

2-modul: Metallar strukturasi.

Reja:

1. Asosiy tushunchalar.
2. Plastik va elastik deformatsiya.
3. Birlamchi, yig'uvchi va ikkilamchi qayta kristallanish.
4. Keramikaning kristall strukturasi.

1. 1900 yilda Jeyms Eving va Valter Rozenxeyn, agar namunani deformatsiyalansa, masalan uning qirralari turli tomonlarga qayrilsa, yuzasi chiziqlar bilan qoplanib qolishini aniqlashdi. Ular odatda, donachalar atrofida bir biriga qat'iy paralell bo'lib, har xil donachalarda ularning yo'nalishi turlicha edi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, bu chiziqlar, kristallarning nozik qatlamlarining bir biriga nisbatan qiyshayishi natijasida hosil bo'ladigan zinasimon qavatlarining izi ekan. Katta va ideal metall kristallari bilan olib borilgan keyingi tadqiqotlardan bu zinasimon qavatlarining ma'lum tartibdagi tekislikliklarda va aniq kristalografik yo'nalishlarda hosil bo'layotganligi aniqlandi. Metallarning egilish deformatsiyasi mexanizmi, shu tahlit, suyuqlik va gazlarning oquvchanligidan jiddiy farqlanishi ma'lum bo'ldi. Bu jarayonda siljish tekisligining bir tarafidagi atomlar, o'zlarining avvalgi qo'shnilaridan uzilib, o'zi bilan birga ma'lum qismdagi kristallni ergashtirib, boshqa joyga «ko'chib» o'tadi va u yerdagi yangi qo'shnilari bilan birga, avvalgi holatidagi kabi yana to'g'ri struktura hosil qilib oladi. Shu tarzda kristallning dastlabki ichki strukturasi xususiyatlari qayta tiklanadi. «Agar egilishdagi siljish» metallning kristall strukturasi tufayli bo'lsa, unda nima sababdan u no metall kristallar, masalan olmos, safir kabi, odatda deformatsiyada sinadigan strukturalarda kuzatilmaydi? Yoki, boshqacha aytganda, nima uchun metallar egiluvchan, lekin ko'plab no metallar esa mo'rt? Buni tushinish uchun biz, metallarning ichki tuzilishi bilan yanada batafsil tanishamiz.

Metallarda kristall panjaraning uch xil turi uchraydi. Hajmiy-markazlashgan kubsimon panjarada bitta qo'shimcha atom, oddiy kub panjaraning markazida joylashgan. Unday strukturaga ishqoriy metallar, xona haroratidagi temir, volfram, xrom va molibden egalik qiladi. Qirraviy-markazlashgan panjaralarda esa, qo'shimcha atomlar kubning har bir qirrasida markazida joylashadi. Bunday strukturaga yuqori haroratdagi temir, shuningdek, mis, kumush, oltin, alyuminiy, nikel, va qo'rg'oshin ega. Geksagonal zichlangan strukturada esa, 3 ta qo'shimcha atomlar oddiy geksagonal katakcha ichidagi bo'shliqda joylashadi. Ruz, magniy, kobalt va titanning stukturasi aynan shunday.

Qirraviy-markazlashgan kubda ham, Geksagonal zichlangan strukturada ham atomlar maksimal ravishda zich joylashadi. Yuqoridagi har ikkala strukturani zichlangan tekis strukturaning birini boshqasi ustiga joylashtirish yo‘li bilan olish mumkin. Har uch qo‘shni donacha tekislikda chuqurcha hosil qiladi va u chuqurchaga yuqori qatlandagi bitta donachani joylashtirish mumkin bo‘ladi.

Bunday chuqurchalarni tanlashning ikki xil usuli bor. Agar birinchi qatlamdagi donachalarning joylashuvini A bilan keyingi ikkita qatlamlarni esa mos ravishda B va C deb belgilasak, ABCABC ketma-ketlikdan qirraviy-markazlashgan kub panjara hosil bo‘ladi. ABABAB ketma-ketlikdan esa geksagonal zich panjara hosil qilinadi.

Metallarning kristallaridagi atomlarning siljishi, atomlarning nisbatan zich joylashgan chegaralari bo‘ylab yuz beradi. Chunki, bu holatda qatlamlarning bir-birining harakatiga nisbatan qarshiligi eng kam bo‘ladi. Bundan tashqari, zichlangan atom qatorlari bo‘ylab harakatlanayotgan atomlar, ko‘pincha mustahkam vaziyatda bo‘ladi. Ko‘p simmetriyalilik tufayli, bunday kubik strukturaning zich joylashgan qatorlari, atom tekisliklarining bir biriga nisbatan siljish yo‘nalishlarning ko‘plab variantlariga ega bo‘ladi. Bu metallning egiluvchanligida yaqqol seziladi. Alohida kristallchalar shunday shklarga kirishi mumkinki, qo‘shni donachalar bir biriga o‘tz zich yaqinlashib, o‘z ortidan bo‘shliq ham tirqish ham qoldirmaydi. Shu tufayli ham ular tashkil qiluvchi butun kristall panjara ham, sinmasdan, istalgan shklaga kira oladi. Geksagonal strukturaning kristallari nisbatan mo‘rt va ular mexanik ishlov berishga unchalik yaroqli emas.

Metllarning kristallarining egiluvchanlik xossasi, yuqorida ko‘rganimizdek, zich joylashgan atom qatorlarining yo‘nalishlari va tekisliklari bo‘ylab siljishi bilan tushuntiriladi. Nima sababdan bunday kristall strukturalar hosil bo‘ladi? Bu savolga javob olish uchun biz metallarning elektron tuzilishiga e‘tibor berishimiz zarur.

1900-yilda olmon fizigi Paul Drudye, metallarning yuqori elektr o‘tkazuvchanligining asosiy sababi bo‘lgan, yuqori elektr maydoni ta'sirida butun metall bo‘ylab harakatlanish imkoniga ega bo‘ladigan erkin elektronlari mavjud degan g‘oyani ilgari surdi. Bu faraz keyinchalik kvant mexanikasini ilova qilish orqali yanada takomillashtirildi. Lekin, asos o‘sha-o‘shalgicha qoldi: harakatlanuvchi elektronlar gazi, o‘zining elektr tortish kuchi hisobiga, xuddi suyuq yelim kabi, metallning musbat ionlarini o‘zaro biriktirib qo‘yadi. Elektron gaz va ionlar o‘zaro bir biriga tortishib, ixcham massa hosil qilishga intiladi, bu massaning strukturasi va hajmi esa, zichlangan donachalarning geometriyasi orqali o‘rnatiladi. Agar donachalar sof metalldagi kabi mutloq bir xil bo‘lsa, biz yuqorida ko‘rib o‘tganimizdek, odiiy kristall struktura paydo bo‘ladi. Ba’zi qotishmalarda

donachalar o'lehamlaridagi farqqa bog'liq holda, boshqascha, xatto bundan ham zich strukturalar hosil bo'lishi mumkin.

Elektron gazning o'zini xuddi yelim kabi tutub, ionlarni o'zaro bog'lab qo'yishi sababidan, metallarning valentligi, nometallar singari, o'zining kristall strukturalarida ahamiyat kasb etmaydi. Metallarning kristallchalari o'zaro va erkin elektronlar gazi bilan shunday mustahkam bog'lanishi mumkinki, ular orasidagi chegara deyarli bilinmay qoladi. Agar donachalar aralashmalar tufayli kuchsizlanib qolmagan bo'lsa, sof sovuq metallni donachalar chegarasi bo'ylab sindirish juda mushkul. Metall bog'lanishlarning bunday «tanlab o'tirmaydigan» xossasi tufayli, ikki bo'lak metallning toza sirtini o'zaro siqish orqali tutashtirish mumkin bo'ladi. Metall bog'lanish, turli xil metallarning qotishmalarini, har xil tartib va proporsiyadagi ko'rinishlarini olish imkoniyatini beradi.

Erkin elektronlarning mavjudligi, metallarning egiluvchanligi va mustahkamligiga qanday ta'sir ko'rsatadi? Bir effektini biz yuqorida ko'rib chiqib bo'ldik: metallardagi (shuningdek, atomlarining o'lehamlari bir biridan unchalik katta farq qilmaydigan ba'zi qotishmalardagi) oddiy kristall strukturalardagi zich joylashgan atom qatorlari tekisliklari bo'ylab siljishlar ro'y berar ekan. Metallardagi egiluvchanlik ham, atomlarning bir biri bilan bevosita bog'lanmaganligi, balki, erkin elektronlar tufayli o'zaro tortishishi bilan tushuntirildi. Shu tufayli bir qatlamning ikkinchi qatlamga nisbatan siljishi oson yuz beraveradi.

Agar qatlamlarning birining ikkinchisiga nisbatan siljishida qarshilik butunlay yo'q bo'lganidami, bunday material umuman qattiqlikka ega bo'lmas edi. Qattiq jism esa, juda kichik deformatsiya uchun zarur bo'lgan kuch miqdorini aniqlovchi siljish moduli bilan o'lehanadigan muayyan va aniq qattiqlik darajasiga ega bo'ladi.

Tekislikda sirpanishning ikki xil holatini ko'rib chiqamiz (rasm). Bir holatda (a) har bir qatordagi atomlar gorizonta yo'nalishda zich joylashishgan, va natijada, vertikal yo'nalishdagi tekisliklar oarsidagi masofa, (b) holatdagidan sezilarli ravishda qisqa. bir xil deformatsiyaning o'zi uchuna holatda bholatdagidan kamroq kuchlanish zarur bo'ladi. Sodda qilib aytganda, ozroq sondagi bo'g'imlarga ajralishga (bu shuni anglatadiki, elektron qavatlarini deformatsiyalash uchun kamroq kuch sarflash ham yetarli bo'ladi) to'g'ri keladi. Boshqacha aytganda, zich joylashgan atomlar tekisliklari bo'ylab siljish moduli kichik bo'ladi.

Metallning mustahkamligi shuningdek, uning oquvchaligi - atomlarning qayta tiklanmas siljishi keltirib chiqaruvchi deformatsiya kattaligi faktori bilan ham xarakterlanadi. Siljish ro'y berganida, egiluvchi deformatsiya, yuqoridagi qatlamning atomi beqaror muvaznat holatiga yaqinlashganida, ya'ni, atomni ortga qaytarishga intilayotgan elektr kuchlari va uni oldinga, navbatdagi «chuqurcha»ga

itarayotgan elektr kuchlari orasodagi farq maksimal holatda bo'lganida boshlanib keladi. a holatda bu deformatsiya kichikroqligi ko'rinib turibdi. Buning sababi ikkita: oquvchanlik chegarasiga yetish uchun zarur bo'lgan siljish qarshiligiham, deformatsiyaham kam bo'lgani uchun, zichlangan tekisliklar bo'ylab siljish ehtimoli nisbatan yuqori bo'ladi. Bunday tasavvur orqali, kubik kristall panjara strukturasi ega bo'lgan mis va Alyuminiy kabi metallarning egiluvchanligi xususiyatlarini tushunishga yordam beradi, lekin, mustahkamlik haqidagi savolni ochiqlicha qoldiradi. Bunday tasavvur asosida qilingan hisob kitoblar ko'rsatib turibdiki, metallar, oquvchanlik yuzaga kelgunicha 3-10% ga deformatsiyalanishi kerak ekan. Lekin, sof metallar 0.01% deformatsiyadoq ichki oquvchanlikka uchraydi.

Mashinasozlikda toza metallar ishlatilmaydi hisob. Chunki, ularni olish texnologiyasi ancha murakkab, qimmat va ulardan foydalanish davrida ish berish xossalari yetarli emas.

Shuning uchun asosan ularning qotishmalari ishlatiladi.

Metallik qotishma-bu makro bir xil tizim, qaysiki, metallardan, hamda metall va nometallardan tashkil topgan; metallik xossalarga ega.

Tizim- qattiq, suyuq yoki gaz holatdagi jismlarning yig'indisi. Tizim oddiy va murakkab bo'lishi mumkin. Oddiy tizim 2,3 tashkil etuvchilardan – Komponentlardan iborat. Murakkab tizim komponentlari ko'p bo'ladi.

Komponent- bu tizimning mustaqil tashkil etuvchisi.

Qotishmaning xossalari fazalarning holati va nisbati bilan aniqlanadi. Fazalar komponentlarining o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladi.

Faza – tizimning fizik va kimyoviy bir xil qismi. Fazalar qattiq, suyuq va gazsimon bo'lishi mumkin.

Variantlik (s)- bu erkinlik darajasi soni, yani, ichki va tashqi (harorat, bosim to'plami, kontsentratsiyasi) faktorlar soni. Bularni fazalar miqdorini o'zgartirmasdan o'zgartirish mumkin.

Agar variantlik $S=1$ bo'lsa (monovariantli tizim), fazalar sonini o'zgartirmasdan ma'lum chegarada faktorlardan birini o'zgartirish mumkin.

Agar variantlik $S=0$ bo'lsa (nonvariant tizim), tizimdagi fazalar sonini o'zgartirmasdan tashqi faktorlarni o'zgartirish mumkin emas.

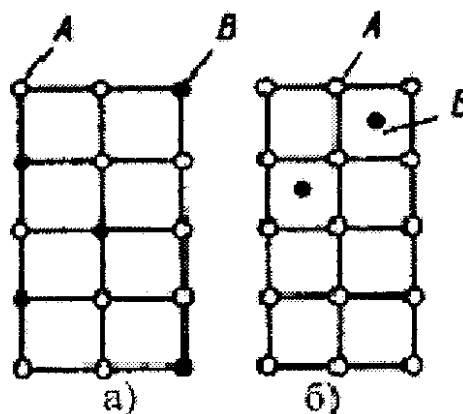
Fazalar quyidagilar: komponentlar, kimyoviy birikmalar, qattiq va suyuq eritmalar hamda parlar (bug'lar).

Qattiq eritma – bu faza 2 va undan ortiq komponentlardan tuziladi.

Komponentlardan biri baza (matritsa) bo'lib o'z kristallik panjarasini saqlaydi va erutuvchi hisoblanadi. Qolgan komponentlar erutuvchi kristallik panjarasiga joylashadilar. Bu komponentlarni eruvchi deb ataladi. Qattiq eritma 2 xil bo'ladi: siqilib kirgan qattiq eritma va o'rin almashuv eritma.

O‘rin almashuvli qattiq eritma. Bunda erituvchi komponent kristallik panjarasidagi qisman atomlari o‘rnini eruvchi komponent atomlari egallaydi

Siqilib kirgan qattiq eritmada eruvchi komponent atomlari erituvchi komponent kristallik panjarasidagi uzellar orasiga joylashgan bo‘ladi (rasm).



Rasm 1 O‘rin almashuvchi (a), siqilib kirgan (b) qattiq eritmalar kristallik panjaralari.

Mexanikaviy aralashma

Ma‘lum komponentlarning kristallari bir-birlari bilan mexanikaviy aralashadi.

Mexanikaviy aralashma toza metallar kristallaridan tashkil topgan bo‘lishi mumkin. Suyuq eritma fazalar aralashmasi **evtektika** deyiladi. Qattiq eritma fazalar aralashmasi **evtektoid** deyiladi. Qotishmalar xossalari elementar zarralarning fazada joylashishiga, kimyoviy tarkibiga, kristallarning o‘lcham va formalariga bog‘liq.

Metall va qotishmalarning qurilish-tuzilish «mayda-chuydalarini» **struktura** tushunchasi ifodalaydi. Nozik, mikro va makrostrukturalar mavjud. Bular struktura tashkil etuvchillarini o‘lchamlariga bog‘liq. Material strukturasi quyidagi usullar bilan tekshiriladi-o‘rganiladi: elektronografik, rentgenospektral, rentgenografik, mikraskopik, makraskopik va h.k.

Makraskopik o‘rganishda metall va qotishmalarni qurilishi qurollanmagan ko‘z bilan yoki ozgina kattalashtirib «lupa» vositasida o‘rganiladi.

O‘rganilayotgan yuza oldindan tayyorlanadi: jilvirlanadi va maxsus reaktivda xurushlanadi («trovlenie»).

Har xil usullarda (quyma, bog‘langan, shtamplangan, jo‘valangan) olingan zagatovkalarini nuqsonlari va ularni yo‘q qilish usullari aniqlanadi.

Makro o‘rganishda quyidagilar o‘rganiladi: sinma («izlom») ko‘rinishi (plastik, mo‘rt), quyma metall zarrachalarining kattaligi formasi va joylashishi; metallarning buzuvchi nuqsonlarni (kirishish bo‘shlig‘i, gaz g‘ovaklari, darzlar,

rakovinalar) metallning kimyoviy bir xil emasligi (kristallanish, termik ishlash, kimyoviy termik ishlash davrida); deformatsiyalangan metallning tolalari.

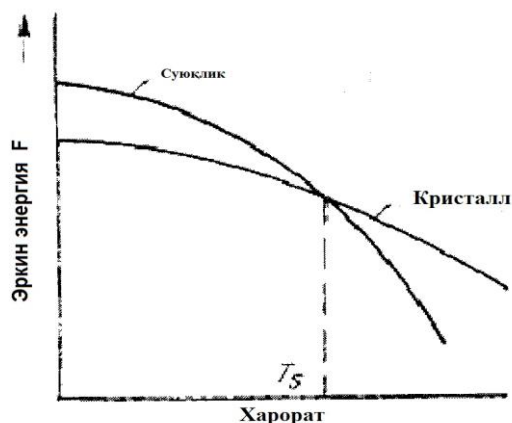
Qattiq jismlarni atom-kristallik qurilishlarini o'rganish uchun **rengenografik** usul qo'llaniladi. Bu usul bilan kimyoviy tarkib bilan struktura va jism xossalari orasidagi bog'liqlikni, mikrokuchlanishlarni, nuqsonlar yig'ilishlarini, dislokatsiyalar zichligini aniqlash mumkin. **Mikrostrukturali** analiz usuli – bu yuzani nurli mikroskop yordamida o'rganishdir. Yuza 50-2000 marta kattalashtiriladi. 0,2 mkm o'lchamida bo'lgan struktura elementlarini ko'rsatiladi.

Mikrostruktura usuli yorug'likni yuzaga borib urilib qaytishiga asoslangani uchun namunalarda mikroshliflar yuzalari sayqallangan («palirovka» qilingan) yaltiroq bo'lishi kerak. Mikro-darzlar va metall emas qo'shimchalar kuzatiladi.

Yuza reaktivlar bilan xurushlanadi-ishlanadi, qotishma tarkibiga qarab. har xil fazalar har xil xurushlanadi va har xil ranglanadi. Zarrachalarni formalarini, o'lchamlarini va yo'nalishini – tutgan o'rnini; ma'lum fazalarni hamda struktura tashkil etuvchilarni namoyon qilish mumkin.

Birlamchi kristallanish jarayoni mexanizmi va qonuniyati

Jismlar to'rtta agregat holatda bo'lishi mumkin: qattiq, suyuq, gaz, plazma. Jism bir holatdan ikkinchi holatga o'tishi mumkin, agar ikkinchi holat sharoitida yangi holat ko'proq turg'un (barqaror) bo'lsa. Tashqi sharoit o'zgarishi bilan erkin energiya murakkab qonuniyat bo'yiga o'zgaradi; suyuq va kristallik holat uchun har xil. Suyuq va qattiq holat erkin energiyalarning harorat ta'sirida o'zgarishi rasm da ko'rsatilgan.



Rasm 2 Erkin energiyaning haroratga qarab o'zgarishi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuniga binoan har qanday faza o'zgarishi vaqtida sistemaning erkin energiyasi kamayadi, ya'ni sistema erkin energiyasi katta bo'lgan beqaror holatdan erkin energiyasi kichik bo'lgan barqaror holatga o'tishga intiladi.

Erkin energiya F harfi bilan belgilanadi: $F = U - T \cdot S$

bu yerda: U – sistemaning ichki energiyasi

T – absolyut harorat

S – entropiya.

Yuqoridagi grafikda suyuq va qattiq fazalar erkin energiyasining haroratga qarab o'zgarish grafigi erkin energiya – harorat koordinatalarida ko'rsatilgan. Bu diagrammada 1 - egri chiziq suyuq faza erkin energiyasini o'zgarishini, 2 – chiziq esa qattiq faza erkin energiyasini o'zgarishini ko'rsatadi. T_s haroratda suyuq va qattiq faza erkin energiyalari barobar (F suyuq faza = F qattiq faza) bo'ladi. Shuning uchun **T_s muvozanat** yoki **nazariy kristallanish harorati** deyiladi.

T_s dan yuqori haroratda suyuq fazaning erkin energiyasi (F_s , F) kichik, ya'ni $F_s < F_k.f$; qattiq fazaning erkin energiyasi $F_k.f$ esa katta. T_s dan past haroratda aksincha: $F_s > F_k.f$. Binobarin, T_s dan yuqori haroratda modda suyuq holatda T_s dan past haroratda qattiq holatda bo'lishi kerak.

Suyuq fazaning qattiq fazaga o'tish jarayoni kristallanish markazlari hosil bo'lishi va bu markazlarning o'sishi yo'li bilan boradi. Kristallanish markazlari soni qanchalik ko'p va kristallarning o'sish tezligi qanchalik katta bo'lsa, suyuq faza qattiq fazaga shunchalik tez aylanadi.

Metall bir agregat holatdan boshqa bir agregat holatga o'tganda issiqlik ajralib chiqadi yoki yutiladi. Demak, bunday tizimni issiqlik hodisasi ro'y beradigan tizim deyish mumkin.

Suyuq modda (jism) sovitilganda T_s haroratida kristallanish jarayoni sodir bo'lmaaydi, chunki bunda $F_s = F_k.f$. Suyuq fazani kristallana boshlashi uchun tizimning erkin energiyasi kamayishi kerak. Teskarisi: qattiq fazaning (kristallning) suyuqlikga aylanishi uchun esa sistemaning erkin energiyasi ortishi kerak.

Suyuq fazaning T_s dan past haroratdagi sovishi **o'ta sovish** deb ataladi. Qattiq fazaning T_s haroratdan yuqori haroratgacha qizishi esa, **o'ta qizish** deyiladi.

Nazariy kristallanish (suyuqlanish) harorati bilan amaliy kristallanish (suyuqlanish) harorati orasidagi ayirma **o'ta sovish darajasi** deyiladi va ΔT harfi bilan belgilanadi:

$\Delta T = T_{naz.kr} - T_{amal kr}$;

$T_{kz.kr}$ – nazariy kristallanish harorati.

$T_{amal kr}$ – amaliy kristallanish harorati.

O'ta sovish darajasi kattaligi metallning tabiatiga, uning tozalik darajasiga (qancha toza bo'lsa, shuncha o'ta sovish katta bo'ladi), sovitish tezligiga (sovitish tezligi ortirishi bilan o'ta o'ta sovish darajasi ham ortadi) bog'liq.

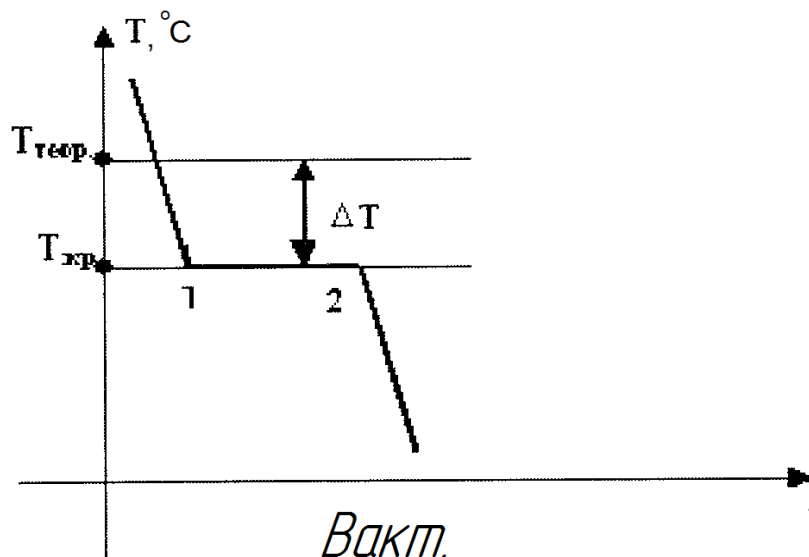
Masalan, surmaning nazariy kristallanish (suyuqlanish) harorati 63°C ga teng. O'ta sovish darajasi $\Delta T=41^{\circ}\text{C}$ ga yetishi mumkin. U holda amaliy kristallanish harorati $631-41=590^{\circ}\text{C}$ ga teng.

Ko'pchilik metallar uchun kristallanish vaqtida o'ta sovish darajasi juda kichik.

Kristallanish - bu suyuq fazaga kristallik panjara yerlarini (uchastkalarini) hosil bo'lish jarayoni va hosil bo'lgan markazlardan kristallarning o'sishidir. Kristallanish tizim ko'proq termodinamik turg'un holatiga o'tish sharoitida o'tadi (eng kam energiya bilan).

Metalni suyuq holatdan kristallik holatga o'tish jarayonini vaqt- harorat koordinatalarida quyidagicha ko'rsatish mumkin.

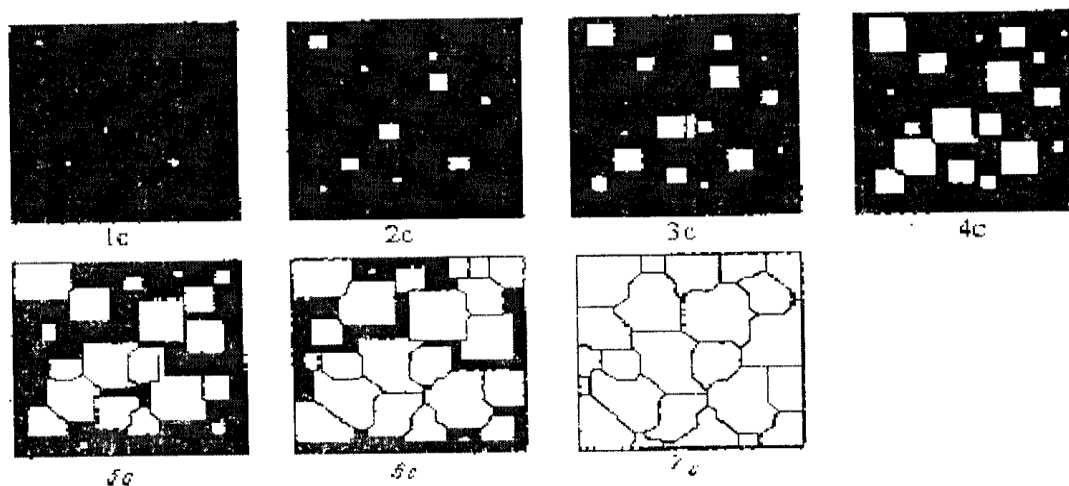
Nuqta 1 gacha metall suyuq holda soviydi, sovish jarayoni haroratni tekis pasayishi bilan kuzatiladi. 1-2 uchastkada kristallanish jarayoni boradi, issiqlik ajralib chiqadi. Bu issiqlikni **kristallanishni yashirin issiqligi** deb ataladi. Bu tashqi muhitga tarqaladi. Shuning uchun harorat o'zgarmay doimiy (1-2) turadi. Kristallanish to'la tugaganidan so'ng (nuqta 2), metall endi qattiq holatda soviydi.



Rasm 3 Toza metalni sovitish egri chizig'i. T_{naz} – nazariy kristallanish harorati. T_{amal} – amaliy kristallanish harorati.

Ma'lum haroratgacha sovitilganda suyuq metalda kristalliklar (mayda zarrachalar) hosil bo'la boshlaydi – bular **kristallanish markazlaridir** yoki tug'malaridir («зародыши»). Bularni o'sishi uchun metallni erkin energiyasi kamayishi kerak; aks holda tug'malar erib ketadi.

Kristallanish jarayoni ikki bosqichdan iborat: 1 – kristallanish markazlarini hosil bo'lishi; 2 – kristallarni o'sishi (yuqorida hosil bo'lgan markazlar – tug'malar atrofida). Shuni aytish kerakki bu davrda yangi markazlar – tug'malar paydo bo'la boshlaydi. Kristallanish mexanizmi modeli quyidagi rasmda ko'rsatilgan.



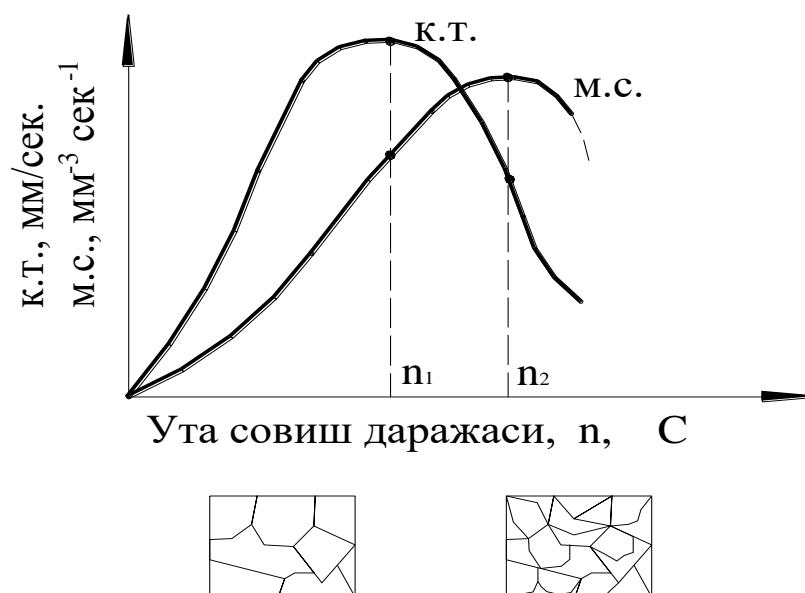
Rasm 4 Kristallanish jarayoni modeli.

Hosil bo'lgan kristallanish markazlari yoqlaridan kristallar o'sa boshlaydi.

Shuni aytish kerakki kristallanish markazlari hosil bo'lishida suyuq metaldagi begona zarrachalar ham katta rol o'ynaydi. Kristallanish markazlari begona zarralardan ham hosil bo'ladi.

Dastlabki paytlarda kristallar o'z geometrik shakllarini saqlagan holda bemalol o'sadi. O'sayotgan kristallar bir-birlari bilan uchrashgan joyda o'sishdan to'xtaydi va to'siqlar yo'q tomonga qarab o'sa boshlaydi. Geometrik shakl bo'ziladi. Bunday kristall donalar **kristallitlar** yoki **poliedrlar** deyiladi.

Quyida kristallanish o'sish tezligi va markazlar sonlarining o'ta sovish darajasiga bog'liqligi ko'rsatilgan.



Rasm 5 Markazlar soni va o'sish tezligini o'ta sovish tezligiga bog'liqligi sxemasi.

O'ta sovish darajasi (n) ortishi bilan, n -ning (M.S.) qiymati maksimumga yetadi.

n kichik bo'lganda K.T. va M.S. larning ortishiga sabab shuki, muvozanat temperaturasi (T)gi yuqori bo'lib, suyuq va qattiq fazolar erkin energiyalari farqi katta bo'ladi. Natijada, kristallanish tezlashadi.

n ortishi bilan zarrachalar harakatlanuvchanligi pasayadi va M.S. va K.T. pasayadi.

Agar M.S. kup, K.T. kichik past bo'lsa (n) hosil bo'ladi. Aksincha, M.S. kam, K.T. yuqori bo'lsa (n) kristallar hosil bo'ladi.

" n " juda kichik bo'lsa, muntazam geometrik shakldagi, kristallar hosil bo'ladi. " n " bir qadar kattaroq bo'lsa, kristallar dendrit shaklini oladi. (kristallar, asosan fazoviy kristall panjaraning asosiy o'qlariga mos yo'nalishda o'sadi) " n " ancha katta bo'lsa, sferoid shaklidagi kristallar hosil bo'ladi.

O'ta sovish darajasi (ΔT) ortishi bilan, uning qiymati t_1 va t_2 ga yetganda, kristallanish tezligining ($k.m$) va markazlar sonining ($m.s$) qiymatlari maksimalga yetadi. ΔT kichik bo'lganda $k.m$ va $m.s$ larining ortishiga sabab shuki, muvozanat harorati (T_m) yaqinida suyuqlikning harakatlanganligi yuqori bo'lib, suyuq va qattiq fazolar erkin energiyalari farqi katta bo'ladi. Natijada kristallanish tezlashadi. ΔT ortishi bilan zarrachalar harakatlangani pasayadi va $m.s$ va $k.t$ lar pasayadi.

Agar $m.s$ ko'p, $k.t$ kichik bo'lsa, **mayda** kristallar hosil bo'ladi. Aksincha, $m.s$ kam, $k.m$ yuqori bo'lsa **yirik** kristallar hosil bo'ladi.

ΔT juda kichik bo'lsa, muntazam geometrik shakldagi kristallar hosil bo'ladi. ΔT bir qadar kattaroq bo'lsa, kristallar **dendrit** shaklini oladi, ya'ni kristallar asosan fazoviy kristall panjaraning asosiy o'qlariga mos yo'nalishda o'sadi. ΔT ancha katta bo'lsa, **sferoid** shaklidagi kristallar hosil bo'ladi.

Kristallanish jarayonini boshqarish mumkin. Shu yo'l bilan mayda zarrachali strukturani olish mumkin. Buning uchun suyuq metallarga qo'shimcha tashqi **moddalar** – **modifiqatorlar** qo'shiladi. Jarayon **modifikatsiyalash** – **takomillashtirish** deb ataladi.

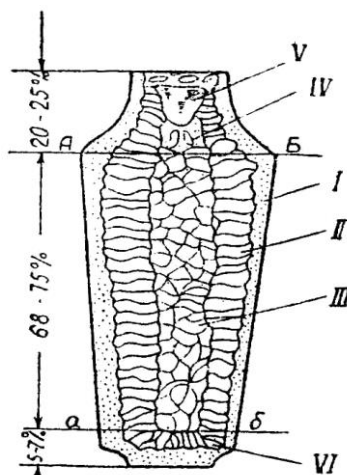
Modifiqatorlar ta'sir etish mexanizmiga qarab ikki xil bo'ladi.

1. Modda suyuq metalda erimaydi: qo'shimcha kristallanish markazi sifatida xizmat qiladi. (karbidlar, oksidlar)

2. Yuza aktiv moddalar; bular metallda eriydigan o'sayotgan kristallar ustiga o'tirib olib, uni o'sishiga to'sqinlak qiladi.

Metall quymaning tuzilishi

Ishlab chiqarishda suyuq metall maxsus qoliplarga – izlojnitsalarga quyilib quymalar olinadi. Albatta, qolipning harorati suyuq metalnikidan ancha past. Suyuq metallning kristallanish sharoiti qolip ko‘ndalang kesimi bo‘yicha har xil bo‘ladi. Quymaning makrostrukturasi xam, mikrostrukturasi xam, kimyoviy tarkibi xam, mexanik xossalari ham quymaning turish zonalarida har xil bo‘ladi.



Rasm 6 Po‘lat quymaning tuzilish sxemasi.

Quyma strukturasi 3 zonadan iborat.

I - zona mayda donali zona, tartibsiz joylashgan mayda dendrit – kristallardan iborat. Suyuq metallning qolip devorlari tegib turgan joylarida sovish tezligi va o‘ta sovish darajasi boshqa joylariga nisbatan ancha katta. Shuning uchun bu

zonada **mayda dendrit** zarralari hosil bo‘ladi. Hajm tomondan I - zona katta emas.

II - zona, **uzunroq kristallar** zonasi mavjud yo‘nalishda - mayda donali zona (qobiq) tomon joylashgan kristallardan iborat. Bu zonada sovish tezligi pasayadi: 1 - zona issiqlik chiqishiga qarshilik ko‘rsatadi. O‘ta sovish darajasi pasayadi, demak, kristallar issiq chiqib ketish yo‘nalishi bo‘yicha uzunroq kristallar o‘sa boshlaydi.

III - zona, teng o‘qli kristallar zonasi **tartibsiz yo‘nalgan yirik kristallardan** iborat. Issiqlik chiqib ketadigan yo‘nalish yo‘q, sovish tezligi eng past.

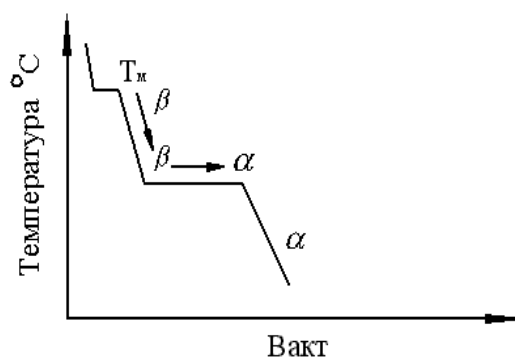
Quymaning eng zich zonasi ikkinchi zona, uning mexanik xossalari eng yuqori, ammo quyma bosim bilan ishlanganda uzunroq kristallarning tutashgan joylari plastik deformatsiyaga eng kam qarshilik ko‘rsatadi va metall ana shu joylaridan yoriladi.

Qattiq holatdagi metallar kristall panjaralarining o‘zgarishi **ikkilamchi**

kristallanish yoki **qayta kristallanish** deb ataladi. Yuqoridagi o'zgarishlarga allotropiya hodisasi kiradi. Allotropiya temir, kalay, titan, marganets, kobalt va boshqa metallar orasida tarqalgan.

Barqaror – real mavjud bo'la oladigan panjara erkin energiya zapasi eng kam panjaradir. Masalan, qattiq holatda litiy, kaliy, tseziy, vol'fram va boshqalarning kristall panjarasi hajmi markazlashgan kub; beriliy, tsirkoniy va boshqa ba'zi metallariniki esa geksogonal panjaralaridir.

Bir qator hollarda temperatura va bosimning o'zgarishi bilan ayni bir metallning kristallik panjarasi ham o'zgaradi, ya'ni u qayta kristallanadi.



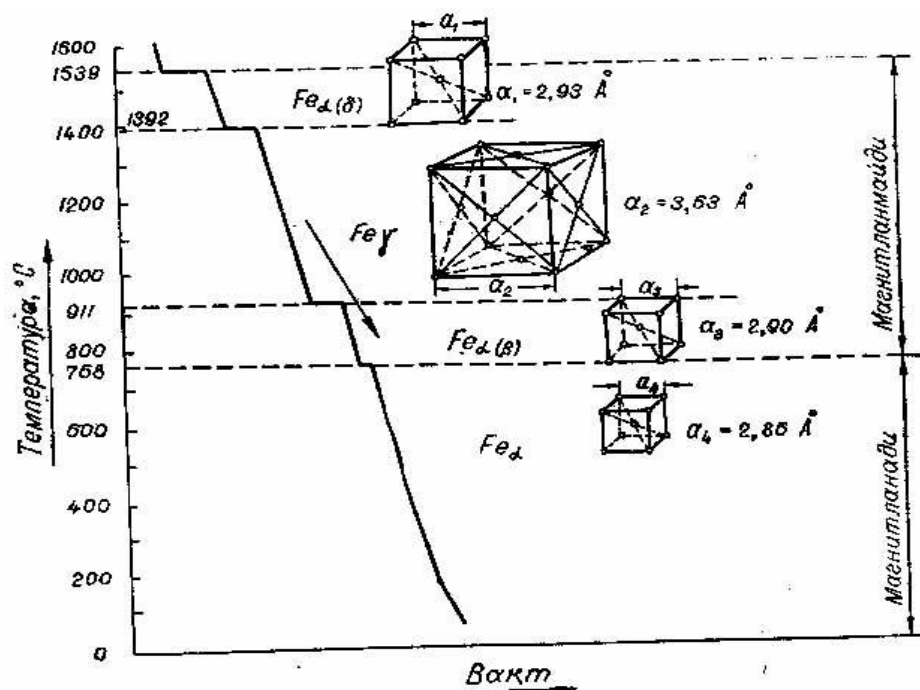
Rasm 7 Harorat o'zgarishi bilan kristallik panjaraning o'zgarishi

Temirning kristall panjarasi hajmi markazlashgan kub bo'lishi ham, yoqlari markazlashgan kub bo'lishi ham mumkin. (Rasm)

Qayta kristallanish vaqtida o'zgarmas temperaturada issiqlik yutadi, bu qizdirilganda. Sovitilganda esa, nazariy jihatdan olganda, qizdirilgandagi kabi o'zgarmas temperaturada issiqlik ajralib chiqadi.

Temirning kristallanishi

Toza temir $t_{erish} = 1539^{\circ}C$. Qotayotgan temirda har bir kritik nuqtada allotropik o'zgarish bo'ladi.



Rasm 8 Haroratga qarab temirning kristallanishi

Qotishmalarda hosil bo‘ladigan likvatsiyalar

Quymada qotish jarayonida suyuq faza tarkibining o‘zgarishi natijasida qattiq qotishmada har xil tartibli joylar (zonalar) hosil bo‘ladi. Bu hodisaga **likvatsiya** deyiladi.

Masalan, Pb-Sb tizimida dastlab ajralib chiqqan qo‘rg‘oshin kristallari bilan shu kristallar orasida joylashgan evtektik aralashma bir-biridan farq qiladi. Likvatsiyaning bu turi **kristallitlararo likvatsiya** deyiladi. Kristallitlararo likvatsiyani mikroskop ostida ko‘rish mumkin.

Bunday likvatsiya evtektikagacha bo‘lgan yoki evtektikadan keyingi qotishmalarning normal tuzilishini tashkil etadi. Agar evtektika qotishmaning hamma joyida ortiqcha faza bilan bir tekis joylashib kelsa, bunday qotishmaning tuzilishida nuqson bo‘lmaydi.

Bunday qotishmalar hamma vaqt ham benuqson bo‘lavermaydi. Ba‘zan suyuq qotishmadan chiqadigan kristallar va qolgan suyuq faza suyuqlikning qota borishi davomida bir-biridan ajraladi, solishtirma og‘irliklariga qarab bir-biri ustiga joylashib qoladi. Bunday qotishmalarda bo‘ladigan likvatsiya **solishtirma og‘irlik bo‘yiga likvatsiya** yoki **qavatli likvatsiya** deb nomlanadi.

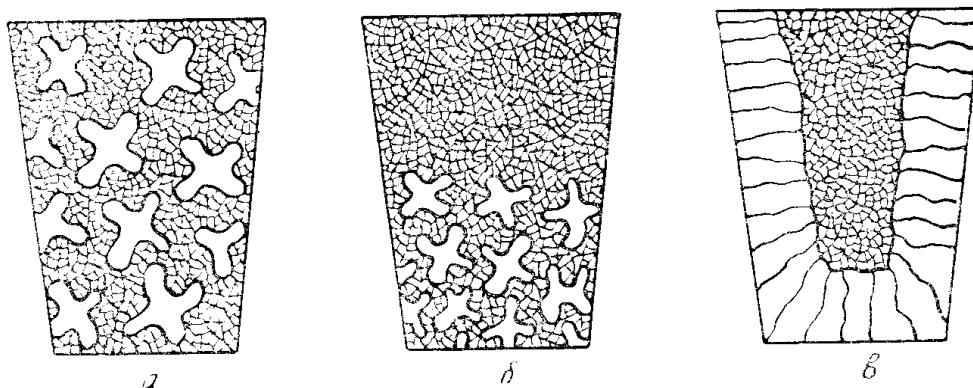
Solishtirma og‘irlik bo‘yiga likvatsiya hosil bo‘lishiga quyidagilar sabab bo‘ladi.

1. Ajralib chiqadigan qattiq fazaning solishtirma og‘irligi bilan qolgan suyuq fazaning solishtirma og‘irligi orasidagi farq sharoit tug‘dirishi.

2. Qotish davrida sekin sovitish.

Suyuqlikda cho‘ka oladigan yoki qalqib chiqadigan qattiq ajramalarning o‘z-o‘zidan vujudga kelishi ham bunday likvatsiya hosil bo‘lishi uchun zarur sharoit tug‘diradi.

Qolipga quyilgan suyuq qotishma qotayotganda, dastavval, quyma qobig‘idan ichkari tomonga (bu qobiq quymaning qobiq devorlariga tegib, tez sovishidan hosil bo‘lgan juda mayda donachalardan iboratdir) uzunchoq kristallar o‘sib chiqadi, bu kristallar qalqib chiqa olmay yoki cho‘ka olmay, transkristallanish sirtqi devori hosil qiladi. Bunday holda likvatsiyalanuvchi suyuqlik quyma ichiga to‘planadi. Buning natijasida hosil bo‘lgan likvatsiya **zonalar likvatsiyasi** deb ataladi.



Rasm 9 Likvatsiyalar turlari sxemalari.

a – kristallitlararo likvatsiya, b – solishtirma og‘irlik bo‘yicha likvatsiya, v – zonal likvatsiya.

Likvatsiyaning yana **kristall ichra likvatsiya** yoki **dendrit likvatsiyasi** deb ataluvchi turi ham bor.

Kristallarning shakliga o‘ta sovush darajasi ta’sir qiladi. O‘ta sovush darajasi juda kichkina bo‘lsa, muntazam geometrik shakldagi kristallar hosil bo‘ladi. O‘ta sovush darajasi bir qadar katta bo‘lsa, kristallar **dendrit** shaklini oladi, ya’ni kristallar, asosan fazaviy kristall panjaraning asosiy o‘qlariga mos yo‘nalishida o‘sadi.

O‘ta sovush darajasi ancha katta bo‘lsa, **sferoid** shaklidagi kristallar hosil bo‘ladi.

Metall quymalarda kristallar, umuman aytganda dendrid shaklida bo‘ladi. Buni birinchi bo‘lib D.K.Chernov chizib bergan.

Qotishma sekin sovitilganda diffuziya jarayoni kristallar tarkibini barobarlashtirishga ulguradi, tez sovitilganda esa diffuziya jarayoni tugallanmay qoladi, ya’ni ayrim kristallarning tarkibi barobarlashmaydi. Dendritlarning

markaziy qismida qiyin suyuqlanuvchi «Komponent (a'zo) chetlarida-pereferiya»sida esa oson suyuqlanuvchan komponent ko'p bo'ladi. Dendritlarning har xil joylarida uchraydigan bunday kimyoviy turli jinslilik **kristall ichra likvatsiya**, boshqacha aytganda **dendrit likvatsiyasi** deb ataladi.