

Қарағанды Техникалық Университеті
кафедра НТМ

БОЛАТТЫ ҚЫЗДЫРУ КЕЗІНДЕ АУСТЕНИТТІҢ ТҮЗІЛУІ

Лектор: PhD, Султангазиев Р.Б.

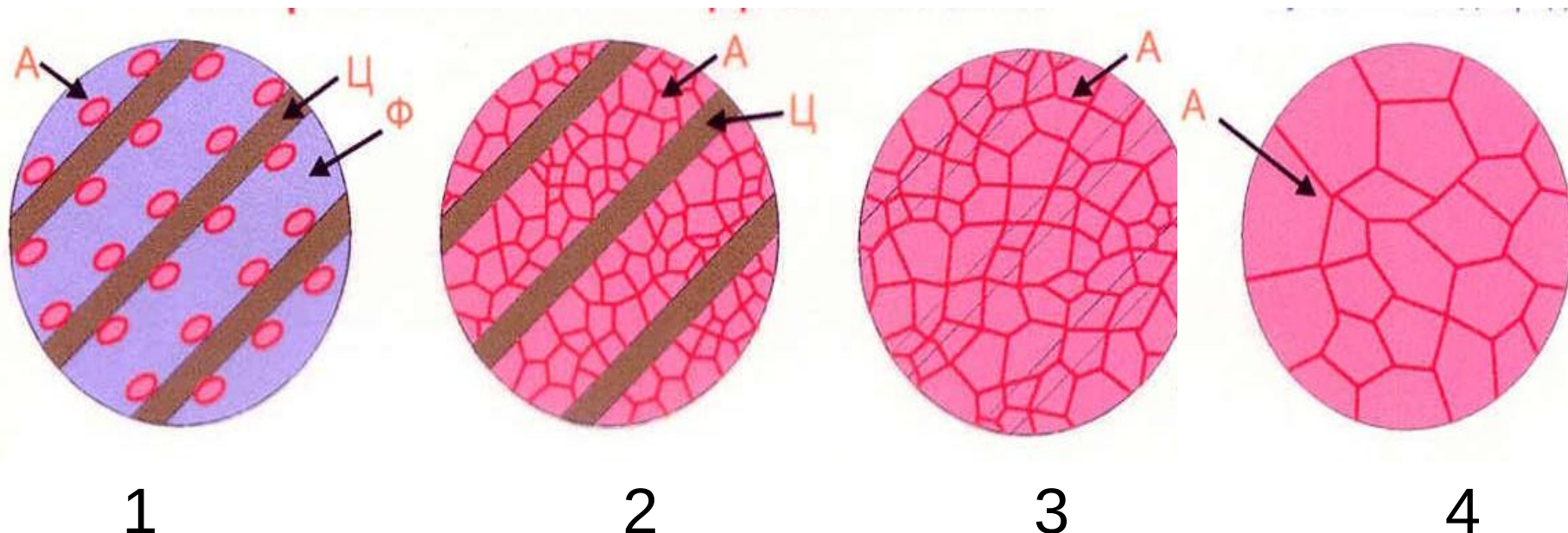
ЖОСПАР:

- Ферритті-карбидті құрылымның қыздыру кезінде аустенитке өзгеруі
- Қыздыру кезінде аустенит түйіршіктерінің өсуі

► Болатты термиялық өңдеудің негізгі түрлері аустениттеуден басталады, яғни А-тің тұрақты болатын температура аймағына қыздыру, ондағы С-нің мөлшері болаттағы оның орташа концентрациясына сай келетін А-ті алу. Бұдан аустениттелу кезінде $\alpha \rightarrow \gamma$ кристалдық тордың қайта құрылуы, Ц-тің диссоциациясы, А-тегі С-нің еруі және оның А-те ауысудың өту шамасына қарай диффузиялы қайта таралуы жүретіндігі шығады. Екі фазаның гетерогенді қоспасынан (Ф+Ц) біртекті қатты ерітінді түзіледі.

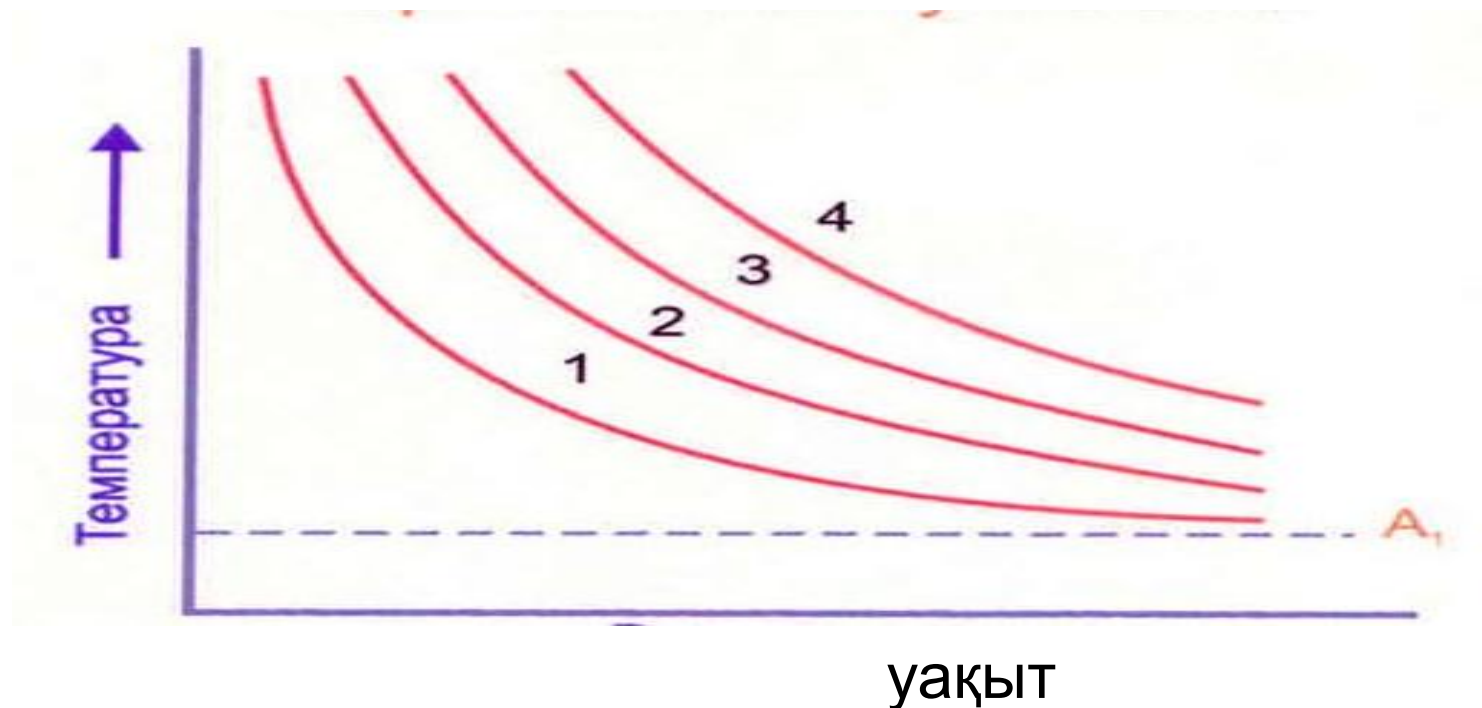
- Термиялық өңдеуде болатты қыздырғандағы мақсат аустенит құрылымын алу. A_{c1} нүктесіне дейін қыздырғанда эвтектоидқа дейінгі болаттың құрылымы F пен P түйіршіктерінен тұрады.
- A_{c1} нүктесінде P -тің майда түйіршікті A -ке айналатын фазалық қайта кристалдану басталады.
- Қорытпаны A_{c1} температурадан A_{c3} температураға дейін қыздырғанда феррит A -те ериді. Эвтектоидтан кейінгі болатта A_{c1} нүктесінен жоғары қыздырғанда перлит A -ке айналады, ал одан әрі қыздырғанда цементит A -те ериді.
- A_{ct} нүктесінен жоғары аустенит қана болады. Аустенит түзілуі нәтижесінде көміртегі еріп $\alpha\text{-Fe}$ $\gamma\text{-Fe}$ -ге айналады.

А-тік дәндердің П-тегі пайда болу және өсу сұлбасы



- 1 – Аустенит дәнінің пайда болуы;
- 2 – Ферриттің жойылуы;
- 3 – Цементиттің еруі, аустенит біркелкі емес;
- 4 - Аустениттің гомогенденуі, біркелкі аустенит.

А-тің изотермиялық пайда болу диаграммасы

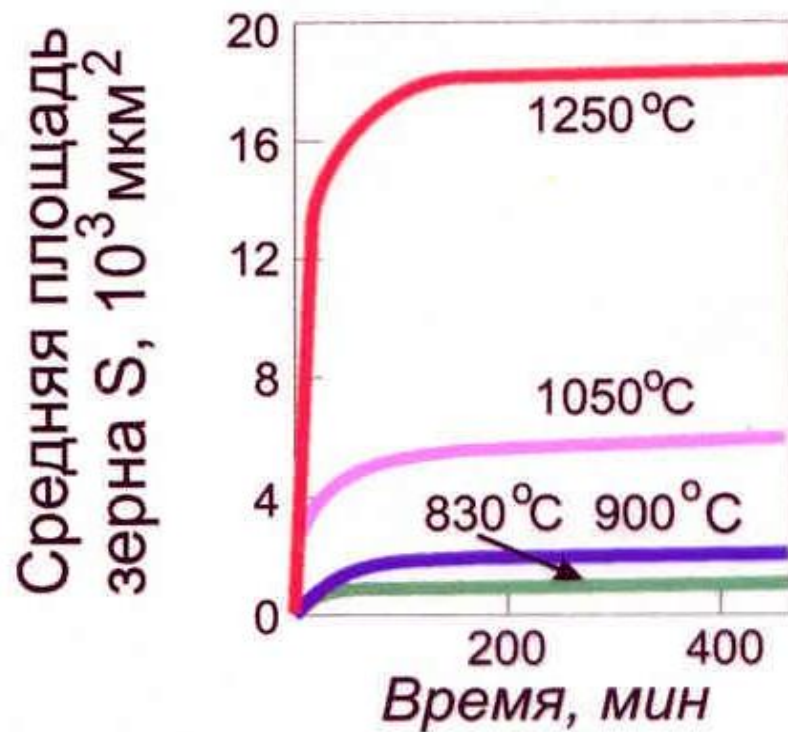


- 1 – Аустениттің алғашқы пайда болуы;
- 2 – Ферриттің жойылуы;
- 3 – Цементиттің еруінің соңы;
- 4 - Аустениттің гомогенденуінің соңы.

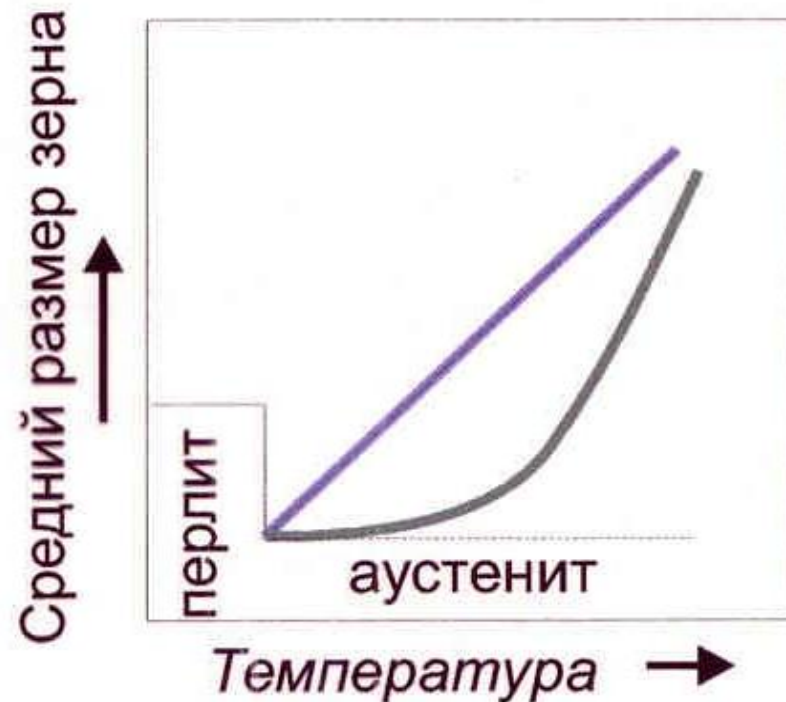
■ Аустенит түйіршіктерінің өсуге қабілетілігі тіпті бір маркалы құрамдағы болаттың өзінде бірдей емес. Өсуге бейімділігі бойынша аустенит түйіршіктері болаттың екі типін ажыратады: түпнегізінен ұсақ түйіршіктілік және түпнегізінен ірі түйіршіктілік.

■ Түпнегізінен ұсақ түйіршіктілікке салыстырмалы жоғары температураға дейін ($1000 - 1050^{\circ}\text{C}$) қыздыру кезінде, бастапқы түйіршік шамалы үлкейетін, содан кейін бұдан жоғары температурада аустенит түйіршіктерінің қарқынды өсуі басталатын болаттар жатады

ҚЫЗДЫРУ КЕЗІНДЕГІ АУСТЕНИТ ТҮЙІРІНІҢ ӨСУІ



Эвтектоидты болатты
қыздырғанда аустенит
түйіршіктері өлшемінің өзгеруі



Түпнегізді ұсақ түйіршікті
және
ірі түйіршікті болаттар

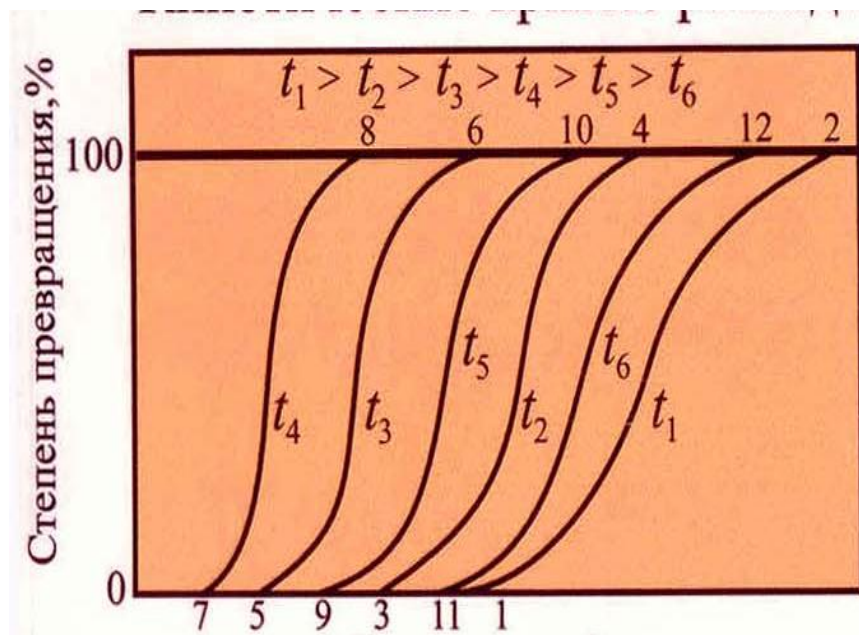
- **Болатқа легірлеуші элементтерді Ti-ды, V-ді, (Mn-ті қоспағанда), W-ды, Mo-ді, Cr-ды - қосқаннан қыздыру кезінде, аустенит түйіршіктерінің өсуін тежейді.**
- **Түйіршіктің өсуіне кедергі жасайтын элемент-тер болатты шынықтыру температурасы аралығын кеңейтеді және болатты қыздыруға жағдай туғызады; легірленген болаттың көміртекті болаттан бір артықшылығы да осында.**
- **Механикалық қасиеттердің түйіршік мөлшеріне (сынған жерде) тәуелді екенін алғаш анықтаған Д.К.Чернов.**

■ А-тену үрдістерінің жылдамдығы (кинетикасы) қыздыру температурасы мен жылдамдығынан, болаттың алғашқы құрылым мен химиялық құрамына тәуелді болады.

■ А-тену жылдамдығының қыздыру температурасынан немесе қыздыру жылдамдығына тәуелділігін кинетикалық қисықтар (а), А-тің түзілуінің изотермиялық немесе термокинетикалық диаграммалары (б) бейнелейді.

- Кинетикалық қисықтарды практикалық мақсаттарға пайдалану қиын, себебі олардың координаталары термиялық өңдеудің графиктерінің координаталарына сай келмейді.
- Сондықтанда кинетикалық қисықтарды А-тің түзілу диаграммаларына түрлендіреді. Бұл диаграммаларға қисықтарды түсіру жолымен А-тену үрдістерінің температура-уақыт параметрлеріне қыздыру жылдамдығының әсерін сапалы бағалауға мүмкіндік береді.

Эвтектоидты болаттағы А-тің изотермиялық ыдырау диаграммасы



Уақыт



Уақыт логарифмі

*Болатты үздіксіз қыздыру кезіндегі (а) және
изотермиялық жағдайлардағы (б) П-тің А-ке
айналуының кинетикалық қисықтары*

■ Болатты жасыту кезінде салқындату сәтінде жүретін негізгі ауысулар – бұл А-тің феррит пен карбид қоспаларына эвтектоидты ыдырауы.

■ Егер A_{c3} жоғары температураға дейін (эвтектоидтқа дейінгі болат) немесе A_{cm} жоғары (эвтектоидттан кейінгі болат) қыздыру нәтижесінде алынған А-ті құрылымды болатты A_1 төмен температураға дейін салқындатса, онда аустенит метатұрақты күйде болады және ауысуға ұшырайды.

■ Эвтектоидты ауысудың кинетикасы А-тің изотермиялық ауысу диаграммасында С – тәрізді қисықтармен бейнеленеді

■ А-тің изотермиялық ауысу диаграммасында сол жақ қисық А-тің ыдырауының басталуын, оң жақтағы – оның аяқталуын сипаттайды. Қисықтың сол жағында жатқан аймақ А-тің ыдырауының басталуы, инкубациялық периодқа жатады; осы аймақпен анықталатын, температура мен уақыт аралығында байқалатын ыдырауға ұшырамаған салқындаған А болады.

■ Инкубациялық периодтың ұзақтығы салқындаған А-тің тұрақтылығын сипаттайды. Оның салқын-дауы үлкеюмен тұрақтылығы минимумға жеткен-ше тез кішірейеді және қайтадан өсе бастайды.

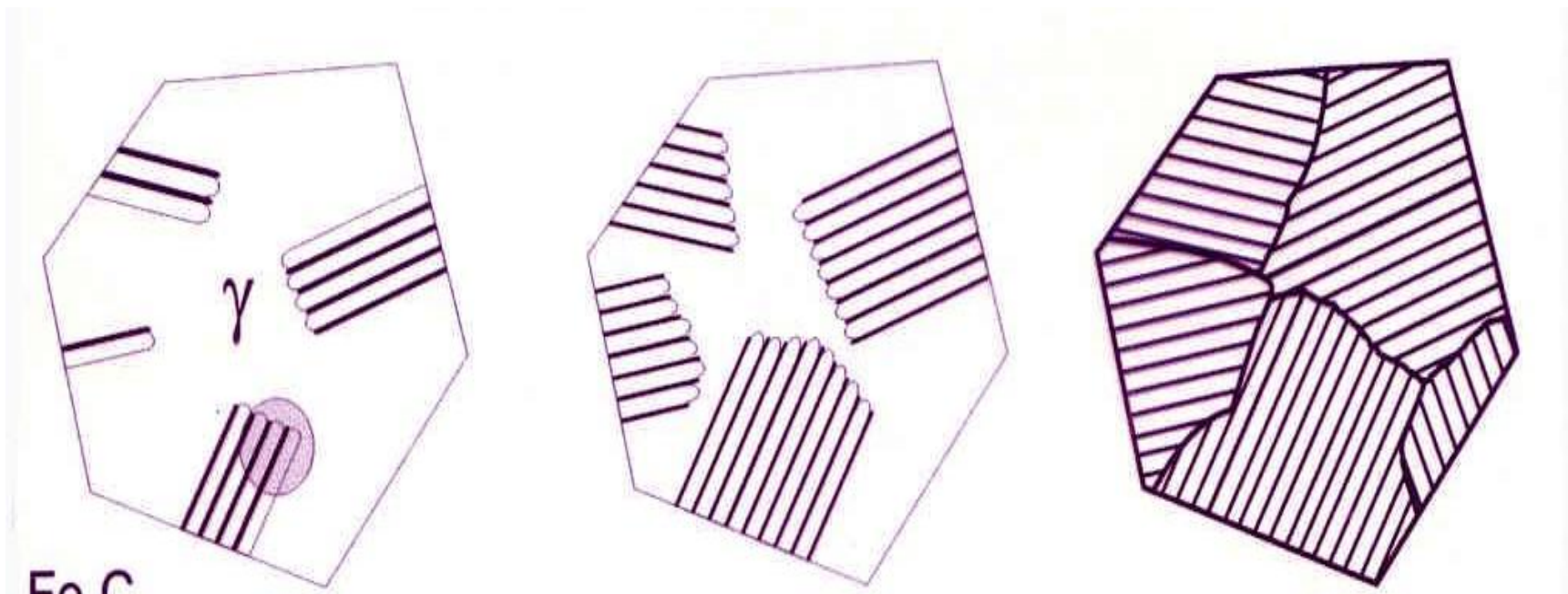
■ Егер бастапқыда А-ті құрылымда феррит дәндері пайда болса, онда оның өсуі кезінде оған жататын аустенит С-мен байытыла бастай-ды, бұл оның екі жағынан цементит пластина-лары бөлінуіне әкеледі. Мұнан әрі ауысу сұлбаның сипаттауы бойынша дамитын болады.

■ Перлитті колонияның бүйірлік өсуі феррит пен цементит пластиналарының көп реттік пайда болу жолымен жүреді.

■ Fe –С диаграммасына және фазалар ережесіне сәйкес, эвтектоидты болаттарда А-тің ыдырауы кезінде 88 %- Ф және 12 % - Ц пайда болуы тиіс.

■ Сондықтанда Ф-ті пластиналар Ц-тілермен салыстырғанда бірнеше есе үлкен қалыңдыққа ие болады. Ауысу үрдісінде пластиналар өсу бағытын өзгерте алады, мысалға, аустенит құрылымының ақаулары салдарынан, соның нәтижесінде жаңа П-ті колониялардың пайда болуы басталады. Жаңа колониялардың пайда болуы өсіп келе жатқан колонияның шеткі пластинасының бүйір бетінде де жүруі мүмкін.

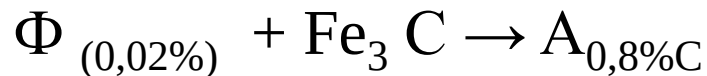
■ Перлитті колониялар бір бірімен соқтығысқан-ша өседі. Осылайша, бір А-ті түйіршікте бірнеше П-ті колониялар пайда болады.



*Аустенит түйірінде перлитті
колониялардың пайда болу және өсу сұлбасы*

Термиялық өңдеу түрлерінің көпшілігінде болатты аустенитке өзгеру температурасына дейін қыздырады. Қыздыру кезіндегі аустениттің пайда болуы кристалдану теориясының негізгі ережелеріне байланысты диффузиялық процесс.

Болатты қыздыру кезінде жүретін фазалық өзгерістерді темір-көміртегі диаграммасынан көруге болады. Құрамында 0,8% С бар эвтектоидты болатты A_{c1} нүктесінен жоғары қыздырғанда перлит (ферритті-карбидті құрылым) аустенитке өзгереді:

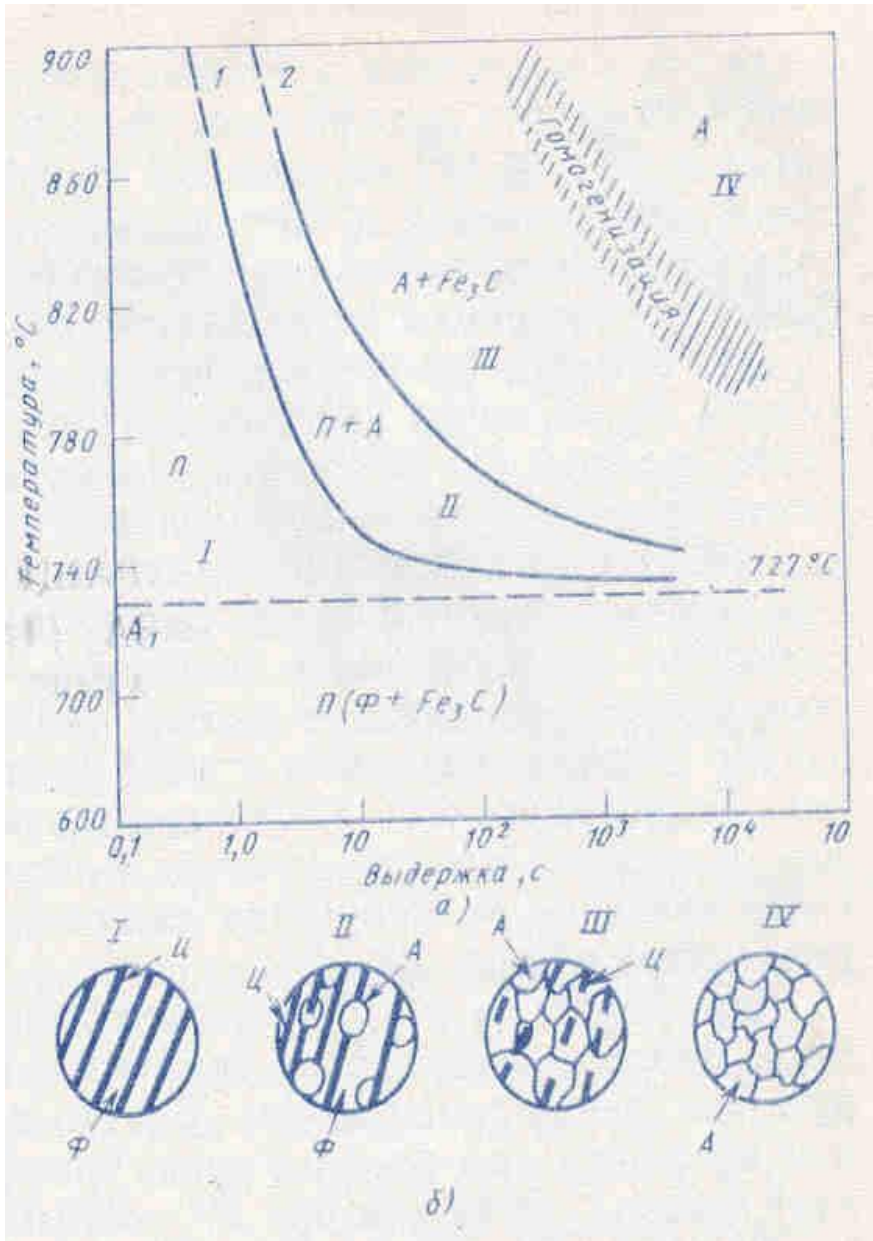


Бұл өзгеру қатарынан жүретін екі процестен тұрады: аллотропиялық өзгеру $\alpha \rightarrow \gamma$ және цементиттің аустенитте еруі. Эвтектоидқа дейінгі болатты A_{c1} нүктесінен жоғарыда қыздырғанда перлит аустенитке өзгеріп, екі фазалы құрылым – аустенит және феррит түзіледі. Әрі қарай қыздыру кезінде $A_{c1} - A_{c3}$ нүктелері аралығында феррит біртіндеп аустенитке өзгереді; мұнда аустениттің құрамындағы көміртегі GS сызығының бойымен өзгеріп отырады. A_{c3} нүктесінде феррит толығымен аустенитке айналып, ондағы көміртегінің мөлшері эвтектоидты болаттың құрамындағы көміртегінің мөлшерімен теңеледі.

Эвтектоидтан кейінгі болаттың өзгеруі осыған ұқсас өтеді. $A_{c1}(727^{\circ}\text{C})$ нүктесінен сәл жоғары температурада қыздырғанда перлит аустенитке өзгереді. A_{c1} – A_{st} температуралары аралығында цементит аустенитте ериді де, A_{st} температурасынан жоғарыда тек аустенит болады, құрамындағы көміртегі эвтектоидтан кейінгі болаттағы көміртегінің мөлшеріне теңеледі. Перлиттің аустенитке өзгеру механизміне сай алғашында аустенит өскіндері пайда болады, соңынан осы өскіндер өсіп дамиды. $A_{c1} (727^{\circ}\text{C})$ температурасынан жоғарыдағы аустениттің құрамындағы көміртегі 0,8% теңеледі. Мұндай аустениттің қалай пайда болуын қарастыралық.

Ас₁ нүктесінен жоғары қыздыру кезінде аллотропиялық өзгерістен $\alpha \rightarrow \gamma$ жылжу шекаралары туындап, оның нәтижесінде көміртегі аз, формасы тілімшекті алғашқы аустенит пайда болады. Жаңадан пайда болған аустенитте цементиттің еруіне байланысты көміртегінің мөлшері көтеріледі. Аустенит өскіндерінің өсуіне байланысты жылжыған шекаралар түзетіліп, аустениттің тепе-теңдік күйге қалыптасуына әсерін тигізеді.

Аустениттің алғашқы өскіндері феррит пен цементит фазаларының шекарасында орналасады (1, б – сурет, I, II).

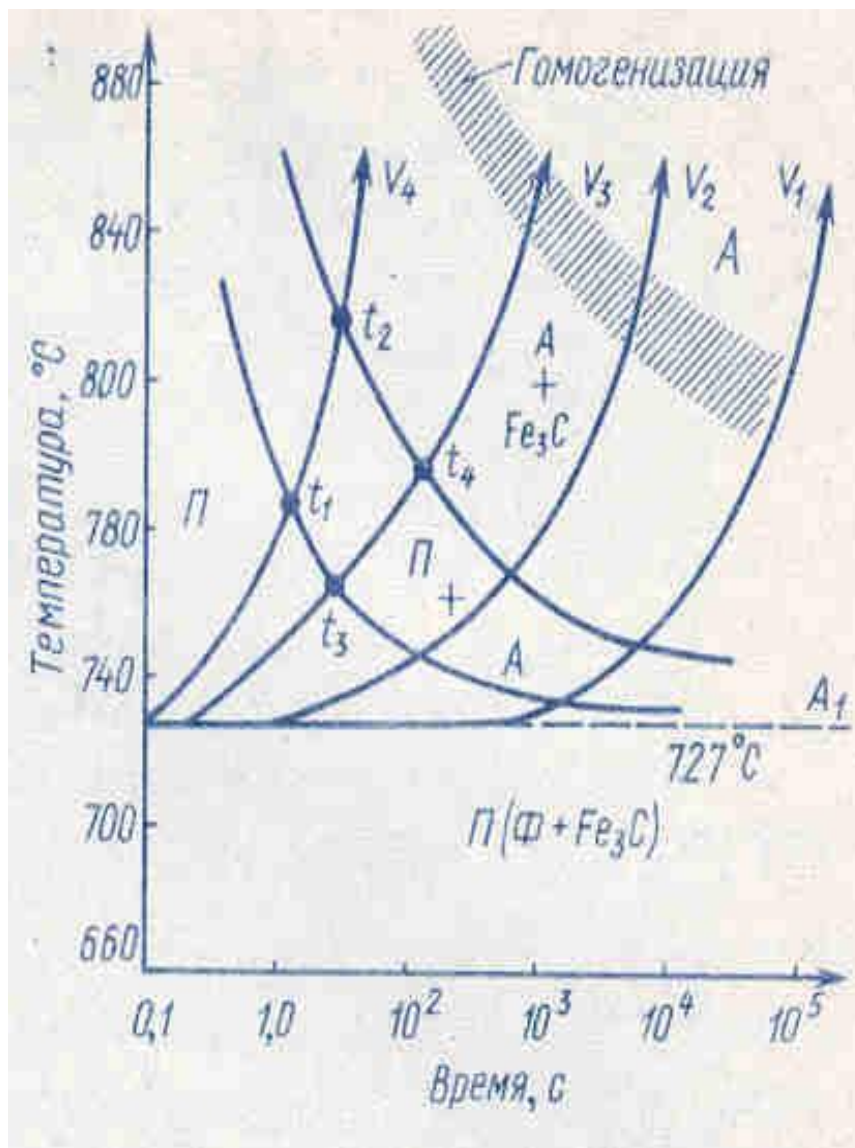


Аустениттің құрамындағы көміртегінің атомдары қарқынды диффузияланудың салдарынан жаңадан пайда болған аустениттің өскіндері өсіп дами бастайды да, оның құрамындағы цементит еріп $\alpha \rightarrow \gamma$ өзгереді, сонымен бірге аустениттің жаңа түйіршіктері туындайды.

Цементиттің еруіне байланысты аллотропиялық өзгеріске $\alpha \rightarrow \gamma$ түскен аустениттің көлемі тезірек өседі, ферриттен аустенитке өзгерген болаттың құрылымында аздаған цементит сақталады (49,б - сурет, III). Цементит аустенитте толығымен еру үшін изотермиялық қыздыру уақытын ұзарту керек. Жаңадан қалыптасқан аустениттің құрамындағы көміртегінің орналасу реті біркелкі емес. Цементиттің бөлшектеріне жақын орналасқан аустениттегі көміртегінің концентрациясы, ферриттің бөлшектерінің маңайындағыдан жоғары. Оны біртегістеу (гомогенизация) үшін қосымша уақыт жұмсалады.

Ферритті-цементитті құрылымның аустенитке өзгеруін аустениттің изотермиялық өзгеру диаграммасынан көруге болады (1,а- сурет). Мысалы, құрамында 0,8% көміртегі бар эвтектоидты болат алынған. Диаграммада көрсетілгендей перлиттің аустенитке өзгеру процесі температура жоғарылаған сайын тездейді. Егер A_{c1} (727°C) температурасында перлит аустенитке минуттар ішінде өзгерсе, $800-850^{\circ}\text{C}$ температурада 5-10 секунд қана қажет (1, а- сурет). Диффузиялық процестің жылдамдығының артуына байланысты аустениттің көлемі ұлғайып, жаңадан аустенит өскіндерінің пайда болу мүмкіншілігі туады.

Ферритті —цементитті құрылымның аустенитке өзгеруі тек қыздыру температурасына ғана байланысты емес, оның бастапқы күйіне де қарайды. Ферритті —цементитті құрылым бастапқыда жұқа болса, аустениттің өскіндер саны көбейіп, диффузия жолы азаяды, аустениттендіру процесі жылдам өтеді. Егер цементиттің бастапқы құрылымы домаланған және ірі болса, онда аустениттендіру процесі баяу жүреді. Болаттың құрамындағы көміртегінің көлемі артқан сайын аустенитке өзгеру процесі жылдамдайды, феррит пен цементиттің қосынды ауданының ұлғаюына байланысты цементиттің көлемі артады.



2 – сурет. Үздіксіз қыздыру кезінде аустениттің пайда болу диаграммасы. Эвтектоидты болат (0,8%).

Егер болаттың құрамына хром, молибден, вольфрам, ванадий және басқа да карбид түзуші элементтер енгізілсе, онда аустенитте тығыз еритін легірленген цементит немесе легірлеуші элементтердің карбидтерін түзіп, аустениттендіру процесі тежеледі.

Перлитті аустенитке өзгерту үшін үздіксіз қыздыруды қолдануға болады. Үздіксіз қыздыру процесі кезінде перлиттің аустенитке өзгеруі әртүрлі жылдамдықпен қыздыру кезінде өтеді. 50-суреттегі термокинетикалық диаграммадағы көрсетілген қыздыру температуралары $V_1 < V_2 < V_3 < V_4$.

Қыздыру жылдамдығы жоғарылаған сайын перлиттің аустенитке өзгеру температурасы жоғарылайды. Перлиттің аустенитке өзгертін температура аралығы ($t_1 - t_2$, $t_3 - t_4$) қыздыру жылдамдығы жоғарылаған сайын (2- сурет) ұлғая түседі. Сол себепті болатты аустениттендіру үшін қыздыру жылдамдығына сәйкес қыздыру температурасы үлкен болу керек.

ҚЫЗДЫРУ КЕЗІНДЕ АУСТЕНИТ ТҮЙІРШІКТЕРІНІҢ ӨСУІ

Болатты жоғары температурада қыздыру жаңадан пайда болған түйіршіктердің өсуіне әкеліп соғады. Болаттың термиялық өңдеу кезіндегі қалыптасқан түйіршік өлшемі нақты түйіршік деп аталынады.

Аустениттің өсу жылдамдығына байланысты болаттар табиғи-ірі түйіршікті және табиғи -ұсақ түйіршікті болаттарға бөлінеді.

Түйіршіктің өсуге бейімділігі қорытпаны қорыту кезіндегі оның құрамына енгізілген тотықсыздандырғыш элементтеріне қарайды. Тотықсыздандырғыш ретінде алюминий енгізілген қорытпа табиғи-ұсақ түйіршікті болады.

Табиғи-ірі түйіршікті болат кремниймен және марганецпен тотықсыздандырылады. Табиғи-ірі түйіршікті болатты Ac_1 температурасынан сәл жоғары қыздырса да түйіршіктер бірден іріленеді.

Табиғи-ұсақ түйіршікті қорытпаны 950-1100°C-қа дейін қыздырғанда аустенит аздап өседі. Мұндай болаттардың қатарына құрамына алюминиймен қатар карбид түзетін элементтер, әсіресе титан мен ванадий енгізілген легірленген болаттар жатады.

Түйіршіктің ірілігі болаттың механикалық қасиетін төмендетпейді, тек соққы тұтқырлығын төмендетеді. Сондай-ақ аустенит түйіршіктерінің өлшемі қыздыру жылдамдығына да байланысты қалыптасады: қыздыру жылдамдығы артқан сайын кристалдың орталық сандары көбейіп, түйіршіктің өсуі бәсеңдейді, аустенит ұсақ түйіршікті болып құрылады (1 - сурет, $I < II < III$). Ұсақ түйіршікті болат технологиялық өңдеуге қолайлы, басып өңдеу процесін жоғарғы температурада жүргізу мүмкіндігі үлкен. Жоғары температурада металл созымтал болғандықтан, өнімділік артады.

Өнімнің қорытынды нәтижесі алғашқы өзгеру сапасына тәуелді. Эвтектоидқа дейінгі болатты As_3 нүктесінен асырып қыздыру аса қыздырылған күйге әкеліп соғады. Аса қыздырылған болатты суытқандағы құрылым тілімшекті ине тәрізді феррит түрінде құралады (видманшетті құрылым). Мұндай ақауды қайтадан дұрыс температурада қыздыру арқылы түзетуге болады. Егер қыздыру температурасы солидус температурасына жақын болса, болат күйіп кетеді. Күйген болат беріктігін жояды, оны түзетуге келмейді. Мұндай болат шығынға шығады.

БОЛАТТЫҢ ҚАСИЕТІНЕ ТҮЙІРШІК ӨЛШЕМДЕРІНІҢ ТИГІЗЕР ӘСЕРІ

Түйіршіктің өлшемі ұсақ болса болаттың беріктік көрсеткіштері (σ_B , σ_T , σ_{-1}) созымталдығы (δ , ψ) және тұтқырлығы (КСУ, КСТ) жоғары, суыққа сынғыштық табалдырығы, морт қирау қабілеті төмен болады. Аустениттің түйіршіктерін микролегірлеу (V, Ti, Nb, т.б.), жоғары жылдамдықта қыздыру тәсілдері арқылы ұсақтау, болаттың конструктивтік беріктігін көтереді. Ірі түйіршікті құрылымды алу арқылы тек қана электротехникалық (трансформаторлық) болаттың магниттік қасиетін көтеруге болады.

СӨЖ ҮШІН БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ:

**Эвтектоидқа дейінгі және
эвтектоидтан кейінгі болаттардағы
аустениттік түрлену.**

**Суыту кезіндегі аустениттің
диффузиялық түрленуі.**

Перлиттік түрлену.

**Перлиттік түрленуге легірлеуіш
элементтердің әсері.**

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 !!!