

Қарағанды Техникалық Университеті
кафедра НТМ

**СУЫТУ КЕЗІНДЕ
АУСТЕНИТТІҢ
ДИФФУЗИЯЛЫҚ
ТҮРЛЕНУІ. ПЕРЛИТТІК
ТҮРЛЕНУ**

Лектор: PhD, Султангазиев Р.Б.

ЖОСПАР:

- Асыра суытылған аустениттің өзгеруіне жалпы сипаттама. Аустениттің изотермиялық өзгеру диаграммасы
- Эвтектоидқа дейінгі және эвтектоидтан кейінгі болаттағы аустениттің изотермиялық өзгеруі
- Перлиттік өзгеру
- Үздіксіз суыту кезіндегі аустениттің өзгеруі

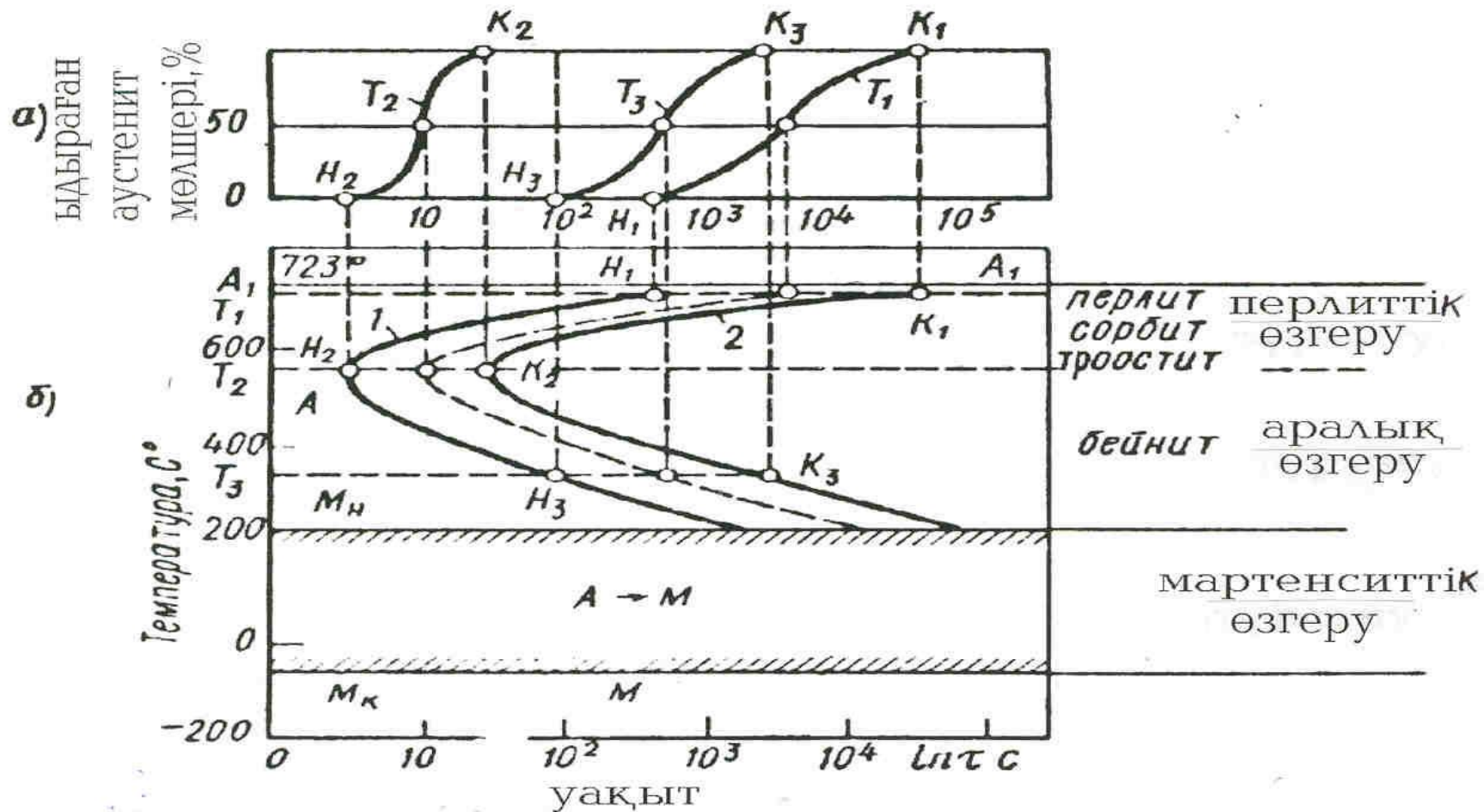
АСЫРА СУЫТЫЛҒАН АУСТЕНИТТІҢ ӨЗГЕРУІНЕ ЖАЛПЫ СИПАТТАМА. АУСТЕНИТТІҢ ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРУ ДИАГРАММАСЫ

Аустениттік құрылым қалыптасқанға дейін қыздырған болатты (эвтектоидқа дейінгі болат үшін A_3 нүктесінен, эвтектоидтан кейінгі болат үшін A_{cm} нүктесінен жоғары) A_{r1} нүктесінен төмен асыра суытқанда ондағы аустенит метастабильді күйге түсіп, өзгеріске ұшырайды.

Асыра суытылған аустениттің өзгеру кинетикасын уақыт-температура диаграммасынан немесе асыра суытылған аустениттің изотермиялық өзгеру диаграммасынан бақылауға болады (1- сурет).

1- СУРЕТ. ҚҰРАМЫНДА 0,8% КӨМІРТЕГІ БАР БОЛАТ ҮШІН АСЫРА СУЫТЫЛҒАН АУСТЕНИТТІҢ ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРУ ДИАГРАММАСЫ

а) кинетикалық графиктер; б) аустениттің изотермиялық өзгеру диаграммасы.



1-суретте көрсетілгендей H_1 , H_2 , H_3 нүктелері аралығында аустениттің ыдырауы байқалмайды. Бұл инкубациялық уақыт аралығы. Инкубациялық мерзім өткеннен кейін аустенит алғашында шапшаң ыдырай бастайды, артынан оның ыдырауы баяулайды. K_1 , K_2 , K_3 нүктелерінде (1,а-сурет) аустениттің ыдырауы толығымен аяқталады. Суыту графиктерін қолданып, аустениттің изотермиялық өзгеру диаграммасын салуға болады (1,б- сурет).

1-суретте көрсетілген диаграммаға ұқсас диаграммалар С – диаграммалар деп те аталады. Диаграммадағы 1-ші сызық аустениттің ыдырауының басталуын, 2-ші сызық аустениттің толығымен ыдырауына қажетті уақытты көрсетеді.

Бұл сызықтар диаграмманың аумағын бірнеше фазалық аудандарға бөледі. 1-ші сызықтың сол жағында аустенит тұрақсыз, 2 – ші сызықтың оң жағы аустениттің ыдырауынан туындаған өнімдер. Екі сызықтың ортасында аустенит пен оның ыдырауынан туындаған өнімдер: $A + F + C$ орналасқан. Үзілмелі сызық (1– 2 аралығы) аустениттің 50% ыдырауына сәйкес. 1-ші сызықтың сол жағындағы аудан аустениттің инкубациялық уақытын көрсетеді. Суыту температурасы төмендеген сайын аустениттің тұрақтылығы T_2 -ге дейін төмендейді де (ең кіші шамасы), ары қарай қайтадан көтеріледі.

Аустениттің және жаңадан пайда болатын фазалардың (құрылымның) еркін энергияларының (Гиббс энергиясы) айырмашылығы үлкен болған сайын аустениттің тұрақтылығы төмендейді және өзгеру жылдамдығы көтеріледі. Бұл кезде өсуге жарамды өскіндердің өлшемдері кішірейеді де, олардың бастапқы аустениттегі көлемі ұлғаяды.

Аустениттің тұрақтылығының жоғарылауына және асыра суытуда оның өзгеру жылдамдығының төмендеуіне диффузия процесінің баяулауы, жаңа фазалардың өзгеру жылдамдығымен оның өсуінің төмендеуі әсерін тигізеді. Мн нүктесіне дейінгі (1-сурет) асыра суытылған аустенитте диффузиялық процесс толығымен тоқталады. Төменгі температураларда аустениттің өзгеруі диффузиясыз жүреді де, шынықтырылған болаттың құрылымы – мартенсит болып түзіледі.

Аустениттің өзгеруін суыту дәрежесіне қарай үшке бөледі: перлиттік, аралық және мартенситтік өзгеру. Мұндай өзгерістерді білудің тәжірибелік мәні зор. Перлиттік өзгеріс болатты жасыту, мартенситтік өзгеріс – шынықтыру, аралық өзгеріс болатты изотермиялық шынықтыру процестері.

ПЕРЛИТТІК ӨЗГЕРУ

Асыра суытылған аустениттің перлиттік өзгеруі 500⁰С-та өтеді. Мұндай процесте $\alpha \rightarrow \gamma$ аллотропиялық өзгеріс жүреді және аустениттегі көміртегінің диффузиялық орын ауыстыруына қарай келесі ферритті-цементитті құрылым түзіледі:



Аустенит көміртегіне кедей феррит (0,02%) пен құрамында 6,67% көміртегі бар цементитке ыдырайды. Алғашында карбид (цементит) түзіледі де, оның бөлшектерінің дамуы аустениттің көміртегіне кедейленуіне әкеліп соғады да, осылай тұрақсызданған аустенит аллотропиялық $\gamma \rightarrow \alpha$ өзгеріске ұшырайды.

Ферриттің кристаллиттері цементиттің шекарасында туындайды. Әрі қарай өскен ферриттің кристалдары аустениттің аллотропиялық $\gamma \rightarrow \alpha$ өзгеруіне қиындық туғызады. Осылай карбидтің бөлшектерінің туындап, әрі қарай өсу процесі ферриттің кристалдарының өсуіне және жаңа кристалдарының пайда болуына жағдай тудырады. Сонымен, феррит пен цементиттің кристалдарынан бірігіп өскен перлит колониясы құрылады.

Перлиттік өзгерудің өнімдері қалыңдығы әртүрлі тілімшекті құрылыс құрады, оларды перлит, сорбит, троостит деп ажыратады. Суыту дәрежесі артқан сайын ферритті-цементитті құрылым жұқара түседі, тілімшектердің ара қашықтығына (Δ_0) қарай қаттылығы өзгереді:

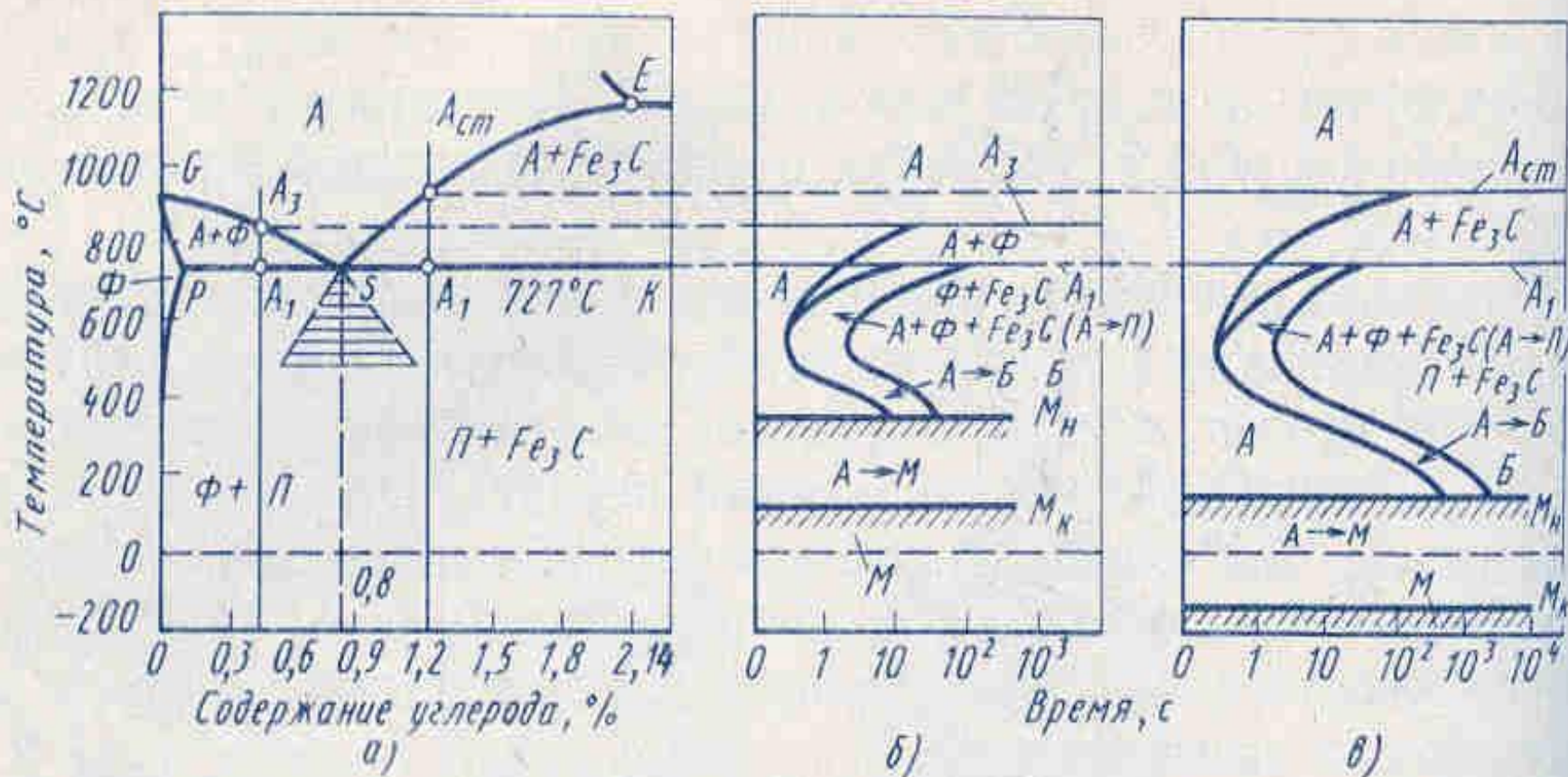
Құрылымы.....	перлит	сорбит	троостит
Δ_0 , мкм	0,61,0	0,25.....0,3	0,1.....0,15
НВ.....	180.....250	250.....350	350.....450

ЭВТЕКТОИДҚА ДЕЙІНГІ ЖӘНЕ ЭВТЕКТОИДТАН КЕЙІНГІ БОЛАТТАҒЫ АУСТЕНИТТІҢ ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРУІ

Эвтектоидқа дейінгі және эвтектоидтан кейінгі болаттың эвтектоидты болаттан өзгешелігі жоғары температура аралығында алғашында эвтектоидқа дейінгі болаттан үстем фаза-феррит, ал эвтектоидтан кейінгі болаттан цементиттің бөлінуінде. Температура төмендеген сайын бөлініп шығатын үстем фазалардың (феррит пен цементит) саны азая бастайды. 2-суретте көрсетілгендей аустениттің құрамындағы көміртегінің көбеюі оның тұрақтылығын нығайтады (изотермиялық диаграммадағы сызықтар оңға қарай жылжиды).

**2- СУРЕТ. ТЕМІР-ЦЕМЕНТИТ ДИАГРАММАСЫ(А), ЭВТЕКТОИДҚА
ДЕЙІНГІ (0,45%) БОЛАТТЫҢ ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРУ
ДИАГРАММАСЫ (Б), ЭВТЕКТОИДТАН КЕЙІНГІ (1,2%) БОЛАТТЫҢ
ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРУ ДИАГРАММАСЫ (В):**

А – АУСТЕНИТ; П – ПЕРЛИТ; Ф – ФЕРРИТ; Б – БЕЙНИТ; М – МАРТЕНСИТ



ҮЗДІКСІЗ СУЫТУ КЕЗІНДЕГІ АУСТЕНИТТІҢ ӨЗГЕРУІ

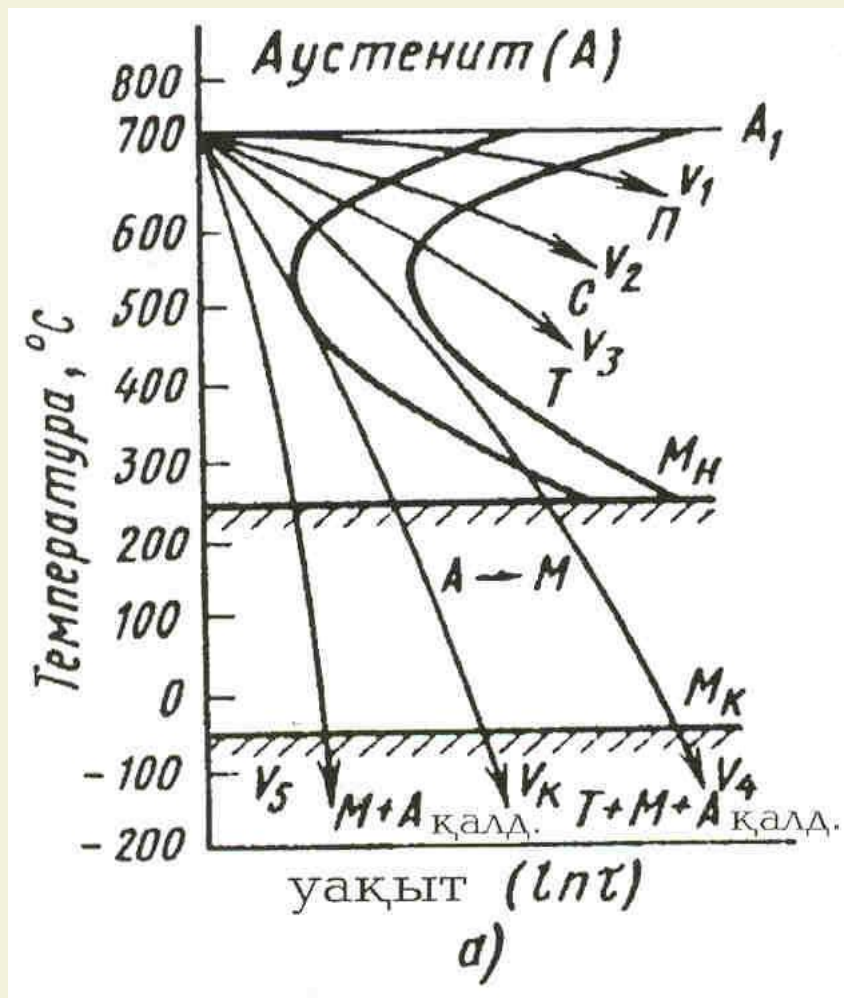
Аустениттің ыдырау температурасына суыту жылдамдығының тигізер әсері

Суыту жылдамдығы артқан сайын және аустениттің ыдырау температурасы төмендеген сайын одан өнетін ферритті-цементитті құрылым жіңішкеріп, ұсақтала түседі. Демек, суыту жылдамдығы баяу кезінде (V1) перлит, жылдамырақ кезінде V2 – сорбит және одан жылдам болса V3 - троостит түзіледі (54- сурет).

Үздіксіз суыту кезінде бейнит түзілмейді. Суыту жылдамдығы жоғары V4 кезде аустенит жартылай Mn нүктесіне дейін аса суынып, мартенситке өзгереді. Ондағы құрылымы троостит пен мартенситтен тұрады.

Суыту жылдамдығы өте жоғары болған кезде аустениттің диффузиялық ыдырау мүмкіншілігі болмайды да, ол M_n нүктесіне дейін аса суынып, ары қарай мартенситке өзгереді. Мартенситке аустенит толығымен өзгере қоймайды, біраз мөлшері қалдық аустенит түрінде мартенситпен бірге түзіледі. Аустениттің толығымен M_n нүктесіне дейін артық суынып, мартенситке өзгеруін қамтамасыз ететін ең кіші суыну жылдамдығы межелік (критикалық) суыну жылдамдығы (V_k) деп аталады.

54- СУРЕТ. АУСТЕНИТТІҢ ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ҮДЫРАУ ДИАГРАММАСЫНА СУЫТУ ЖЫЛДАМДЫҚТАРЫН САЛУ



Болаттың межелік суыну жылдамдығы оның құрамына қарай аустениттің тұрақтылығына байланысты өзгеріп отырады. Аустениттің тұрақтылығы үлкен болса, межелік суыну жылдамдығы кішкене болады. Көміртекті болаттардың межелік шынықтыру жылдамдығы жоғары ($800-200^{\circ}\text{C}/\text{с}$) болады. Эвтектоидты болаттың суыну жылдамдығы кіші келеді. Аустениттің түйіршіктері ірі, біртекті болып келсе, оның тұрақтылығы көтеріліп, болаттың суыну жылдамдығы төмендейді. Легірлеуші элементтер аустениттің тұрақтылығын көтеріп, межелік суыну жылдамдығын төмендетеді. Әсіресе Cr, Mo, Mn, Ni енгізілген болаттың межелік суыну жылдамдығы 200-ден $50^{\circ}\text{C}/\text{с}$ дейін төмендейді. Көпшілік легірлеуші элементтер $20^{\circ}\text{C}/\text{с}$ дейін төмендетеді. Жалғыз кобальт қана легірлеуші элемент ретінде аустениттің тұрақтылығын төмендетіп, межелік шынықтыру жылдамдығын көтереді.

- **Эвтектоидты болаттар** A_3 нүктесінен асатын на $30 \div 50^\circ \text{C}$ t-дан шынығады.
- A_3 нүктесінен төмен (шала Ш) t-дан Ш кезінде М-пен қатар шыныққан болаттың қаттылығын төмендететін және босандатудан кейін механикалық қасиеттерін нашарлататын артық феррит қалады.
- **Эвтектоидтан кейінгі болаттар** A_1 нүктесінен жоғары $35 \div 60^\circ \text{C}$ t-дан шынығады.
- $A_1 - A_{cm}$ аралықтағы t-дан Ш кезінде эвтектоид-тан кейінгі болаттарда М-пен қатар екінші Ц болады.

Толық шынықтыру



Эвтектоидқа дейінгі
болаттар

$$\underline{t_H = A_{C3} + (30 - 50^\circ\text{C})}$$

Эвтектоидтан кейінгі
болаттар

$$\underline{t_H = A_{C1} + (30 - 50^\circ\text{C})}$$

A_{cm} жоғары t -ға дейін қыздыруға жол берілмейді, себебі Ц-ті бөлшектердің қатты бөлшектердің еруінен және қалдық A мөлшерінің жоғарлауынан A -ті түйіршіктер іріленеді, беттің көміртексізденуі күшейеді және Ш-шы кернеу өсетіндіктен шыныққан болаттың қаттылығы төмен болады.

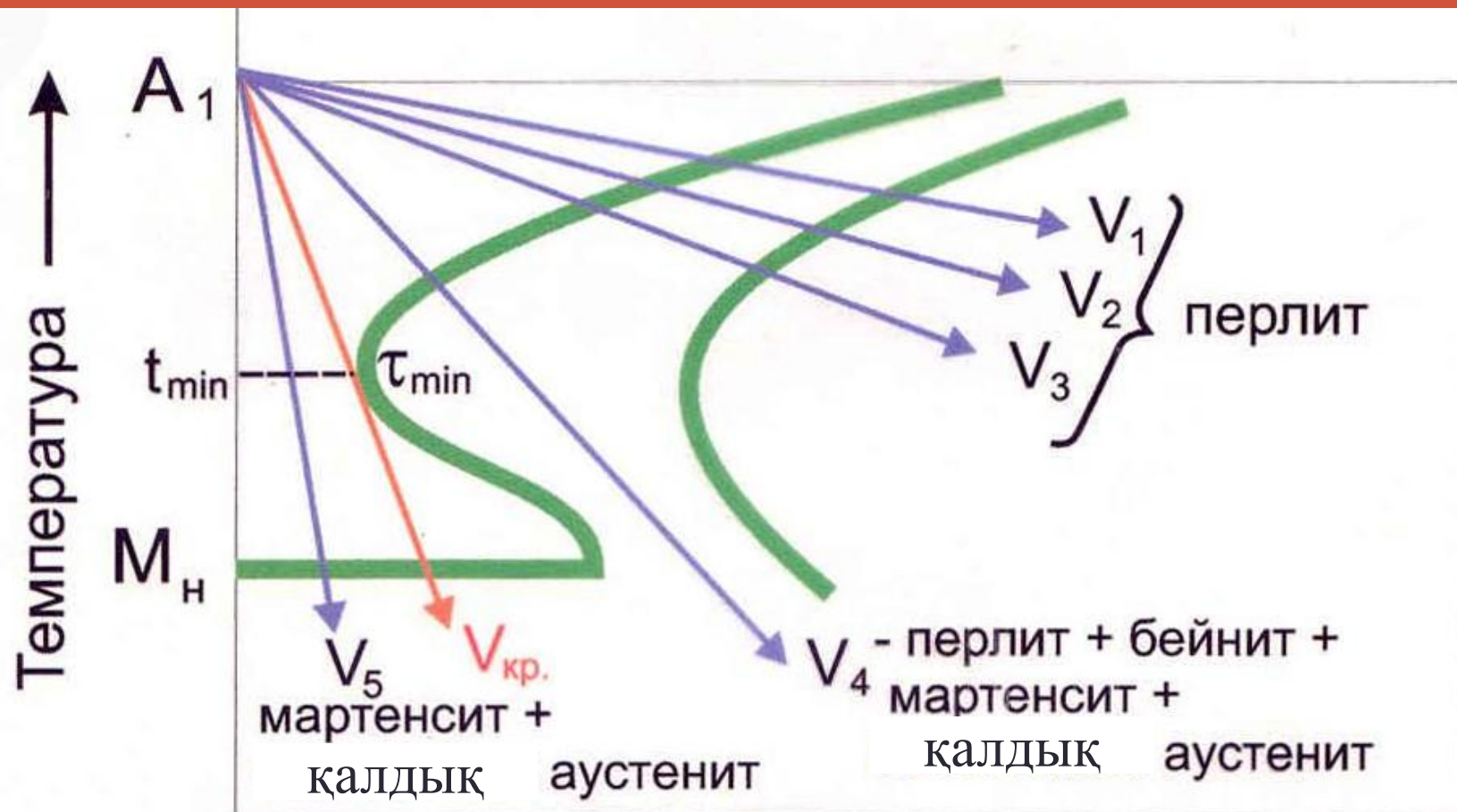
Конструкциялық және құрал-саймандық
легірленген БШ-ға қыздыру t -сы $800 \div 880^{\circ} \text{C}$
аралығында (болаттың әрбір маркасы үшін
өзінің өте тар шынықтыру t -сын таңдап алады.

Карбид түзуші э-тер: W, Mo, V, Cr мөлшері көп
болаттарды қиын еритін карбидтердің үлкен
мөлшерін А-ке айналдыру үшін өте жоғары t -
да шынықтырады.

Р6М5 тезкескіш болатты $1200 \div 1230^{\circ} \text{C}$ t -да,
ал штампталған Х12Ф1 – $1030 \div 1050^{\circ} \text{C}$ t -да
шынықтырады.

- Шынығу кезінде салқындау V-ғы бәрінен бұрын шынығушылықтың қажетті тереңдігін қамтамасыз ететіндей болуы керек; сонымен қатар салқындау бұйымның қисаюына және Ш-шы жарықтардың түзілуіне әкелетін, айтарлықтай Ш-шы кернеудің тууына жол берілмейді.
- **C – диаграммадан**, тез салқындау салқындаған A-тің минималды тұрақтылығы аймағында қажет. Көпшілік болаттар үшін бұл $650 \div 400^{\circ} \text{C}$ t аралығы. Осы t аралығынан жоғары және төмен A ыдырауға өте тұрақты, демек, бұйымды салыстырмалы баяу салқындатуға болады.

Үздіксіз суыту кезіндегі А-тің түрленуі



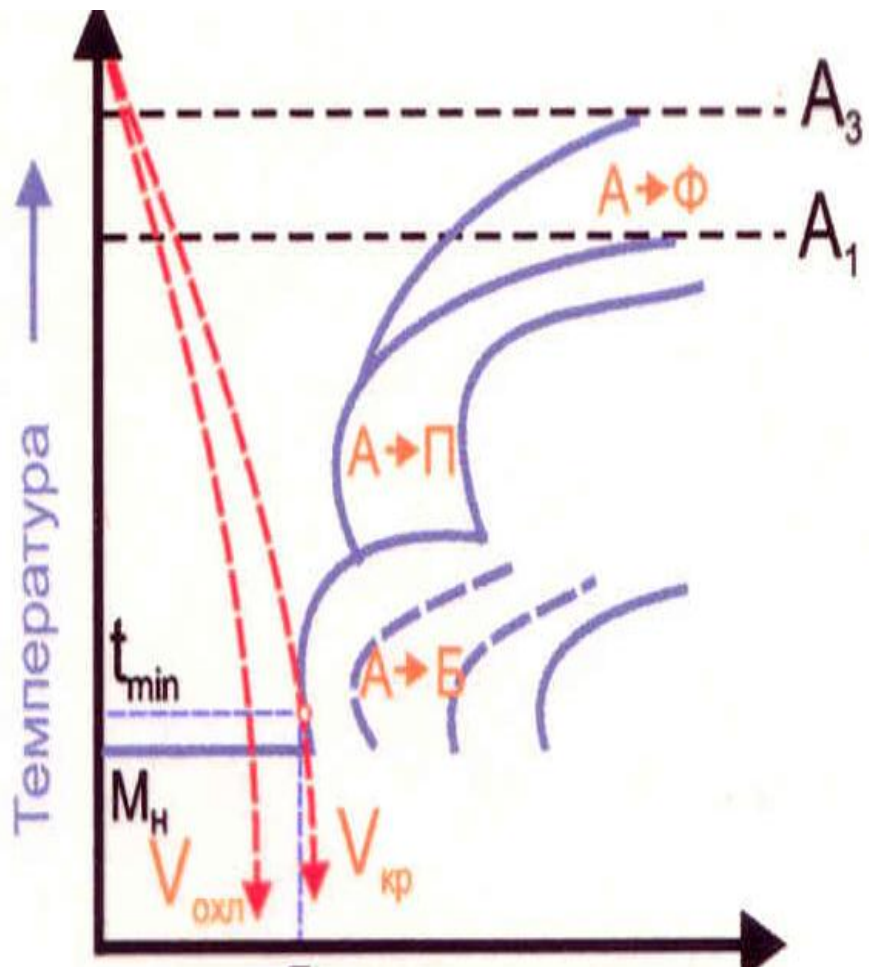
$V_{кр.}$

-шынығудың критикалық V-ы

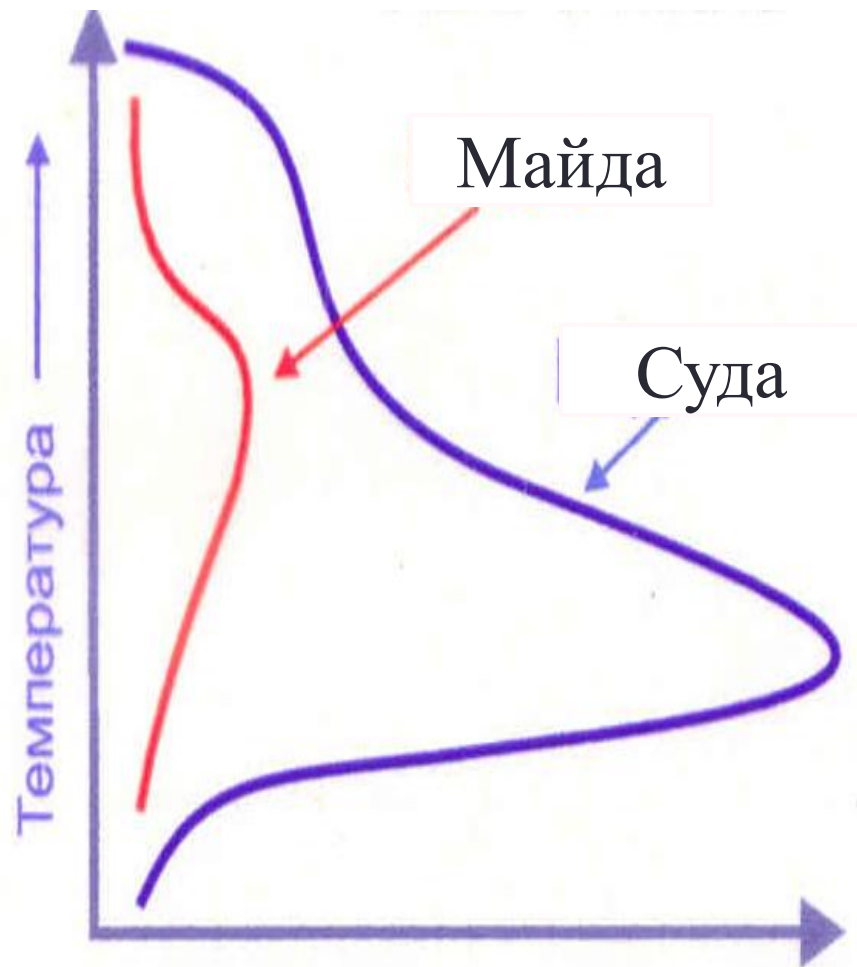
$$V_{кр.} = \frac{A_1 - t_{min}}{1,5 \tau_{min}}$$

■ Ш-шы орта ретінде суды, сулы тұз ертіндісін, сілтілерді, майды пайдаланады. Судың ең басты кемшілігі—М-ті аралықтағы салқындау-дың жоғары жылдамдығы, оның артықшылығы — П-ті аралықта тез салқындауы.

■ Минералды май М-ті аралықта баяу салқындатады— бұл оның басты артықшылығы және П-ті аралықта— баяу салқындау, негізгі кемшілігі. Сондықтанда майды шынығушылығы жақсы болаттарды Ш-ға қолданады.



уақыт

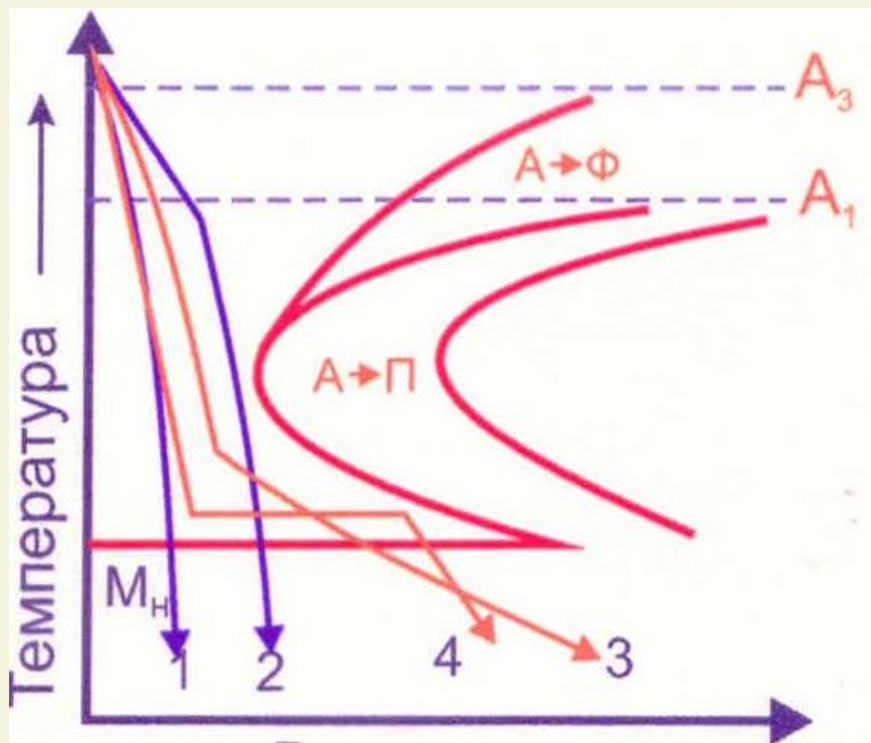


суыту жылдамдығы

■ ды қолданады. Ш-дың мұндай тәсілін су арқылы майда Ш деп атайды. Суда тез салқындату П-ті ауысуды болдырмайды, ал келесі майдағы баяу салқындату М-ті аралықтағы Ш-шы кернеуді азайтады.

- М-ті аралықтағы салқындату V-ын азайтудың басқа тәсілі – сатылы Ш . Ш t-сына дейін қыздырылған бұйымды ыстық ортадағы астауға батырады, ал содан кейін қандайда бір ұстаудан кейін суық майға батырады. Ыстық ортаның t-сын («сатының» t-сын) М-ті нүктеге жақын (одан 20 – 30 °С жоғары) салқындаған А-тің жоғары тұрақтылығы аймағында таңдайды.

Болаттарды шынықтыру тәсілдері



уақыт

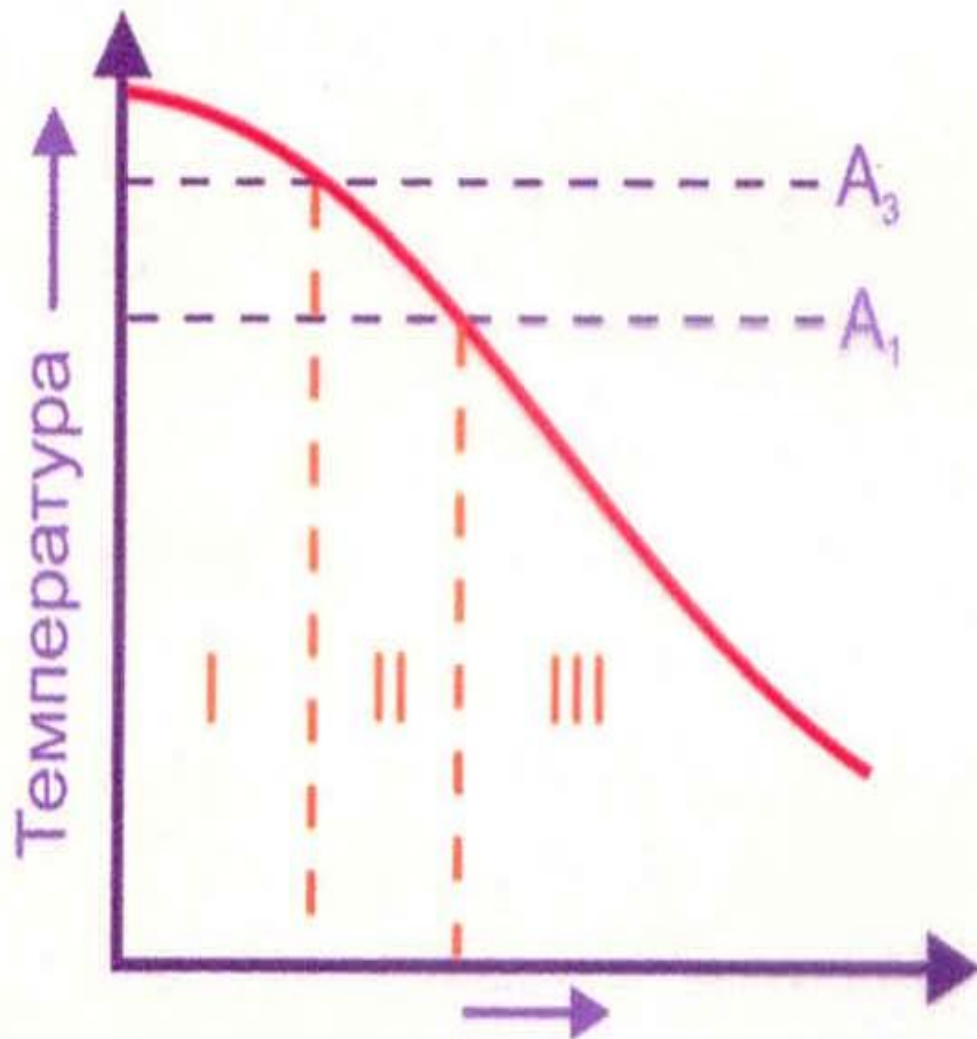
- 1-үздіксіз ш-ру
- 2- суыта ш-ру
- 3- екі ортада ш-ру
- 4- сатылы ш-ру

- Сатылы Ш-дың басқа маңызды артықшылығы – ыстық ортада ұстау кезінде бұйым қимасы бойымен t-ны теңестіру. Осы ұстаудан кейінгі М-ті ауысу баяу салқындау кезінде және бірмезгілде барлық көлемі бойынша жүреді, бұл Ш-шы кернеуді азайтады. Сатылы Ш-дың негізгі кемшілігі – ыстық ортада салқындаудың кіші жылдамдығы. Сондықтанда сатылы Ш-ды кішкене қималы (қалыңдығы 8 – 10 мм) көміртекті болаттан жасалған бұйымдар үшін қолданады. Үлкен қималы бұйым ыстық ортада баяу салқындайды және А-т эвтектоидты ыдырауға ұшырап үлгереді.

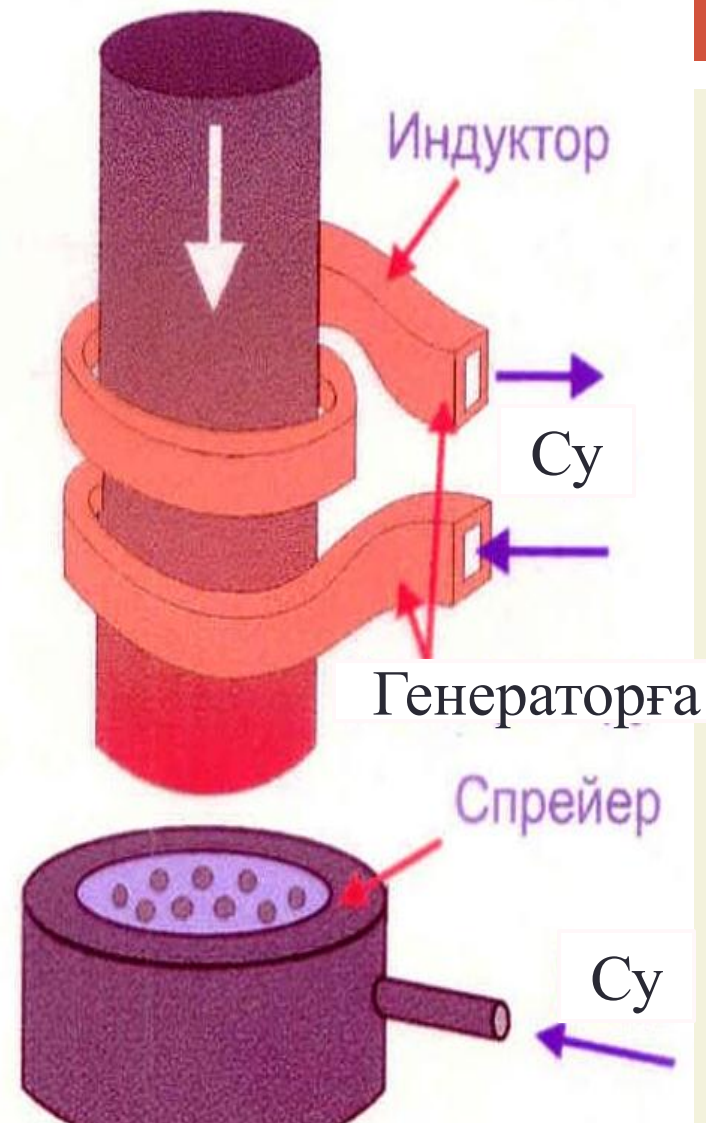
- Салқындаудың критикалық жылдамдығы кіші болатын, легірленген болаттан жасалған бұйымды сатылы Ш-ға ұшыратқан жеңіл. Сатылы Ш кезінде ыстық ортаның 3 тобы пайдаланылады: минералды май, селитр және сілті балқымасы.
- Конструкциялық болаттар үшін бұйымның беттік қабатына тоқтың ену тереңдігін мынаған тең деп қабылдайды (мм): $\delta \approx 500 / \sqrt{f}$,
- мұндағы f – ток жиілігі, Гц. Бұл қалыңдықтағы қабатта барлық жылу энергиясының шамамен 87 % бөлінеді.

- **Жоғары жиілікті Ш-ға** алғашқы құрылымы ұсақ болатты ұшыратқан дұрыс, ол үшін қалыптандыруды не жақсартуды, яғни кәдімгі сорбитке жоғарғы босатумен тесе-жара Ш-ды пайдалануға болады.
- **Жоғары жиілікті индукциялық қыздырумен Ш-ды** бұйым бетінің қаттылығын жоғарлату, тозуға және ескіруге кедергіні үлкейту үшін кең қолда-нады. Әдетте тоқтың ену тереңдігі көміртекті болаттардың шынығушылық тереңдігінен аспайды, онда шынығушылығы жоғары легірленген болаттарға қолдануға болмайды.

Жоғары жиілікті Ш



бұйым бетінен арақашықтық



ЖОҒАРЫ ЖИІЛІКТІ Ш-ДЫ МӨЛШЕРІ 0,4 % С
ЖӘНЕ ОДАН КӨП КӨМІРТЕКТІ
БОЛАТТАРДАН ЖАСАЛҒАН БӨЛШЕКТЕРГЕ
ҚОЛДАНАДЫ.

БӨЛШЕКТІҢ ӘРБІР КОНФИГУРАЦИЯСЫ
ҮШІН ӨЗІНІҢ ИНДУКТОРЫН ЖАСАУ ЖӘНЕ
ӨЗІНІҢ ӨҢДЕУ РЕЖИМІН ТАҢДАП АЛУ
ҚАЖЕТ. СОНДЫҚТАНДА ИНДУКЦИЯЛЫҚ
ҚЫЗДЫРУМЕН БЕТТІК Ш БІРТИПТІ
БӨЛШЕКТЕРДІ СЕРИЯЛЫҚ ӨНДІРУДЕ
ТИІМДІ.

■ **Лазерлі қыздырумен Ш.** Берілген жағдайда сәулелену көзі болып CO_2 газды- үздіксіз әрекеттегі лазерлері атқарады. Лазерлі Ш-дың ерекшелігі жұқа беттік қабаттағы (әдетте 1 мм дейін) өте жоғары энергияның шоғырлануы болып табылады. Бұл қабат секундтан аз уақыт ішінде жоғары Ш t -ға дейін қызады, ал қалған бұйымның көлемі суық күйінде қалады.

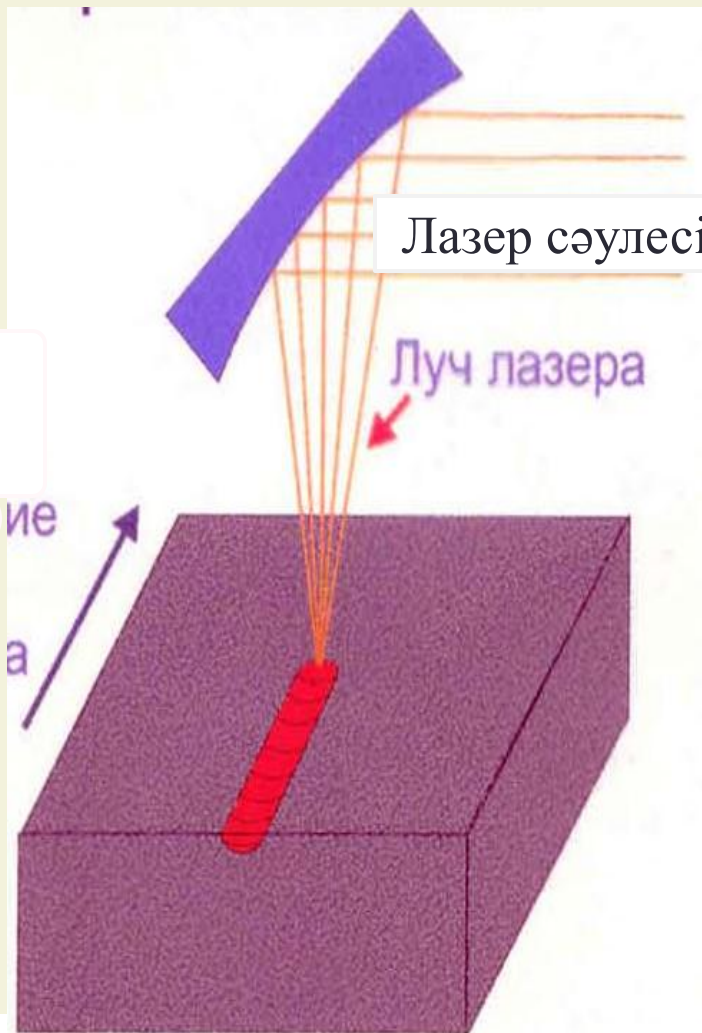
■ Қызған участік шоғыр астынан шыққан кезде, бұйымның көрші жатқан суық қабатынан ол өте тез салқындайды.

Лазерлі Ш-дың, беттік индукциялық Ш-дан негізгі ерекшелігі— өте жоғары t -ға дейін (2 – 4 шамаға) өте тез қызу және шапшаңдатылған салқындату.

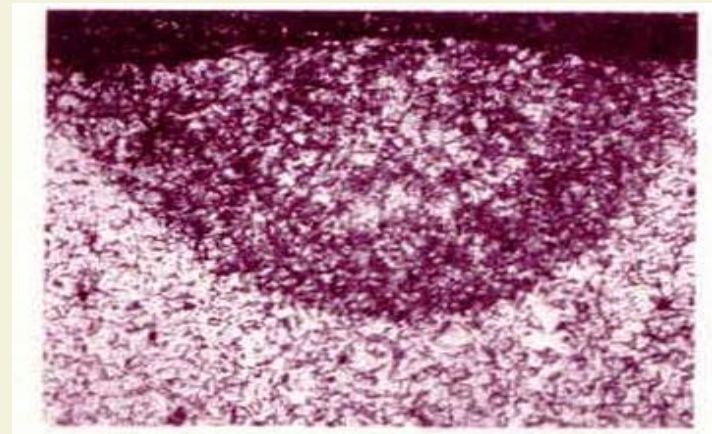
Лазерлі Ш-дың маңызды артықшылығы — жоғары жиілікті Ш-мен салыстырғанда өте кіші, беттің тотығушылығы, қисаюдың болмауы, беріктендіру талап ететін беттің қиын қол жететін участіктер өңдеу мүмкіншілігі.

Лазерлі қыздырумен Ш

Лазер
сәулесінің
қозғалу
бағыты



Термиялық әсер ету сұлбасы



Ст 20

СӨЖ ҮШІН БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ:

- Полиморфсыз түрленумен шынықтыру.
- Полиморфты түрленумен шынықтыру.
- М-тік түрленуге деформацияның әсері.
- М-ке шынықтыру кезіндегі қорытпалар қасиетінің өзгеруі.
- Болаттардың шынықтырылу тереңдігі.
- Болаттарды көлемдік шынықтыру.

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 !!!**