

Көміртекті болаттарда мартенситтік түрлену

Лектор: PhD, Султангазиев Р.Б.

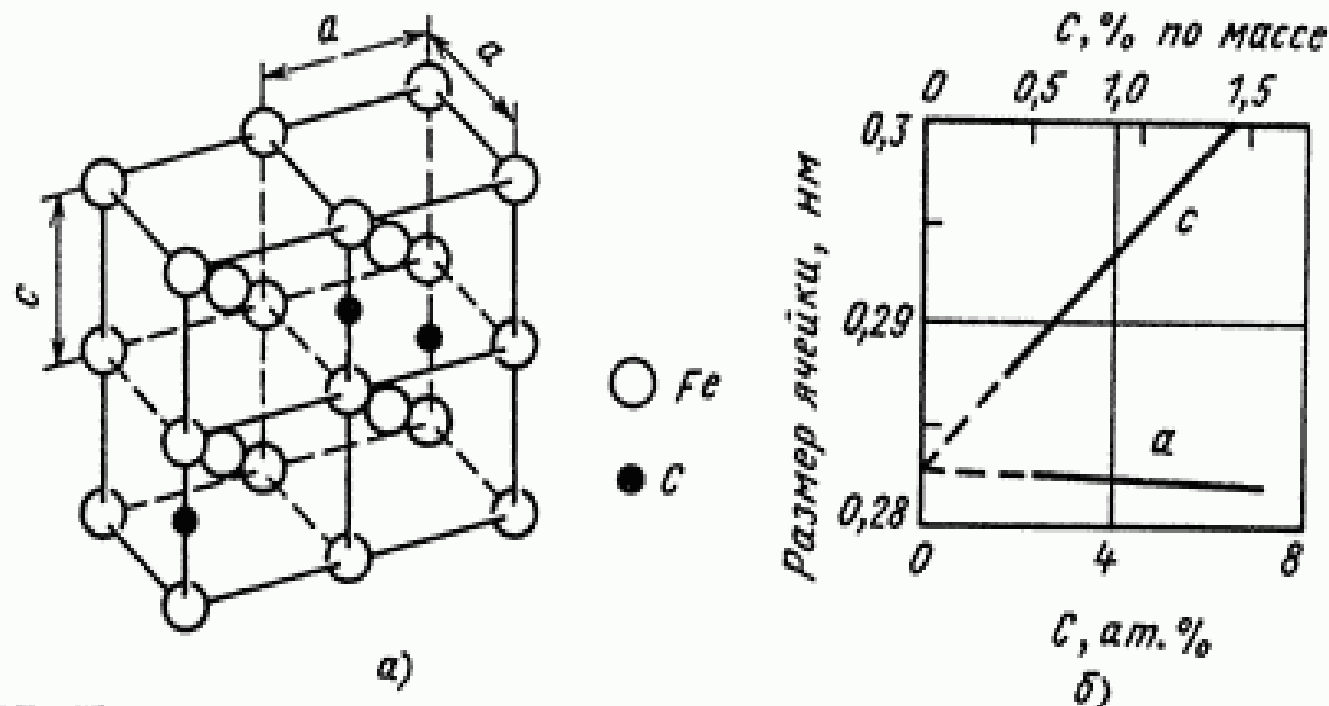
Жоспар:

- Мартенсит табиғаты
- Қалдық аустенит
- Мартенсит қасиеттері

Мартенсит табиғаты

Мартенсит α -темірге көміртекті енгізудің реттелген қатты ерітіндісі болып табылады. Егер тепе-тең күйде α -темірдегі көміртегінің ерігіштігі $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ кезінде $0,002\%$ - дан аспаса, онда оның мартенситте құрамы бастапқы аустенитте сияқты болуы мүмкін, яғни $2,14\%$ - ға жетуі мүмкін.

Көміртек атомдары октаэдрлік тесіктерді α -темір (мартенсит) торында алады және оны қатты бұрмалайды. Мартенсит тетрагональды торға ие (сурет 1, а) бір кезеңі "С" басқасынан көп — "А". Көміртегінің мөлшері ұлғайған кезде тетрагональды призманың биіктігі "с" артады және оның негізінің мөлшері азаяды (сурет 1, б).



Сурет 1 - Мартенситтің кристалды құрылымы:
а-кристалды тор; б-көміртегінің құрамына
байланысты тор кезеңі

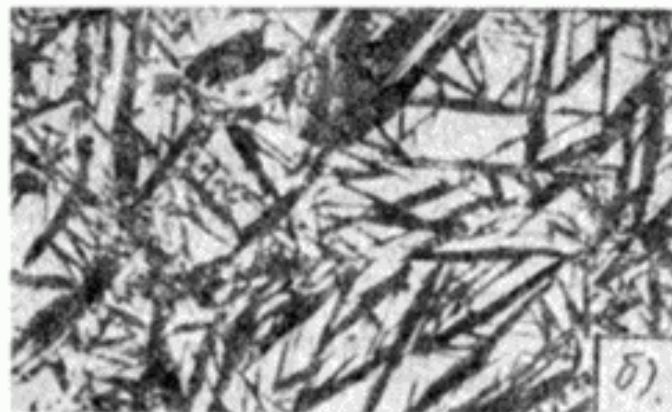
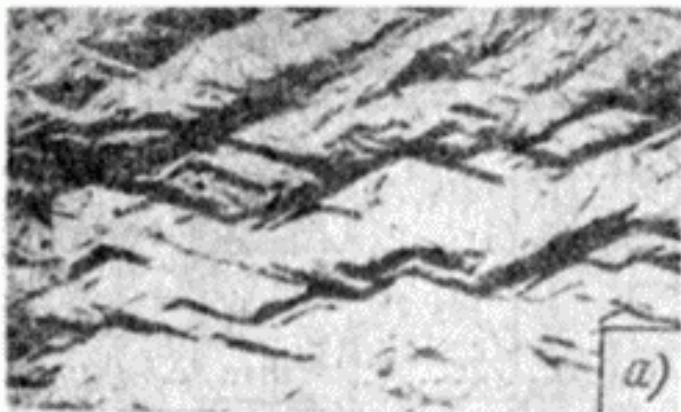
Демек, мартенсит көміртегі көп болса, соғұрлым c/a қатынасы көп, яғни тордың тетрагоналдылығы көп. $C/a=1+0,046 C$ қатынасы, мұнда C -аустениттегі көміртектің концентрациясы, массасы бойынша%.

Мартенсит айналу механизмі. Мартенсит өзгерісі аустенит тез салқындағанда диффузиялық процестер мүмкін болмайтын төмен температураға дейін салқындағанда ғана болады. Айнарудың диффузиялық сипаты жоқ, яғни аустенит торында көміртегі мен темір атомдарының диффузиялық қайта бөлінуімен қатар жүрмейді.

Мартенсит өзгерісі жылжу арқылы жүзеге асырылады және қатты ерітіндінің құрамын өзгертпейді.

Айналудың жылжу механизмі торды қайта құру процесінде атомдардың заңды кооперативтік бағытталған ығысуымен ерекшеленеді. Жекелеген атомдар бір-біріне қатысты өзара көршілестікті сақтай отырып, атомаралық арақашықтықтан аспайтын қашықтыққа ауысады, алайда абсолюттік ығысу шамасы фазааралық шекарадан алысқа пропорционалды түрде өседі. Бұл макроскопиялық ығысуға әкеледі, оның сыртқы көрінісі металл шлифтің бетіндегі микрорельеф (сурет 2, а). Мартенсит кристалдары белгілі бір кристаллографиялық жазықтықтар бойынша аустенитпен байланысты және фазааралық шекара түзілмейді.

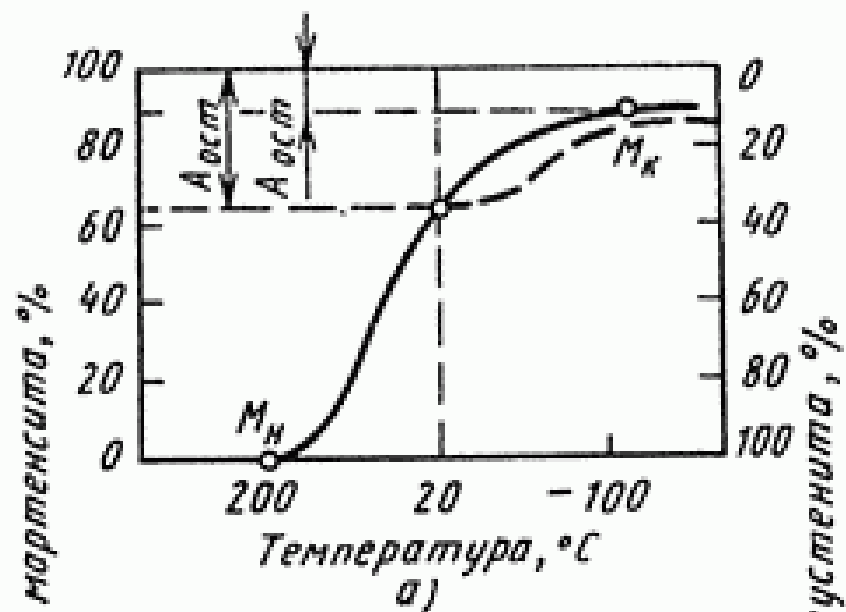
Мартенсит пен аустенит шекарасында тордың (когеренттілік) ұштасуы бар, мартенсит кристалдарының түзілу және өсу жылдамдығы өте жоғары ($\sim 10^3$ м/с).



Сурет 2 - Мартенситтің микроқұрылымы: а — мартенсит рельефі; Б - жоғарыкөміртекті пластиналы мартенсит және қалдықты аустенит, х500; в - төменкурлеродиялы реактивті мартенсит (көрсеткілер қалдықты аустенитті көрсетеді, х2700); г-құрамында 0,45% С бар болаттың реактивті мартенситі, х1000

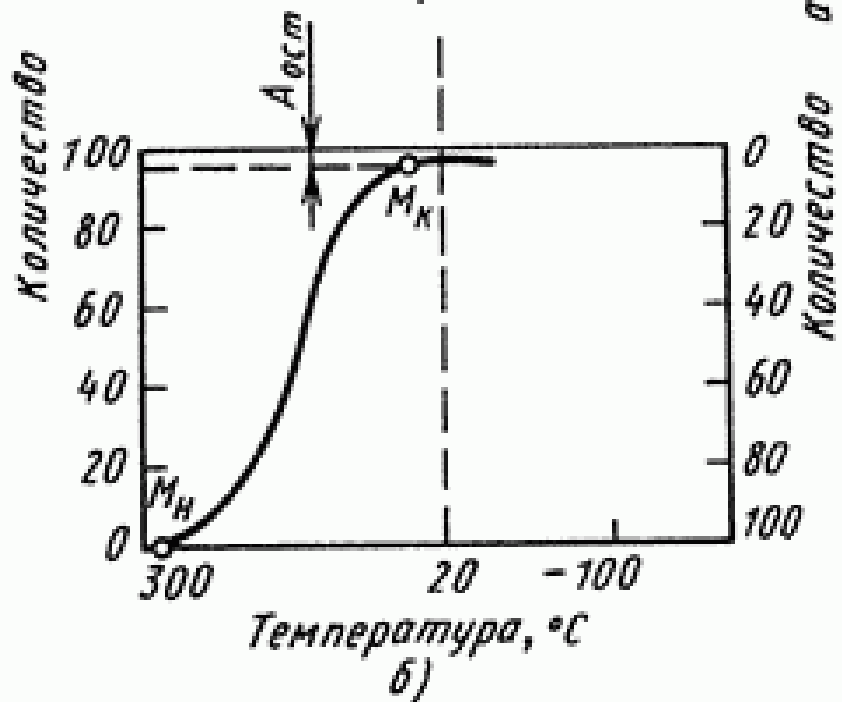
Мартенситті кристалдың өсу процесінде аустенит пен мартенситтің үлестік көлемінің әртүрлілігі салдарынан когерентті жанасу аймағында серпімді кернеу ұлғаяды, бұл ақыр соңында пластикалық деформацияға және атомдардың біркелкі орналасуымен фаза аралық шекараның түзілуіне әкеледі. Торлардың жанасуы кристалдың өсіп келе жатқан дәндердің (субграница) шекарасына немесе кристалдың басқа да ақауларына жеткенде де бұзылады. Торлардың когеренттілігі бұзылған кезде атомдардың аустениттен мартенситке одан әрі реттелген өтуі мүмкін болмайды және мартенсит кристалының өсуі тоқтатылады.

- Төмен температураларда аустенит кристалдарынан мартенситке атомдардың диффузиялық ауысуы мүмкін емес. Одан әрі айналдыру Жаңа мартенсит кристалдарының пайда болуы нәтижесінде өтеді.
- Мартенсит айналуының кинетикасы. Жалпы жағдайда мартенситті айналдыру диффузиялық айналыстарда болуы мүмкін сияқты тез салқындатуды басу мүмкін емес. M_n нүктесіне сәйкес температураға дейін салқындағанда, аустенит мартенситке айналады. Демек, M_n нүктесіне жауап беретін температура мартенсит өзгерісінің басына сәйкес келеді.

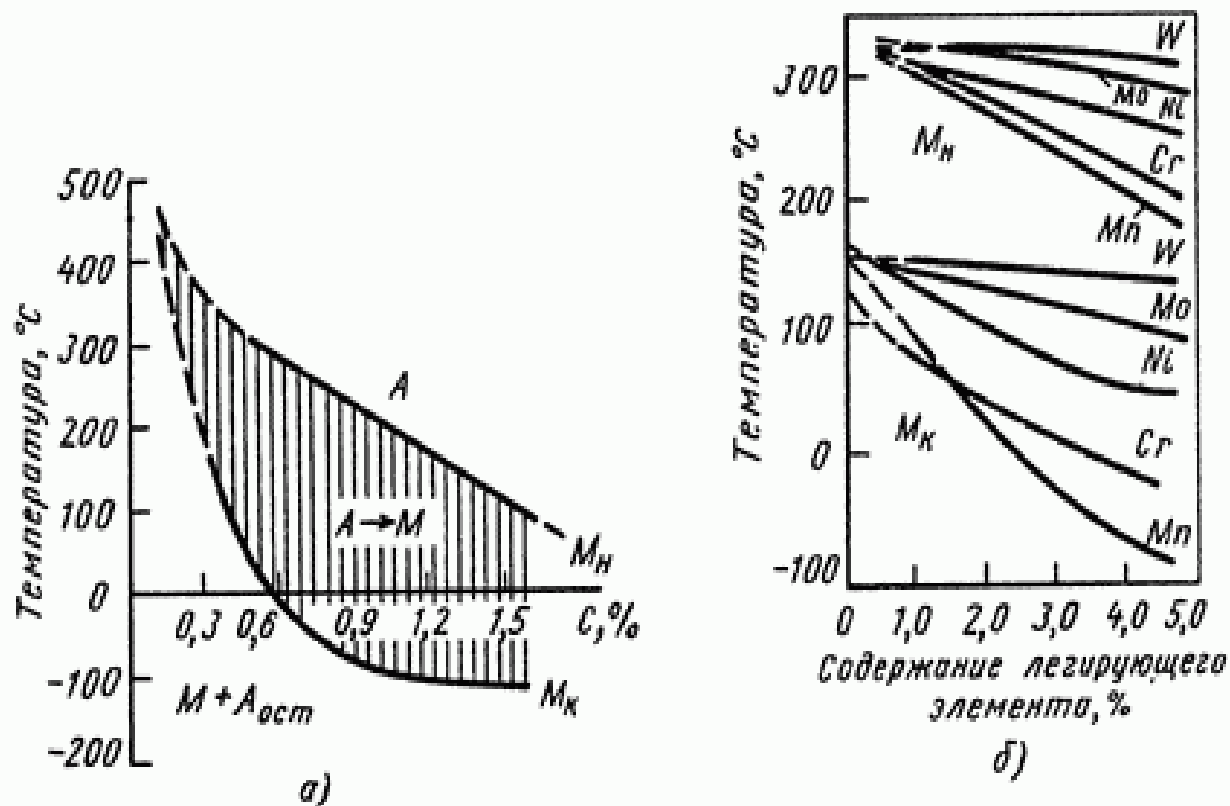


Сурет 3 - Жоғары көміртекті (а) және төмен көміртекті (б) болаттарға арналған мартенситті қисықтар ($A_{ост}$ -қалдық аустенит);

- - - аустенитті тұрақтандырғаннан кейін мартенситті қисықтар



Мартенсит өзгерісі дамуы үшін болатты M_H температурасынан төмен үздіксіз салқындату қажет. Егер салқындату тоқтатылса, мартенситті айналдыру іс жүзінде тоқтайды. Мартенсит айналуының бұл ерекшелігі оны A_1 нүктесінен төмен температурада изотермиялық жағдайларда толық өтетін диффузиялық перлитадан ерекшелендіреді. Қалыптасқан мартенсит мөлшерінің үлгі салқындатылған температурадан тәуелділігі мартенсит қисығы деп аталады (сурет 3). Температура неғұрлым төмен болса, соғұрлым мартенсит пайда болады. Бұл ретте мартенсит саны герентті емес шекарасы бар, пайда болған кристалдардың өсуі салдарынан емес, барлық жаңа және жаңа кристалдардың пайда болуы нәтижесінде өсуде. Әрбір болат үшін белгілі бір температураға жеткенде аустениттің мартенситке айналуы тоқтатылады. Мартенсит айналуының осы температурасын M_K белгілейді. M_H және M_K нүктелерінің орналасуы салқындату жылдамдығына байланысты емес және аустениттің химиялық құрамына байланысты. Көміртегі аустенитінде неғұрлым көп болса, M_H және M_K нүктелерінің температурасы соғұрлым төмен болады (сурет 4, а). Кобальт пен алюминийден басқа аустенитте ерітілген барлық легірлеуші элементтер M_H және M_K нүктелерін төмендетеді (сурет 4, б).



Сурет 4 – Мартенсит нүктелерінің температурасы M_H және M_K ; а-көміртегі құрамының әсері; б-легірлеуші элементтердің құрамының әсері

Мартенситті айналдыру кернеулерге өте сезімтал, ал аустениттің деформациясы M_n -ден жоғары температурада да (мартенсит деформациясы) айналуы мүмкін.

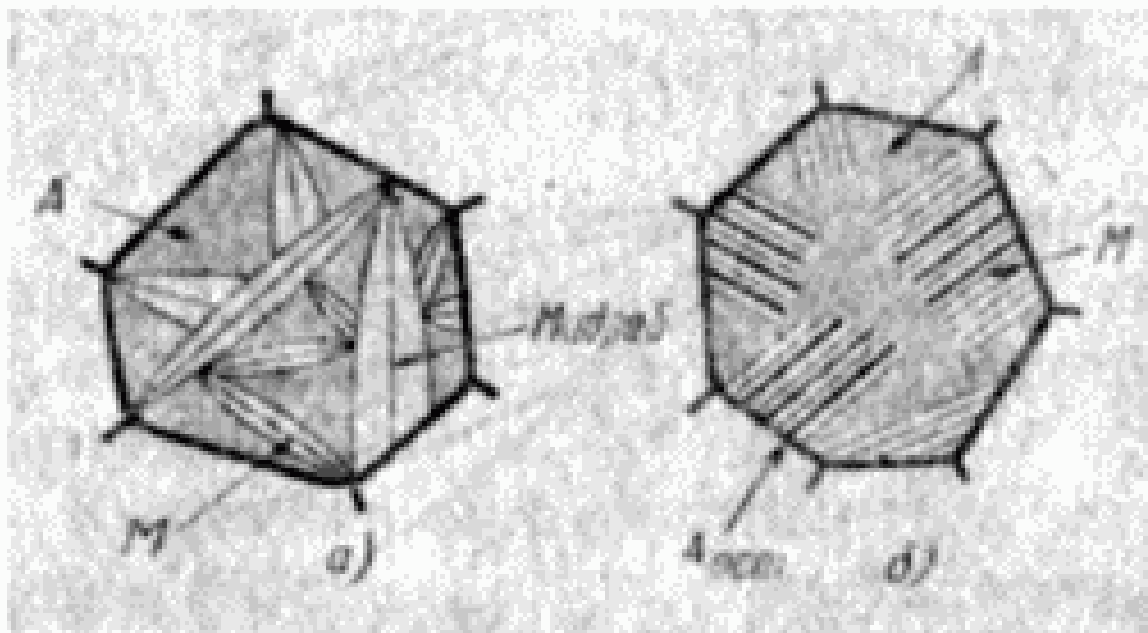
Мартенсит кристалдары болаттың құрамына байланысты, демек, оның пайда болу температурасына байланысты әртүрлі морфология мен субқұрылым болуы мүмкін. Мартенситтің екі түрі бар — пластиналы және рейкалы. Тілімі жалпақ мартенсит құрылады жоғары көміртекті болаттардың түрленген беттік сипатталатын температурасы төмен мартенситтік нүктесіне. Бұл жағдайда мартенсит кристалдары көбінесе мидриб деп аталатын орташа жарақат аймағын құрайтын микродвойниктердің үлкен санынан тұрады.

Сурет 2, В осындай мартенситтің микроқұрылымы бар. Оның кристалдары кең плиталар. Тегістеу жазықтығында олар инелер түрі бар.

Ең жиі (конструкциялық көміртекті және легирленген болаттар) мартенсит кристалдары бір бағытта созылған жұқа рек (реечный мартенсит) түрінде болады (2 в, 5 суретті қараңыз.). Жиі рек пакеті қалыптасады және байқалады (сурет 5). Мұндай жоғары температуралы мартенсит ине қарағанда массивті деп аталады (сурет 2).

Рейкалы мартенситтің жұқа құрылымы күрделі және қос кристалдар болмаған кезде жоғары тығыздықты ($\sim 10^{12} \text{ см}^{-2}$) шатастыратын дислокация болып табылады. Легірленген болаттардың түрленген беттік жиі ішінде мартенситтік пакеттерін арасындағы кристалдарынан тұрады мартенсита сақталады дәнекерден қалдық аустениттің

Мартенситтің кез келген морфологиясы кристалдарының мөлшері аустениттің бастапқы дәнінің шамасымен анықталады. Олар аустенит астығы неғұрлым үлкен. Мартенситтің бірінші пластинасы аустенит дәнінің көлденең мөлшеріне сәйкес келеді. Төменгі температураларда түзілетін кристалдар өзінің дамуымен тығыз және аз мөлшерге ие .



Сурет 5-пластиналы (ине) (а) және рейкалы (массивті) (б) мартенсит схемасы

M_k нүктесі $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ төмен шыңдалған болаттарда, атап айтқанда 0,4-0,5 % C жоғары көміртекті болаттарда, қалдық аустенит бар. Оның мөлшері M_n және M_k нүктелерінің температурасы неғұрлым төмен болса, яғни аустениттегі көміртегі мен қоспалы элементтердің (Co және Al қоспағанда) мөлшері неғұрлым жоғары болса, соғұрлым жоғары болады. Болатта қалдық аустениттің саны 10% - дан аспайды, ал құрамында 1,3-1,5 % бар болатта ол 30-50 % - ға жетеді.

Көміртегі және қоспалаушы элементтері жоғары кейбір болаттарда, мысалы 1,3% C және 12% Cr болаттарда, жоғары температураны шыңдағаннан кейін қалдық аустенит мөлшері 80 – 100% жетуі мүмкін. Бұл теріс температура аймағында M_n нүктесіне сәйкес келетін температураның төмендеуімен түсіндіріледі. Қалдық аустенит (20-30%) көп болған кезде оны мартенсит инелері арасында ашық алаң түрінде шыңдалған болаттың микроқұрылымында байқауға болады.

Аустенитті тұрақтандыру. Егер салқындатқышты M_n нүктесіне сәйкес келетін температурадан төмен температурада біраз уақытқа кешіктірсеңіз, мысалы 20°C Осы температураға дейін салқындатқанда арттырылмаған аустенит неғұрлым тұрақты болады. Аустениттің мұндай тұрақтануы кейіннен температураның төмендеуі кезінде аустениттің мартенситке айналуы бірден жаңартылмайды, ал неғұрлым төмен температурада және одан да аз қарқынды жүреді. Нәтижесінде пайда болатын мартенсит саны үздіксіз салқындатудан аз болады. Бұл тұрақтандыру құбылысы M_n - M_k температура аралығында қатты көрінеді және салқындату кешіктірілген температураға байланысты. Бұл тұрақтандыру әсері төмен температура M_c белгіленеді. Тұрақтандыру құбылысы кейде мартенсит өзгеруін ынталандыратын кернеудің релаксациясымен түсіндіріледі.

Мартенсит қасиеттері

Мартенситтің тән ерекшелігі-оның жоғары қаттылығы мен беріктігі. Мартенситтің қаттылығы көміртегінің ұлғаюымен артады; 0,6-0,7% С болатта мартенсит қаттылығы 65HRC, 960 HV феррит қаттылығы көп.

Төмен көміртекті мартенситтің уақытша кедергісі (0,0025% С) 1000 МПа құрайды, ал 0,6-0,8% С кезінде 2600-2700 МПа жетеді. Дегенмен, мартенситте көміртек құрамының жоғарылауымен оның нәзік бұзылуына бейімділігі артады. Құрамында 0,35-0,4% С астам бар мартенсит жарықтың пайда болуына төмен кедергіге және K_{1c} бұзылу тұтқырлығының әсіресе төмен мәніне ие. Мартенситтің қаттылығы (беріктігі) көміртегімен қанықпаған қатты ерітіндінің, дислокациялардағы Коттрелл атмосферасының, дислокацияның жоғары тығыздығының ($10^{10} - 10^{12} \text{ см}^{-2}$) және дислокацияның қозғалысын қиындататын әртүрлі шекаралар мен субграницалардың пайда болуына міндетті. Мартенсит сынғыштығы құрылыс ақауларында көміртек атомдарының атмосфераның түзілуіне байланысты.

Мартенсит болаттың басқа 6 құрылымдық құрауыштарымен салыстырғанда, әсіресе аустенитпен салыстырғанда ең көп үлес көлеміне ие. Мартенсит пайда болған кезде үлестік көлемнің ұлғаюы бұйымның деформациясын немесе тіпті сызаттардың пайда болуын тудыратын үлкен ішкі кернеулердің шынығуы кезінде пайда болуының негізгі себептерінің бірі болып табылады.

Эвтектоидты болатта көлемнің ең көп ұлғаюы байқалады, сондықтан ол шыңдау жарықтары мен деформацияларына аса сезімтал.

СӨЖ үшін бақылау сұрақтары:

- Көміртектен М-тік түрленудің кинетикасы.
- Түрленудің механизмі және кинетикасы.
- М-тке шынықтырылған қорытпаның микроқұрылымы және субқұрылымы

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 !!!**