

## **17-modul. Nanotexnologiya asosida olingan materiallar, tarkibi, tuzilishi, xossalari**

### **Reja:**

1. Nanomateriallarni olinish soxalari.
2. Nanomateriallarni qo'llanilish sohalari.

“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= $10^{-8}$  sm (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 nanometr ga teng.

Nanotexnologiya asosida konstruktsion materiallarga miyaga (xayolga) kelgan xossalarni berish mumkin. Hozirda nanotexnologiyaga yiliga 9-10 milliard 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) Nanoobektni - nanomaterialni atomma-atom yoki molekulama-molekula yig'ish. Nanoobektlarni 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 printsipligiga asoslangan.

O‘z – o‘zidan yig‘ilishda nanokonstruktor yuzaga yoki oldindan yig‘ilgan nanokonstruktoraga 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‘ilishning yana bir turi – bu kristallarni o‘stirishdir. Kristallarni eritmadan 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. Mikrochipplarni 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.

- eritmalardan, ularni sovib-qotishidan.

- eritmalardan, erigan moddani cho‘kishi natijasida.

- qattiq holatdagi diffuzion o‘zgarishlaridan.

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

### Nanomateriallarni qo‘llanilishi

Hozirda nanomateriallar juda ko‘p sohalarida 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 nanostrukturali qilib olinsa, uning chidamliligi uzoq umr ko‘rishi (dolgovechnostь) 1,5marta oshadi, rezьbani yasash mehnat sig‘imi kamayadi.

Nanostrukturali 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 nanostrukturali moddalardan tuzilgan material olovbardosh bo'ladi va ulardan ichki yonar dvigatellar, gaz turbinalari, keskich plastinkalari yasaladi.

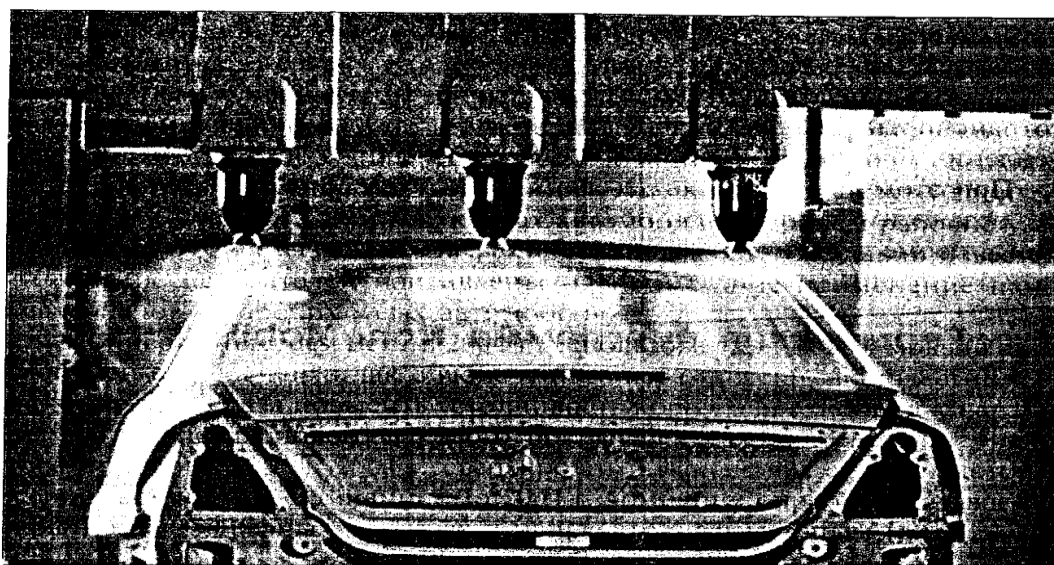
Metallurgiyada esa nanomaterialdan yasalgan o'tga bardosh material-keramika qo'llaniladi.

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.

Mercedes – 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 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.

### Dispersli tizimlarni klassifikatsiyasi

Hozirda dispersli tizimlarni o‘rganishda va ishlab chiqarishda ko‘p terminlar ishlatiladi: nanomaterial, nanokristall, nanozarracha, nanokompozitlar, klasterlar, mikroklasterlar, kolloid zarrachalar, ul‘trayupqa paroshoklar, gel, aerosol 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.

### Agregat holatiga qarab klassifikatsiyalash

Dispersli tizimlarini dispersli fazalari va dispersion muhitlari agregat holatiga qarab klassifikatsiyasi quyidagi jadvalda berilgan.

Dispersion muhit	Dispersli faza		
	Gaz	Suyuqlik	Qattiq
Gaz		Aerogollar Tumanlar Tomchi	Aerogellar, aerogollar, kukunlar, tutunlar, chang

Su yuq	Ko'piklar, gazli emulsiya	Emulsiya lar, kremlar	Kul, gellar, emulsiyalar, pastalar
Qat tiq	Qattiq ko'piklar, filʼtrlar, sorbentlar, membranalar	Qattiq emulsiya lar	Qattiq kullar, qotishmalar, kompozitlar, qoplamalar, plyonkalar.

Kullar – qattiq dispersli fazali va suyuq dispersion muhitli sedimatsion-turg'un yuqori dispersli tizimlar. An'analarga ko'ra kullarni kolloidli eritmalar deb ham ataladi.

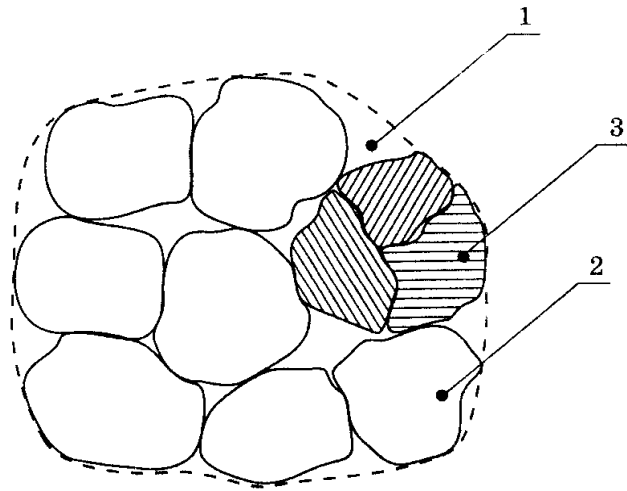
Kolloidli tizimlar (kolloidlar)-imkon boricha (oxirigacha) yuqori dispersli tizimlar. Kolloid zarrachalar o'lchamlari odatda  $1 \div 100 \text{NM}$ .

Aerozollar – shunday tizimki, bunda gazoviy muhitda dispersli fazaning qattiq yoki suyuq zarrachalari muallaq holatda bo'ladi.

Gellar-suyuq dispersion muhitli yuqori dispersli tizimlar, ularni struktura setkasi (sinchi) dispers faza zarrachalaridan tashkil topgan.

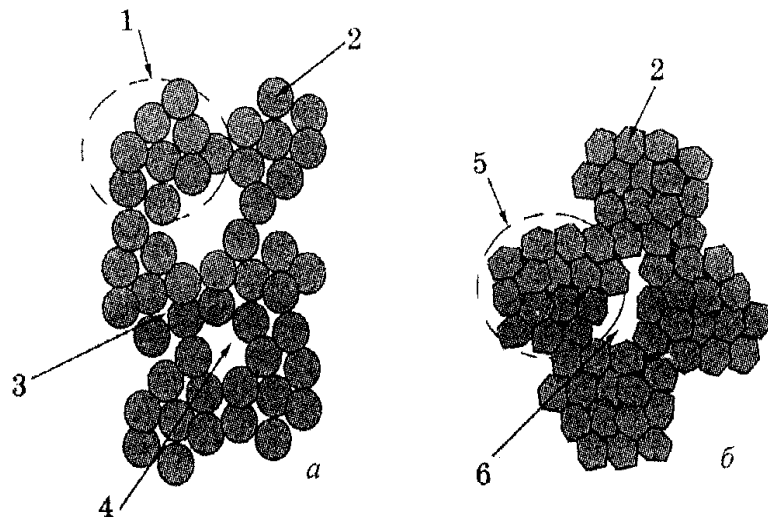
Kukunlar (paroshoklar)-ikki fazali tizim, dispers faza qattiq zarrachalarni havoda yoki boshqa gaz muhitida taqsimlanganligi. Odatda paroshoklarga to'qiluvchi materiallar hisobga olinadi. Texnikada bu yuqori dispersli tizim. Tizim zarrachalarining o'lchamlari shundayki, zarrachalararo ta'sir kuchlarini taqqoslash mumkin yoki bu kuch o'z og'irligidan kam bo'lishi lozim. Shunga binoan har bir zarracha o'lchami  $0,001 \div 1000 \text{MKM}$  chegarasida bo'ladi. Agar o'lcham  $0,001 \text{mkmdan}$  kichik bo'lsa, bunga plasterom deyiladi. Zarrachalar o'lchamlari  $1 \text{mkm}$  dan kichik paroshoklarni gaz fazasida muallaqligi va ularni broun harakatida ishtirok etishi aerazol, chang va tutunni tashkil qiladi.

Zarracha – paroshok birligi, buni oson bo'lib bo'lmaydi. Zarracha bir nechta donalardan (urug'lardan) tashkil topgan bo'lishi mumkin. (rasm 19.2)



Rasm 2. Agregatlar, zarrachalar va kogerent oblastlarini tarqalishlarini o‘aro bog‘lanishi-nisbati:1-agregat, 2-zarracha, 3-kogerent oblasti tarqalishi.

Aglomerat (agregat)-bir nechta zarrachalarni kattaroq hosilga birlashishi. Agregat va aglomeratlar ichki g‘ovakliklari bor-yo‘qligi bilan bir-biridan farq qiladi. Aglomeratlarda zarrachalararo bo‘shliq bo‘ladi (rasm 19.3.a), agregatlarda bo‘shliq yo‘q (rasm 19.3.b).



Rasm 3. Aglomerlashtirilgan (a) va agregatlashtirilgan (b) paroshoklarning sxematik ko‘rinishi:1-aglomerat; 2- birlamchi zarracha; 3-aglomerat ichidagi g‘ovak; 4-aglomeratlar orasidagi g‘ovak; 5-agregat; 6-agregataro g‘ovak.

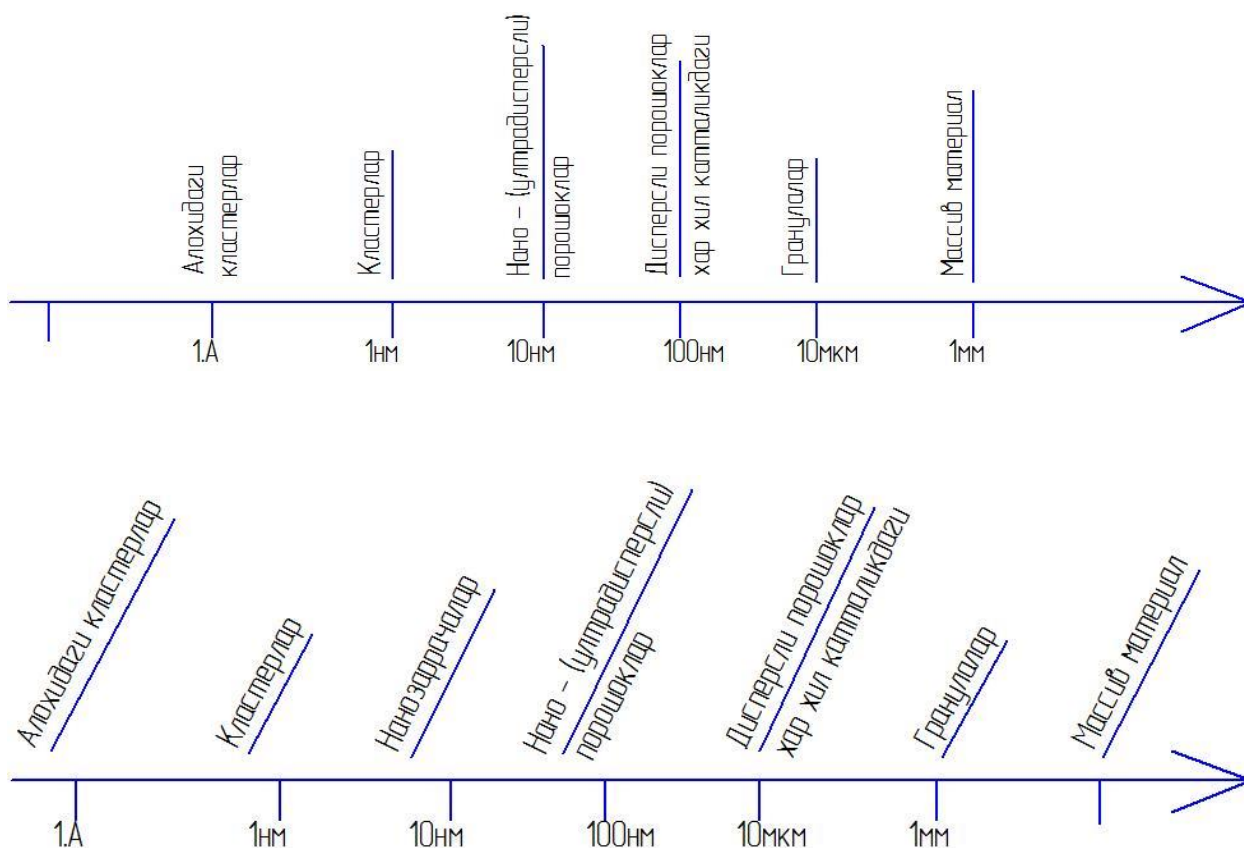
## O'lchamiga qarab klassifikatsiyalash

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, molekular va ionlarning bir-biriga yaqin joylashgan va maxkam bog'langan gruppasiga klaster deyiladi.

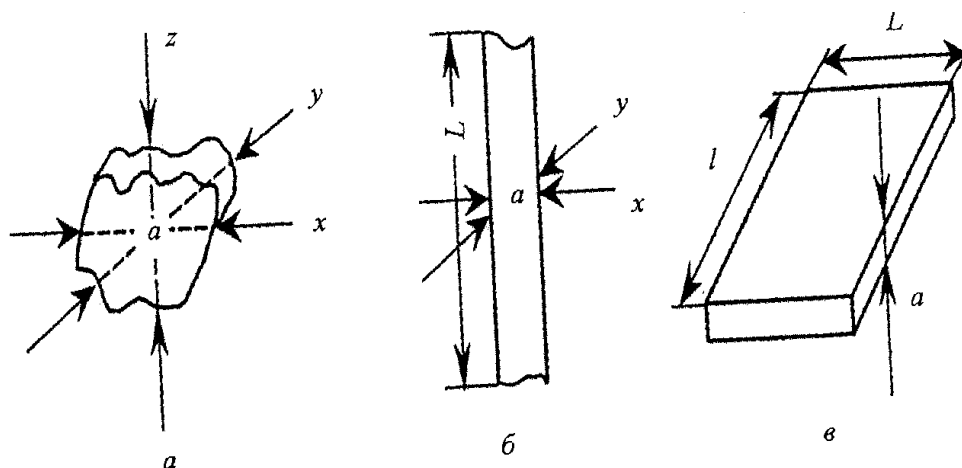
Xulosa qilib aytganda, o'lchamlar atom birligidan boshlab massiv materialga o'tguncha bir necha o'lchamlarni o'tadi. Sxemaga qarang. Quyida dispersli materiallarni dispers fazalari o'lchami bo'yicha klassifikatsiya berilgan.



Dispers fazolar amaldagi tizimlarda har xil formalarga ega: sfera-qubba-shar; ignasimon, tsilindsimon, 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 19.4.a).



Rasm 4. Nol o'lchamli (a), ikki o'lchamli (b) va bir o'lchamli (v) dispers fazalar.

Hozirgi zamon klassifikatsiyasiga ko'ra nol 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 19.4.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 19.4v). 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.

#### Nano o'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.

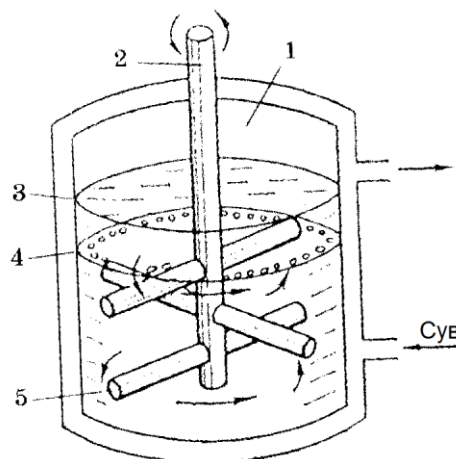
##### 19.3.1.1 Nanomateriallarni mexanikaviy maydalash bilan olish

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 (rasm19.5).

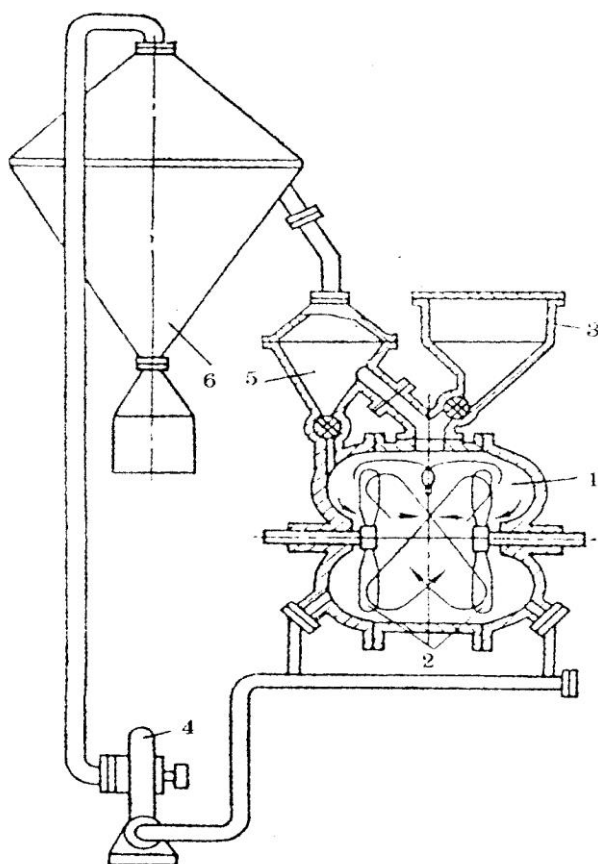


Rasm 5. Attritor qurilma sxemasi: 1-maydalovchi hajm; 2-aralashtiruvchi val; 3-maydalanuvchi material; 4-maydalangan jism; 5-aralashtiruvchi parrak.

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 19.6) 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 6. 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.

Nanoparashoklarni olishda eng samarador va mehnat unumi yuqori usul oqimli tegirmonddir. 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.

### Jadal plastik deformatsiya usuli

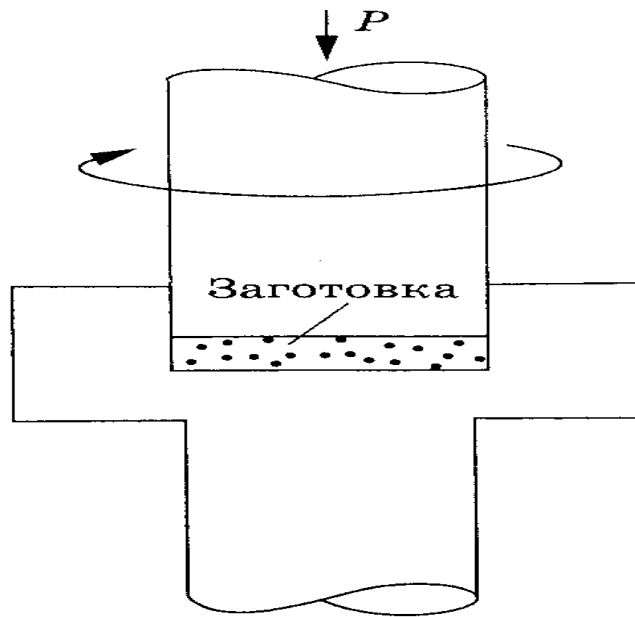
Hajmiy materiallarda nanostrukturani shakllantirish maqsadida deformatsiyalashni maxsus mexanik sxemasi ishlatiladi. Bunday deformatsiya natijasida nisbatan past haroratda katta-ko‘p buzilgan struktura olinadi.

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 19.7)

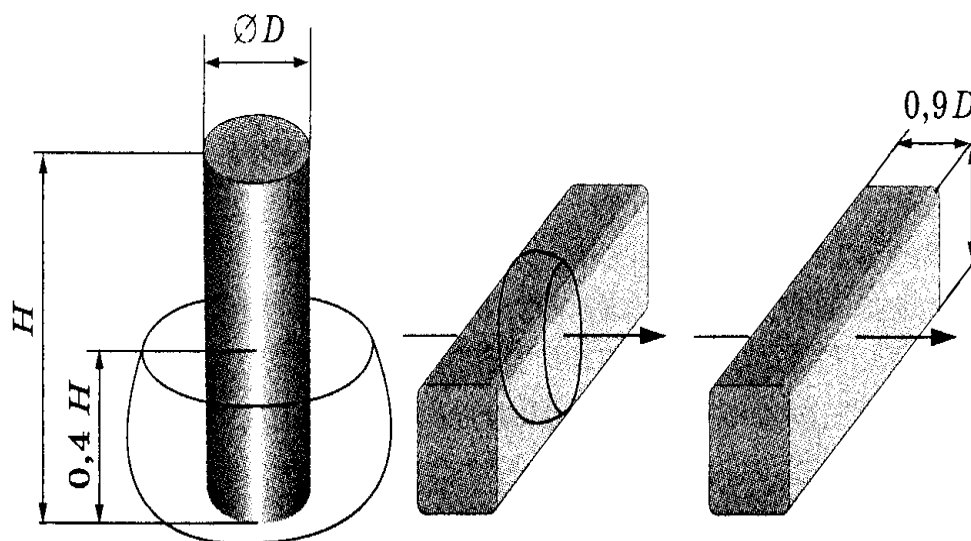


Rasm 7. Katta bosim ostida burab deformatsiyalash usuli printspial sxemasi.

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  $70\text{NM}$  o'lcham. Mo, V, azot bilan legirlangan po'latlardan  $40-50\text{NM}$  o'lcham, kam uglerodli po'latlardan  $100\text{NM}$  o'lchamli zarrachalar olish mumkin. Katta-og'ir namunalardan nanostruktura olishda har tomonlama bolg'alash usuli qo'llaniladi. Bolg'alash bir necha martagacha ( $20\text{martagacha}$ ) qayta-qayta bajariladi. Bunda cho'ktirish-cho'zish kuchlanish kuchlarini qo'yish o'qlari ham almashtirilib turiladi (rasm 19.8).



Rasm 8. Har tomonlama bolg‘alash sxemasi.

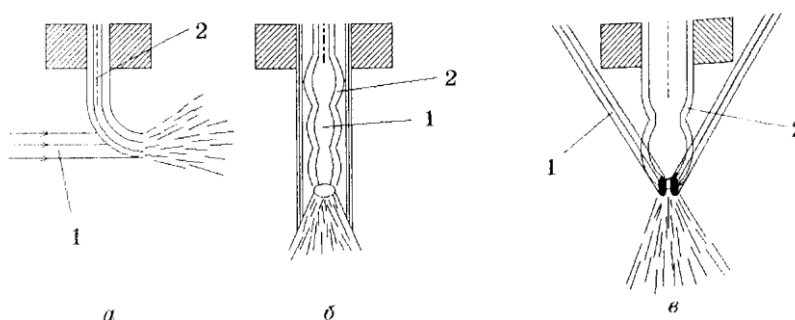
Deformatsiyalash harorati  $T_{def}=(0,3-0,6)T_{erish}$

### 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.

#### Eritmani purkab nanomaterial olish

Eng ko‘p tarqalgan usuli-bu eritma oqimini suyuqlik yoki gaz bilan purkashdir. Suyuqlikni ingichka oqimi kamerga uzatiladi, bu yerda qisilgan inert gazi yoki boshqa suyuqlik oqimi bilan purkalanib mayda tomchilarga parchalanadi. Jarayonni printsiptial sxemalari rasm 19.9 da berilgan.



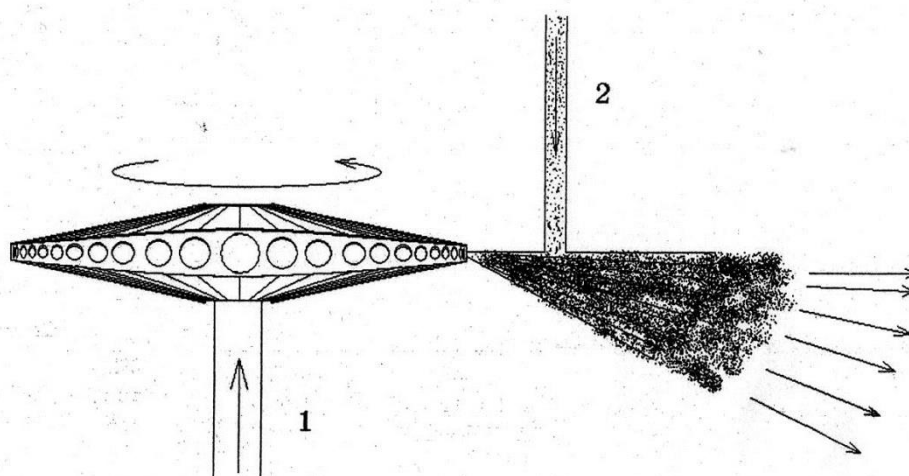
Rasm 9. Eritma oqimini purkash sxemalari: a-eritma ingichka oqimiga (“struya”) perpendikulyar yo‘nalgan gazoviy oqim. b) -ham o‘q (bir tomonga yo‘nalgan o‘qlar) gaz oqimi bilan purkash, v) -eritma ingichka oqimiga burchak ostida yo‘nalgan gazoviy oqim. 1-parchalovchi, maydalovchi gaz oqimi. 2-maydalanuvchi-kukun bo‘luvchi eritma oqimi.

Disperslashni eng ko‘p tarqalgani rasm 19.9 a. sxemasi: metall oqimi o‘qiga  $90^\circ$  burchakda (perpendikulyar) yo‘nalgan gaz yoki suyuqlik oqimi bilan maydalash .Eritma ingichka oqimini xamo‘q suyri (“obtekaemy”) - qattiq tegmaydigan gaz oqimi bilan (rasm 19.9.b) purkalanishi ham mumkin.

Ingichka gaz oqimi eritma oqimi yo‘nalishi o‘qiga ma’lum burchak ostida ham bo‘lishi mumkin (rasm19.9.v).

Ishchi gazlar sifatida argon yoki azot, maydalovchi suyuqlik sifatida suv, spirt, atseton, atsetaldegid ishlatiladi.

Metall eritmasini suyuqlik bilan parchalash sxemasi rasm 19.10 da berilgan.



Rasm 10. Metall eritmasini suyuqlik ingichka oqimi bilan purkash usuli: 1- ishchi suyuqlik. 2-suyuq metall ingichka oqimi.

Ishchi suyuqlik dumaloq diskdagi teshiklar orqali beriladi, disk esa tezlik bilan aylanadi.

Suyuqlikni ingichka oqimi maydalanuvchi issiq eritma bilan to‘qnashganda muqarrar ravishda eritmani ingichka oqimi atrofida va har bir maydalanigan zarracha atrofida jadal bug‘lanish jarayoni o‘tadi. Bu holda maydalanish amalda qizigan qisilgan par vositasida bajariladi, suyuqlik bilan emas.

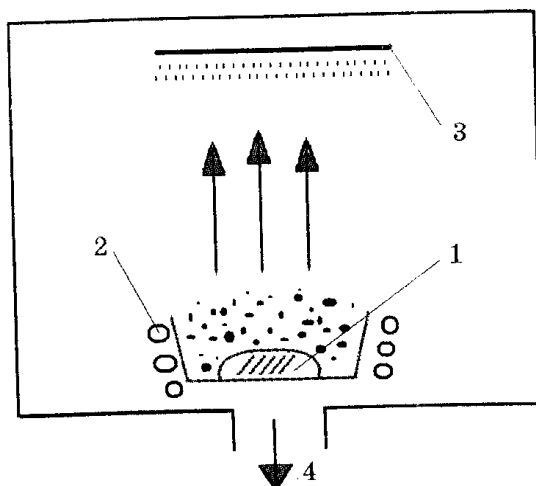
Zarrachalar o‘lchami 50-100NM, formasi tomchisimon yoki sferik.

#### 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 sovutish. Bug‘lanuvchi materialni qizdirish turiga (manbaiga) qarab quyidagi turlarga bo‘linadi: lazerli, rezisterli,

plazmalı, 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 (rasm19.11).



Rasm 11. 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.

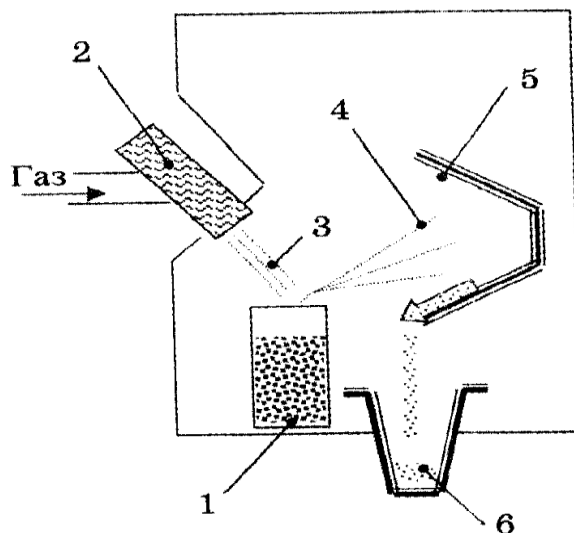
Bu sohada plazmalı texnologiya keng qo‘llaniladi.

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 19.12da ingichka plazma oqimi bilan nanoparoshok olish qurilmasi sxemasi berilgan.





Rasm 12. Ingichka plazma oqimi bilan nanoparoshok olish qurilmasi sxemasi: 1-tigель namuna bilan, 2-plazmatron, 3-plazma, 4-kondensatsiya zonasi, 5-suv bilan sovitiladigan 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 rol 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.

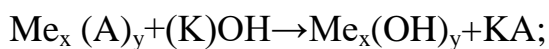
Lazer - bu optik kvantli generator, optik kogarentli nurlanish manba‘i hisoblanadi. Lazer no‘rining yo‘nalishligi ancha yuqori va zichligi katta. Lazerlar suyuqlili, gazli, qattiq jisimli bo‘ladi.

#### 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  $\text{NH}_4\text{OH}$ ;  $\text{NaOH}$ ;  $\text{KOH}$ ; umuman jarayonga quyidagi reaksiya to'g'ri keladi:



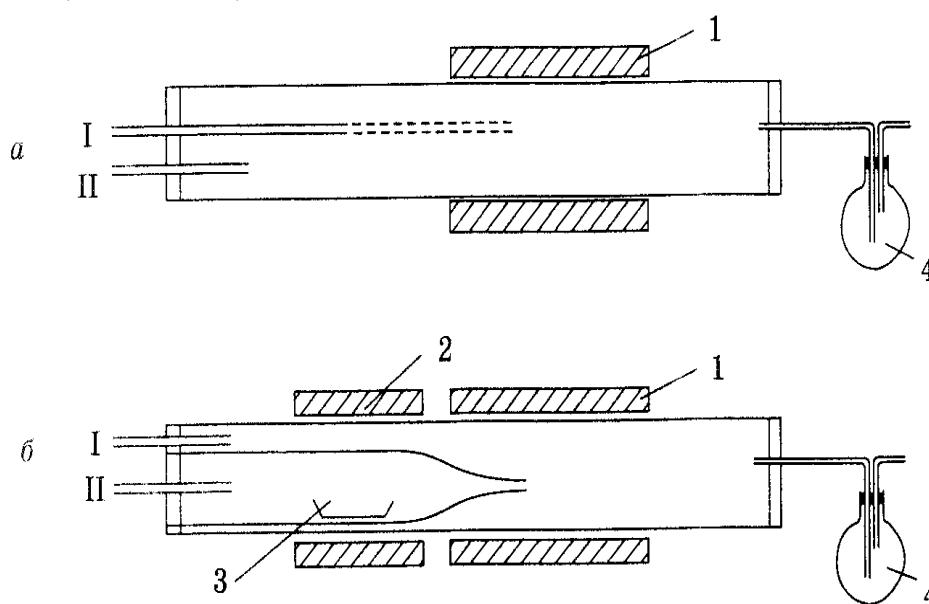
Bu yerda A-anionlar:  $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$

K-kationlar:  $\text{Na}^+$ ;  $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{K}^+$

X, Y-koeffitsentlar.

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

Gaz fazali kimyoviy reaksiyalarni o'tkazish uchun maxsus qurilmalardan foydalaniladi (rasm 19.13).

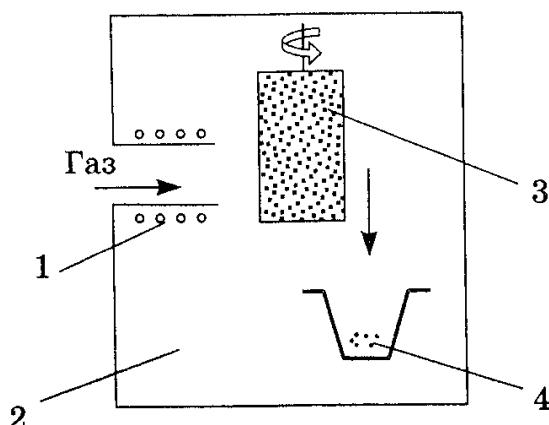


Rasm 13. Reaksiya zonasini tashqaridan qizdirish jaryonida nanoparoshok olish qurilmasi sxemasi. a) gazsimon dastlabki jismlarni quritishda, b) dastlabki qattiq jismlardan foydalanganda.

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 19.13b) 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 fil'trlar qo'llaniladi. Fil'trlar keramikadan yasaladi, elektrofilyrlar ham ishlatiladi, markazdan qochma usulda cho'ktirish tsiklon agregatlarida.

Tsiklonlar suyuq plyonkali, maxsus gazoviy markazfugalar, sovuq aylanuvchi baraban. (rasm 19.14)



Rasm 14. Gazoviy kimyoviy reaksiyalar davomida nanoparoshoklarni olish apparati sxemasi: 1-qizdiriladigan trubkasimon reaktor, 2-ish kamerasi, 3-aylanadigan soviq tsilindr, 4-paroshok yig‘iladigan idish.

#### 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.

#### 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.

## 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.

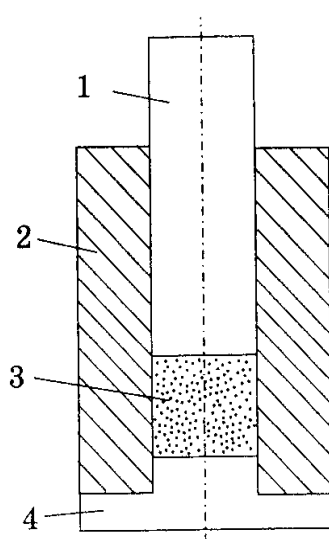
Jipslashgan buyum olish uchun, presslashni, pishirishni ("spekanie"), prokatlashni har xil texnologik jarayonlarini qo'llaniladi.

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 19.15 da berilgan.



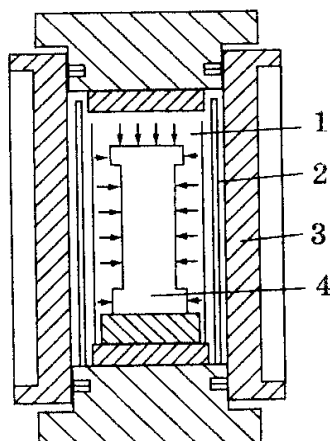
Rasm 15. Press-forma sxemasi: 1-ustki puanson, 2-matritsa, 3-presslanuvchi paroshok, 4-ostki puanson.

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.

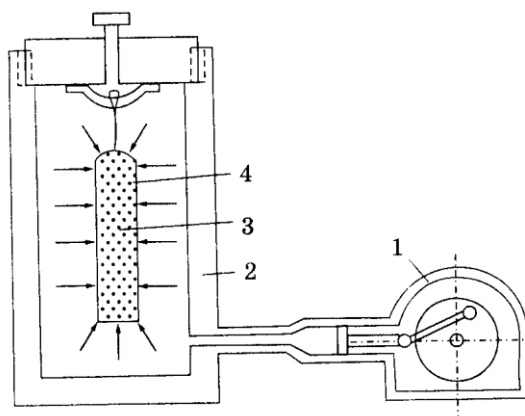
Har tomonlama qisib presslanganda kuch kam sarflanib, sifati yuqori bo‘ladi. Bunga misol gidrostatik presslash (rasm 19.16)



Rasm 16. 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 19.17)

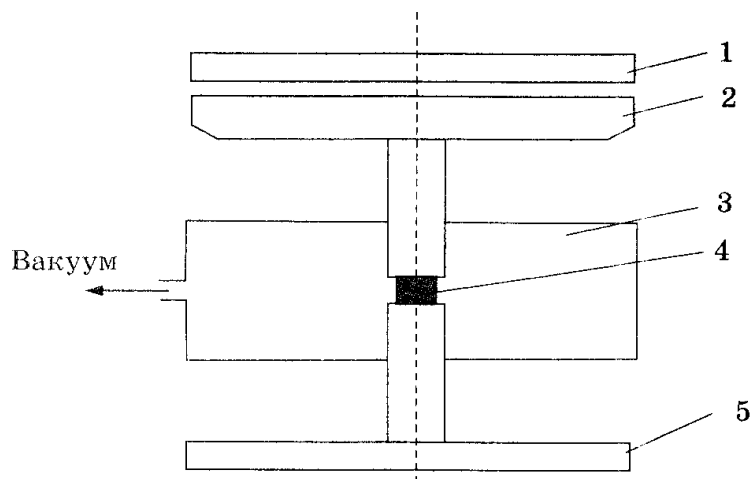


Rasm 17. Nanomateriallarni gazostatik presslash qurilmasini ish kamerasi: 1-yuqori bosim nasosi, 2-issiq izolyatsiyali qatlam, 3-paroshok, 4-elastik qobiq-xalta.

Qattiq materiallarni olishda magnit-impulsli presslash ishlatiladi. Impulsli magnit maydonidan ”provodnik“ni otilib chiqishiga asoslangan.

Diamagnet magnet maydonidan itarilib chiqqan kabi. Induktorni impulsli magnet maydoni bilan konsentrator yuzasini o'zaro ta'siri natijasida mexanikaviy impuls kuchi press-formada yig'iladi. Elektr zanjir ulanganda konsentrator magnet maydoni zonasidan itarib chiqariladi va paroshok presslanadi. Impuls bir necha mikrosekund davom etadi: bosim  $R=1-2\text{Gpa}$ .

Rasm 19.18 da magnet impulsli presslash sxemasi berilgan.

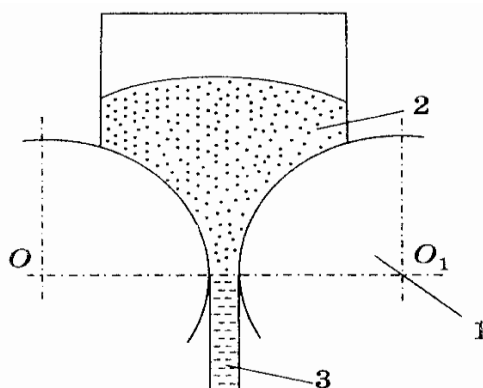


Rasm 18. Magnet impulsli presslash qurilmasi sxemasi: 1-induktor, 2-konsentrator, 3-vakuum kamera, 4-namuna, 5-tayanch.

Jarayon vakuumda olib boriladi:  $R_{\text{QoldiQ}}=1\text{Pa}$ . Paroshokni taxlash balandligi 3-15mm. Dastlabki nisbiy zichlik 0,2-0,4. Lozim bo'lganda paroshok qizdirilishi mumkin.  $t_{\text{Qizd}}=300-600^{\circ}\text{S}$  vaqti 1,5 soat.

Kerakli bo'lgan mexanik va fizik-kimyoviy xossalari kompakt nanomateriallar olish uchun ular pishiriladilar, ya'ni qizdirib biriktiriladilar. Qizdirish harorati asosiy material (matritsa) erish haroratidan pastda bo'ladi.

Nanoparoshoklarni prokatlash usuli ham bor (rasm 19.19)

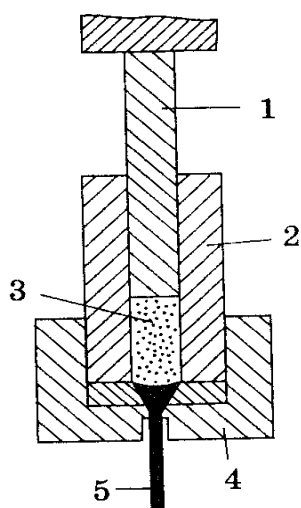


Rasm 19. Nanoparashoklarni prokatlash sxemasi: 1-val, 2-yuklovchi qurilmadagi paroshok, 3-olinadigan zagatovka.

Dastlabki material yuklovchi moslamadan bir-biriga qarshi aylanayotgan juvalar orasiga yo'naltiriladi. Ishqalanish kuchlari bilan paroshok ergashtirilib polosaga-lentaga zichlanadi.

Bu usul bilan har xil qatlamlar olinadi va diffuzion payvandlanadi.

Mundshtukli forma berish qiyin presslanadigan materiallar(qiyin eriydigan materiallar va qotishmalar, qattiq qotishmalar)ga qo'llaniladi. Paroshok ma'lum forma va o'lchamdagi teshikdan qisib chiqariladi. (rasm 19.20)



Rasm 20. Nanoparoshoklarni mundshtukli presslash sxemasi: 1- puanson, 2- po'lat stakan, 3-paroshok, 4-matritsa, 5-olinayotgan zagatovka.