

Қарағанды Техникалық Университеті  
кафедра НТМ

# II ретті жасыту кезіндегі өзгерістер

*Лектор: PhD, Султангазиев Р.Б.*

## Дәрістің жоспары:

- Екінші реттік жасыту.
- Эвтектоидқа дейінгі және кейінгі болаттар үшін екінші реттік жасытудың түрлері.
- Түсті металдарды екінші реттік жасытудың түрлері

- **Екінші текті жасыту** металдар мен қорытпаларды салқындату кезінде диффузиялы фазалық ауысуларды пайдалануға негізделген. Қорытпаға екінші түрдегі жасытуды принципті қолдану мүмкіндігін күй диаграммасы бойынша анықтауға болады.
- Қатты күйде әртүрлі фазалық ауысулар өтеді: полиморфты, эвтектоидты, қыздыру кезінде бір фазаның екіншіге еруі және керісінше – салқындау кезінде бөліну.

II ретті жасыту болаттың  $A_{c1}$  немесе  $A_{c3}$  нүктелерінен жоғары температураға дейін қызуы және, әдетте, кейіннен баяу салқындатылуы болып табылады. Бұл жағдайда қыздыру және салқындату процесінде болаттың құрылымы мен қасиеттерін анықтайтын фазалық түрленулер ( $\gamma \leftrightarrow \alpha$ -түрленулер) өтеді.

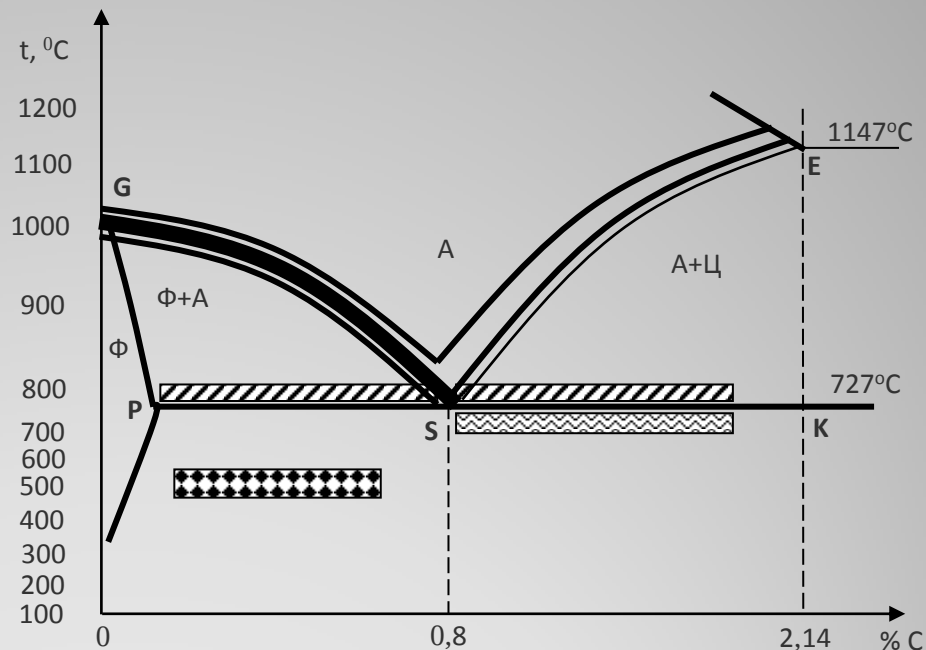
Көміртекті болатты жасйтқаннан кейін құрылымдар алынады темір — цементит; эвтектоидқа дейінгі болаттардағы феррит + перлит; эвтектоидты болаттардағы перлит - перлит және эвтектоидты болаттардағы екінші реттік цементит. Жасйтқаннан кейін болат жоғары пластиктен төмен қаттылық пен беріктікке ие. Фазалық қайта кристалдау кезінде дән ұсақталады және видманштеттов құрылымы мен ликвациядан туындаған жол және болаттың басқа да қолайсыз құрылымдары жойылады.

Көптеген жағдайларда жасыту-дайындық термиялық өңдеу; беріктігі мен қаттылығын төмендетіп, күйдіру орташа және жоғары көміртекті болатты өңдеуді, кесуді жеңілдетеді. Ішкі кернеуді алып тастай отырып және құрылымдық біртектілікті азайтып, күйдіру құю, соғу және прокаттаудан кейін алынған қасиеттермен салыстырғанда икемділік пен тұтқырлықты арттыруға ықпал етеді. Кейбір жағдайларда (мысалы, көптеген ірі құймалар үшін) күйдіру соңғы термиялық өңдеу болып табылады.

Жасытудың келесі түрлері бар: толық, изотермиялық және толық емес.

- **Толық жасыту** эвтектоидқа дейінгі болатты  $A_{сз} + (30 \div 50) ^\circ C$  t-ра нүктесіне дейін қыздыру, осы t-да бұйымның толықтай қызғанынша және металл көлемінде фазалық ауысу аяқталғанша ұстаудан және артынан баяу салқындатудан (әдетте пешпен бірге) тұрады.
- Мұндай жасыту кезінде болаттың толықтай фазалық қайта кристалдануы жүреді, ал салқындату кезінде металдар мен қорытпалардың жоғары тұтқырлығын және иілімділігін қамтамасыз ететін ұсақ түйіршікті құрылым қалыптасады.

# Көміртекті болатты II-ші текті жасытуға қажетті температура аралығы

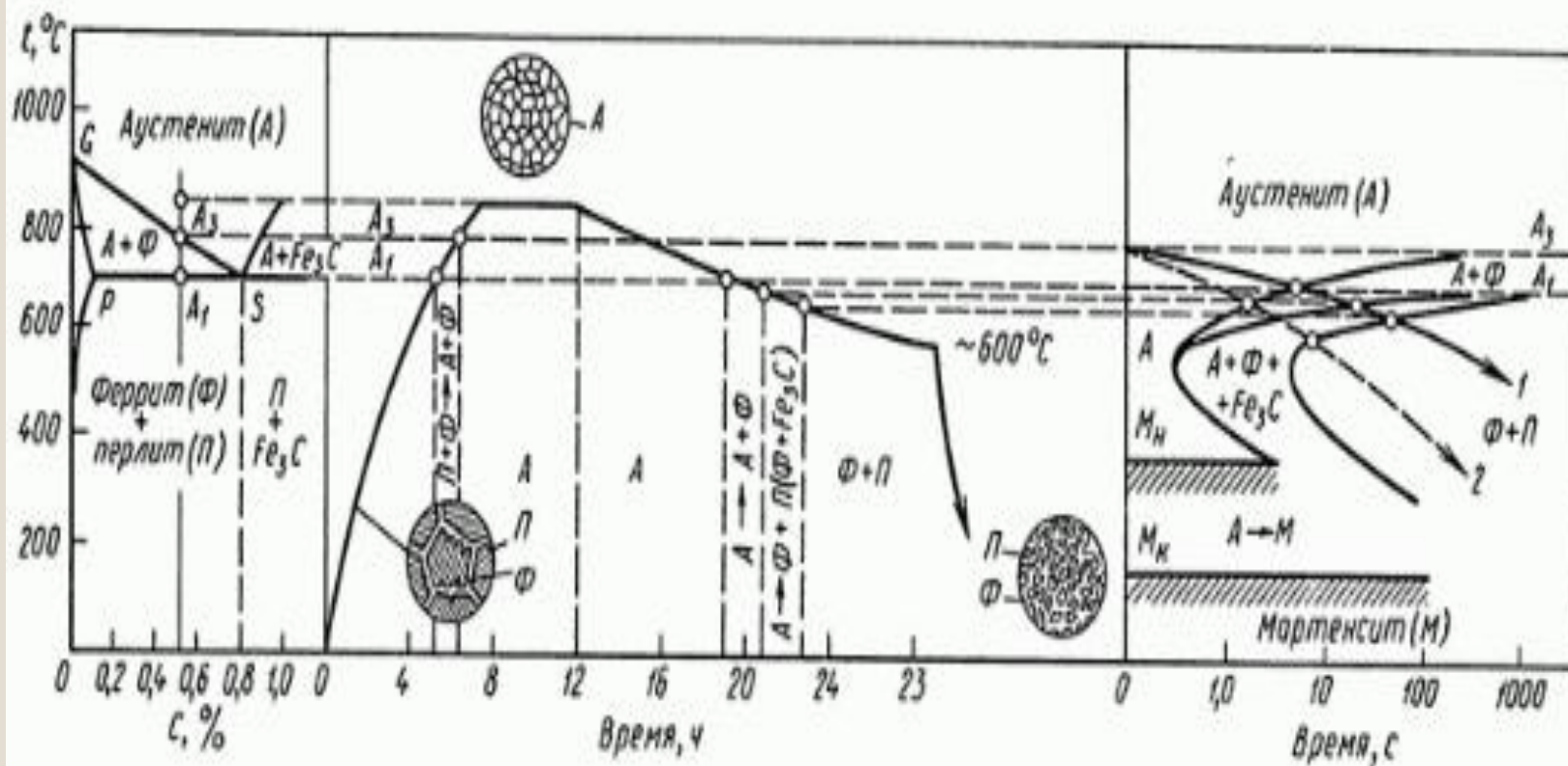


- Толық жасыту
- Қалпына келтіру
- Толық емес (шала) жасыту
- Сфероидтық (изотермиялық) жасыту
- Жоғары жасыту

А<sub>3</sub> нүктесінен жоғары қыздыру температурасының шамадан тыс көтерілуі аустенит дәнінің өсуін тудырады, бұл Болаттың қасиеттерін нашарлатады. Берілген температура кезінде қыздыру уақыты мен ұстау ұзақтығы қыздыру пешінің түріне, бұйымдарды пешке салу тәсіліне, садканың биіктігіне, жартылай фабрикат түріне (табақ, сортты прокат және т.б.) байланысты.

Металлургиялық зауыттарда қыздыру жылдамдығы шектелмейді және оны пештің жылу қуаты бойынша барынша мүмкін (~100 °C жиі) орнатады; ұстау ұзақтығы қыздырылатын металдың 1 тоннасына 0,5-тен 1 сағатқа дейін ауытқуы мүмкін. Металл пештің 400-500 °C температурасында алдыңғы бақшаны түсіргеннен кейін тікелей пешке салынады. Металлургиялық зауыттарда металды қыздыруды периодты әрекет ететін бақша пештерінде немесе біркелкі жылытуды, күйдірудің барлық түрлерін жүргізу мүмкіндігін, механикаландыру мен автоматтандырудың жоғары деңгейін қамтамасыз ететін роликті табаны бар үздіксіз жұмыс істейтін өтпелі пештерде жүргізеді.





1 сурет - көміртекті болаттың аустенит (б) ыдырауының соңғы күйдіру схемасы (а) және изотермиялық бағдарламасы: 1 - күйдіру кезіндегі суыту; 2 - қалыпқа келтіру кезіндегі суыту.

Металлды тотығудан және көміртектенуден қорғау үшін металлургиялық зауыттарда қорғаныс (бақыланатын) атмосферасы кеңінен қолданылады. Қорғағыш атмосфера пеште химиялық тепе-теңдік кезінде  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  көміртекті және тотықтырғыш әсері болатқа  $CO$  және  $CH_4$  қарама-қарсы әсерімен теңестірілетіндей етіп жасалады. Бұл жағдайда атмосфера қорғаныс функцияларын орындайды.

Металлургиялық зауыттарда табиғи газды толық жағу арқылы алынатын ПСО-09 экзотермиялық атмосфераны жиі қолданады (ауаның артық коэффициенті  $\alpha = 0,9$ ), көбінесе табиғи газдың көлемі бойынша  $CH_4$  1-2% – ды қосумен. Атмосфера құрамы: 2 %  $CO$ , 2 %  $H_2$ , 96 %  $N_2$ .

Баяу салқындату артық дисперсиялық феррит-карбид құрылымы мен оған тән жоғары қаттылықтың пайда болуын болдырмау үшін салқындаудың кіші дәрежелерінде аустениттің ыдырауын қамтамасыз етуі тиіс (сурет 1).

Күйдіру кезінде салқындату жылдамдығы салқындатылған аустениттің тұрақтылығына, демек Болаттың құрамына байланысты. Аустениттің тұрақтылығы перлит айналу температурасында неғұрлым көп болса, соғұрлым салқындату баяу болуы керек. Сондықтан салқындатылған аустениттің жоғары төзімділігіне ие легирленген болаттар салқындату жылдамдығы  $100 - 150\text{ }^{\circ}\text{C/сағ}$  құрайтын көміртекті болаттарға қарағанда әлдеқайда баяу ( $40 - 60\text{ }^{\circ}\text{C/сағ}$  жылдамдықпен жиі) салқындатылады.

Аустенит перлит аймағында ыдырағаннан кейін одан әрі салқындатуды тездетуге және тіпті ауада да орындауға болады.

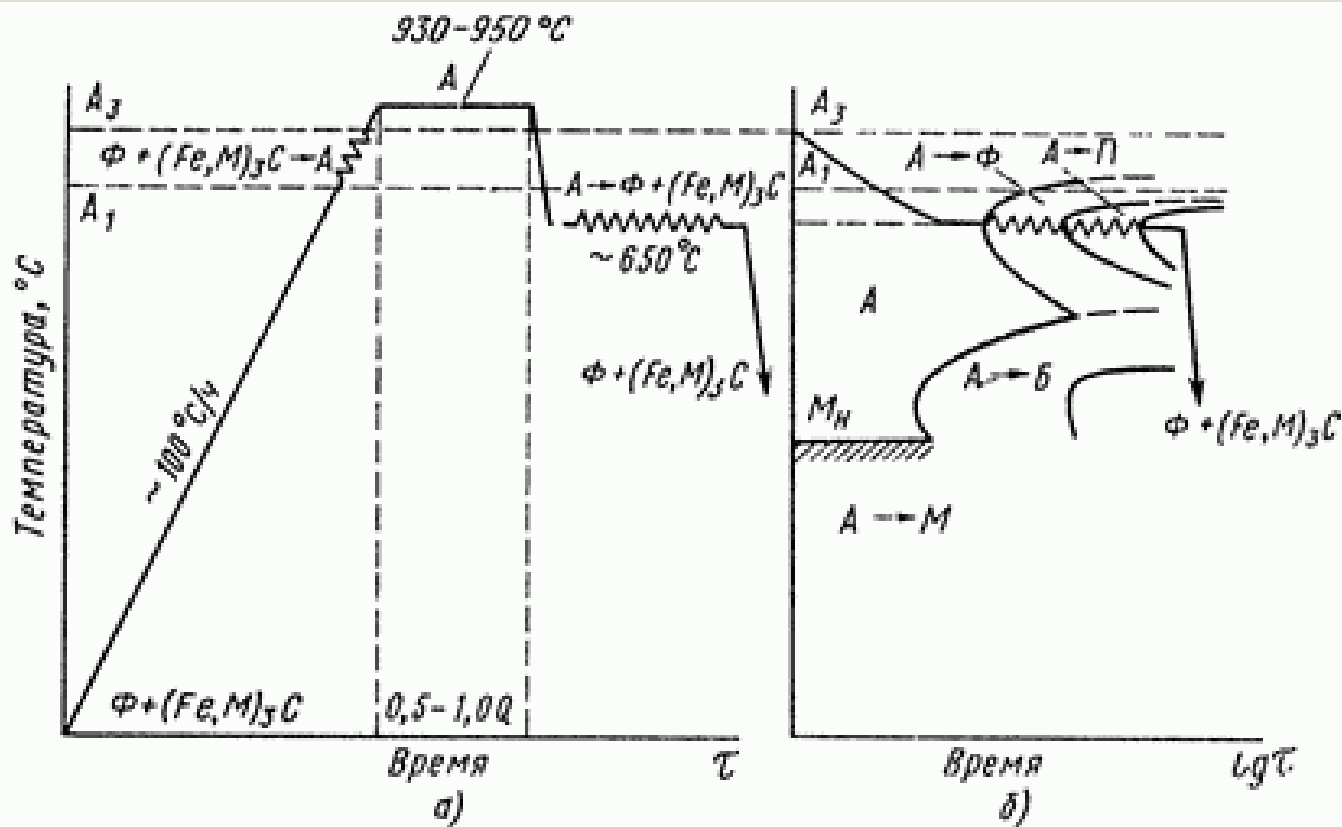
Егер күйдіру кернеуді алуға арналған болса, мысалы, күрделі конфигурациялы құймаларда пешті баяу салқындату қалыпты температураға дейін жүргізіледі.

Толық жасытуға  $0,3 - 0,4\%$  с болаттан жасалған сортты прокат, соғылмалар мен фасонды құймалар жатады.

*Изотермиялық жасыту* толық жасытудың бір түрі болып табылады. Аустениттендіруден кейін болатты  $A_{c1}$  нүктесінен төмен 50 – 100 °С жылдам салқындатады, ал содан кейін салқындаған аустениттің толық ыдырауы үшін ұстауды жүргізеді, одан әрі ауада салқындатады

Изотермиялық жасыту әдетте толық күйдіру сияқты легирленген болатты қыздырудан және  $A_1$  нүктесінен төмен (әдетте 660-680 °C) температураға дейін салыстырмалы тез салқындатудан тұрады. Осы температурада аустениттің толық ыдырауы үшін қажетті 3 – 6 сағат изотермиялық ұсталымды тағайындайды, содан кейін ауада салқындату керек.

Изотермиялық жасытудың бір артықшылығы-процестің ұзақтығын қысқартуда, әсіресе, қоспаланған болаттар үшін, олар қаттылықты төмендету үшін өте баяу салқындатылады. Процесті барынша жылдамдату үшін изотермиялық ұстау температурасын перлит аймағындағы аса салқындатылған аустениттің ең төменгі тұрақтылығы температурасына жақын таңдайды.



Сурет 2 - Болатты изотермиялық күйдіру схемасы ( $Q$ -отырғызу массасы,  $\tau$ )

Изотермиялық жасытудың тағы бір артықшылығы-біртекті феррит-перлит құрылымын алу; изотермиялық ұстау кезінде бұйымның қимасы бойынша температура тегістеледі және болаттың барлық көлемі бойынша айналуы салқындаудың бірдей дәрежесі кезінде болады. Дәндердің ірілендіру және кесу арқылы өңдеуді жақсарту үшін күйдіру температурасын 930-950 °C қабылдайды.

Изотермиялық жасытуға көлемі аз қоспаланған цементтелетін болаттан жасалған соғылмалар (қалыптық дайындамалар) және сорттық илектер жиі ұшырайды.

Үлкен бақшаларды (20-30 тонна және одан да көп) күйдіру кезінде изотермиялық ұстау температурасына дейін жылдам және біркелкі салқындату мүмкін емес. Жеке бөліктердегі өзгерістер әртүрлі температураларда өтеді, бұл бір бақшаның шегінде біркелкі емес құрылым мен қаттылыққа әкеледі, сондықтан мұндай бақшалар үшін изотермиялық жасыту әдетте қолданылмайды.

0,65 – 0,9% C құрайтын болаттан жасалған серіппелі (арқанды) сым суық созылу алдында изотермиялық өңдеуге — патенттеуге ұшырайды. Патенттеу үшін сымды біртекті аустенит алу үшін Жоғары температуралы аустениттеуге ұшырайды, содан кейін температурасы 450-550 °C балқытылған тұз арқылы өткізеді. Мұндай құрылым суық созылғанда үлкен қысуды (75% – дан астам) үзбей беруге және соңғы суық созылудан кейін жоғары беріктікті алуға мүмкіндік береді ( $\sigma_b = 2000-2250$  МПа).



# Толық емес жасыту

Толық емес жасыту болаттан төмен температураға дейін қызады ( $A_1$  нүктесінен сәл жоғары). Эвтектоидқа дейінгі болаттарды толық емес жасыту оларды кесу арқылы өңдеуді жақсарту үшін қолданылады. Толық жасытылмаған кезде Болаттың жартылай кристалдануы — перлиттің аустенитке өтуі салдарынан болады. Артық феррит аустенитке ішінара айналады. Конструкциялық легірленген болаттарды мұндай күйдіру  $750-770^\circ\text{C}$  кезінде, кейіннен  $30 - 60^\circ\text{C}/\text{сағ}$  жылдамдықпен (Болаттың легірленуі жоғары болған сайын, баяу салқындату соғұрлым)  $600^\circ\text{C}$  дейін, одан әрі ауада салқындатылады.

Толық емес жасыту ЭВТЕКТОИДТЫ көміртекті және легирленген болаттар үшін кеңінен қолданылады. Бұл болаттарда  $A_1$  нүктесінен сәл жоғары (әдетте  $10 - 30^\circ\text{C}$ ) температураға дейін қыздыру жүргізіледі, бұл іс жүзінде толық қайта кристалдануды тудырады және пластиналы перлиттің орнына түйіршікті (сфероидальды) пішінін алуға мүмкіндік береді. Мұндай сығу сфероидизация деп аталады.

Қыздыру кезінде ерімеген цементиттің бөлшектері немесе көміртегінің толық емес гомогенизация есебінен жоғары концентрациясы бар аустенит аймағы цементит ерігеннен кейін кейіннен  $A_1$  нүктесінен төмен температураға дейін салқындатылғанда бөлінетін және бұл жағдайда түйіршікті пішінді қабылдайтын цементитке арналған кристалдау орталықтары болып табылады.  $A_1$  нүктесінен айтарлықтай жоғары температураға дейін қыздыру және цементиттің көп бөлігінің еруі және аустениттің неғұрлым толық гомогенизациясы нәтижесінде оны  $A_1$  нүктесінен төмен бөліп алу пластиналы түрде болады. Егер артық цементит тор түрінде болса (қараңыз. сур. Осы күйдіру алдында аустенит шекарасы бойынша осы цементиттің бөлінуінің алдын алу үшін ауада немесе ауа ағысында кейіннен салқындатумен екінші реттік цементиттен торды еріту үшін Аост нүктесінен жоғары температураға дейін қыздырумен қалыпқа келтіруді жүргізу қажет. Қалыпқа келтіру жиі илектеу (соғу) қыздыру арқылы жүргізіледі.

Күкіртті цементитке күйдіру үшін эвтектоидты құрамға жақын болаттардың қызу температурасының тар аралығына ие (750-760 °C), эвтектоидты көміртекті болаттар үшін аралық 770-790 °C дейін кеңейтіледі.

Сфероидизация кезінде салқындату баяу. Ол аустениттің феррит-карбид құрылымына ыдырауын, 620-680 °C дейін салқындағанда пайда болған карбидтерді сфероидтауды және коагуляцияны қамтамасыз етуі тиіс. Қатты салқындатылған аустениттің ыдырауы және карбидтердің коагуляциясы үшін қажетті тұрақты температурада ұстау күйдірілетін металдың салмағына байланысты 1-3 сағатты құрайды. Кейінгі салқындату ауада жүргізіледі.

Түйіршікті перлиті бар болаттың қаттылығы төмен, уақытша кедергісі және ұзаруы мен тарылуына қатысты жоғары мәні бар. Мысалы, пластинкалы перлиті бар эвтектоидты болаттың түйіршікті перлиті бар 228 НВ а қаттылығы — 163 НВ және тиісінше 820 және 630 МПа уақытша кедергісі, салыстырмалы ұзаруы 15 және 20 %. Түйіршікті перлитке күйдіргеннен кейін эвтектоидты және ээвтектоидты болаттарға кесудің ең жақсы өңделу қабілеті бар, яғни үлкен кесу жылдамдығын қолдануға болады және бетінің жоғары тазалығы қол жеткізіледі.

Сондай - ақ жұқа табақтар мен төмен және орташа көміртекті болаттан жасалған шыбықтар суықтай қалыптау немесе созылу алдында иілгіштігін арттыру үшін түйіршікті перлитке күйдіреді.

- ***Қалыптандырушы жасыту (нормалдау).***  
Болатты  $GSE$  сызықтарынан жоғары  $30 \div 50$  °C  $t$ -ға дейін қыздырады және ауада салқындатады. Жасытумен салыстырғанда жылдамдатылған салқындату  $A$ -ті көп салқындатады және эвтектоидтың өте жұқа құрылымы алынады (жұқа перлит немесе сорбит). Қалыптандырудан кейін болаттың беріктігі жасытудан кейінгіден артық болады.

Қалыпты күйдіру (қалыпқа келтіру) эвтектоидқа дейінгі болатты  $A_{C3}$  нүктесінен 40-50 °С-қа асатын температураға дейін, эвтектоидты болатты  $A_{CT}$  нүктесінен 40-50 °С-қа жоғары температураға дейін қыздырудан тұрады. Қалыпқа келтіру болаттың толық фазалық қайта кристалдануын тудырады және илектеу, соғу немесе қалыптау кезінде құю кезінде алынған ірі түйіршікті құрылымды жояды. Қалыптандыру кеңінен шынықтыру және босату орнына болат құймалардың қасиеттерін жақсарту үшін қолданылады.

Ауадағы жылдам салқындату (1-сурет, 2-қисық) аустениттің төмен температураларда ыдырауына әкеледі, бұл феррит-цементит құрылымының дисперсиялығын арттырады және перлит немесе, дәлірек айтқанда, сорбит немесе троостит мөлшерін арттырады. Бұл орташа және жоғары көміртекті болаттың беріктігі мен қаттылығын күйдірілген болатпен салыстырғанда арттырады.

Ыстықтай илектелген болаттың қалыпқа келуі оның сынғыш қирауға қарсылығын арттырады, бұл салқындық шегінің төмендеуімен және жарықтың дамуы жұмысының артуымен сипатталады.

Қалыпқа келтіру мақсаты болаттың құрамына байланысты әр түрлі. Төмен көміртекті болат үшін күйдіру орнына қалыпқа келтіру қолданылады. Қаттылықты арттыру кезінде қалыпқа келтіру кесу және таза бетті алу кезінде үлкен өнімділікті қамтамасыз етеді. Орташа көміртекті болаттан жасалған Құймалар үшін жоғары босатылатын қалыпқа келтіруді шыңдау және жоғары босату орнына қолданады. Бұл жағдайда механикалық қасиеттері біршама төмен, бірақ бөлшектер шыңдау кезінде алынғандармен салыстырғанда аз деформацияға ұшырайды және жарықтардың пайда болу ықтималдығы іс жүзінде жойылады.

Кейінгі жоғары босатумен (600-650 °C) қалыпқа келтіруді толық жасытудың орнына легирленген болаттардың құрылымын түзету үшін жиі пайдаланады, өйткені бұл екі операцияның өнімділігі мен еңбек сыйымдылығы бір жасытудан жоғары.

Конструкциялық легирленген болаттан жасалған сортты ыстықтай тапталған прокатты (диаметрі 13-15 мм) қалыпқа келтіру үшін қыздыру жиі жоғары жиілікті токпен арнайы қондырғыларда жүргізіледі.



- Эвтектоидқа дейінгі болатты **шала жасытуды**  $A_{c1}$  жоғары, бірақ  $A_{c3}$  төмен  $t$ -ға дейін қыздыру кезінде жүргізеді. Бұл жасытуды эвтектоидқа дейінгі болаттарға шектеулі пайдаланады, себебі жартылай жасыту қажетсіз өлшемдер мен артық  $\Phi$ -тің пішінімен байланысты кемшіліктерді жоя алмайды.
- **Сфероидты жасытуды** эвтектоидтан кейінгі болаттар үшін пайдаланылады, нәтижесінде түйіршікті  $P$ -тің құрылымы түзіледі, сондықтанда бұл жасытуды сфероидты жасыту деп аталады.

- ***Патенттеу*** - диффузиялық ауысудың  $t$ -лық аралығының төменгі бөлігінде салқындаған  $A$ -тің ыдырауы жүретін изотермиялық өңдеудің бір түрі болып табылады. Патенттеуді үлкен ...суық пластикалық деформацияны құрылымды жасаумен және бұл кезде беріктік қасиеттердің жоғары деңгейін алу мақсатымен сымды дайындау кезінде қолданады.

## СӨЖ үшін бақылау сұрақтары:

- Толық жасыту.
- Толық емес жасыту.
- Сфералық жасыту.
- Изотермиялық жасыту.
- Нормалдау.
- Патентирлеу.

## Әдебиеттердің тізімі:

1. Гуляев А.П. Металловедение, учебник, 6-е издание, перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1986, 541с.
2. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. Учебник, 3-е издание, перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1984, 360с.
3. Лифшиц Б.Г. Металлография. – М.: Металлургия, 1977, 320с.
4. Геллер Ю.А., Рахштадт А.П. Учебное пособие для вузов. Материаловедение. – М.: Металлургия, 1989, 456с.
5. Жүкебаева Т.Ж., Атамбаев Ж.Н., Сұлтамұрат Г.И. Металлография. – Қарағанды, 2004, 115 б.

- **Тыңдағандарыңызға көп рахмет !!!**