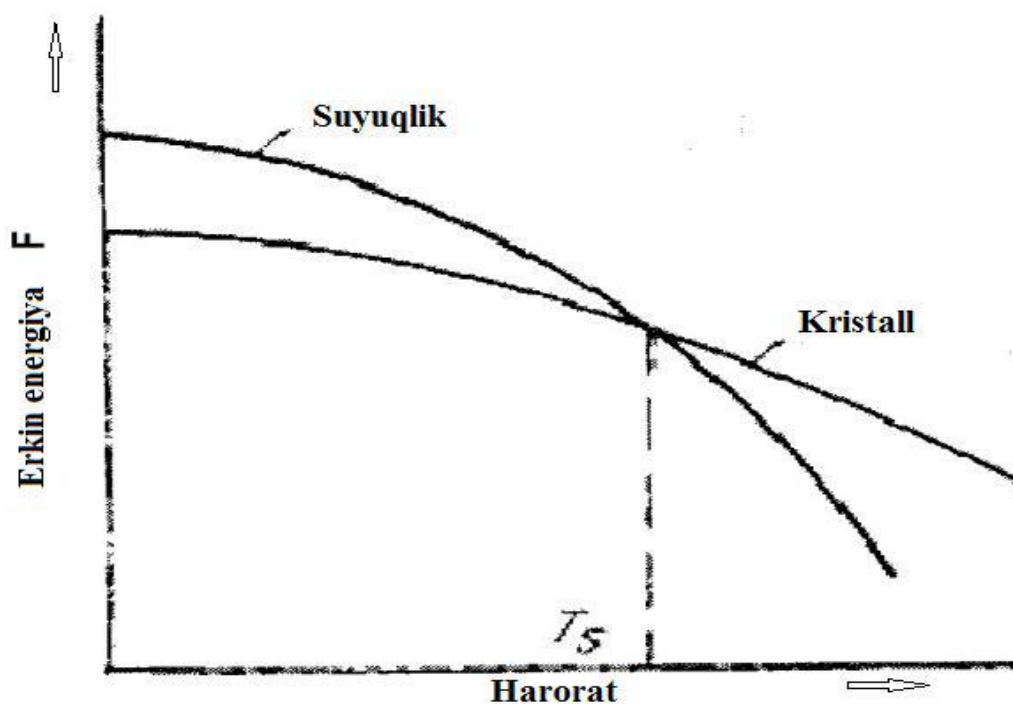


# MASHINASOZLIK MATERIALLARI

## 2-Mavzu: Metallarning kristallanishi. Metall quymaning tuzilishi. Qotishmalar turlari. Qotishmalar holat diagrammalari.

Maruzachi: Jamshidbek Khasanov

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 **2.1 rasmda** ko'rsatilgan:



### 2.1-rasm. 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:

$$F = U - T \cdot S, \quad (2.1)$$

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 ( $F_{\text{suyuq faza}} = F_{\text{qattiq faza}}$ ) 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  $F_s \cdot F < F_{k.f}$ ; qattiq fazaning erkin energiyasi  $F_{k.f}$  esa katta.  **$T_s$**  dan past haroratda aksincha:  $F_s \cdot F > F_{k.f}$ . 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  $F_s \cdot f = F_{k.f}$ . 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  **$\Delta T$**  harfi bilan belgilanadi:

$$\Delta T = T_{\text{naz.kr}} - T_{\text{amal kr.}} \quad (2.2)$$

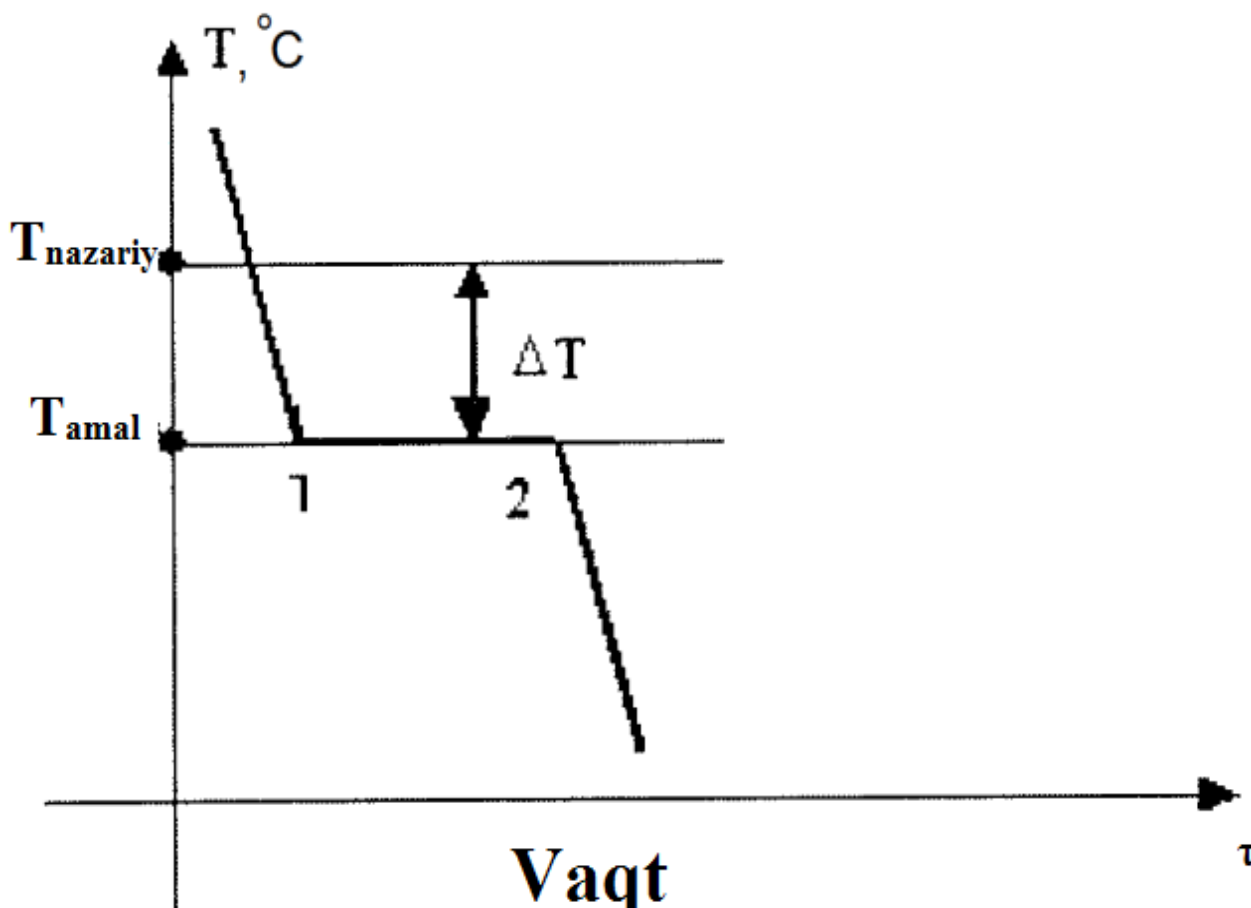
Bu yerda:

**$T_{\text{naz.kr}}$**  - nazariy kristallanish harorati;

**$T_{\text{amal kr}}$**  - 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  $63^{\circ} \text{C}$  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.



**2.2-rasm.  $T_{nazariy}$  metalni sovitish egri chizig,,i,  $T_{nazariy}$  - nazariy kristallanish harorati,  $T_{amal}$  - amaliy kristallanish harorati.**

**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 odish sharoitida o'tadi (eng kam energiya bilan).

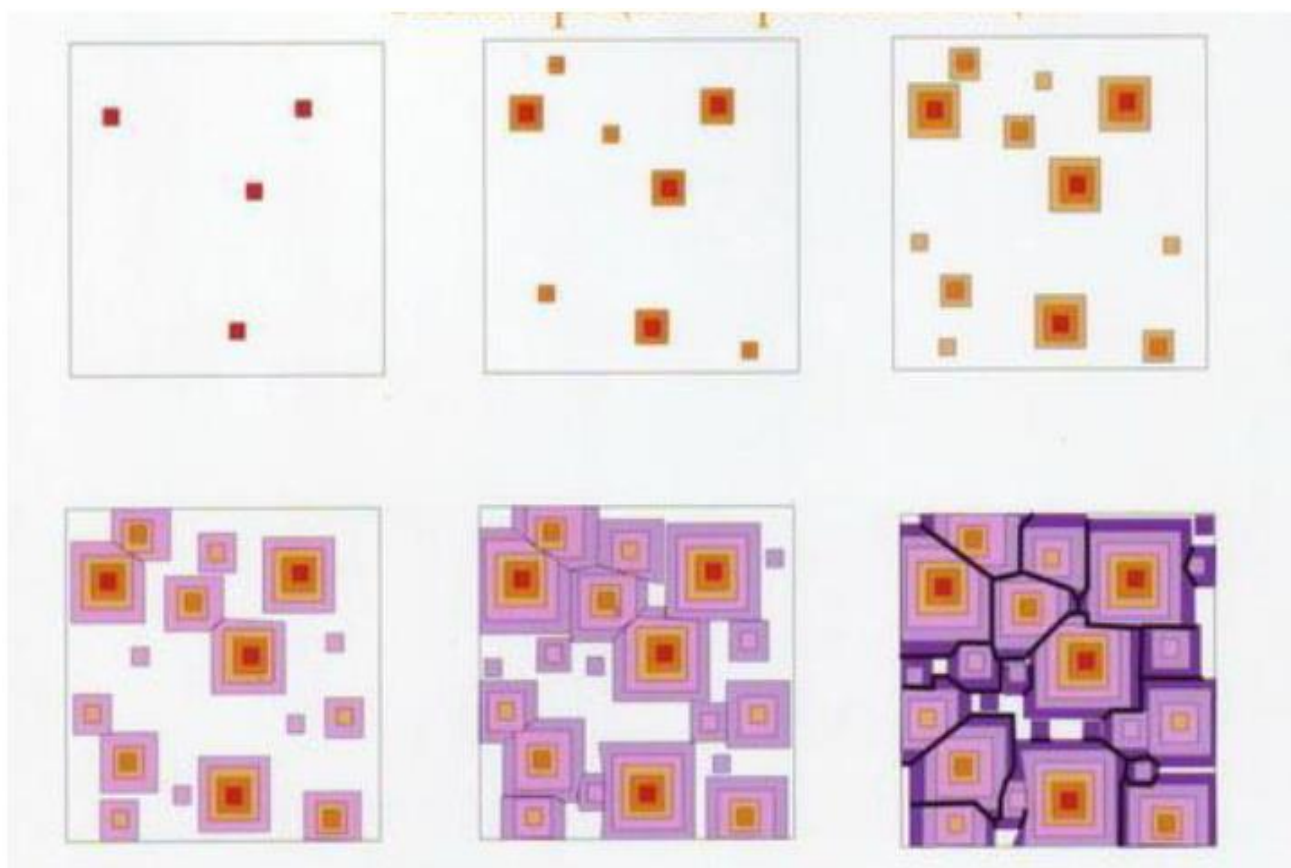
Metalni suyuq holatdan kristallik holatga odish jarayonini **vaqt- harorat** koordinatalarida quyidagicha ko'rsatish mumkin.

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.

Ma'lum haroratgacha sovitilganda suyuq metalda kristalliklar (mayda zarrachalar) hosil bo'la boshlaydi - bular **kristallanish markazlaridir** yoki tug'malaridir («zarodishi»). 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. Kristalllanish mexanizmi modeli quyidagi **2.3-rasmda** ko'rsatilgan.



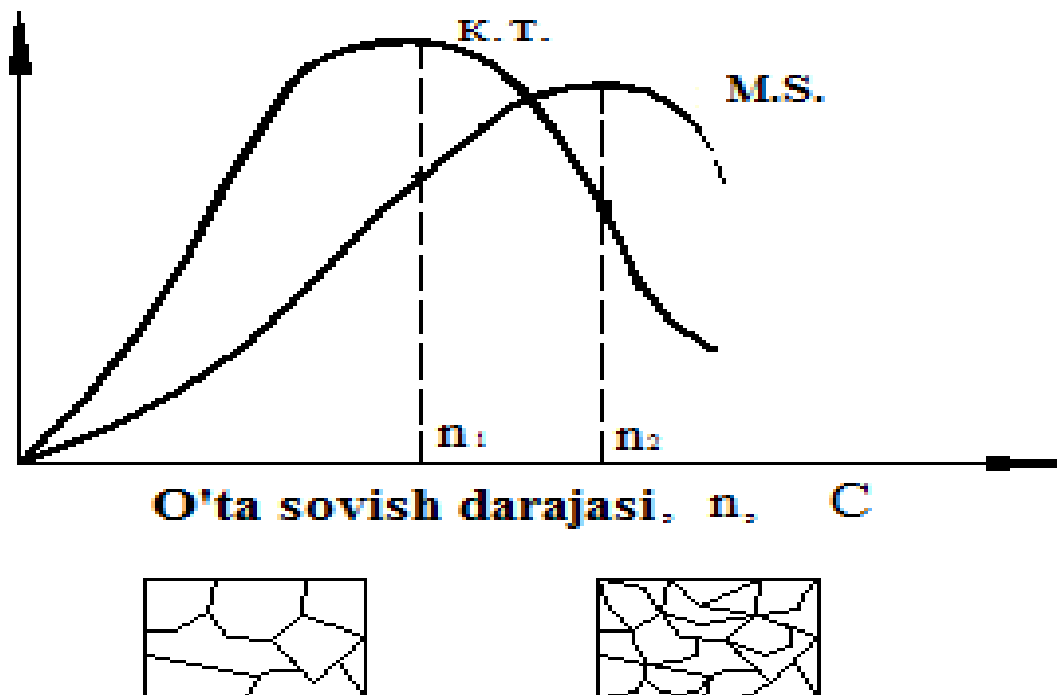
**2.3-rasm. Kristallanish jarayoni modeli**

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 bodadi.

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 buziladi. Bunday kristall donalar **kristallitlar** yoki **poliedrlar** deyiladi.

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



## 2.4 rasm. 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. laming 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. ko'p, 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 kadar 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 ( $\Delta T$ ) ortishi bilan, uning qiymati  $t_1$  va  $t_2$  ga yetganda, kristallanish tezligining (k.m) va markazlar sonining (m.s) qiymatlari maksimalga yetadi.  $\Delta T$  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.

$\Delta T$  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.

$\Delta T$  juda kichik bo'lsa, muntazam geometrik shakldagi kristallar hosil bo'ladi.  $\Delta T$  bir qadar kattaroq bo'lsa, kristallar **dendrit** shaklini oladi, ya'ni kristallar asosan

fazaviy kristall panjaraning asosiy o'qlariga mos yo'nalishda o'sadi.  $\Delta T$  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 - modifikatorlar** qo'shiladi.

Jarayon **modifikatsiyalash - takomillashtirish** deb ataladi.

Modifikatorlar 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.

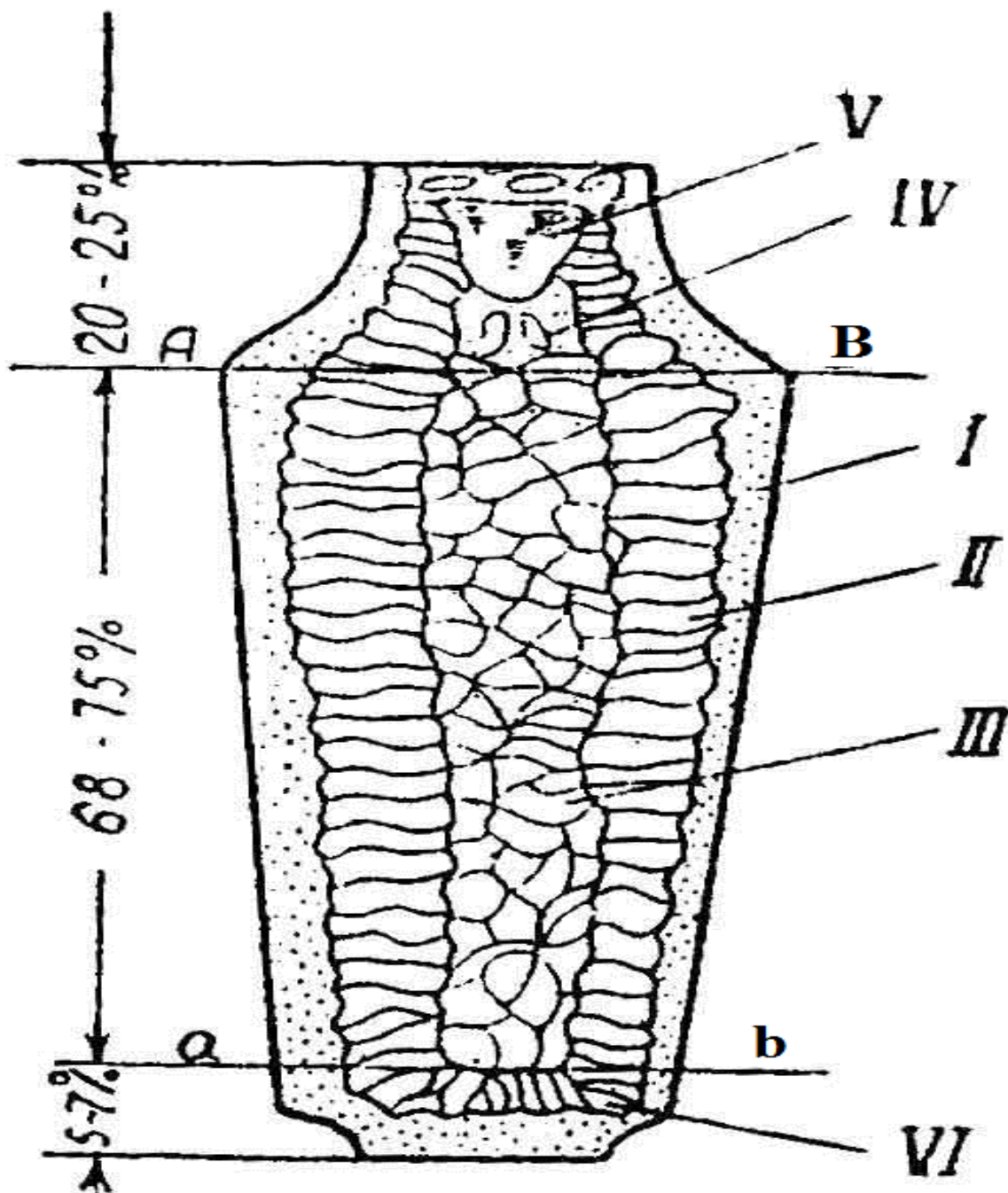
**Metall quymaning tuzilishi.** Ishlab chiqarishda suyuq metall maxsus qoliplarga - izlojnitsalarga quyilib quymalar olinadi. Albatta, qolipning harorati suyuq metalnikidan ancha past. Suyuq metallning kristallanish sharoiti qolip ko'ndalang kesimi bo'yicha har xil bo'ladi. Quymaning **makrostrukturasi** xam, **mikrostrukturasi** xam, **kimyoviy tarkibi** xam, mexanik xossalari ham quymaning turish zonalarida har xil bo'ladi(2.3-rasm).

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.

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

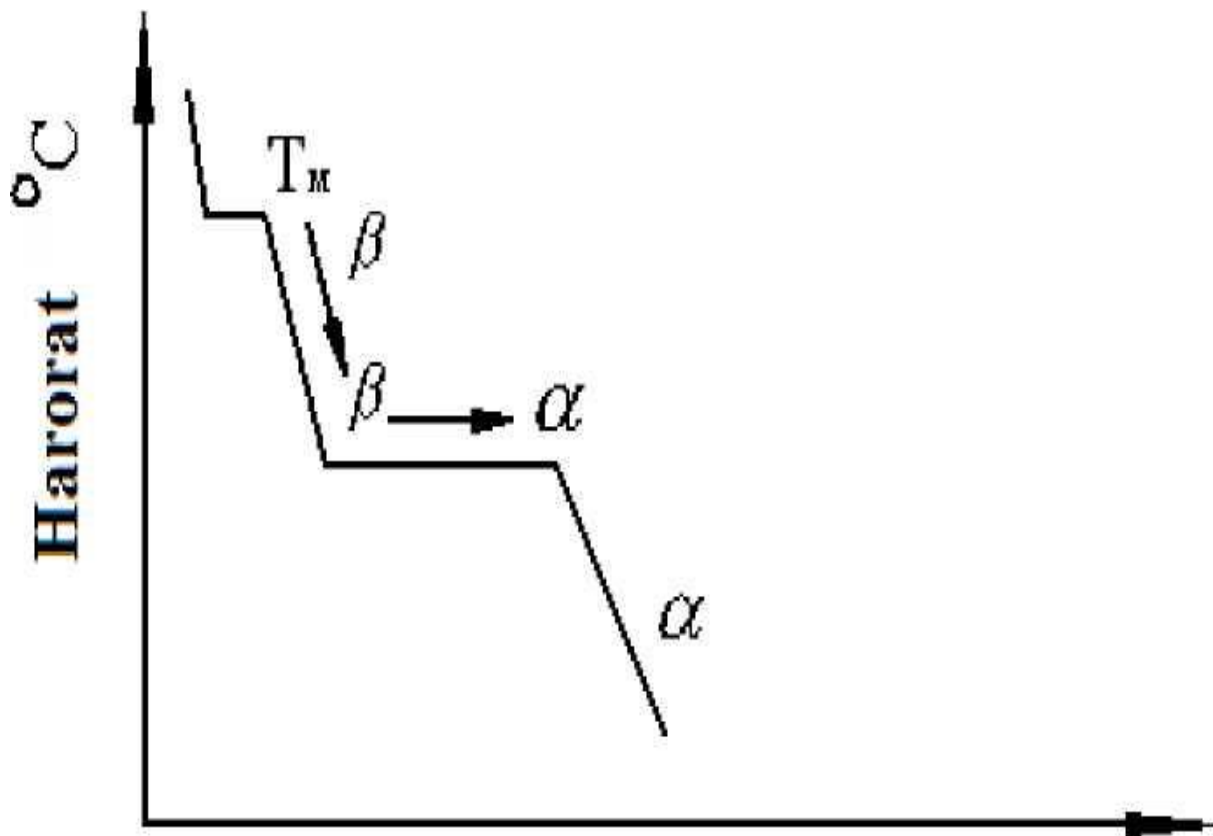
Quymaning eng zich zonasi ikkinchi zona, uning mexanik xossalari eng yuqori, ammo quyma bosim bilan ishlanganda uzunroq kristallarning tutashgan joylari plastik deformatsiyaga eng kam qarshilik ko'rsatadi va metall ana shu joylaridan yoriladi.



**2.5-rasm. Po'lat quymaning tuzilish sxemasi.**

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, seziiy, volfram va boshqalarning kristall panjarasi **hajmi markazlashgan kub**; beriliy, sirkoniy 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.



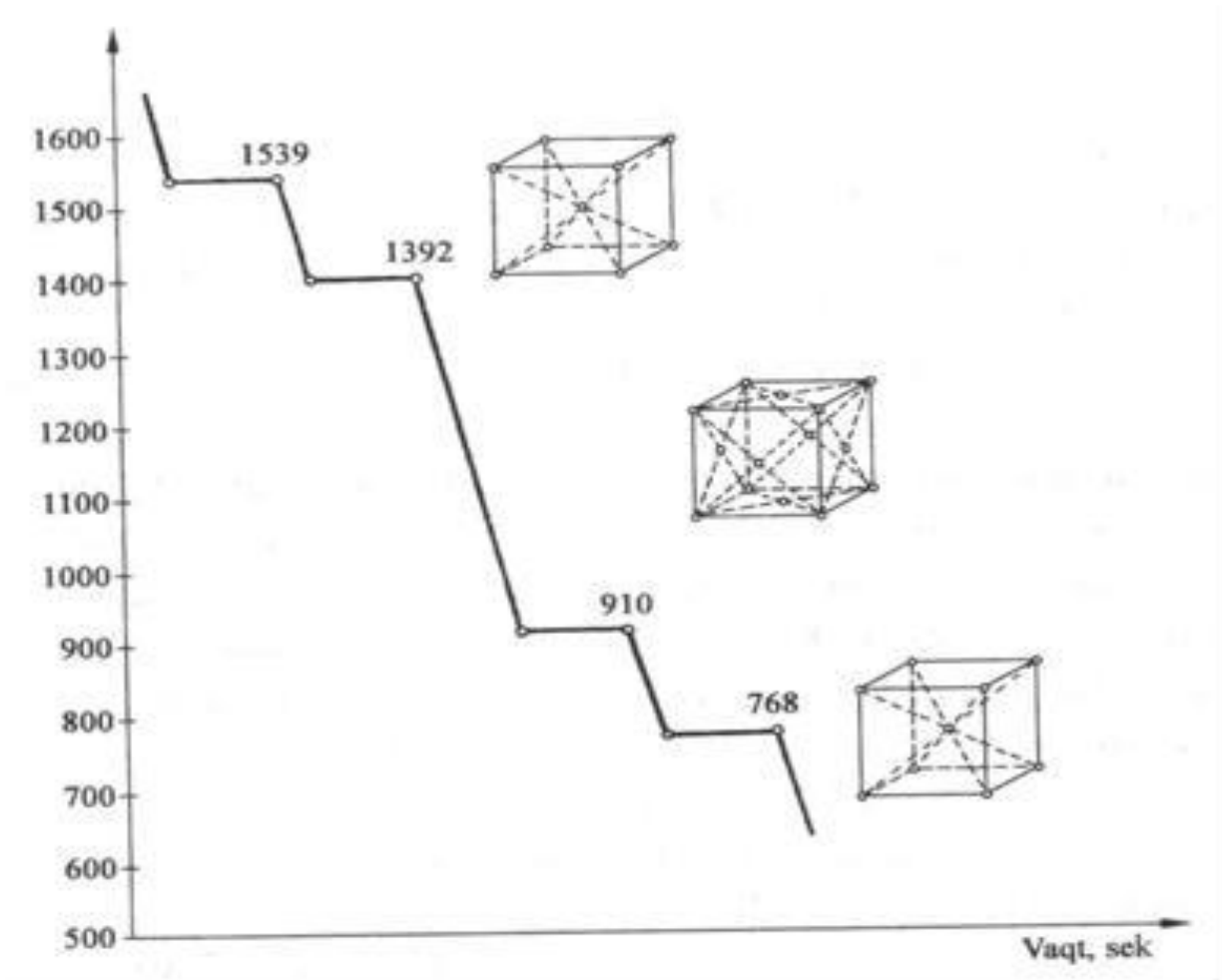
**2.6-rasm. Harorat o'zgarishi bilan kristallik panjaraning o'zgarishi**

Temining kristall panjarasi hajmi markazlashgan kub bo'lishi ham, yoqlari markazlashgan kub bo'lishi ham mumkin.

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



**2.7-rasm. Haroratga qarab temirning kristallanishi**

### **Qotishmalar nazariyasi. Holat diagrammalari**

Ikki va undan ortiq elementni suyuqlantirish yoki boshqa usulda olingan jism aralashmasi **qotishma** deyiladi.

Qotishmani tashkil etgan elementlar uning **komponentlari** deyiladi. Qotishmaning chegara sirlari bilan o‘ralgan bir jinsli qismi **faza** deb ataladi. Komponentlar soniga ko‘ra ikki yoki ko‘p komponentli, fazalar soniga ko‘ra esa bir yoki ko‘p fazali qotishmalar mavjud. Muvozanat holatda turgan fazalar majmuyi **sistema** deyiladi.

Sistemani tashkil etuvchi fazalar soniga xalal yetkazmay o‘zgartirilishi mumkin bo‘lgan tashqi va ichki omillar (harorat, bosim va tarkib) soni sistemaning **erkinlik darajasi** yoki **variantligi** deyiladi.

Muvozanat holatda turgan sistemaning fazalari, komponentlari soni bilan erkinlik darajasi orasidagi bog‘lanish **fazalar** yoki **Gibbs qoidasi** deb ataladi va ushbu ko‘rinishda ifodalanadi:

$$C = K - F + 2,$$

bu yerda:

$C$  - sistemaning erkinlik darajasi;

$K$  - sistemani tashkil etuvchi komponentlar soni;

$F$  - fazalar soni.

O'zgarmas bosimda yuz beruvchi jarayonlar uchun sistemaning **erkinlik darajasi** quyidagicha ifodalanadi:

$$C = K - F + 1$$

Metall suyuq holatda bo'lganda:

$$C = K - F + 2 = 1 - 1 + 2 = 2$$

Suyuq metall kristallanishi paytida:

$$C = K - F + 2 = 1 - 2 + 2 = 1$$

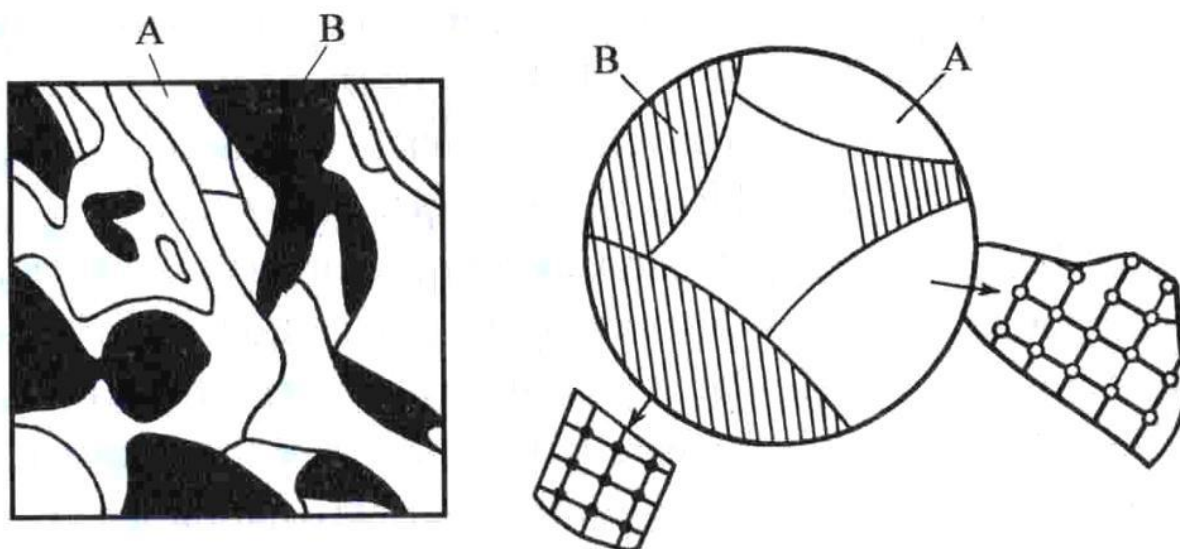
Erkinlik darajasi nolga teng sistemalar *variantsiz*, birga teng sistemalar *monovariantli* va ikkiga teng sistemalar *bivariantli* deyiladi.

Tashqi va ichki omillar o'zgartirilganda *variantsiz* sistema fazalarining soni o'zgaradi, *monovariantli* sistemaning fazalari esa o'zgarmaydi.

Qotishma tarkibiga kiruvchi komponentlar o'zaro ta'sirlashganda mexanik aralashma va qattiq eritma yoki kimyoviy birikma hosil qilishi mumkin.

Aytaylik, *qotishma* ikki ( $A$  va  $B$ ) komponentdan iborat bo'lsin. Bunda ikki holatni kuzatish mumkin.

Birinchi holatda komponentlar suyuq holda bir-birida cheksiz erisa ham har biri alohida-alohida kristallanadi (2.8-rasm). Odatda, bunday murakkab tuzilishga ega *sistemamexanik aralashma* deyiladi.

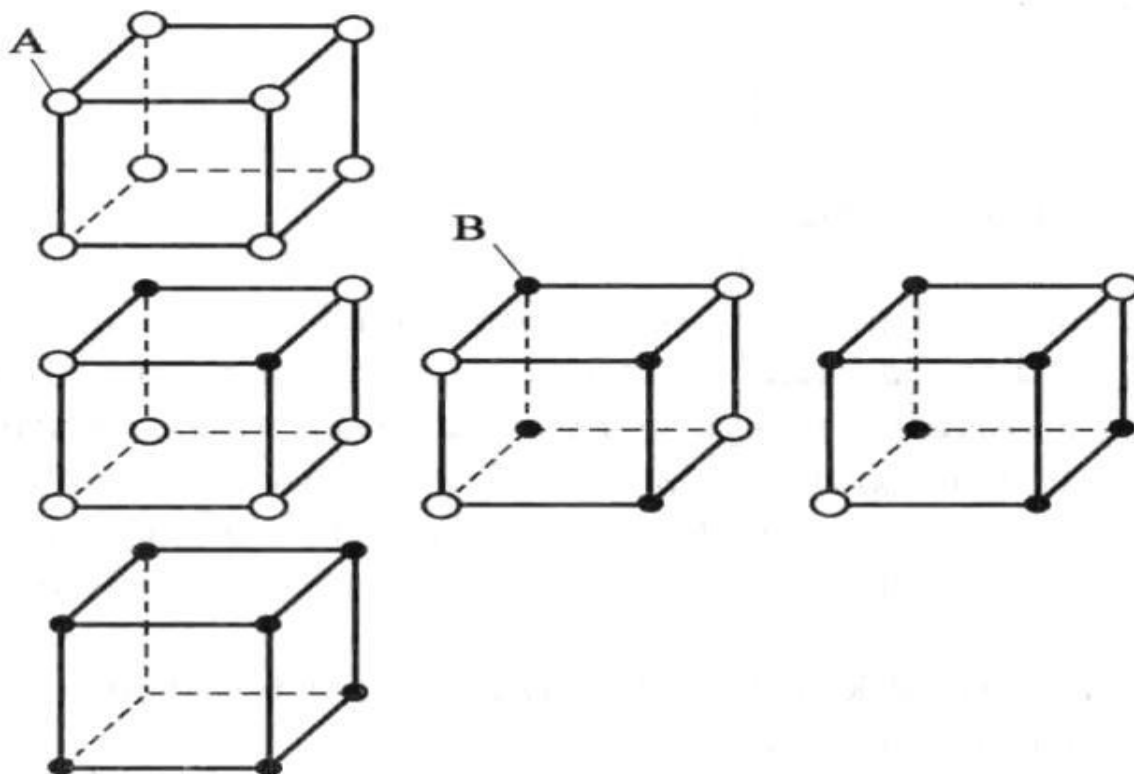


**2.8-rasm. Elementlarning alohida-alohida kristallanishi**

Ikkinchi holatda  $A$  va  $B$  elementlar o‘zaro ta’sirlashib bir xil tarkibli **qattiq eritma** yoki **kimyoviy birikma** hosil qilishi mumkin.

$A$  komponentning elementar kristall panjarasida  $B$  komponentning atomlari joylashishi **qattiq eritma** deyiladi (2.8-rasm).

Kristall panjara hosil qilgan  $B$  komponent erituvchi vazifasini o‘taydi. Kristall panjarada  $B$  komponentning ayrim atomlari qatnashayotganligi uchun u **eruvchi modda** deb ataladi. Kristall panjarada eruvchi  $B$  komponentning o‘rnini  $A$  erituvchi komponent atomlari ham egallashi mumkin (2.8-rasm).



### 2.9-rasm. $B$ komponentning $A$ komponentdagi qattiq eritmasi

Bu holda *o‘rin olish qattiq eritmasi* hosil bo‘ladi. Agar eruvchi  $B$  komponent  $A$  erituvchi komponent kristall panjarasining atomlari orasiga joylashsa, *singish qattiq eritmasi* deyiladi. Shunday metallar borki, ular bir-birida cheksiz eriydi.  $A$  komponent kristall panjarasidagi atomlar o‘rinlarini  $B$  komponent atomlari borgan sari almashtirib, natijada  $A$  komponent kristall panjarasi o‘rniga  $B$  komponent kristall panjarasi hosil bodadi. Kristall panjaralari yoqlari markazlashgan kub panjaraga ega elementlar: nikel va mis, oltin va kumush, molibden va volfram, vannadiy va titan kabi elementlar bir-birida cheksiz eriydigan qattiq eritmalarini hosil qiladi.

Bir-birida **cheksiz eriydigan qattiq eritmalar** hosil bodishi uchun quyida ko‘rsatilgan shartlar bajarilishi lozim:

- qattiq eritmani tashkil etgan komponentlarning elementar kristallari bir hil bo‘lishi kerak;
- komponentlar atomlarining radiuslari bir-biriga yaqin bo‘lib, ularning

farqi 15 % dan oshmasligi zarur;

- komponentlar atom valentlik elektronlari bir-biriga yaqin bo'lishi, ya'ni Mendeleev davriy sistemasidagi komponentlar yaqin joylashishi zarur.

Kimyoviy birikmalar xosil bo'lishida, kristall panjaraga bog'liq **maxsus xossalari** paydo bo'ladi. Kimyoviy birikmalarni qattiq eritmalaridan farqlaydigan quyidagi xolatlar mavjud:

- kimyoviy birikma o'ziga xos kristall panjara xosil qiladi, yangi turdagi kristall panjara uni tashkil qiluvchi komponentlarning kristall panjaralaridan tubdan farq qiladi;

- kimyoviy birikmada elementlar massasining nisbati doimiy saqlanadi; shu sababli kimyoviy birikmalar  $A_mB_n$  ko'rsatkichda ifodalanadi (bu yerda  $m$  va  $n$  lar butun sonlar bo'lib, elementlar atom nisbatlarini belgilaydi);

- kimyoviy birikma xossalari uni tashkil etuvchilari xossalariidan keskin farq qiladi;

- suyuqlanish harorati o'zgarish bo'lib, kimyoviy birikma suyuqlanish haroratigacha saqlanib qolishi ham parchalanib ketishi ham mumkin;

- kimyoviy birikmalar hosil bo'lishida harorat o'zgaradi, bunda atom elektron tuzilishlari bir-biridan keskin farq qiladigan komponentlar (masalan, MgSn, Mg<sub>2</sub>Rb, Mg<sub>3</sub>Bi<sub>2</sub>, Fe<sub>3</sub>C, WC, TiC kabi kimyoviy birikmalar) qatnashadi.

Metallar bilan metallar birikkanda **kimyoviy bog'lanishning metall bog'lanish** turi qoladi. Odatda, bunday bogdanish **intermetallid bog'lanish** deb, hosil bodgan fazalar esa **intermetalloidlar** deb ataladi.

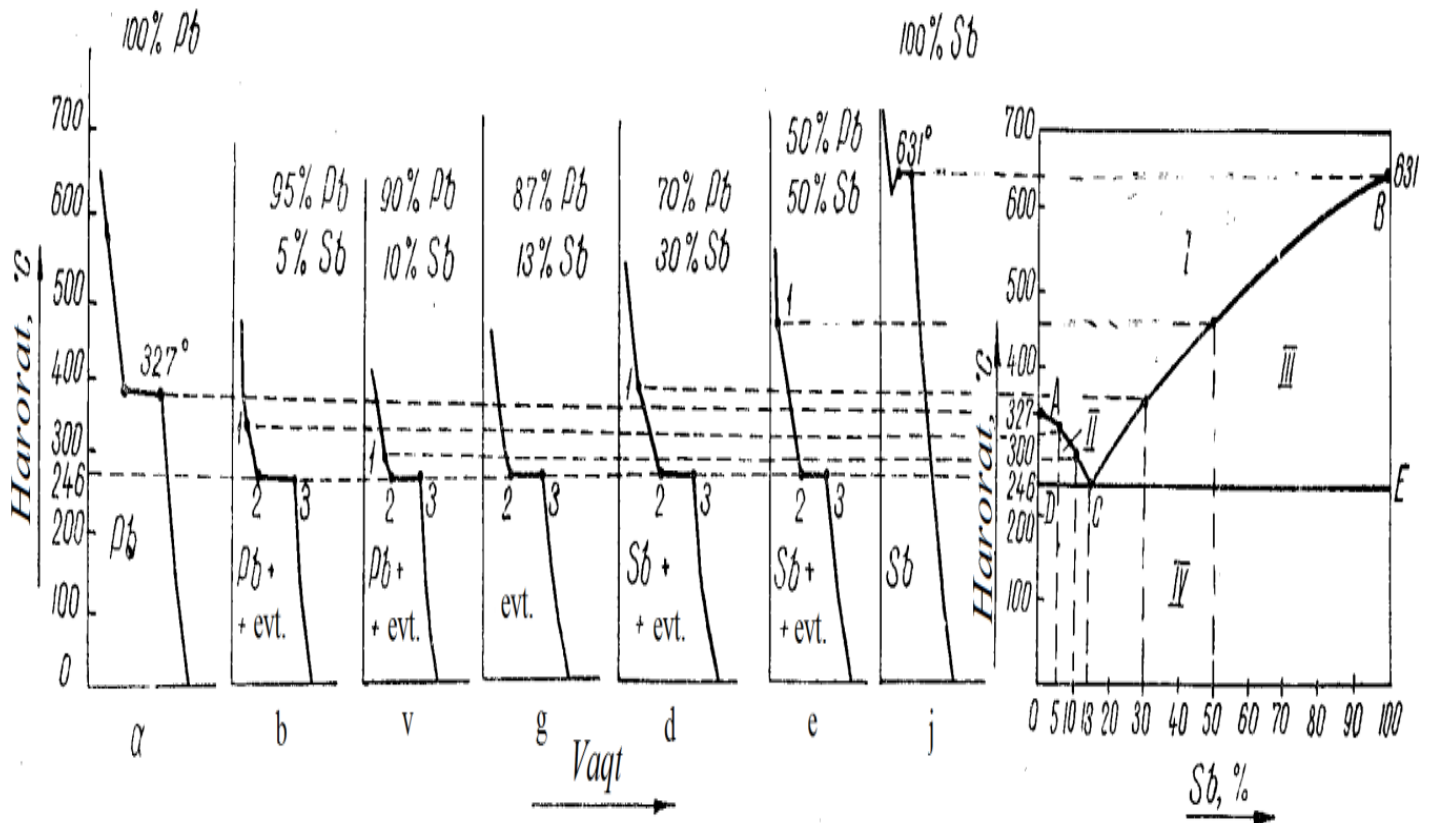
O'zgaruvchan valentlikga ega Fe, Mn, Cr, W, S, Ti, V, Mo kabi elementlar kristall panjaralariga atom o'lchamlari kichik bo'lgan uglerod, azot, bor, vodorod atomlari singishi mumkin. Bunga misol sifatida TiN, FeN, VN nitridlarni va Fe<sub>3</sub>C, W<sub>2</sub>S, VC, TiC kabi karbidlarni keltirish mumkin.

## Holat diagrammalari.

Tizim xolatining harorat va konsentratsiyasiga qarab o'zgarishini kodsatuvchi diagramma **xolat diagrammasi** deb ataladi.

Xolat diagrammalari qotishmalarining barqaror - turg'un xolatini ifodalaydi. Shuning uchun uni **muvozanat diagrammasi** desa xam bo'ladi. Tizim bir tashkil etuvchidan iborat bo'lsa - bir komponentli bo'lsa, uning xolat diagrammasi bir to'g'ri chiziq - xarorat o'qi bilan ifodalanadi. O'qdagi nuqtalar tizimni muvozanat xaroratini ko'rsatadi. Ikki Komponentli tizimda absissalar o'qining xar bir nuqtasi xar qaysi komponentning ma'lum bir miqdoriga to'g'ri keladi.

2.10-rasmda ko'rsatilgan qo'rg'oshin - surma tizimini xolat diagramasini tuzish printsipi ko'rsatilgan.



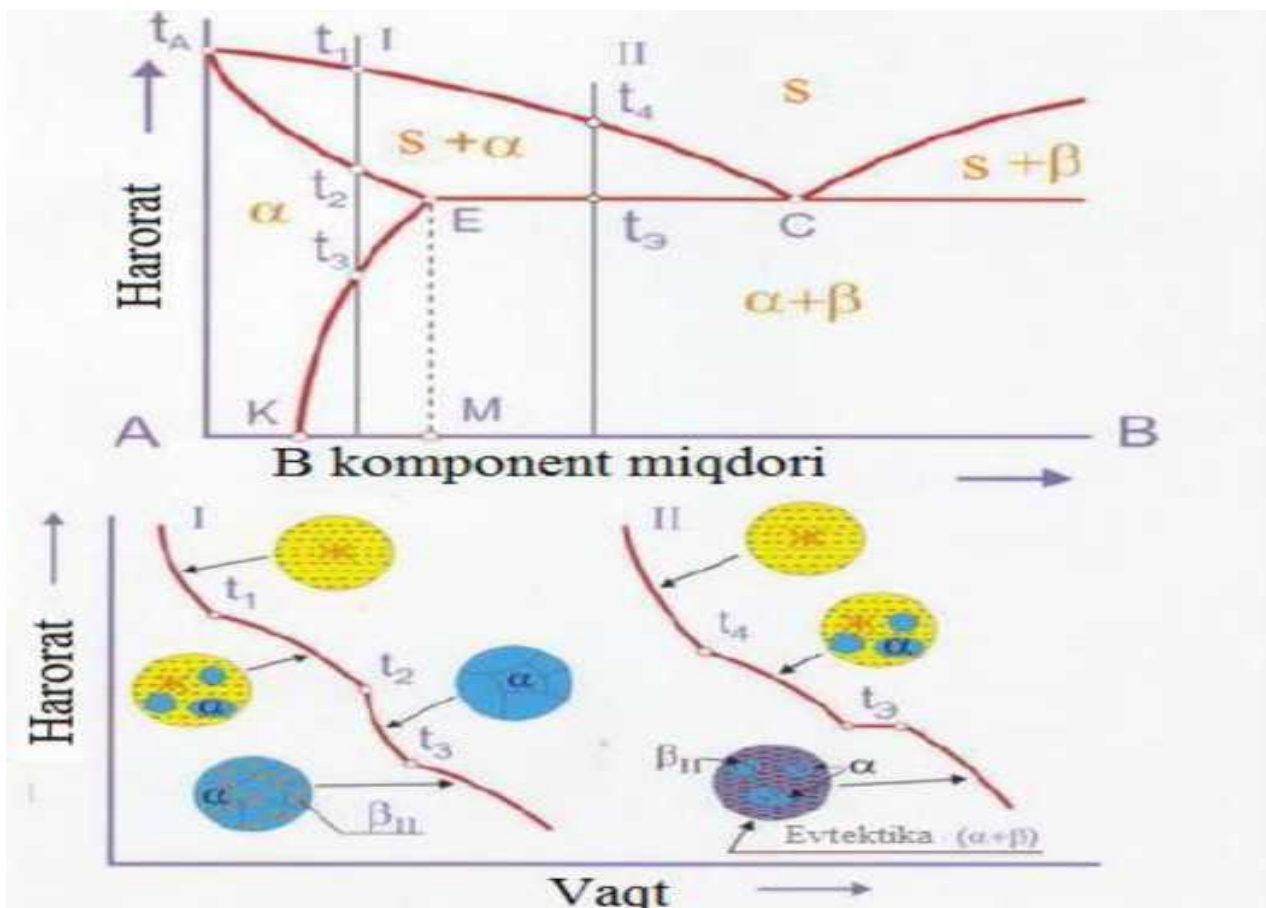
**2.10-rasm. Qo'rg'oshin - surma qotishmalarning sovish egri chizilari (chapda) va xolat diagrammasi (o'ngda).**

2.10-rasmda toza qo'rg'oshinni sovish egri chizigida tasvirlangan; qo'rg'oshin  $327^{\circ}\text{C}$  dan yuqorida suyuq xolatda bo'lib, shu yerni pastiga qattiq xolda bo'ladi. Yuqoridagi j-rasmda esa toza surmani sovish egri chizig'i ko'rsatilgan: u  $631^{\circ}\text{C}$  da eriydi va bundan pastda qotadi. Endi qo'rg'oshinga asta surmani qo'sha boramiz va aralashmaning - qotishmaning sovish egri chizig' chizamiz. Rasm 2.10 b, v, g, d, e larda qotishmaning sovish egri chizig'i ko'rsatilgan. Bularni kritik nuqtalarini 2.10-rasmni o'ng tomoniga ko'chiramiz: nuqtalarni birlashtirib kritik chiziqlarni xosil qilamiz. Oxirgi natijada **Rb-Sb qotishmasi xolat diagrammasi** xosil bodadi.

Diagrammadagi ACB chizig'i **likvidus** nuqtalarining geometrik o'rni bodib, **likvidus** chizig'i deyiladi. Bu chiziqni yuqorisida qotishma suyuq xolda bo'ladi. DSE chizig' **solidus** chizig'i deb ataladi. Bu chiziqni tagida qotishma qattiq xolatda bo'ladi.

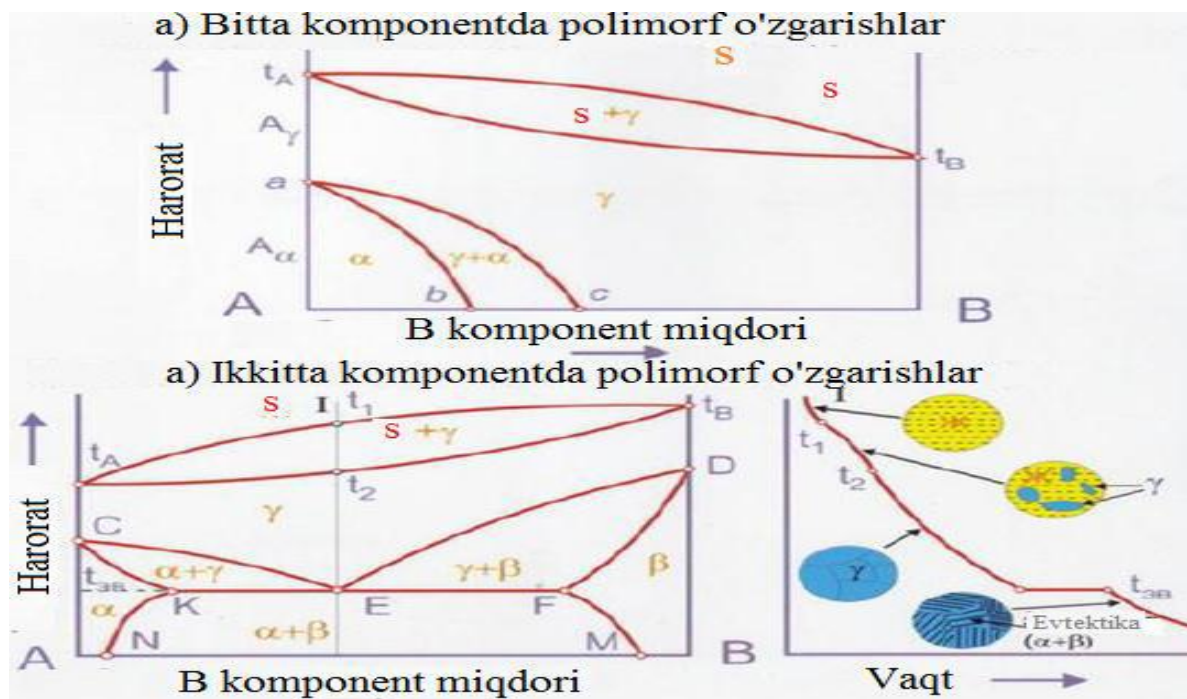
Bir necha tur-tip xolat diagrammalari mavjud.

**Birinchi tip xolat diagrammasi.** Tashkil etuvchilarning - komponentlarining ikkalasi suyuq xolatda istalgancha erib, qattiq xolatda bir-birida erimaydigan va bir-biri bilan kimyoviy birikmalar xosil qilmaydigan, ya'ni mexanik aralashma xosil qiladigan qotishmalarni xolat diagrammasiga **birinchi tip diagrammasi** deyiladi. Bunga misol Rb-Sb tizimi bo'ladi.



**2.11-rasm. Pb - Sb qotishmalarning xolat diagrammasi I, II xamda III qotishmalarning sovish egri chizilari.**

**Ikkinchi tip xolat diagrammasi.** Suyuq xolatda xam qattiq xolatda xam bir - biriga istalgancha eriydigan va o'zaro ximiyaviy birikma hosil qilmaydigan ikki komponentdan iborat tizimning xolat diagrammasi ikkinchi tip xolat diagrammasi deb ataladi. Bunga misol Cu-Ni tizimi bo'ldi:



**2.12-rasm. Cu - Ni qotishmalarining xolat diagrammasi va I qotishmaning sovish egri chizig'i.**

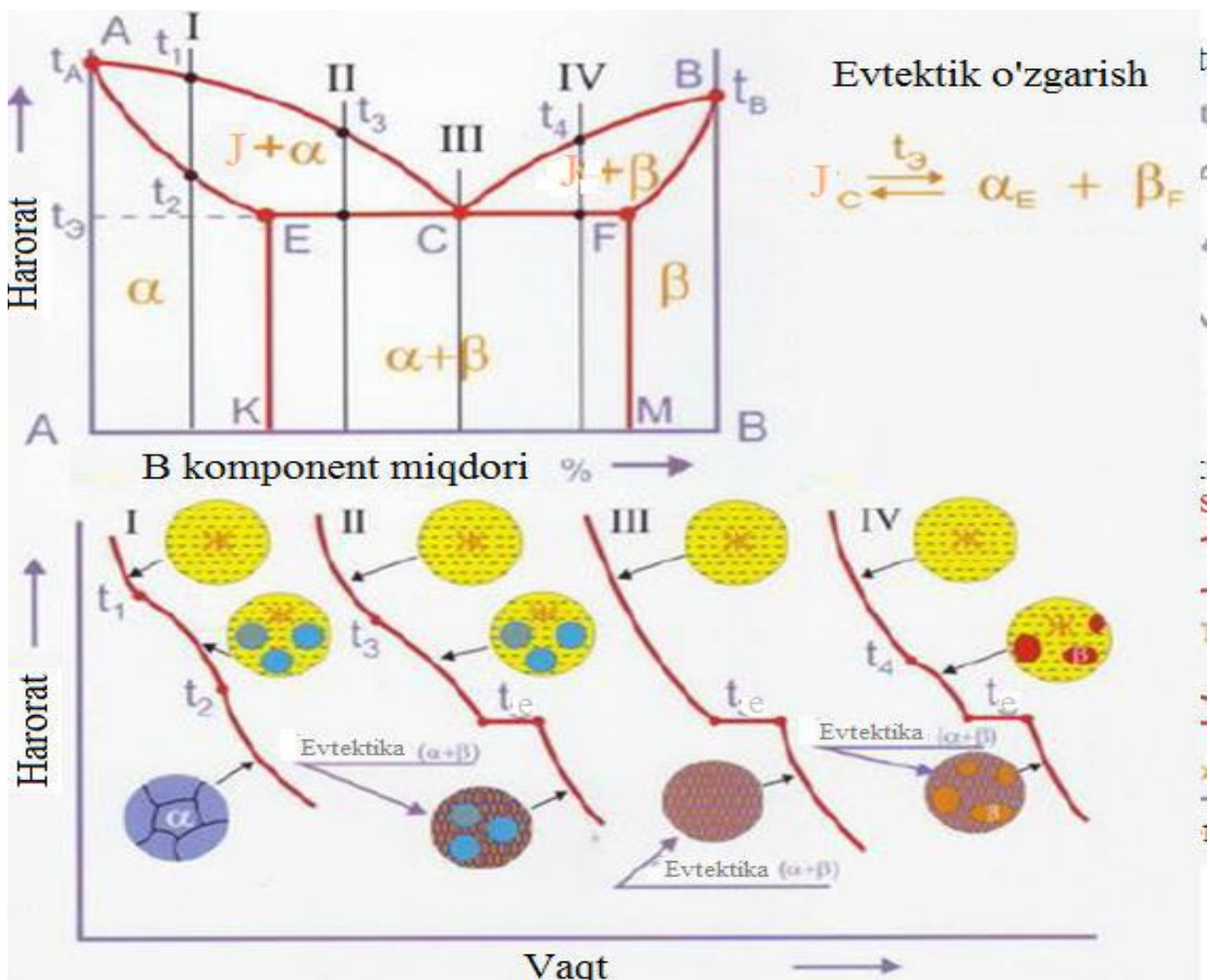
ASB-suyuq qotishmaning kristallana boshlash chizig'i (likvidus). ADB-batamom kristallanib bo'lishi (solidus) chizig'idir. Rasm 3.6. ning chap tomonida 1-qotishmaning sovish egri chizig'i va kristallanish jarayonining sxemasi tasvirlangan. Bu egri chiziqda 1 nuqta kristallanishning boshlanishiga, 2 nuqta esa kristallanishning oxiriga to'g'ri keladi. 1 va 2 nuqtalar orasidagi qotishma ikki fazadan - suyuq faza bilan qattiq fazadan iborat.

Bu tip xolat diagrammasiga quyidagi tizimlar kiradi: Cu-Ni; Au-Ag; Au-Pb; Fe-Ni; Fe-Cr; Fe-Co; Fe-V.

**Uchinchi tip xolat diagrammasi.** Suyuq xolatda bir-biriga istalgancha, qattiq xolatda esa bir-birida ma'lum chegaragacha eriydigan va ximiyaviy birikmalar xosil qilmaydigan ikki komponentdan iborat tizimning xolat diagrammasi *uchinchi tip xolat diagrammasi* deb ataladi.

Uchinchi tip xolat diagrammalari ikki xil bo'ladi: **evtektikali** va **peritektikali**.

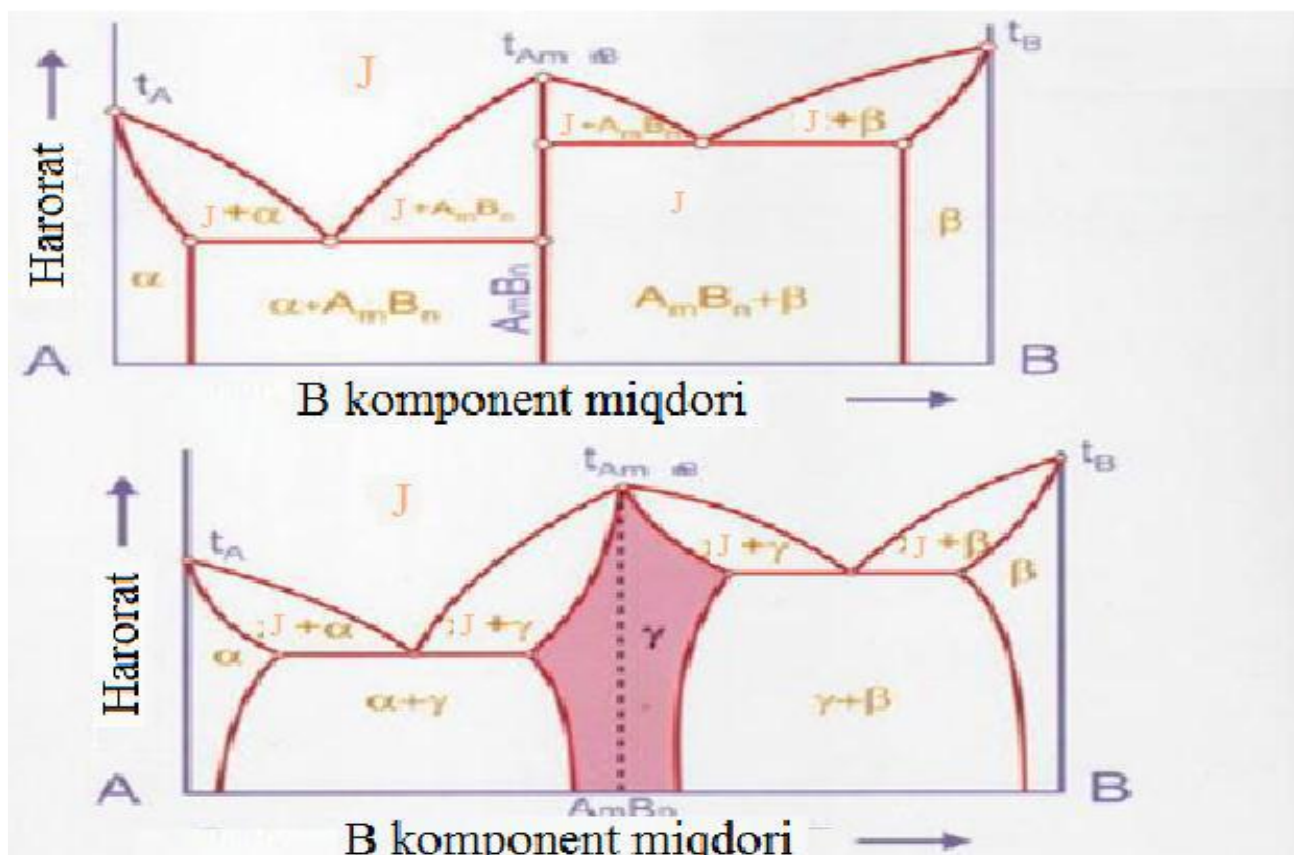
A bilan V qotishmalarining evtektikali xolat diagrammasi. Bu xolat diagrammasi 1.34-rasmda ko'rsatilgan. I va II-qotishmalarining sovish egri chizig'i ham shu rasmda berilgan. AEV likvidus, ADECB solidus chiziqlaridir. Likvidus chizig'idan yuqorida qotishma suyuq xolatda likvidus va solidus chiziqlari orasida suyuq va qattiq xolatda solidus chizig'idan pastda faqat qattiq xolatda.



**2.13-rasm A bilan V qotishmalarini evtektikali xolat diagrammasi I va II qotishmalarining sovish egri chiziqlari**

**To'rtinchi tip xolat diagrammasi.** Suyuq xolatda bir-birida istalgancha eriydigan va qattiq xolatda kimyaviy birikmalar hosil qiladigan ikki komponentli tizim xolat diagrammasi **to'rtinchi tip xolat diagrammasi** deyiladi. Ikki komponentli kimyaviy birikmalar barqaror yoki beqaror bo'lishi mumkin. Xolat diagrammasi ham ikki xil bo'ladi.

**Barqaror kimyaviy birikma hosil qiladigan ikki komponentli tizimning xolat diagrammasi.** Kimyaviy birikma suyuqlanguncha qizdirilganda tarkibiy qismlarga parchalanmasa, bu birikma barqaror bo'ladi. A va V Komponentlar barqaror kimyaviy birikma hosil qilgan:  $A_n B_m$  ( $n, m$  - atomlar soni). Bu birikma ham, toza Komponentlar ham qattiq xolatda eritmalar hosil qilmaydi. Bunday tizimning xolat diagrammasi va I, 2, 3-qotishmalarning sovish egri chiziqlari rasm 2.14-rasmda ko'rsatilgan.



**2.14-rasm Barqaror kimyoviy birikma hosil qiladigan ikki komponentdan iborat sistemaning xolat diagrammasi va I, II xamda III qotishmalarning sovish egri chiziqlari.**

**Beshinchi tip xolat diagrammasi.** Birlamchi kristallanish natijasida hosil bo'lgan fazalarida qattiq xolatda ikkilamchi o'zgarishlar (ikkilamchi kristallanish) sodir bo'ladigan qotishmalarning xolat diagrammasi **beshinchi tip xolat diagrammasi** deb ataladi.

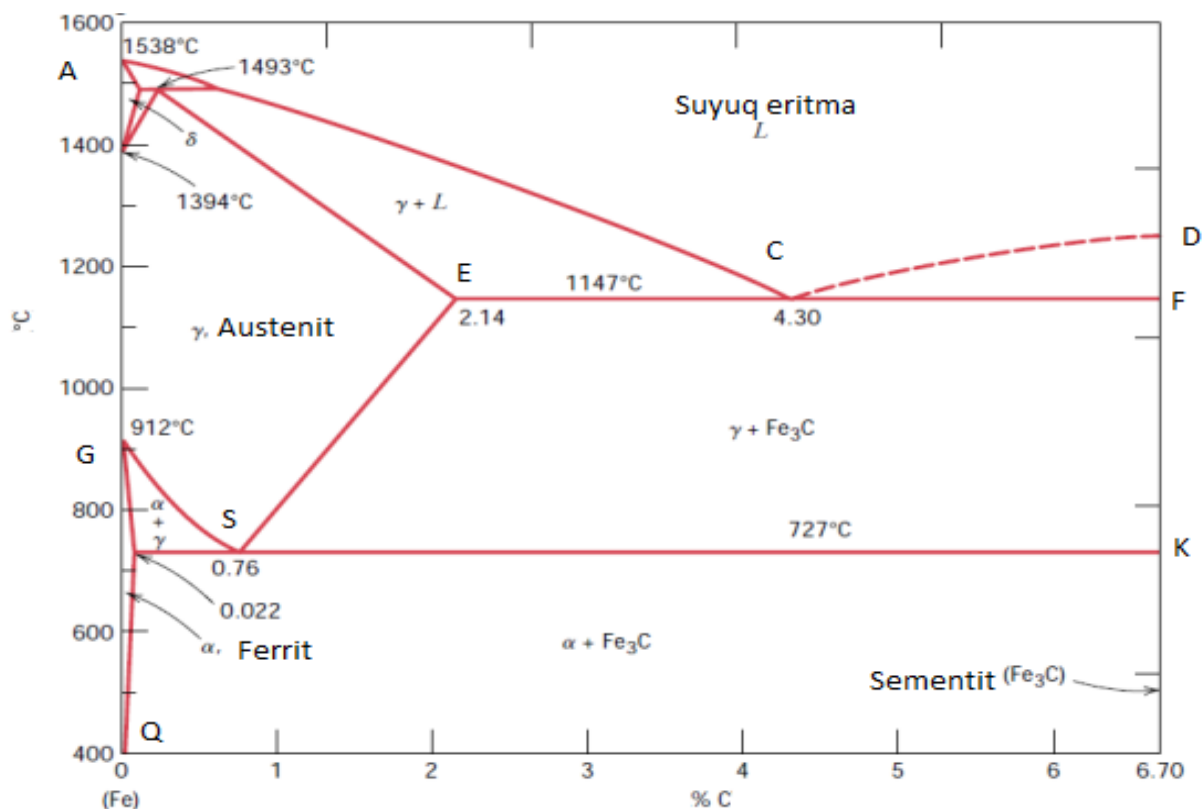
Qotishmada qattiq xolatda sodir bo'ladigan ikkilamchi kristallanish (qayta kristallanish - rekristallanish) toza komponentlarning va kimyaviy birikmalarning allotropik shakl o'zgarishlar hosil qilishi, qattiq eritmalarining

qisman yoki batamom parchalanishi yoxud qattiq eritmalarning tajriba tushuvi va boshqa o'zgarishlar bilan bog'liqdir.

Ikkilamchi kristallanish jarayonida ikkilamchi kristallar xosil bo'ladi. Ikkilamchi kristallanish qo'shimcha komponentlarining bo'lmaganda bittasi allotropik o'zgarish xosil qilganda bo'ladi.

Xolat diagrammalari orasida eng katta ahamiyatga egasi - bu temir-uglerod - Fe-C diagramma xolatidir. Buning sababishuki, texnikada temir-uglerodli qotishmalar juda keng qo'llaniladi. Fe-C xolat diagrammasi temir-uglerod qotishmalarini qurilishi to'g'risida toda ma'lumot beradi. Xolat diagrammasi va podatlarda kritik nuqtalarning mavjudligi xamda bular po'lat tarkibidagi uglerod miqdoriga bog'liqligini rus olimi D.K. Chernov ixtiro qilgan (1868 yilda).

Temir-uglerod qotishmalari ikki komponentli qotishma jumlasiga kiradi. Uglerod temir bilan ximiyaviy birikma xosil qilib, sementit ( $Fe_3C$ ) xolda va erkin xolda, ya'ni grafik xolda bo'lishi mumkin. Sementitni parchalanishi natijasida xam grafit xosil bo'ladi. Temir-uglerod qotishmalari ikki tizimda: sementitli (Fe-  $Fe_3C$ ) va grafitli (Fe-C) bodadi. Fe-C tizimi barqaror («Stabil»),  $Fe_3 - C$  tizimi- metastabil. Stabil tizimda jarayonlarning xammasi oxirigacha boradi. Lekin  $Fe_3C$  temir-uglerod qotishmadan foydalanish sharoitida parchalanmaydi. Fe - $Fe_3C$  diagrammasidan (2.15-rasm) po'lat va oq (qayta ishlanuvchi) cho'yanlarni o'rganishda keng foydalaniladi. Fe-C tizimidan tarkibidagi uglerod grafit tarzida bodadigan po'lat va cho'yanlarni (quyma) o'rganishdagina foydalanish mumkin (2.15-rasm).



**2.15-rasm. Temir-sement ( $Fe_3C$ -temir karbidi) holat diagrammasi (sodda ko'rinishda)**

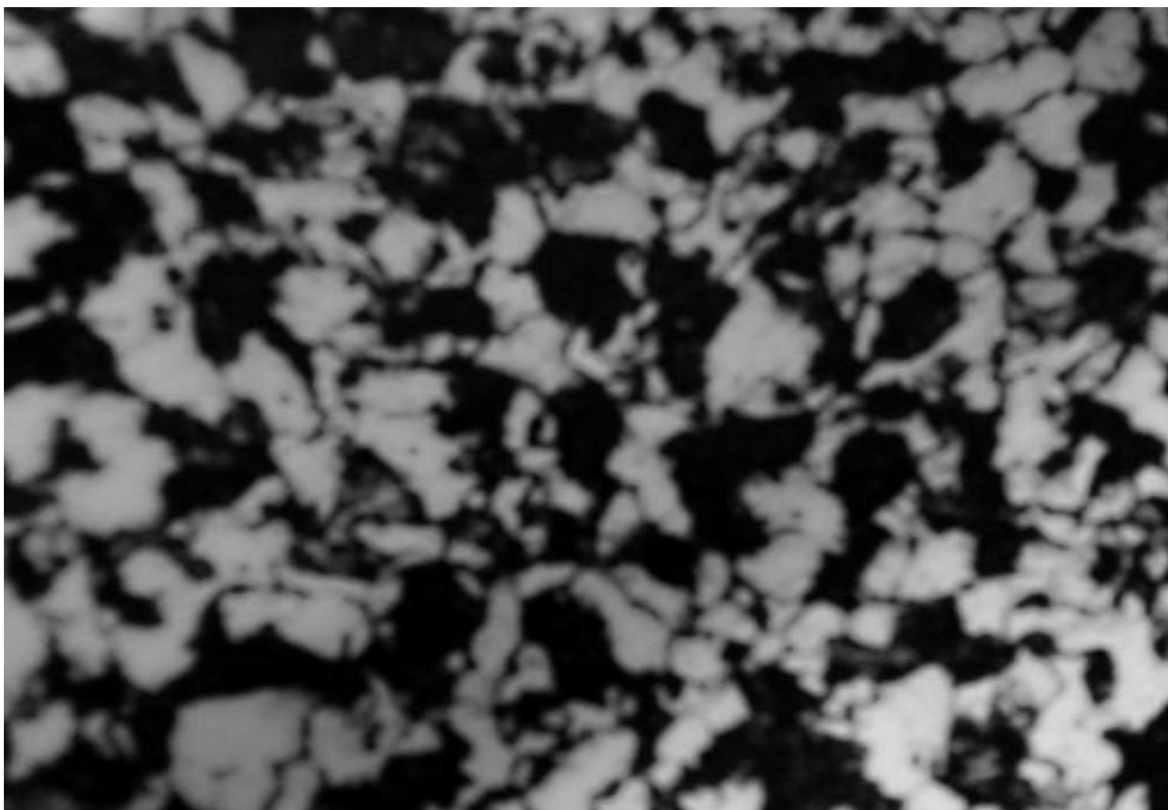
**Temir va uglerod polimorfli elementlar.** (Polimarfizm-bu xar xil xaroratlarda turlicha kristall panjaralar xosil qila olishligi. Bu xususiyati allotropiya xususiyati deb xam nomlanadi). Temirni erish xarorati  $-1539^{\circ}\text{C}$ . Temir ikki xil modifikatsiyagaega:  $\alpha$  va  $\gamma$  -  $\text{Fe } \alpha$  va  $\text{Fe}\gamma$ ;  $\text{Fe}_a$  modifikatsiyasi xajmi markazlashgan kub kristallik panjarasiga ega va xarorat  $911^{\circ}\text{C}$  gacha xamda  $1392\text{-}1539^{\circ}\text{C}$  intervalida mavjud.  $\text{Fe}\alpha$  ning e'tiborli xususiyati uning ferromagnet tizmligi ( $768^{\circ}\text{C}$  dan pastda). Bu nuqtani Kyuri nuqtasi deyiladi.

Temirni  $\text{Fe}\gamma$  modifikatsiyasi yuqori markazlashgan kub kristallik panjaraga ega va xarorat  $911\text{-}1392^{\circ}\text{C}$  oralig'ida mavjud.  $\text{Fe}\gamma$  - paramagnit.

Uglerod ikki xil modifikatsiyada mavjud. Grafit va olmos. Normal sharoitda grafit turg'un. Temir-uglerod qotishmalaridagi fazalarni ko'rib chiqamiz. Bular: suyuq eritma, ferrit, austenit, sementit, grafit ko'rinishidagi erkin uglerod.

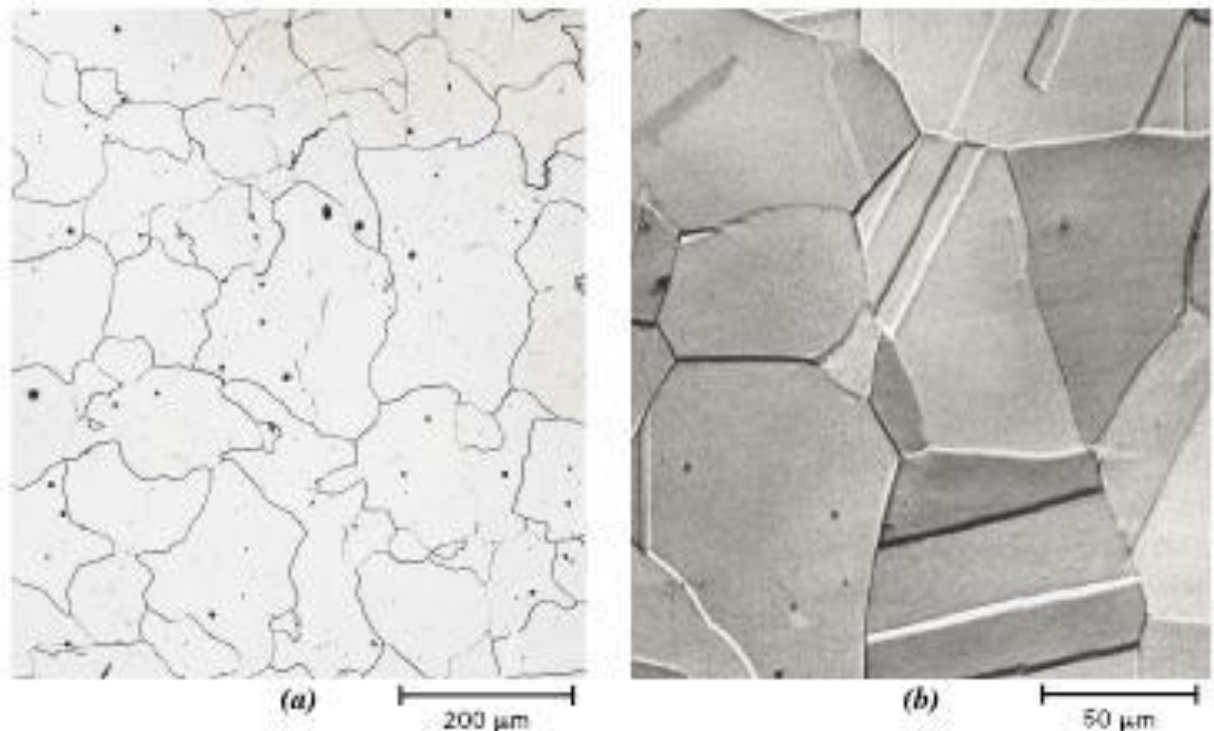
### **Qotishmalar turlari. Qotishmalar holat diagrammalari.**

Temir bilan uglerod qotishmalarining asosiy strukturalari. Ferrit - (belgilanishi F yoki a) - bu uglerodni alfa temirdagi -  $\text{Fe}\alpha$  (suqilib kirish) qattiq eritmasi ( $\text{Fe}\alpha(\text{C})$ ). Bunda uglerodning miqdori uy haroratida  $\sim 0,006\%$  ga,  $727^{\circ}\text{C}$  da  $0,025\%$  ga teng. Bunga **texnik temir** deyiladi. Cho'zilishga qarshiligi  $\delta_v = 250\text{-}300\text{ MPa}$ , nisbiy uzayishi  $v=40\text{-}50\%$ , qattikligi  $NV=80\text{-}100$ , zarbiy qovushqoqligi  $KS=20\text{-}30\text{ kgm/sm}^2$ .



**2.16-rasm. Ferritni ko'rinishi**

Austenit (belgilanishi A yoki  $\gamma$ ) - bu uglerodni gamma temirdagi  $Fe_\gamma$  (suqilib kirish) qattiq eritmasi. Uglerod miqdori 2, 14 % gacha: xarorat pasayishi bilan uglerodni austetitda erish miqdori kamayadi: 1147<sup>0</sup>C da uglerod 2.14 %, 727<sup>0</sup>C da 0,8 % ga teng. Austetitni ko'rsatkichlari:  $\sigma_v = 370-450$  MPa,  $\delta = 40-50$  %, NV=160-200.



### 2.17-rasm. Austenit va sementit

**Sementit (belgilanishi S)** - temir karbidi - ximiyaviy birikma ( $Fe_3C$ ), undagi uglerod miqdori - 6,69 % murakkab kristall panjaraga ega. Juda qattiq - NV= 800 va mo'rt.

**Grafit (shartli belgisi G).** Temir-uglerodli po'latlarda erkin xolatda ajralib chiqadi. Geksogonal kristall panjaraga ega, tok o'tkazadi, yumshoq, mustaxkamligi past.



### 2.18-rasm Bodroqsimon, sharsimon, chualchvngsimon grafit ko'rinishi

**Perlit (shartlibelgisi P)** ferrit va sementit fazalarining mexanik aralashmasi. Tarkibida uglerod miqdori  $S=0,8\%$  ,  $\sigma_v = 450-630$  MPa,  $\delta=8-10\%$  ,  $NV=160-220$ .

**Ledeburit (belgilanishi L)** austenit va sementit fazalarining mexanik aralashmasi. Uglerod miqdori  $S=4,3\%$  ,  $HB=180-220$ .

## **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

- 1.** S.D. Nurmurodov, A.X. Rasulov, A.A. Allanazarov. Mashinasozlik materiallari. - Toshkent.: 2020
- 2.** Nurmurodov S.D., Rasulov A.X., Baxodirov Q.G'. Materialshunoslik va konstruksion materiallar texnologiyasi. Darslik. - Toshkent, «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2015
- 3.** Nurmurodov S.D., Ziyamuxamedova U.A. Metallar texnologiyasi. Darslik-Toshkent, 2017
- 4.** Ziyamuxamedova U.A., Nurmurodov S.D., Rasulov A.X. Metallshunoslik. Darslik. - Toshkent, «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2018
- 5.** Norxudjaev F.R. Materialshunoslik. Darslik. - Toshkent.: Fan va texnologiyalar. 2014.