

## КОНСТРУКЦИЯЛЫҚ БОЛАТТАР МЕН ҚОРЫТПАЛАР

Конструкциялық деп машина тетіктерін жасауда (машина жасау болаттары) құрылмалар мен имараттарда (құрылыстық болаттар) қолданатын болаттар аталады. Сонымен қатар конструкциялық болаттар қатарына тозуға төзімді, серпімді, татқа төзімді, ыстыққа төзімді, ыстыққа берік т.б. арнаулы қасиеті бар болаттар жатады.

Қазіргі заман машиналары мен конструкцияларының бөлшектері жоғары динамикалық жүктемелер, төмен температура, әртүрлі түсетін күштерден туындайтын кернеулер концентрациялары әсерінде пайдаланылады. Мұның бәрі материалдың морт сынғыштығын тудырып, машинаның жұмыс қабілетін, сенімділігін төмендетеді.

Машина бөлшектері мен конструкцияларын есептеудегі негізгі сипаттама конструкциялық болаттың аққыштық шегімен  $\sigma_{0,2}$ , оның жоғары созымталдығы ( $\delta, \psi$ ), морт сынуға қарсылығының (КСУ, КСТ,  $K_{1c}$ ) және суыққа сынғыштық табалдырығының төмендігімен үйлесімді болуы керек. Бұйымның жұмыс атқару мәңгілігі оның шалдығып тозуына және коррозияға көрсетер қарсылығына ( $\sigma_{-1}$ ) тәуелді. Осының бәрі болаттың конструктивті беріктігін анықтайды.

Болаттың беріктігін арттыру термиялық, термомеханикалық өңдеулер арқылы, дислокациялық, дисперсиялық, даракұрылымдық нығайтумен және болаттың құрамын іріктеумен қамтамасыздандырылады.

Беріктігін ( $\sigma_T$ ) көтеру кезінде созымталдығы ( $\delta, \psi$ ), тұтқырлығы (КС, КСТ,  $K_{1c}$ ) төмендеп, суыққа сынғыштық табалдырығы ( $t_{50}$ ) жоғарылайды.

Тек қана аустениттің ұсақ түйіршіктері аққыштығын көтереді, тұтқырлығын сақтау температурасын кеңейте отырып, суыққа сынғыштық табалдырығын төмендетеді. Сол себепті конструкциялық болаттар ұсақ түйіршікті болуы қажет.

Конструкциялық болаттың технологиялық қасиеттері: қысыммен (илемдеу, соғу, қалыптау т.б.) өңделу, кесу арқылы өңделу қабілеті жоғары, ысқылау жарықшараларын болдырмауы, жоғары температурада қыздырылуы, шынықтыру кезінде деформацияға көнбеуі және жарықшалар тудырмауы қажет. Құрылыстық конструкциялық болаттар пісірудің барлық түріне икемді болуы керек.

Болатты мартен пешінде, электрпешінде, конверторларда қорытады. Тұтынушыларға болат ыстықтай жаншумен алынған әр түрлі формадағы дайындамалар ретінде, мөлшерленген және ажыратылған күйінде (парақтар, таспалар, фасонды пішіндер т.б.) жіберіледі.

Құрылыста қолданылатын болаттар термиялық өңделмеген күйінде дайындалынады. Машина жасау кәсіпорындарына, металлургия зауыттары болатты термиялық өңделмеген күйінде, жасыту немесе жоғары температурада босатудан кейін жібереді. Машина жасау зауыттарында машина тетіктеріне керекті қасиетін қамтамасыз ету мақсатымен термиялық

өңделеді. Кейбірде металлургиялық зауыттар болаттың құрамын әртүрлі тәсілдермен металл емес және зиянды кірмелерден, газдардан т.б. тазартудан өткізіп, сапасын көтеріп, тұтынушыларға жібереді.

Металдың тазалығын көтеру болаттың конструктивті беріктігін арттырады, ең алдымен жарықтың даму (КСТ) жолын ұзартып, жарыққа төзімділігін ( $K_{1c}$ ) арттырады. Тазартылған металдың беріктігі мен созымталдығы елеулі өзгермейді, сонда да металл емес кірмелердің азаюына қарай созымталдықтың және тұтқырлықтың анизотропиялық қасиеттері төмендейді.

### 13.1 Конструкциялық көміртекті болаттар

Конструкциялық көміртекті болаттар сапасы кәдімгідей және сапалы болып өндірілді.

#### 13.1.1 Сапасы кәдімгідей болаттар (МСТ 380-94)

Сапасы кәдімгідей болаттар жалпы технологиялық шарт бойынша қорытылады. Құрамында зиянды металл емес кірмелермен ластанған күйінде алынады. Нормальдандырылып, әртүрлі дайындамалар (шыбық, табак, итарқа т.б.) түрінде шығарылады.

Өндіру әдісіне қарай сапасы кәдімгідей болат тынық, жартылай тынық, қайнаған болып ажыратылады. Тынық болатты өндіру кезінде оттегеннің зияндылығын жою үшін марганецпен, кремниймен және алюминиймен тотықсыздандырылады. Құрамында 0,3 % Si, 0,0002 % O<sub>2</sub> бар. Жартылай тынық болатта – 0,15% Si, 0,001% O<sub>2</sub> бар. Қайнаған болаттар тек марганецпен ғана тотықсыздандырылады. Құрамында 0,05% Si, 0,02% O<sub>2</sub>, Fe + MCO↑ бар.

Сапасы кәдімгідей көміртекті болаттар келесі маркалар бойынша өндіріледі.

5 – кесте. Сапасы кәдімгідей болаттарды маркалау (МСТ 380-94)

Маркасы	Беріктік шегі, МПа	Аққыштық шегі, МПа	Салыстырмалы созылуы, %
Ст0	310	–	20...30
Ст1сп, пс	320...420	–	31...34
Ст2сп, пс	340...440	200...230	29...32
Ст3сп, пс	380...490	210...250	23...26
Ст3Гпс, сп	380...500	210...250	23...26
Ст4сп, пс	420...540	240...270	21...24
Ст5Гпс	460...600	260...290	17...20
Ст6сп, пс	600-кем емес	300...320	12...15

6 – кесте. МС ИСО 630 және МС ИСО 1052 бойынша «Ст» және «Fe» типті маркалы болаттарды салыстыру

Болат маркалары			
« Ст »	« Fe »	« Ст »	« Fe »
Ст0	Fe310 - 0	Ст4кп	Fe430 – А
Ст1кп	-	Ст4пс	Fe430 – В
Ст1пс	-	Ст4сп	Fe430 – С
Ст1сп	-	-	Fe430 – Д
Ст2кп	-	Ст5пс	Fe510 – В, Fe490
Ст2пс	-	Ст5Гпс	Fe510 – В, Fe490
Ст2сп	-	Ст5сп	Fe510 – С, Fe490
Ст3кп	Fe360 – А		
Ст3пс	Fe360 – В	Ст6пс	Fe590
Ст3Гпс	Fe360 – В	Ст6сп	Fe590
Ст3сп	Fe360 – С	-	Fe690
Ст3Гсп	Fe360 – С		
	Fe360 – Д		

«Ст» әріптері (сталь) болат деген мағынада, цифрлары - марканың шартты нөмірі. Сонымен қатар бұл МСТ бойынша марганецтің басым мөлшерін көрсететін (0,8 – 1,1% ) Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст5Гпс маркалары бекітілген.

Маркадағы шартты нөмірлердің үлкеніне қарай болаттың беріктік шегі ( $\sigma_B$ ), аққыштығы ( $\sigma_{0,2}$ ) көтеріледі, созымталдығы ( $\delta$ ,  $\psi$ ) төмендейді. Мысалы, қолданылуы кеңінен таралған Ст3сп болаттың қасиеті:  $\sigma_B=380...490$ МПа,  $\sigma_T=210...250$ МПа,  $\delta=25...22\%$  болса, Ст5сп болаттың қасиеті  $\sigma_B=500...640$ МПа,  $\sigma_T=240...280$ МПа,  $\delta=20...17\%$ .

Илемделген болаттың қалыңдығы үлкейген сайын  $\sigma_B$ ,  $\sigma_T$ ,  $\delta$  және  $\psi$  төмендейді. Сапасы кәдімгідей көміртекті болаттар әр түрлі металл конструкцияларын, аз күш түсетін машина тетіктерін (біліктер, осьтер), темір жол доңғалақтарын, көбінесе құрылыс конструкцияларын жасауда қолданады.

Жауапты пісірмелі конструкцияларда және төмен температураларда жұмыс атқаруға тынық болаттар қолданылады (Ст1сп, Ст2сп, Ст3сп). Көміртегінің мөлшері көп болса болаттың пісірілу қабілеті түсе бастайды. Сондықтан Ст5, Ст6 маркалы болаттар пісірілуді қажет етпейтін құрылыс конструкцияларының элементтері үшін жұмсалады.

Сапасы кәдімгідей болаттар арнаулы қолданылуға (көпір және кеме жасауда, ауыл шаруашылығы машиналарын жасауда және т.б.) бейімделіп, техникалық шарты ерекшеленеді.

### 13.1.2.Сапалы көміртекті болат (МСТ 1050-88)

Мұндай болатты қорытуда оның химиялық құрамына жоғары талап қойылады: зиянды кірмелер шектеулі - 0,03...0,04% S, 0,035...0,04% P, металл емес кірмелердің болмағаны дұрыс.

Сапалы көміртекті болаттар 08, 10, 15, 20, ...60 цифрларымен маркаланады. Цифрлар болаттың құрамындағы көміртегінің жүзден бір бөлігін көрсетеді.

Төмен көміртекті болаттар ( көміртегі < 0,25%) 05кп, 07кп, 08, 10, 10кп маркалы болаттардың беріктігі төмен, созымталдығы жоғары (7-кесте). Олар термиялық өңделмеген күйде аздаған күш түсетін тетіктерді жасауда қолданылады. 15, 15кп, 20, 25 маркалы болаттар нормальданғаннан кейін қолданылады.

Төмен көміртекті сапалы болаттар жауапты пісірмелі конструкцияларда және цементтендірілетін машина тетіктерін жасауда қолданылады.

7 – кесте. Сапалы көміртекті ( машина жасауға арналған) болаттарды маркалау , МСТ 1050-88.

Маркасы	Көміртегі мөлшері,%	Механикалық қасиеті			
		$\sigma_{в}, Н/мм^2$	$\sigma_{т}, Н/мм^2$	$\delta$	$\psi$
		МПа		%	
05кп	$\leq 0,06$				
08кп,08пс, 08	0,05-0,012	320	196	33	60
10кп,10пс, 10	0,07-0,14	330	205	31	55
11кп,	0,05-0,12				
15кп, 15пс	0,12-0,19	370	225	27	55
18кп	0,12-0,20				
20кп,20пс, 20	0,17-0,24	410	245	25	55
25	0,22-0,30	450	275	23	50
30	0,27-0,35	490	295	21	50
35	0,32-0,40	530	315	20	45
40	0,37-0,45	570	335	19	45
45	0,42-0,50	600	355	16	40
50	0,47-0,55	630	375	14	40
55	0,52-0,60	650	380	13	35
58(55пп)	0,55-0,63	600	315	12	28
60	0,57-0,65	680	400	12	35

Орта көміртекті ( 0,3-0,5% C ) 30, 35, 40, 45, 50, 55 маркалы болаттар нормальдандырылып, жақсартылып және беттік шыңдалудан кейін машина жасау салаларының бәрінде әртүрлі тетіктерді жасауда қолданылады.

Нормальданған болаттың төмен көміртекті болатпен салыстырғанда беріктігі жоғарылап, созымталдығы төмендейді. Жасытылған күйде кесіп өңделуі жақсарады.

Жақсартылған 40, 45, 50 маркалы болаттардың механикалық қасиеттері:  $\sigma_b = 600 \dots 700$  МПа,  $\sigma_T = 400 \dots 600$  МПа,  $\psi = 50 \dots 40\%$ ,  $KCU = 0,4 \dots 0,5$  МДж/м<sup>2</sup>. Қыздырылу тереңдігі шамалы болғандықтан, оны көтеру үшін марганецпен легіріледі (40Г, 50Г).

Жоғары көміртекті болаттардың (0,6%-дан астам) беріктігі, тозуға төзімділігі және серпімділік қасиеттері жоғары. Шынықтырылып, босатылғаннан кейін тетіктердің үйкелістік және жоғары статикалық дірілдік жүктемелерінде жұмыс атқаруына пайдаланылады. Мұндай болаттардан серіппелер мен рессорлар, айналдырықтар, тығырықтар, илемдеуші пішімбілектер т.б. дайындалынады.

### 13.2. Легіріленген конструкциялық болаттар

Легіріленген болатты пайдалану ауыл шаруашылығы машиналарын жасауда, автомобиль өндірісінде, ауыр және көліктік машина жасауда кеңінен тараған. Станок жасауда, құрал-сайманды және басқа өндіріс түрлерінде оны қолдану аса дамымаған. Мұндай болатты ауыр жүктемелік металл конструкцияларында қолдану кеңінен тараған.

Легірілеуші элементтер ретінде көбінесе арзан, қоры мол элементтер-марганец, кремний және хром қолданылады. Кейбір кезде бұл элементтерге қосымша титан, ванадий, бор енгізіледі.

Жоғары жүктемелік тетіктерді дайындау үшін болатқа қымбат және қоры тапшы элементтер – никель, молибден, вольфрам, ниобий т.б. енгізіледі.

Болаттың құрамындағы барлық легірілеуші элементтердің мөлшері 2,5% аспайтын қорытпаны төмен легіріленген, ал 2,5-10% -легіріленген, 10%-дан астам болса, жоғары легіріленген деп атайды.

Легірілеуші элементтер мол және дайындамалардың өлшемі кішкене болса, ондай болат қымбат. Әсіресе болаттың құнын никель, молибден, вольфрам және кобальт көтереді.

Құрылыста көбінесе төмен легіріленген болаттар, ал машина жасауда легіріленген болаттар пайдаланылады.

Мұндай болаттардың құрамында: 0,8-1,8% Mn, 0,4-1,2% Si, 0,8-2,5(0,8-1,0%) Cr, 1,0-4,5% Ni, 0,15-0,4% Mo, 0,5-1,2% W, 0,06-0,3% V, 0,03-0,09% Ti, 0,002-0,005% B бар.

Жоғары легіріленген болаттар арнаулы бағытта қолданылады (коррозияға төзімді, қызуға берік, магнитсіз т.б.) және ферритті, мартенситті, аустенитті немесе аралас кластарға бөлінеді.

#### 13.2.1 Легірілеуші элементтердің болаттың қасиетіне тигізер әсері

Қимасы ірі (диаметрі 15-20мм астам) бұйымдардағы легіріленген болаттың механикалық қасиеттері ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , KCU) көміртекті болаттармен салыстырғанда бірталай жоғары. Себебі, легіріленген болаттың

шынығу тереңдігі ілгері. Сонымен қатар термиялық өндеуден кейінгі түйіршіктері ұсақ. Шынығу тереңдігінің жоғары болуы мен шынығу жылдамдығы төмендігінің салдарынан легірленген болаттан жасалған тетіктерді баяу суыту орталарында (май, ауа) ұстау мүмкіншілігі бұйымдардың деформациялануын төмендетеді және шынығу жарықшаларын болдырмайды. Мұндай жағдайда легірленген болаттан ірі көлемді бұйымдардан басқа қимасы кіші күрделі формалы бұйымдар жасауға болады.

Болатты легірлеу арқылы конструктивті беріктігін арттыру үшін оның қыздырылуын қамтамасыздандырады.

Қыздырылу тереңдігін жоғарылатуды көздеп, легірлеуші элементтерді мөлшерден артық енгізу болаттың механикалық және технологиялық қасиеттерін төмендетеді.

Мысалы, хром мен марганец өлшемнен көп енгізілсе, болаттың суыққа сынғыштық табалдырығын көтереді. Сол себепті легірлеуші элементтер берілген шарттағы қыздырылу тереңдігін қамтамасыз ететін мөлшерде енгізілуін қадағалау керек.

Конструкциялық болатқа легірлеуші элемент ретінде көбінесе хром енгізіледі (0,8-1,2%). Мұндай болаттың шынығу тереңдігі көміртекті болатпен салыстырғанда жоғары. Хром болаттың қаттылығының жоғарылауын бірыңғай қалыптастыруға әсерін тигізеді. Хромды болаттың суыққа сынғыштық табалдырығы  $0...-100^{\circ}\text{C}$ .

Хромды болаттың құрамына басқа легірлеуші элементтер енгізу арқылы оның қасиетін талапқа сай өзгертуге болады. Хромды болатқа бор, марганец енгізіліп, шынығу тереңдігі арттырылады. Хромды марганецті болатқа енгізілген титан (0,1%) оның түйіршіктерін ұсақтайды. Хромды болатқа енгізілген молибден (0,15-0,45%) шынығу тереңдігін көтеріп, суыққа сынғыштық табалдырығын  $-20...-120^{\circ}\text{C}$  дейін төмендетеді. Молибден болаттың статикалық, динамикалық қажуға беріктігін көтереді. Ванадий хромды болаттың (0,1- 0,3%) түйіршіктерін ұсатып, беріктігі мен тұтқырлығын көтереді. Никельмен легірленген хромды болаттың беріктігі, шынығу тереңдігі көтеріңкі, суыққа сынғыштық табалдырығы төмен және енгізілген никельдің мөлшеріне қарай өзгереді. Никельмен легірленген болаттың механикалық қасиеттерінің жиынтығы өте жоғары. Бірақ никель тапшы металл болғандықтан, никельмен легірленген болат көп қолданылмайды. Көбінесе никельдің орнын жартылай мыспен толтыруға болады және ол болаттың тұтқырлығын түсірмейді.

Хромды марганецті болатты кремниймен легірлеу хромансиль (20ХГС, 30ХГСД) деп аталады. Бұл топтағы болаттың беріктігі, тұтқырлығы жоғары, жақсы пісіріледі, штампталады, кесіліп өңделеді. 1,0...1,7% кремний енгізілген күрделі легірленген болаттың соққы тұтқырлығы мен температуралық тұтқырлық қорының көтерілуі атап өтуге тұрады.