq va issiq presslash.
2. Qo‘yilgan kuch xarakteriga qarab: bir o‘qli, ikki o‘qli, har tomonlama.

Bir o‘qli presslash sxemasi rasm 19.11 da berilgan.



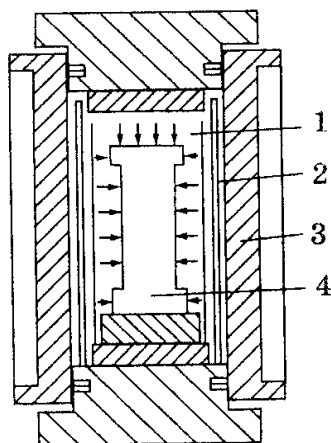
Rasm 19.11 Press-forma sxemasi: 1-ustki puanson, 2-matritsa, 3-presslanuvchi paroshok, 4-ostki puanson.

Paroshok pressformaga joylashtiriladi. Nanomateriallar presslanganda jarayon vaakum kamerasida olib boriladi.

Bu usul bilan quyidagi nanoparoshoklar  $Dy_2O_3+TiO_2$  aralashmasi kompaktlashtirilgan-presslangan.

Agar buyum balandligini ko‘ndalang kesim o‘lchamiga nisbati birdan katta bo‘lsa, ikki o‘qli presslanadi, kamroq kuch sarflanadi.

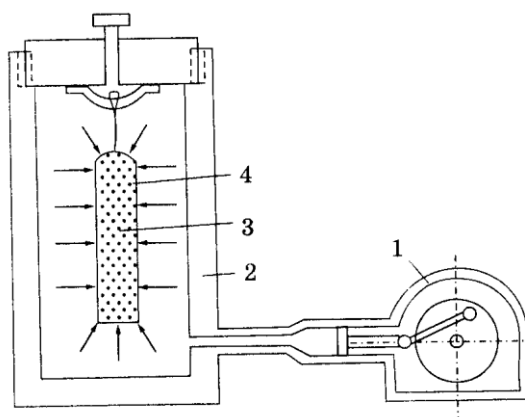
Har tomonlama qisib presslanganda kuch kam sarflanib, sifati yuqori bo‘ladi. Bunga misol gidrostatik presslash (rasm 19.12)



Rasm 19.12 Paroshokni gidrostatik presslash qurilmasi sxemasi: 1 - qizdirgich, 2-issiq izolyatsiyali qatlam, 3-ish kamerasi, 4-qobiq po'stloq paroshok bilan yoki zagatovka.

Paroshok elastik (masalan rezinali) qobiqqa (xaltachaga) to'qiladi. Qobiq ish kamerasida. Qurilma germetik yopiladi. Suyuqlik (yog', suv, glitsirin) bosim ostida beriladi va paroshokni elastik xalta bilan har tomonlama, bir tekis presslaydi.

Bu usulni gazostatik presslash varianti ham bor. Bunda har tomonlama qisish gaz (geliy, argon) vositasida bajariladi (rasm 19.13)



Rasm 19.13 Nanomateriallarni gazostatik presslash qurilmasini ish kamerasi: 1-yuqori bosim nasosi, 2-issiq izolyatsiyali qatlam, 3-paroshok, 4-elastik qobiq-xalta.

## Adabiyotlar ro'yxati

1. Umarov E.O. "Materialshunoslik" o'quv fanidan laboratoriya va amaliyot ishlari o'quv qo'llanmasi.
2. Umarov E.O. Materialshunoslik. Darslik.
3. Norxudjaev F.R. Materialshunoslik. Darslik.

## Qo'shimcha adabiyotlar

Адаскин А.М. Материаловедение. Учебник. - М.: "Машиностроение" 2006