

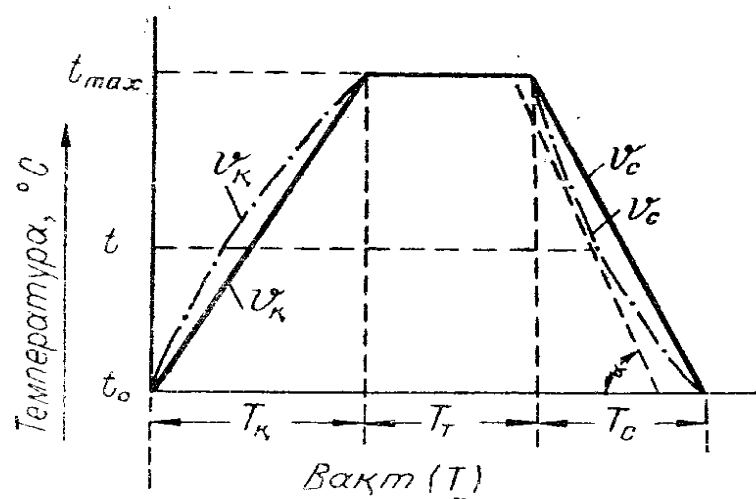
6-modul. Faza o'zgarishlari.

Reja:

1. Faza o'zgarishlari. Po'latni qizdirish jarayonidagi ichki struktura o'zgarishlari.
2. Po'latni termik ishlash texnologiyasi.
3. Po'latni yumshatish, normallash, toblash. Yumshatish, turlari. Po'latni normallash. Po'latni toblash, toblash usullari. Toblanuvchanlik va toblanish chuqurligi. Bo'shatish va uning turlari.

Qotishmani qizdirib va sovitib uni ichki tuzilishini, ya'ni fizikaviy, kimyoviy, mexanikaviy va boshqa xossalarini o'zgartirish – yaxshilash jarayoni **termik ishlash** deb ataladi. Termik ishlashning imkoniyatlari juda katta; termik ishlash bilan qotishmaning mexanik xossalarini juda keng darajada o'zgartirish mumkin. Albatta, zarur tomonga qarab.

Termik ishlash operatsiyalari davom etadigan vaqt va haroratlar oralig'i ko'rsatiladigan tartib **termik ishlash rejimi** deb ataladi. Termik ishlash jarayoni yuqorida ko'rsatilgandek o'z ichiga ma'lum tezlikda qizdirish (lozim haroratgacha), shu haroratda ushlab turish (o'zagigacha qizib, lozim jarayonlar sodir bo'lguncha) va lozim tezlikda (kerak xossa olish uchun) sovitish etaplarini oladi. Grafik tarzida ifodalanadi: ordinatalar o'qiga harorat, abtissalar o'qiga vaqt qo'yiladi. (Rasm)



Rasm 1 Qotishmani oddiy termik ishlash rejimining grafigi.

T_{max} – lozim qizdirish harorati. T_q – qizdirish vaqti, T_t – tutib turish vaqti, T_s – sovitish vaqti. Grafikdagi uzluksiz chiziq T_k va T_s o'zgarimas hol uchun, shtrix – punktir chiziq T_k va T_s o'zgaruvchi bo'lsa.

Po'latlarni termik ishlash turlari

Po'lat zagotovkalarini termik ishlashda ularni zarur haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlangach, turli tezlikda sovitiladi. Bunda ularning

kimyoviy tarkibi o'zgarasa ham tuzilishi o'zgarishi hisobiga mexanik va texnologik xossalari o'zgaradi. A.A.Bochvar tasnifiga ko'ra termik ishlash 1-xil yumshatish, 2-xil yumshatish, toblash va bo'shatishlarga ajratiladi 1-xil yumshatishda fazada o'zgarishlar bo'lmaydi. Bu xil yumshatishlarga diffuzion, qayta kristallanish va ichki zo'riqish kuchlanishlarini kamaytirish uchun olib boriladigan yumshatishlar kiradi. 2-xil yumshatish faza o'zgarishlar bilan boradi. Bu xil yumshatishlarga to'la va chala yumshatishlar, normallashtirish kiradi. Tubanda uglerodli po'latlarni termik ishlashda tuzilish o'zgarishlarini $Fe-Fe_3C$ holat diagrammasining tegishli sohalarini kuzataylik.

1.Ma'lumki, perlit tuzilishli evtektoid po'lat zagotovkani uy haroratida asta-sekin qizdirib borsak, u A_{s1} , kritik harorat ($727^{\circ}C$) da austenitga o'tadi. Ferrit bilan perlit tuzilishli evtektoidgacha bo'lgan po'latlarni asta-sekin qizdirib borsak, perlit faza A_{c1} kritik haroratda austenitga o'tadi, haroratning yanada ko'tarilishida ferrit faza austenitda eriy boshlab, A_{s3} kritik haroratda esa batamom eriydi.

2. Agar perlit bilan ikkilamchi tsementit tuzilishli evtektoiddan keyingi po'latlarni asta-sekin qizdirib borsak, perlit faza A_{s1} kritik haroratda austenitga o'tadi. Harorat yanada ko'tarilishida ikkilamchi tsementit austenitda eriy boshlab, u A_{s1} kritik haroratda batamom eriydi.

3.Yuqoridagi ma'lumotlardan ma'lumki, $Fe-Fe_3C$ holat diagrammasidagi GSE chiziqli kritik haroratdan yuqoriroq haroratda po'latlar austenit tuzilishli bo'ladi. Savol tug'iladiki, nima uchun po'latlarni to'la yumshatishda, toblashda, normallashtirishda ularni A_{s3} kritik haroratdan $30-50^{\circ}C$ gradus yuqoriroq qizdirish zarur. Kuzatishlar ko'rsatadiki, po'latlarni qizdirishda ularning donlari, o'lchami qaytarilganlik darajasiga ko'ra turli tezlikda yiriklashadi. Masalan, yaxshi qaytarilmagan evtektoid po'latlarning donlari o'lchami $A_{c1}+30:50^{\circ}C$ haroratgacha o'zgarimasada bu haroratdan yuqoriroq haroratda keskin yiriklashadi. Yaxshi qaytarilgan po'latlarda esa donlar o'lchamining keskin o'zgarishi $900-950^{\circ}C$ haroratga to'g'ri keladi. Buning boisi shundaki, donlar aro joylashgan oksidlar, nitridlar, sulfidlar va boshqa birikmalar shu haroratga qadar donlar o'sishiga qarshilik ko'rsatadi, lekin harorat $900-950^{\circ}C$ ga yetganda ularning austenitda erishi yuz beradi. Binobarin ular donlar o'sishiga qarshilik ko'rsata olmaydilar. Po'latlarning bu xususiyatini qizdirish haroratlarini belgilashda e'tiborga olish kerak.

4. Agar po'latlarni bu kritik haroratdan o'ta qizdirilsa masalan, $1000-1100^{\circ}C$ gacha austenit donlar yiriklashib ketadi.

5.Ma'lumki, donlar birqancha yirik bo'lsa, ular shuncha mo'rt bo'ladi. Agar po'latlarni AE chiziqqa ($Fe-Fe_3C$ diagrammasiga qarang) yaqin haroratda qizdirilsa, yirik donli po'lat havo kislorodi hisobiga kuyib, zagotovka ishga yaroqsiz xolga keladi. Demak, po'latlarni termik ishlashda qizdirish haroratini

po‘lat markasiga ko‘ra to‘g‘ri belgilashning ishlash sifatiga va ish unumdorligiga ahamiyati g‘oyat katta.

Termik ishlashda pechlar termojuftli potentsiometr bilan jihozlangan bo‘lib, pechni zarur haroratda saqlaydi.

Ikkinchi tomondan, masalan, evtektoid po‘latni austenit holatidan, sekin sovitishda austenitda uglerodning erish qobiliyati kamayishi sababli undan uglerod ajralib, sementit hosil bo‘ladigan markazlarni yuzaga keltiradi. Austenitlarning sovish tezligini rostlash ila perlit donlari o‘lchamini o‘zgartirish mumkin. Tubanda po‘latlarni termik ishlash usullari va ularni qanday bajarish xaqida ma‘lumotlar keltiriladi.

Diffuznoy yumshatishdan quyma po‘lat zagotovkalar kimyoviy tarkibining notekisligini tekislash maqsadida foydalaniladi. Buning uchun evtektoidgacha bo‘lgan po‘lat zagotovkalarini A_{s3} kritik haroratdan 200–300°C yuqoriroq haroratgacha qizdirib, shu haroratda 10-15 soat saqlanadi, keyin 600°C haroratgacha pech bilan birga, so‘ngra havoda sovitiladi. Zagotovkalarini yuqori haroratda qizdirishda austenit donlaridagi uglerod va boshqa elementlar diffuziyalanib, tarkibi deyarli tekislanadi va bunda austenit donlari yiriklashadi. Shu boisdan diffuzion yumshatishdan keyin donlarni maydalash maqsadida zagotovkalar to‘la yumshatilmog‘i kerak.

Qayta kristallanuvchi yumshatish. Sovuqlayin bosim bilan ishlangan po‘lat zagotovkalarining fizik puxtaligini pasaytirib plastikligini ko‘tarish yo‘li bilan ichki zo‘riqish kuchlanishlardan holi etish maqsadida bu ishlovdan foydalaniladi. Buning uchun po‘lat zagotovkalarini 680–700°C haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma‘lum vaqt saqlab, keyin pech bilan birga sekin sovitiladi.

Ichki zo‘riqish kuchlanishlarni kamaytirish uchun yumshatish. Shtamplash, payvandlash kabi texnologik usullarda olingan buyumlardagi ichki zo‘riqish kuchlarni kamaytirish uchun ularni 350–600°S haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma‘lum vaqt saqlab, keyin pech bilan birga sekin sovitiladi.

To‘la yumshatish. Yumshatishning bu usulidan yirik donli po‘lat zagotovkalar donlarini maydalash yo‘li bilan tekislab, ichki zo‘riqish kuchlanishlaridan holi etish maqsadida foydalaniladi. Buning uchun evtektoidgacha bo‘lgan po‘lat zagotovkalarini A_{s2} kritik haroratdan, evtektoid va evtektoiddan keyingi po‘latlarni A_{s1} kritik haroratdan 30–50°S yuqoriroq haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma‘lum vaqt saqlab, keyin pech bilan birga sovitiladi. Shuni ham qayd etish lozimki, agar evtektoiddan keyingi po‘lat zagotovkalar A_{s1} kritik haroratli chiziqdan yuqoriroq haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma‘lum vaqt saqlab, keyin pech bilan birga sovitilganda ajratilayotgan ikkilamchi tsementit perlit donlarini o‘rab mo‘rtlashtirib yuboradi. Shu sababli bu po‘latlar austenit tuzilishli holgacha qizdirilmaydi.

Chala yumshatish. Yumshatishning bu xilidan po‘lat zagotovkalarni ichki zo‘riqish kuchlanishlaridan holi etib, mexanik ishlovlarga moyil etish maqsadida o‘tkaziladi. Buning uchun po‘latlarni 750–780°S haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma’lum vaqt saqlab, keyin pech bilan birga sekin sovitiladi.

Izotermik yumshatish. Bu usuldan to‘la yumshatish maqsadlarida foydalaniladi. Bunda evtektoidgacha bo‘lgan po‘lat zagotovkalarni As_3 kritik haroratgacha, evtektoid va evtektoiddan keyingi po‘latlarni esa As_1 kritik haroratdan 30–50°S dan yuqoriroq haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma’lum vaqt saqlab turiladi, keyin kutilgan maqsadga ko‘ra, masalan, 600–700°S li muhitga o‘tkazib, unda austenit ferrit bilan tsementit fazalarga to‘la parchalanguncha saqlanadi, so‘ngra havoda sovitiladi.

Donador perlit olish maqsadida yumshatish. Bu usuldan evtektoiddan keyingi po‘lat zagotovkalardagi plastinka tarzidagi tsementit donlarini mayda donli tuzilishga o‘tkazish uchun foydalaniladi. Buning uchun po‘lat zagotovkani Ac_1 kritik haroratdan bir oz yuqoriroq haroratgacha (750–760°S) qizdirilib, shu haroratda ma’lum vaqt saqlanadi, keyin pech bilan birga sekin sovitiladi.

Ma’lumki, po‘lat zagotovkalarni As_1 kritik haroratdan bir oz yuqoriroq haroratda qizdirilganda perlit donlari austenitga aylanib, sementit donlari saqlanib qoladi. Bu po‘latlarni shu haroratdagi holatidan sovitishda esa tsementit va begona birikmalarning donlari qo‘shimcha kristallanish markazlari hosil qilib, mayda, donador perlit tuzilma olinadi.

Normallash. Po‘lat zagotovkalarining donlari maydalanib bir tekis tuzilmali bo‘lib qoladi va ichki kuchlanishlardan holi etiladi. Buning uchun po‘lat zagotovkalarni markasiga ko‘ra As_3 yoki As_1 kritik haroratdan 30–50°S yuqoriroq haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma’lum vaqt saqlab, keyin havoda sovitiladi. Po‘latlarning markalariga ko‘ra bu ishlovdan yumshatish yoki toblash o‘rnida foydalansa ham bo‘ladi.

Toblash. Bu usuldan konstruksion po‘latlardan tayyorlanadigan tishli g‘ildiraklar, vallar, kulachoklar va boshqalarning puxtaligini, asbobsozlik po‘latlardan tayyorlanayotgan keskichlarning keskirligini ko‘tarib kam yeyiladigan tish maqsadida foydalaniladi. Buning uchun evtektoidgacha bo‘lgan po‘lat zagotovkalar As_3 kritik haroratdan evtektoid va evtektoiddan keyingi po‘latlar As_1 kritik haroratdan 30–50°S yuqoriroq temperaturada qizdirilib, shu temperaturada ma’lum vaqt saqlanadi, keyin kritik tezlik (v_{kp} dan yuqori tezlikda sovitiladi. Bunda austenit ferrit bilan tsementitga parchalanishga ulgurmaydi va martensit deb ataluvchi uglerodga o‘ta to‘yingan qattiq eritmaga $[Fe_a(S)]$ o‘tadi hamda uning qattiqligi HRC ~ 62 ga ko‘tariladi.

Agar austenit holatidagi po‘lat zagotovkani, masalan, moyda (sekundiga 80–100°S tezlikda) sovitilsa, austenit ferrit bilan tsementitning juda mayda bo‘lgan

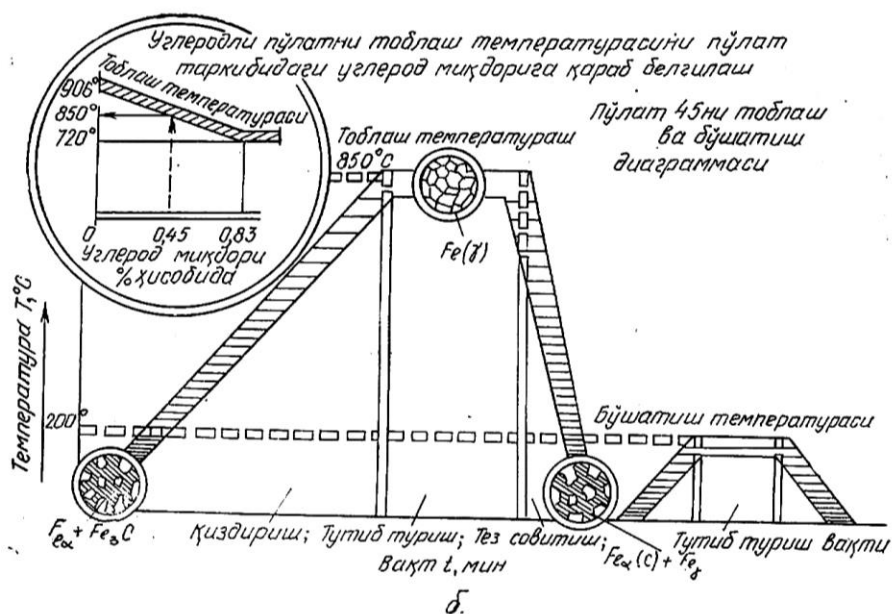
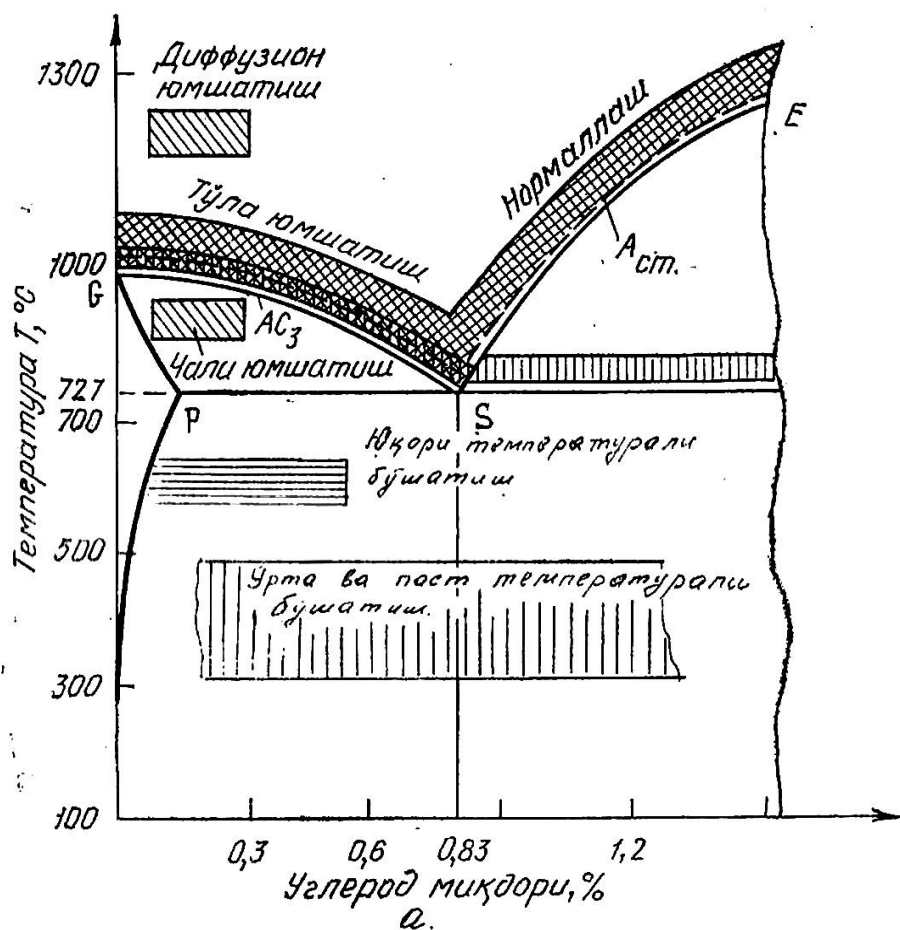
mexanik aralashmalariga parchalanib, troostit deb ataluvchi tuzilishga o'tadi va uning qattiqligi HRC 40-45 ga ko'tariladi. Agar austenit holatidagi po'lat zagotovkalarini, masalan, qizdirilgan moyda (sekundiga 50–70°C tezlikda) sovitib, u troostit tuzilishli donalariga nisbatan yirikroq bo'lgan ferrit bilan tsementitning mexanik aralashmasiga parchalanib, sorbit deb ataluvchi tuzilishga o'tadi va uning qattiqligi HRC 30-35 ko'tariladi.

Shuni qayd etish zarurki, amalda kam uglerodli ($C < 0,3\%$) po'lat zagotovkalar toblanmaydi, chunki, bu po'latlar toblaganda uning martensitga o'tish temperaturasi o'rtacha va ko'p uglerodli po'latlarga qaraganda ancha yuqoriroqligi sababli sovitishda austenit ferrit bilan tsementit fazalarga parchalanib kutilgan martensit tuzilma olinmaydi. Ma'lumki, po'lat zagotovkalarini toblashda sirt qatlami o'zak qismiga qaraganda tezroq sovishi natijasida fazalar o'zgarishi oqibatida unda zo'riqish kuchlari hosil bo'ladi. Agar u kuchlanishlar katta bo'lsa, zagotovka tob tashlashi va yorilishi mumkin. Shuning uchun toblanadigan zagotovkalarini markasiga, shakliga va o'lchamlariga ko'ra toblash muhitiga va unga kay tarzda tushirishga ahamiyat berish ham kerak.

Bo'shatish. Bu usuldan toblangan po'lat zagotovkalarini ichki zo'riqish kuchlanishlaridan holi etish bilan qattiqligi saqlangan holda, qovushoqligini ko'tarish maqsadida foydalaniladi. Toblangan po'lat zagotovkalarini bo'shatishdan kutilgan maqsadlarga ko'ra bo'shatishni tubandagi tartiblarda olib boriladi.

Past temperaturali bo'shatish. Bu bo'shatishdan maqsad toblangan, masalan, keskichlar yoki o'lchov asboblarini ichki zo'riqish kuchlanishlaridan holi etib qattiqligi saqlangan holda qovushoqligini ko'tarishdir. Buning uchun toblangan po'lat 150–250°C haroratgacha qizdirilib shu haroratda ma'lum vaqtga saqlanadi, keyin sekin sovitiladi.. Bunda bo'shatilgan martensit tuzilma olinadi. O'rtacha temperaturali bo'shatish. Bu bo'shatishdan maqsad toblangan, masalan, prujina, shtamlarni ichki zo'riqish kuchlanishlaridan holi etib, qovushoqligini ko'tarish va troostit tuzilma olishdir. Buning uchun toblangan po'lat zagotovkalar 350–500°C haroratgacha qizdirilib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlanadida, keyin sekin sovitiladi.

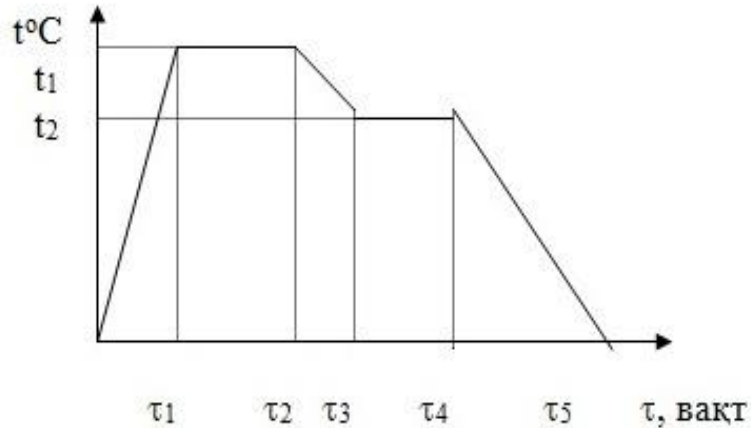
Yuqori temperaturali bo'shatish. Bundan bo'shatish toblangan konstruksion po'latlardan tayyorlayotgan detallar qovushoqligini va plastikligini ko'tarib, sorbit tuzilma olish maqsadida o'tkaziladi. Buning uchun toblangan po'lat zagotovka 500–650°C haroratgacha qizdirilib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlanadi va sekin sovitiladi. Quyidagi rasmga qarang (rasm).



Rasm 2 Po‘latlarni turli termik ishlovda qizdirish haroratlari (a) va ularni toblash harorati tarkibidagi uglerod miqdoriga qarab aniqlash hamda toblab bo‘shatish grafik tarzida ko‘rsatilishi

Termik ishlash asoslari

Termik ishlash deb, metall qotishmalarini qizdirish, ushlab turish va sovitish operatsiyalar yig'indisiga aytiladi, qaysiki ichki qurilishi va strukturasi o'zgarishi hisobiga kerakli xossalarni olishni maqsad qilib qo'yadi. Termik ishlash oxirgi yoki oraliq operatsiya bo'lishi mumkin. Termik ishlash natijasida struktura o'zgarib, muvozanat va nomuvozanat holatda bo'lishi mumkin.



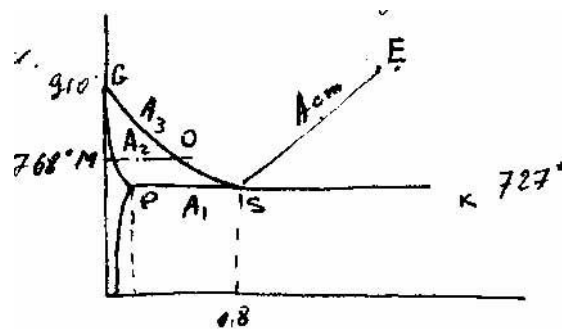
Rasm 3 Termik ishlash diagrammasi

Muvozanat holat qotishmadagi barcha jarayonlar to'la tugallangandan so'ng amalga oshadi. Nomuvozanat holat bunga qarshi sharoitda vujudga keganida bo'ladi.

Uzoq vaqt saqlanadigan nomuvozanat holatga misollar: puxtalanish ("наклеп"), kimyoviy tarkibi bir xil emasligi likvatsiya natijasida, "bo'lat" po'latini strukturasi.

Qizdirish natijasida atomlarning issiqlik harakatlarining kattalishishi muvozanat holatga o'tishga yordam beradi.

Kritik nuqtalar A harfi bilan belgilanadi: frantsuzcha "arret" - to'xtash so'zidan. A_1 - PSK chizig'i bo'ylab (727°C) joylashib perlitni austenitga o'tishga to'g'ri keladi. A_2 - MO (768°C) chizig'i bo'ylab, ferritni magnitli o'zgarishini ifodalaydi.



A_3 - GS va SE chiziqlariga to'g'ri keladi.

Rasm 4 Kritik nuqtalar va chiziqlar

GS - chizig'i bo'ylab austenitdan ferrit ajralib chiqib boshlaydi sovuqtilganda; yoki ferritni austenitga aylanishi tugaydi, qizdirilganda. SE bo'ylab austenitdan

ikkilamchi sementit ajrala boshlaydi sovutilganda; yoki tugaydi uning austenitdagi erishi qizdirilganda.

O'tishlar (bir holatdan ikkinchiga) qizdirish va sovitishda har xil temperaturada o'tgani uchun: qizdirilayotganda "C"; "r" - sovutilayotganda indeksleri qo'yiladi: Ac_1 ; Ac_3 ; Ar_1 ; Ar_3 .

Termik ishlash usullari 3 xil:

1.Sof termik ishlash; 2. Termo-mexanik ishlash; 3. Kimyoviy-termik ishlash.

Sof termik ishlashga: a) yumshatish, b) normallashtirish, v) toblash, g) bo'shatish.

Po'latni qizdirishdagi o'zgarishlar.

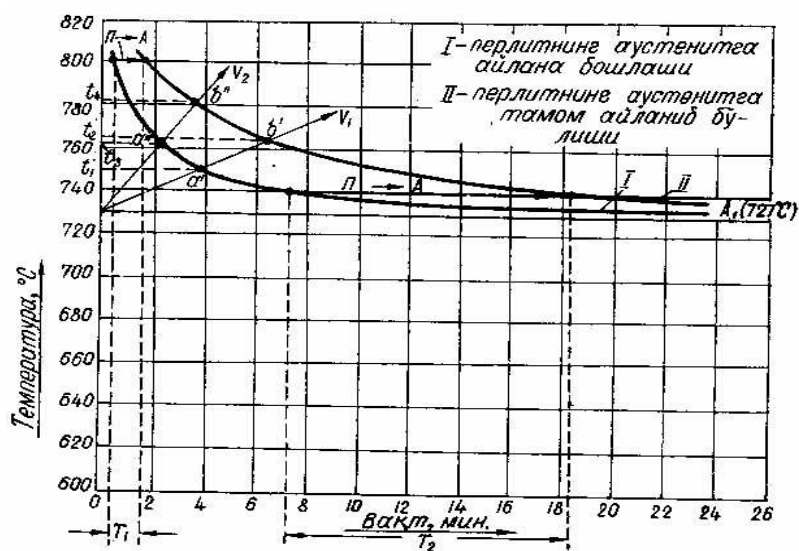
Austenitning hosil bo'lishi

Fe-Fe₃C holat diagrammasi muvofiq, evtektoidgacha bo'lgan po'lat Ac_3 kritik nuqtadan, evtektoid po'lat Ac_1 kritik nuqtadan, evtektoiddan keyingi po'lat esa A_{st} kritik nuqtadan yuqori temperaturagacha qizdirilsa, faza o'zgarishlari sodir bo'lib, bu o'zgarishlar austenit hosil bo'lishi bilan tugaydi.

Po'lat qizdirilganda **perlitning austenitga aylanish** protsessi diqqatga sazovor hodisadir. Po'lat nihoyatda sekin qizdirilgandagina perlit 727^{oC} temperaturada austenitga aylanadi, aks holda perlitning austenitga aylanish protsessi kechikib, o'ta qizish hodisasi ro'y beradi. Kritik nuqtadan yuqori temperaturagacha o'ta kizilgan perlit austenitga har xil tezlik bilan aylanadi. O'ta qizdirilgan perlitning austenitga aylanish tezligi o'ta qizish darajasiga bog'liq bo'ladi.

Quyidagi rasmda har xil temperaturalarda (o'ta qizish darajalarida) perlitning austenitga aylanish vaqtini

ko'rsatuvchi egri chiziqlar tasvirlangan.

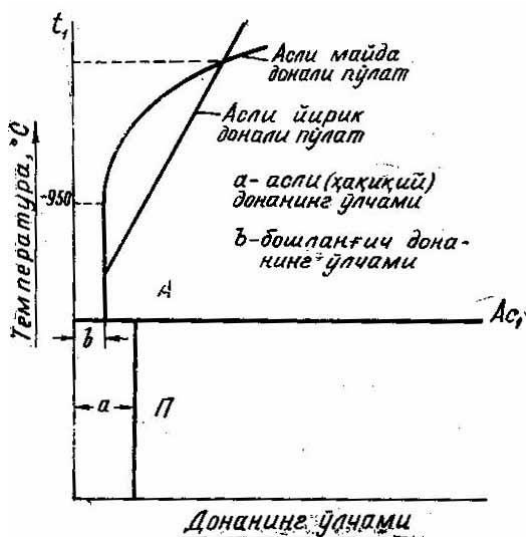


Rasm 5 Austenitni hosil bo'lish grafigi

I va II - egri chiziqlarning o'zaro joylashuvi temperatura qancha yuqori bo'lsa, **perlit** austenitga shuncha tez aylanishini ko'rsatadi. Masalan, po'lat tez qizdirilib, 800°C temperaturada ushlab turilganda perlit austenitga T_1 vaqt ichida; po'lat tez qizdirilib, 740°C temperaturada tutib turilganda esa T_2 vaqt ichida aylanadi. $T_2 > T_1$ diagrammadan yaqqol ko'rinib turibdi.

V_1 nur po'latning ma'lum bir tezlik bilan qizdirilishini ko'rsatadi. Bu nur I va II egri chiziqlarni a' va v' nuqtalarda kesib o'tadi. Demak, po'lat V_1 tezlik bilan uzluksiz qizdirilsa, a' nuqtaga to'g'ri keladigan t_1 temperaturada perlitni austenitga aylanishi davom etib, v' nuqtaga to'g'ri keladigan t_2 temperaturada tugallanadi. Agar po'lat tezroq qizdirilsa, V_2 nur I va II chiziqlarni a'' va v'' nuqtalarda kesib o'tadi. Binobarin, po'lat tez qizdirilsa, a'' nuqtaga to'g'ri keladigan t_3 temperaturada perlitni austenitga aylanish davom etib, v'' nuqtaga to'g'ri keladigan t_4 temperaturada bu aylanish tugallanadi. Biz yuqorida uzluksiz qizish egri chiziqlarini ham chizish mumkinligini ko'rsatdik.

Yuqoridagi holat evtektoid tarkibidagi po'latlarga oid. Evtektoidgacha po'latlar Ac_1 dan yuqori haroratda austenit va ferritdan, evtektoiddan keyingi po'latlar austenit va tsementitdan iborat. Ac_3 (A_{s1}) gacha qizdirish davrida ferrit va tsementit asta austenitda eriydi Ac_3 dan yuqorida bir fazli austenit struktura bo'ladi. Ikki tur po'lat bo'ladi: 1. Asli yirik donali, 2. Asli mayda donali. Asli yirik donali po'lat donalarining ga moyili yuqori, asli mayda donali po'lat donalariniki esa pastdir. Bu holat quyidagi sxemada berilgan.



Rasm 6 Dona o'lchamlarining haroratga bog'liqligi

Po'latni qizdirish temperaturasi Ac_1 kritik nuqtadan o'tganda po'lat donasi kichrayib ketadi. Mayda donali po'lat qizdirishda davom ettirilsa, austenit donasi taxminan 950 °C temperaturagacha o'smay turadi, shu temperaturadan yuqorida esa austenit donasining iga to'sqinlik qiluvchi g'ovlarning erishi natijasida dona tez o'sa boshlaydi. Yirik donali po'latda austenit donasining iga xech narsa

to'sqinlik qilmagani uchun temperatura Ac_1 kritik nuqtadan o'tgach ko'p o'tmay dona yiriklasha boradi.

Ac_1 kritik nuqtadan ozroq yuqori (nuqtada) temperaturada asli donali po'latdagi austenit donasi asli mayda donali po'latdagi austenit donasiga qaraganda katta; t_1 temperaturadan yuqori temperaturalarda esa, aksincha, asli yirik donali po'latdagi austenit donasi asli mayda donali po'latdagi austenit donasidan kichik bo'ladi. Shu sababli po'latning ayni bir bo'lagidagi donalarning o'lchamiga qarab, asli donadorlikni bilib bo'lmaydi.

Perlit donalarining o'lchami, birinchi navbatda, austenit donalari o'lchamiga bog'liqdir, chunki shu austenitdan hosil bo'ladi. Austenit donalari qanchalik katta bo'lsa, perlit donalari ham shunchalik yirik bo'ladi.

Uglerod miqdori austenit donasining ga moyilligini pasaytiradi: shu evtektoiddan keyingi po'lat donalarining ga moyilligini evtektoid po'latinikidan past. Legirlovchi elementlar ham austenitdonasining ga moyilligini pasaytiradi (demak, austenit donalari mayda bo'ladi).

Po'latni biror tur termik ishlash yo'li bilan unda hosil qilingan donaning o'lchami haqiqiy o'lcham (haqiqiy dona) bo'ladi.

Donalarning o'lchami po'latning mexanik xossalariga ta'sir qiladi. Mayda donachali po'latlar yuqori mexanik xossalarga ega, ayniqsa, yaxshi zarbiy qovushqoqlikka ega bo'ladi.

Po'latda austenit donalarining i po'latning qattiqligiga, uzilishga qarshiligiga, oquvchanlik chegarasiga, nisbiy uzayishga ta'sir etmaydi, lekin zarbiy qovushqoqlikni pasaytiradi.

Po'latni qizdirib turib ishlashning texnologik protsessi po'lat donalarining asli o'lchamiga bog'liq bo'ladi, chunki po'lat xossalariga donalarning haqiqiy o'lchami ta'sir etadi.

O'ta qizish va o'ta quyish hodisasi austenit donalarining i (yiriklashuvi) temperaturaga bog'liq. Temperatura qanchalik yuqori bo'lsa va po'latni bu temperaturada (Ac_1 dan yuqorida) ushlab turish vaqti ko'p bo'lsa, austenit donachalari shunchalik kattalashadi. Yuqori temperaturada qizdirib austenit donalarini yiriklashtirib o'ta qizdirish deyiladi. Haddan tashqari - solidus chizig'i yaqinida qizdirish mumkin emas, chunki, po'latda tuzatib bo'lmaydigan nuqson hosil bo'ladi. Buni o'ta quyish deyiladi: solidus chizig'iga chegarada po'lat donalari chegaralarida asosiy faza va ba'zi qo'shimchalar suyuqlana boshlab, bu yerlarga havo kislorodi kira boshlaydi; metall va qo'shimchalar bilan birikib oksidlar yoki donalarni ajratuvchi pardalar hosil qiladi. Bu puxtalikni va plastiklikni pasaytiradi. Pardani termik ishlash yo'li bilan yo'qotib bo'lmaydi. Bu po'latdan detall yasab bo'lmaydi.

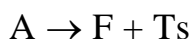
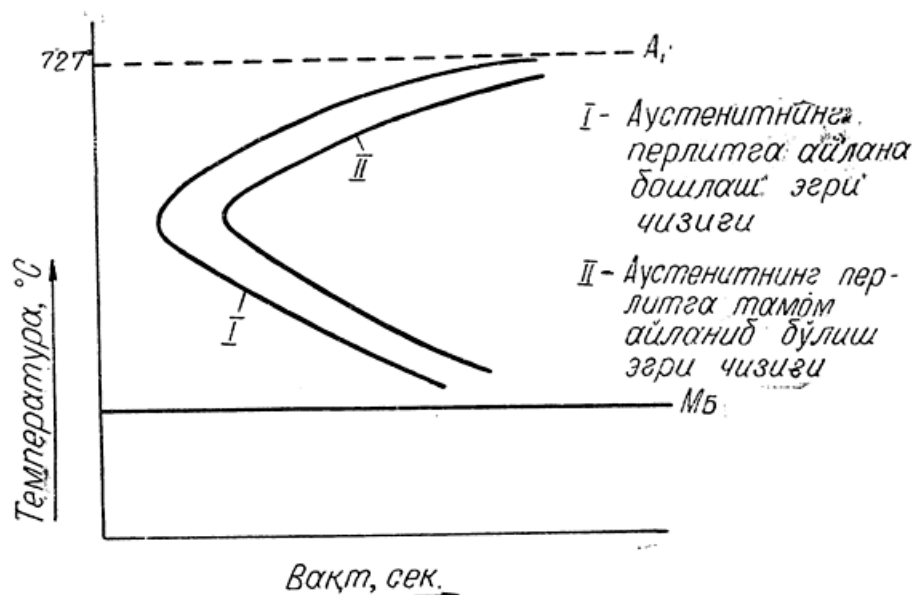
Buni oldingi olish uchun po‘latni solidus chizig‘idan kamida 100-200°C pastda qizdirish kerak.

Po‘latni sovitishda austenitda bo‘ladigin o‘zgarishlar.

O‘ta sovitilgan austenitning o‘zgarishi.

Austenitning perlitga aylanishi

Bu jarayon austenitni **ferrit va tsementit**ga ajralishidan iborat:



Rasm 7 Perlitni hosil bo‘lishi

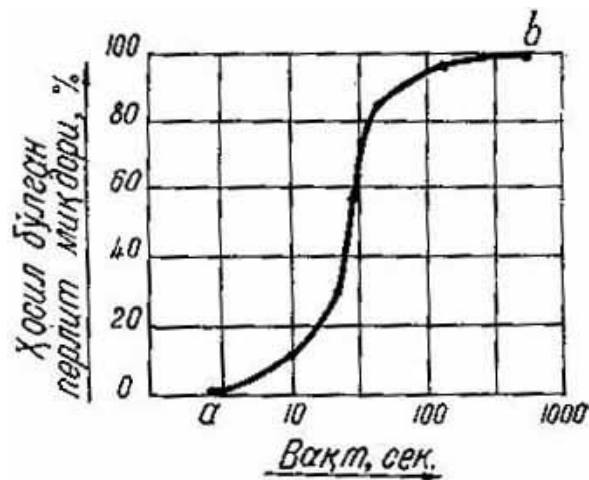
A_1 kritik nuqtada austenit hamda uning parchalanish **mahsulotlari** va perlitning erkin energiyasi bir xil, shu austenit perlitga aylanmaydi A_1 dan pastda perlit erkin energiyasi austenitnikidan kichik bo‘lib qoladi; shunda austenit perlitga aylanaboshlaydi. Temperatura qancha past bo‘lsa, erkin energiyalar farqi shuncha katta bo‘ladi, austenit perlitga shuncha tez aylanadi.

Austenit parchalanganda ferrit va tsementit hosil bo‘ladi Ferritda uglerod nihoyatda kam, tsementitda 6,67%. Demak, austenitning perlitga aylanishida uglerod diffuziya yo‘li bilan qayta taqsimlanadi. Temperaturaning pasayishi diffuziyani pasaytiradi: Bu o‘ta sovitish austenitni perlitga aylanishi protsessini pasaytiradi.

Xulosa qilib aytganda, temperatura pasayishi bilan, bir tomondan $A \rightarrow P$ aylanish tezligi erkin energiya farqi hisobiga tezlashadi, ikkinchi tomondan, uglerod diffuziyasi sekinlashishi hisobiga sekinlashadi.

A_1 da austenit perlitga aylanmaydi. 200°C da ham parchalanmaydi, chunki bunda uglerodning diffuziyalanish tezligi yetarli emas.

Quyida austenitning perlitga aylanishi **kinetik egri chizig‘i** berilgan.



Rasm 8 Austenitni perlitga aylanish kinetik egri chizig'i a nuqtada austenit perlitga aylana boshlaydi. v nuqtada austenitning hammasi perlitga aylanib bo'ladi.

Har xil temperaturada **izotermik** (o'zgarmas temperaturada) **sovo'tishda** a va v nuqtalarni birlashtirsak, austenitning perlitga izotermik aylanishini ko'rsatuvchi diagramma hosil bo'ladi.

Austenit o'zgarishida hosil bo'ladigan strukturalarni ko'rib chiqamiz. Bu sovish tezligiga bog'liq.

650-700°S da perlit hosil bo'ladi. Bunda asosiy faza tsementit bo'ladi. Tsementit plastikalari hosil bo'lishi xisobiga qo'shni uchaskalardagi austenit uglerodga «kambag'allashadi» (uglerodi o'tib ketadi). Bu esa o'z navbatida ferrit plastinkalarini paydo bo'lishga olib keladi.

Ketma-ket qaytariluvchi tsementit va **ferrit plastinkalari** paydo bo'ladi.

Temperatura pasayishi bilan hosil bo'layotgan yangi faza «zarodiysh»lari ko'payadi. Bu plastinkalar sonini ko'paytiradi. Albatta bunda plastinkalar o'lchamlari va ular orasidagi masofa kamayadi. Buni maydalikni – disperslikni oshishi deyiladi.

600-650°C da **sorbit** (ingl. G. Sorbi)

550-600°C da **troostit** (fran. L. Trust)

500°C pastda **beynit**

Perlit, sorbit, troostit hammasi ferrit va tsementitlarning mexanik aralashmasi. Farqi ularning disperiligida.

Perlit sovish tezligi 1°S/syoq da, sorbit 50-80°S/syoq, da, 80-100 °Si da esa troostit va 200-250 °S da martensit hosil bo'ladi.

Disperslik ortishi bilan qattiqlik va mustahkamlik ortadi.

Sovish tezligi katta bo'lganda diffuzion jarayonlar tuxtab, $\gamma \rightarrow \alpha$ polimorf o'zgarish sodir bo'ladi. Austenitda erigan hamma uglerod ferritda kolib, to'yingan qattiq

eritma hosil bo‘ladi. **Martensit** – uglerodning α -temirdagi qattiq eritmasi (suqilib kirgan).

Austenitni martensitga aylanishi diffuziyasiz o‘tib, uglerod miqdori o‘zgarmay, faqat kristallik panjara o‘zgaradi (yoqlari markazlashgan kub \rightarrow hajmi markazlashgan tetragonal panjaraga).

To‘la yumshatishda (A_{S3} dan yuqorida qizdirilib pech bilan birga sovutiladi) bunda mayda donali ferrit-tsementit aralashma bo‘ladi, plastiklik oshib, qirqib ishlash osonlashadi. Chala yumshatishda austenit P va F ga aylanadi, ishlash osonlashadi.

Normallashtirishda (xavoda sovitishda) dagal tsementit setkasi yo‘qolib, quyish, prokat va bolgolahda hosil bo‘lgan yirik donalar yo‘qolib, mayin struktura hosil bo‘ladi.

Bo‘shatishda martensit mo‘rtligi yo‘qoladi.

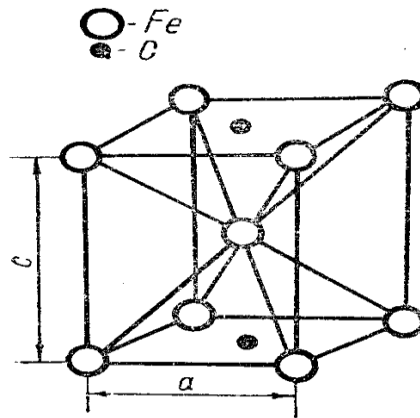
Har xil sovitish darajasida austenitni martensitga aylanishi

Po‘latni sovitish tezligini kattalashtirish bilan yoki unga legirovchi elementlar kiritish bilan austenitni o‘ta sovish darajasini ancha – muncha ko‘tarish mumkin, ya‘ni aylanish (o‘zgarish) haroratini pasaytirish mumkin. Austenitni o‘ta sovish darajasini aylanishlar mexanizmiga va kinetikasiga ta‘sir qiladi; bu degani, aylanishlar **mahsulot**lari strukturasi va xossalriga ta‘sir qiladi degani.

O‘ta sovigan austenitni parchalanish jarayoni ikki xil bo‘ladi: perlitli va oraliqli yoki beynitli (diffuzion); martansitli (diffuzionsiz). **Diffuziya** – qattiq jismda atomlarning harakatidir.

Austenitni, ya‘ni $Fe\gamma(C)$ ning martansitga, ya‘ni $Fe\alpha(C)$ ga aylanishi austenitning evtektoid parchalanishidan farq qiladi. Austenitni evtektoid parchalanishi – perlitga aylanishi diffuzion parchalanishdir, chunki unda uglerodning diffuziyalanishi asosiy rol o‘ynaydi. Austenitni martensitga aylanishi diffuziyasiz o‘zgarish bo‘lib, bu jarayon vaqtida uglerod miqdori o‘zgarmay, faqat kristall panjara o‘zgaradi yoqlari markazlashgan kub panjara hajmi markazlashgan tetragonal panjaraga aylanadi (Rasm).

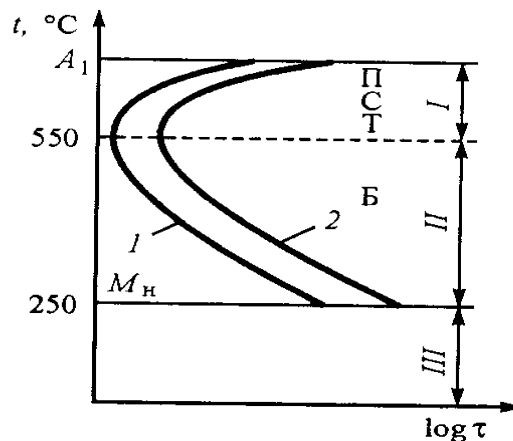
Austenit kristall panjaralarining martensit kristall panjaralarining aylanishi natijasida po‘latning zichligi kamayadi, shuning uchun austenit martensitga aylanganda hajm ortadi; hajmning ortishi esa austenitning martensitga aylanish jarayoniga katta ta‘sir ko‘rsatadi.



Rasm 9 Martensit kristall panjarasining elementar katakchasi

Austenitni perlitga aylanishi

Austenitni turg'unligiga o'ta sovish darajasining ta'siri va aylanish tezligi chizmada diagramma holatida ko'rsatiladi. Bu diagrammalar aylanish harorati – koordinatalarida quriladi. Odatda vaqt logarifmik shkalada belgilanadi. (Rasm)



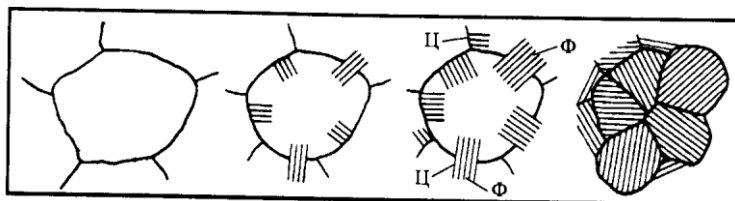
Rasm 10 O'ta sovigan evtektoidli po'lat austenitini izottermik aylanishi diagrammasi. 1- perlitli aylanish; 2- oraliq aylanish; 3- martensitli aylanish. P- perlit; S- sorbit; T- trostit; B- beynit. 1- o'ta sovigan austenitni martensitga aylanishi boshlanishini ko'rsatuvchi chiziq; 2- to'la aylanib bo'lishini ko'rsatuvchi chiziq.

Diagrammada S-simon ikkita egri chiziq ko'rsatilgan. Bular o'sha sovigan austenitni aylanish vaqtini boshlanishi va tugallanishini ko'rsatadi. Chiziq 1 ning chap tomonida o'ta sovigan austenit joylashgan, 1 va 2 orasida aylanish jarayoni o'tadi; chiziq 2 ning o'ng tomonida austenitning aylanish mahsulotlari joylashgan. Austenitning turg'unligi o'ta sovish darajasiga bog'liq. Eng kichik turg'unlik 550 °S ga yaqin zonada; Evtektoid po'lat uchun austenit turg'unligi 550-560 °S haroratda 1 sek.ga teng; 550 °S ga nisbatan haroratning ortishi yoki kamayishi bilan austenit turg'unligi ortadi: masalan, 700 °S da 10 sek.ni; 300 °S da 60 sek.ni tashkil qiladi.

Austenitni Ach1 - 550 °S aylanishi perlitli; 550 °S - Mn intervalidagi aylanishi oraliqli deyiladi.

Perlitga aylanish harorat intervalida ferrit va tsementit intervallaridan tuzilgan plastinkasimon struktura hosil bo‘ladi. Perlitli struktura qurilishi aylanish haroratiga bog‘liq. Kristallanish qonuni asosida, o‘ta sovish darajasi kattalashishi bilan hosil bo‘layotgan kristallar o‘lchamlari kichiklashadi, ya’ni ferrit – tsementit aralashmasi dispersligi (mayda zarrachalarga ajralishi – mayda zarrachalar soni ortishi) oshadi.

Perlitli strukturalarni dispersligi deb plastinkalar orasidagi masofa qabul qilingan. Buni o‘lchash birligi sifatida qo‘shni ferrit (F) va tsementit (Ts) plastinkalarining qalindligini o‘rtacha yig‘indisi olinadi. (Rasm 5.11). Agar aylanish 650-670 °S dan yuqorida o‘tsa ferrit av tsementit kristallarini nisbatan qo‘pol – dag‘al aralashmasi hosil bo‘ladi: bunda plastinkalar orasidagi masofa $(5-7) \times 10^{-7}$ m bo‘ladi. Bu aralashma aslida **perlit** deb ataladi.



Rasm 11 Perlit kolonlarini – koloniyalarini o‘shish sxemasi
(F- ferrit, Ts – tsementit).

Harorat 540-590 °S dagi aylanishda plastinkalar orasidagi masofa $(3-4) \times 10^{-7}$ m ga teng bo‘ladi. Bu perlitli strukturaga **sorbit strukturasi** (ingliz olimi G.Sorbi nomiga) deyiladi. Aylanish harorati 580-550°Sda plastinkalar orasidagi masofa kamayadi va $(1-2) \times 10^{-7}$ ga teng bo‘ladi. Bu struktura **troostit strukturasi** (golland olimi R.Troost nomiga) deyiladi.

Perlitli koloniyalar kristallanish markazlari asosan austenit zarrachalari donalari chegaralarida paydo bo‘ladi; bunda perlitli koloniyalar har tomonga qarab o‘sadi. (Rasm 5.11)

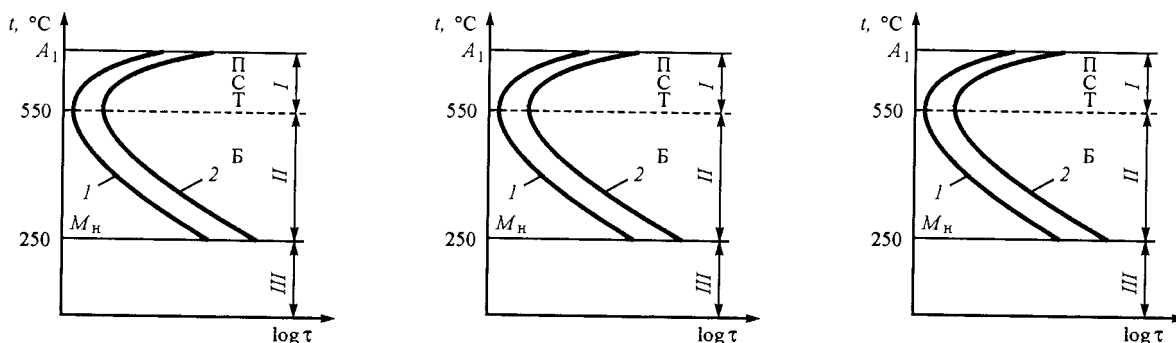
O‘ta sovish darajasini kattalashishi bilan kristallanish markazlarini soni tez ko‘payadi; o‘z navbatida atomlar ko‘chadigan siljiydigan masofa kamayadi. Perlititipdagi strukturani mayda zarrachalanishi (maydalanib zichlanishi) po‘latning mustahkamligi va qattiqqligi ko‘payadi-ortadi. Sarbit strukturasi yaxshi plastiklik va qovishqoqlik qobilyatiga ega.

Austenitni martensitga aylanishi

Martensitga aylanish Mb (martensitga aylanishni boshlanishi) dan Mt (martensitga aylanish tugashi) gacha bo‘lgan harorat oralig‘ida jadal o‘tadi. Shu harorat oralig‘ida ozgina izotermik ushlab turish austenitni turg‘unlashtirib aylanishni

oxirigacha borishga to'sqinlik qiladi; natijada po'lat strukturasi martensitdan tashqari **qoldiq austenit** ham bo'ladi. (Rasm.5.12)

Martensit egri chizig'i



Rasm 12 Martensit egri chizig'i

Qoldiq austenitni ham martensitga aylantirish uchun o'ta sovish darajasini oshirish kerak. Bunda yangi siljish tekisliklari va martensitning yangi plastinkalari hosil bo'ladi. Po'latdagi uglerod miqdori 0,6% dan ortganda ham qoldiq austenit hosil bo'ladi. Shuning uchun juda tez va uzluksiz (to'xtatmasdan) sovitish lozim.

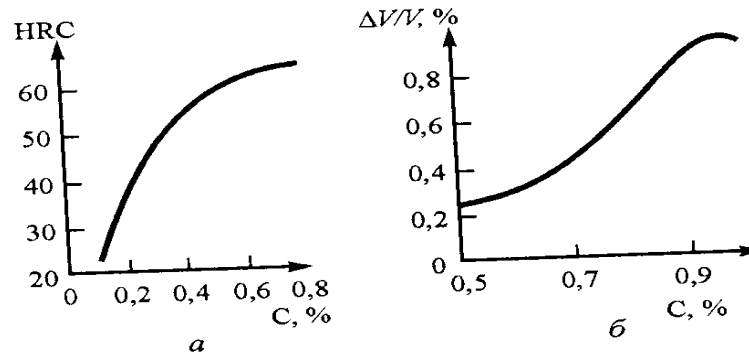
Barcha austenitni butunlay faqat martensitga aylanishini ta'minlovchi eng kichik harorat, **toblash kritik tezligi** deb ataladi. (V_{kr}).

Demak, po'lat V_{kr} dan katta tezlikda sovitilganda martensit hosil bo'ladi - bu uglerodning Fe α dagi to'yingan qattiq eritmasi. Martensit kristallari plastinkasimon formaga ega bo'lib, juda katta tezlik bilan o'sadi - po'latdagi tovish tezligiga ($\sim 5000\text{m/sek}$) (Rasm).



Rasm 13 Po'lat 45ni toblangandan keyingi mikrostrukturasi $\times 500$.

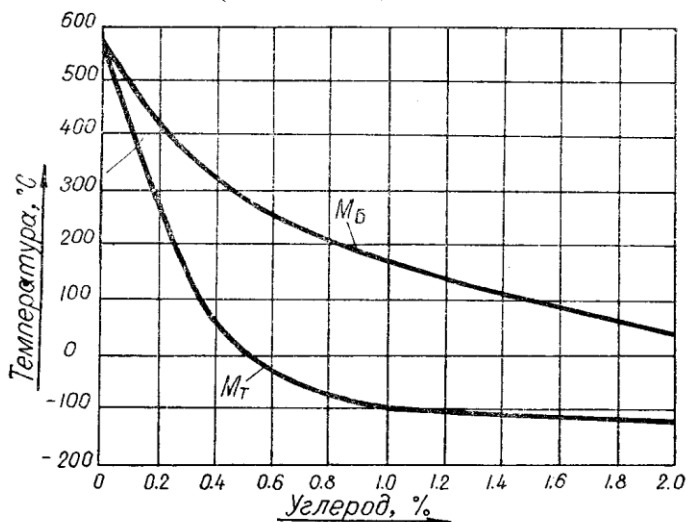
Po'lat martensiti xossalari undagi erigan uglerod miqdoriga bog'liq. (Rasm) da martensit qattigligiga uglerod miqdorining ta'siri ko'rsatilgan.



Rasm 14 Po‘lat martensiti qattiqligining (a) va hajmining uglerod miqdoriga qarab o‘zgarishi.

Martensit yuqori qattiqlikga ega: $HRC \geq 60$. Uglerod miqdori ortishi bilan martensit mo‘rtligi ham ortadi. Martensitga aylanishi bilan po‘lat hajmi ham ortadi (rasm).

Po‘latning boshqa xossalari ham juda katta o‘zgaradi. Uglerod miqdori austenitni martensitga aylanish jarayoni boshlanishi harorati (M_b) va tamom bo‘lishi harorati (M_t) ga kuchli ta’sir ko‘rsatadi. (Rasm)



Rasm 15 Martensit diagrammasi.

Po‘latda uglerod miqdori qancha ko‘p bo‘lsa, austenitni martensitga aylanish jarayoni shunga past haroratda boshlanib, shunga past haroratda tugallanadi. M_b va M_t xororatlariga austenitda erigan legirlovchi elementlar jiddiy ta’sir qiladi. Ko‘pchilik legirlovchi elementlar M_b va M_t xororatlarini pasaytiradi.

Toblangan po‘latni bo‘shatishda bo‘ladigan jarayonlar

Toblangan po‘latni A_1 haroratgacha qizdirishga bo‘shatish deyiladi.

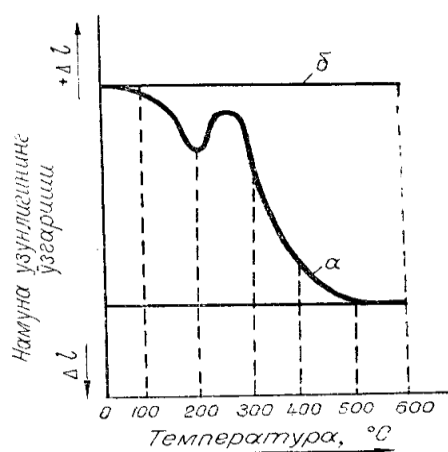
Toblash natijasida ko‘pincha martensit strukturasi olinadi (ayrim qoldiq austenit bilan). Ba’zan sorbit, troosit va beynit olinadi.

Bo'shatish davrida bir necha jarayonlar hosil bo'ladi. Asosiysi – bu martensitni parchalananishi: uglerodli karbid ko'rinishida ajralishi.

Martensitni parchalanishi va karbidlarni paydo bo'lishi hajmni kichiklashishiga olib keladi; austenitni parchalanishi – uni kattalashishiga olib keladi. Hajmni solishtirma hajmini o'zgarishiga qarab bo'shatishdagi fazoviy o'zgarishlar uch xil bo'ladi.

Legirlangan po'latlarda birinchi o'zgarish 80-200⁰S harorati intervalida, ikkinchisi 200-260⁰S harorat intervalida, uchinchisi 260-380⁰ S intervalida o'tadi.

1- davrda martensitdan uglerodni bir qismi metastabilli ϵ – karbidi ko'rinishida ajralib chiqadi va geksogonal panjaraga ega, kimyoviy tarkibi $G'e_2S$ ga yaqin. Erigan uglerod miqdori kamayishi martensit tetragonalligini kamayishiga olib keladi, bu degani namuna uzunligi kamayadi (qisqaradi). Bu hodisaga **birinchi o'zgarish** deyiladi va grafik tarzda rasm 5.16 da ko'rsatilgandek ifodalanadi.



Rasm 16 dilatometrik egri chiziq. a- toblangan po'lat, b- yumshatilgan po'lat

2-davrda (200-260⁰S) gchcha qizdirilganda u kengayadi. Bu harorat oralig'ida qoldiq austenit o'ta to'yingan α -qattiq eritma (martensit) bilan karbidan iborat getrogen (har xil chiziqli) mexanik aralashmaga, ya'ni bo'shatilgan martensitga aylanadi.

3-davrda (260-380⁰S) martensitni parchalanishi va karbidli o'zgarishlar yakunlanadi. Martensitdan o'ta to'yingan uglerod karbid ko'rinishida ajralib chiqadi. α -qattiq eritmani tetragonol panjarasi yo'qoladi- martensit ferritga aylanadi. 380-400⁰S da bo'shatilgandan so'ng po'lat strukturasi faqat tsementit tipidagi karbid ko'rinadi. Bu ikki ko'rsatilgan jarayon po'lat zichligini oshiradi, natijada namuna uzunligi kamayadi. Ichki kuchlanishlar yo'qoladi. Uchinchi davr o'zgarishlari 400⁰S da tugaydi: strukturasi ferrit va tsementitning juda mayda aralashmasidan iborat.

450-650⁰S da bo'shatilganda ferrit-karbidli aralashma hosil bo'ladi, bunga bo'shatish sorbiti deyiladi. A₁ chizig'iga yaqin haroratda bo'shatilganda dag'al ferrit – karbidli aralashma (donador perlit) hosil bo'ladi.

Ko'pchilik legirlovchi elementlar 2 va 3 davr aylanish haroratlarini oshiradi; karbidlarni koogulyatsiya tezligini pasaytiradi va bo'shatishdagi karbidga aylanishiga ta'sir qiladi.

Po'latlarni Cr, Al, Mo, W, Si, So lar bilan legirlaganda martensit parchalanishi pasayadi.

Harorat intervaliga qarab bo'shatish uch xil bo'ladi: a) past haroratda bo'shatish – 120-250, b) o'rta haroratda 350-450⁰S da, v) yuqori haroratda – 500-680⁰S. Past haroratda ushlab turish vaqti keskich ko'ndalang kesim yuzasi kattaligiga qarab 0,5-2 soat bo'ladi. Past bo'shatish 100-120⁰S dan oshmasa, ushlab turish vaqti 10-15 soatgacha uzaytiriladi.

O'rta va yuqori bo'shatishda ushlab turish vaqti,odatda 1-2 soat; katta va og'ir detallar uchun (200-1000 kg) uchun 3-8 soat.