

6. ČELICI

Čelici su legure železa sa ugljenikom i drugim elementima. Čelici predstavljaju najčešće korišćenu grupu mašinskih materijala. U novije vreme poznato je nekoliko hiljada raznih vrsta čelika, koje se koriste u gotovo svim oblastima mašinske tehnike.

6.1. DOBIJANJE ČELIKA

Dobijanje čelika se svodi na rafinaciju gvožđa dobijenog u visokoj peći i dodavanju ferolegura. Gvožđe za preradu u čelik sadrži do 4% C, 1,4% Si, 1,5% Mn, 0,25% P i 0,12% S. Stoga se u procesu dobijanje čelika sadržaji ovih elemenata svode na zahtevane vrednosti. Rastopljeno gvožđe prerađuje se u čelike u:

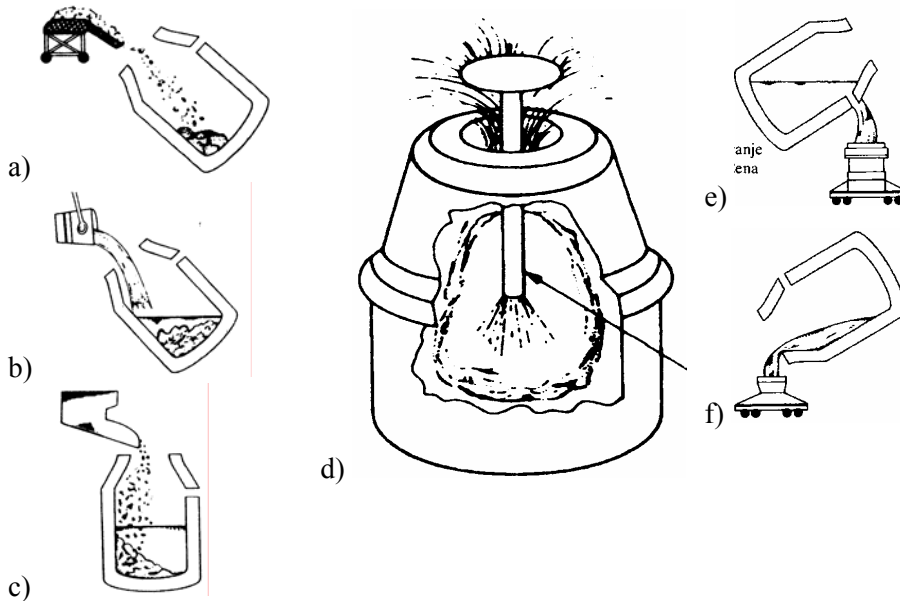
- u Simens-Martenovoj peći (plameni postupak);
- u elektropeći (pretapanjem) i
- u Besemerovom ili Tomasovom konvertoru.

Bitna razlika između Simens-Martenovog postupka i pretapanja u elektropećima, konvertorskog postupka ogleda se u načinu dobijanja toplote potrebne za dobijanje čelika. Dok se u prvom slučaju radi o spoljašnjim izvorima toplote (sagorevanje gasa u Simens-Martenovom postupku ili električni luk kao najčešća varijanta elektropeći), dotle se za konvertorski postupak potrebna količina toplote obezbeđuje hemijskim reakcijama kojima se čelik prečišćava, prvenstveno oksidacijom pomoću kiseonika pod pritiskom.

Izbor postupka za dobijanje čelika zavisi od više faktora, a najvažniji su kvalitet i cena dobijenog čelika, kao i hemijski sastav gvožđa, tj. njegova čistoća. Na primer, za Simens-Martenov postupak i za pretapanje u elektropećima gvožđe, kao polazna sirovina, treba da ima što manje primesa, tj. da je što veće čistoće. Pri tome se dobija čelik boljeg kvaliteta, ali skuplji od konvertorskog čelika. Za primenu konvertorskih postupaka koriste se gvožđa sa većim sadržajem silicijuma (Besemerov postupak), odnosno sa većim sadržajem fosfora (Tomasov postupak), koji pri prečišćavanju gvožđa daju dodatnu količinu toplote.

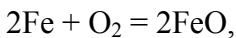
Oksidacija u procesu dobijanja čelika biće objašnjena na primeru konvertorskog postupka. Kod konvertorskog postupka gvožđe (sa čeličnim

otpacima i do 30%) se ubacuje u konvertor bačvastog oblika, koji je iznutra obložen odgovarajućom vatrostalnom oblogom, sl. 6.1a,b. Neposredno pre početka reakcije sa kiseonikom dodaje se topitelj, koji pomaže izdvajanje troske na površini rastopljenog čelika, sl. 6.1c. U konvertor se spušta cev sa kiseonikom (vazduhom), koja je označena strelicom na sl. 6.1d.

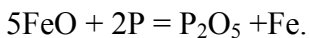
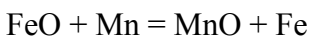
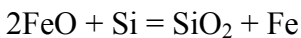
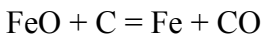


Slika 6.1. Konvertorski postupak dobijanja čelika: a) punjenje metalnim otpadom; b) ulivanje rastopljenog metala; c) dodavanje pečenog kreča; d) udubavanje kiseonika; e) izlivanje rastopljenog čelika; f) izbacivanje šljake

Čist kiseonik reaguje sa železom iz gvožđa:

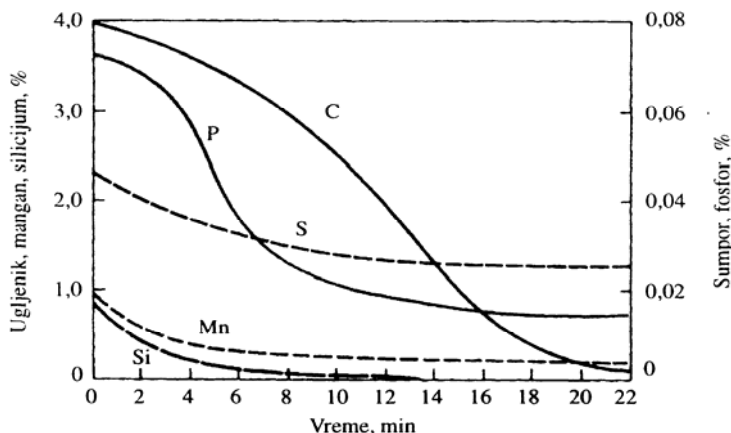


Oksid FeO reaguje sa ugljenikom i primesama:



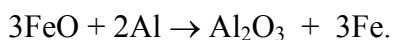
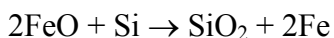
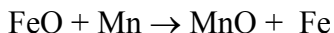
Ove reakcije prati oslobađanje toplote, koja je dovoljna da čelik ostane u tečnom stanju, a produkti oksidacije (CO, SiO₂, MnO, P₂O₅) odlaze u trosku ili u vazduh. Na taj način se sadržaj C, Si, Mn i P dovodi na potrebnu meru, dok se za smanjenje sadržaja sumpora koristi kalcijum iz topitelja koji gradi hemijsko jedinjenje CaS, koje takođe odlazi u trosku. Smanjenje sadržaja ugljenika, sumpora, fosfora, mangana i silicijuma tokom

opisanih procesa u konvertoru je prikazano na sl. 6.2. Na primer, ako se sadržaj ugljenika od 4% smanji na 2%, što odgovara maksimalnoj rastvorljivosti ugljenika u čeliku, sl. 5.4, znači da je u procesu oksidacije došlo do sagorevanja ugljenika.



Slika 6.2. Smanjenje sadržaja hemijskih elemenata tokom procesa oksidacije

Pred izlivanje, čelicima se dodaju mangan, silicijum i aluminijum kao dezoksidatori. Dezoksidacija se odvija prema sledećim hemijskim jednačinama:



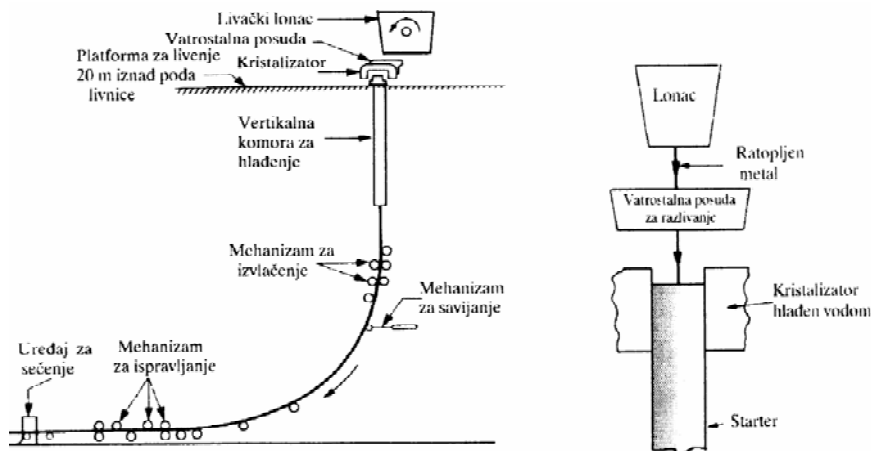
Nastala hemijska jedinjenja se odstranjuju u vidu troske.

Naredna faza u dobijanju čelika je oblikovanje prilikom prelaza iz tečnog u čvrsto stanje. Tečni čelik se lije u metalne kalupe – *kokile*, sl. 6.1e, gde očvršćava u tzv. *ingote*. Oni se zatim zagrevanju na približno 1200°C i valjaju u poluproizvode različitih dimenzija (blumove, slabove i gredice). Naknadnim hladnim ili toplim valjanjem dobijaju se deblji ili tanji limovi, žice i slični poluproizvodi.

Tradicionalni način livenja ingota sve više se zamenjuje kontinualnim livenjem, sl. 6.3. Rastopljeni čelik se izliva u pomoćnu posudu, gde se sa površine uklanjaju nečistoće, a zatim se ravnomerno i neprekidno propušta kroz bakarni kristalizator u kome počinje očvršćavanje i komoru za hlađenje, gde se očvršćavanje završava, sl. 6.3. Odlivak se izvlači, savija i ispravlja, da bi ušao u uređaj za sečenje brzinom jednakom brzini ulivanja u pomoćnu posudu. Za izvlačenje odlivka koristi se čelična šipka, tzv. starter. Sam postupak ima niz prednosti u odnosu na livenje ingota, jer se

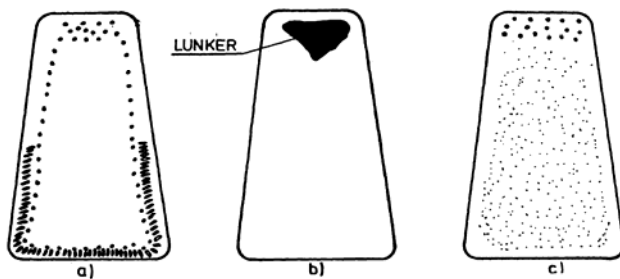
dobija homogenija i sitnozrnija struktura čelika usled veće brzine hlađenja, a postupak je i ekonomičniji.

U procesu dobijanja i izlivanja čelik veoma lako rastvara gasove (O_2 , N_2 , H_2 , CO_2 i CO) koji izazivaju poroznost i nehomogenost strukture, što se loše odražava pre svega na mehaničke osobine. Prema količini zaostalih gasova u toku očvršćavanja čelici se dele na neumirene, poluumirene i umirene.



Slika 6.3. Kontinualno livenje čelika

Neumireni čelici sadrže do 0,3% C i oko 0,02% Si, i nepotpuno su dezoksidisani sa Mn i Al (*dezoksidatori*). Odlikuju se prisustvom gasnih pora duž spoljašnje strane ingota, sl. 6.4a, što obezbeđuje mekši površinski sloj, a time i lakšu obradu deformacijom na hladno. Koriste se za izradu limova i šipki. Pore prisutne u neumirenim čelicima utiču na smanjenje žilavosti, dinamičke čvrstoće i sposobnosti za zavarivanje.



Slika 6.4. Poprečni presek ingota: a) neumireni; b) umireni; c) poluumireni čelik

Umireni čelici sadrže više od 0,3% C i od 0,15-0,6% Si. Oksidi se dezoksidacijom ne udaljavaju, već stvaraju suspenziju u rastopu i ostaju u očvršlom čeliku. U umirenim čelicima nema gasnih mehurova, ali se na vrhu

ingota formira luncker-šupljina, sl. 6.4b, koja se otklanja odsecanjem. Umi-
reni čelici imaju homogenu strukturu bez šupljina i pogodni su za rad na
niskim temperaturama.

Poluumireni čelici sadrže od 0,3-0,9% C i oko 0,15% Si, a dezoksidisani
su u većoj meri nego neumireni. Osim Mn i Al, kao dezoksidator deluje i Si.
Pore su koncentrisane na gornjem delu odlivka sl. 6.4c. Primenjuju se za
izradu profila i debljih limova. Dobijanje im je ekonomično.

6.2. PODELA ČELIKA

Čelici mogu da se podele prema:

- *hemijskom sastavu,*
- *nameni,*
- *strukturi,*
- *načinu dobijanja,*
- *kvalitetu,*
- *obliku i stanju poluproizvoda.*

Prema hemijskom sastavu čelici se dele na:

- *ugljenične čelike,*
- *legirane čelike.*

Prema nameni čelici se dele na:

- konstrukcione čelike,
- alatne čelike,
- čelike sa posebnim svojstvima.

Prema strukturi čelici mogu da budu feritni, podeutektoidni, eutek-
toidni, nadeutektoidni, ledeburitni, austenitni i martenzitni¹.

Prema načinu dobijanja razlikuju se Tomasov, Besemerov, Simens-
Martenov i elektro-čelik.

Prema kvalitetu, tj. sadržaju sumpora i fosfora, čelici se dele na:

- čelike običnog kvaliteta (ugljenične) sa sadržajem sumpora do 0,06% i fosfora do 0,07%,
- kvalitetne čelike (ugljenični i legirani) sa sadržajem sumpora 0,035-0,04% i fosfora 0,035-0,04%,
- visoko kvalitetne čelike (legirani) sa sadržajem sumpora do 0,025% i fosfora do 0,025%,
- plemenite čelike (legirani) sa sadržajem sumpora do 0,015% i fosfora do 0,015%.

¹ Martenzit je struktura koja se dobija termičkom obradom - kaljenjem, koja se odlikuje visokom tvrdoćom.

Prema obliku i stanju poluproizvoda čelici se dele na: valjane, vučene, kovane, livene, brušene, presovane i ljuštene.

6.3. UGLJENIČNI ČELICI

Ugljenični čelici su legure železa i ugljenika (sa sadržajem C do 2,0%), u kojima su prisutne primese. Na ugljenične čelike otpada 90% svetske proizvodnje čelika, pa oni predstavljaju osnovni materijal u mašinskoj industriji. Ugljenik je osnovni i najuticajniji element od kojeg zavise struktura i osobine čelika.

Prema sadržaju ugljenika, ovi čelici se dele na:

- *niskougljenične* do 0,25% C,
- *srednjeugljenične* od 0,25% do 0,6% C,
- *viskokougljenične* preko 0,6% C.

Prema nameni, ugljenični čelici se dele na:

- *konstrukcione*, do 0,6% C i
- *alatne*, preko 0,6% C.

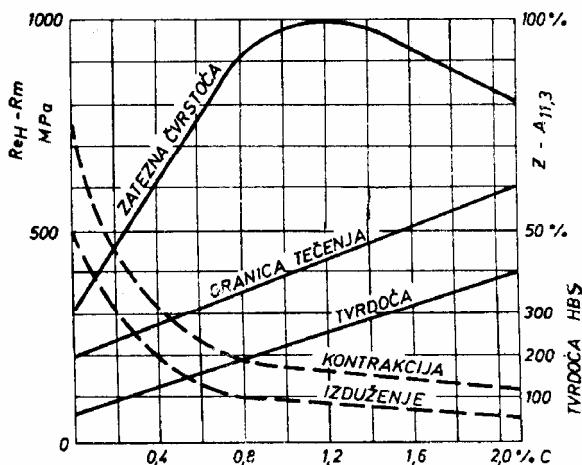
6.3.1. Uticaj ugljenika na strukturu i svojstva ugljeničnih čelika

Prema metastabilnom dijagramu stanja, sa porastom sadržaja ugljenika, struktura čelika se menja od feritne, feritno-perlitne, perlitne, do perlitno-cementitne, sl. 5.4. Prema tome, mehanička svojstva ugljeničnih čelika zavise od sadržaja ugljenika.

Sadržaj od 0,1% C povećava zateznu čvrstoću čelika za oko 90 MPa, a napon tečenja za oko 45 MPa. Poređenja radi, za sličan porast zatezne čvrstoće potrebno je 1% Mn, Si, ili Cr. Znači, ugljenik utiče na osobine železa oko deset puta više nego navedeni legirajući elementi.

Imajući u vidu svojstva pojedinih struktura čelika (poglavlje 5.1), jasno je da sa porastom sadržaja ugljenika kod podeutektoidnih čelika značajno raste zatezna čvrstoća, R_m , u manjoj meri napon tečenja, R_{eH} , i tvrdoća, a smanjuje se izduženje, A , i kontrakcija, Z , sl. 6.5.

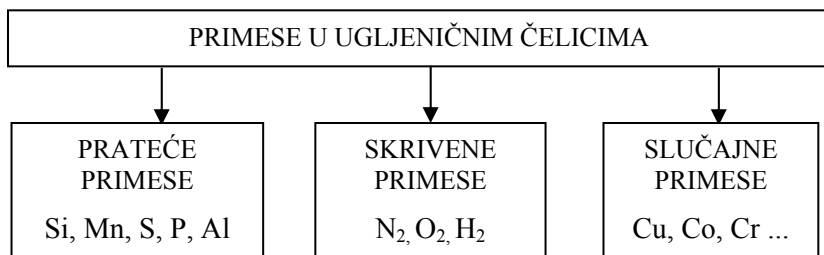
Kod nadeutektoidnih čelika sa porastom sadržaja ugljenika i dalje rastu napon tečenja i tvrdoća. Zatezna čvrstoća raste do približno 1,2% C, kada dostiže maksimum, a potom opada. Ovo može da se objasni povećanjem količine sekundarnog cementita koji se izdvaja na granicama perlitnih zrna, pri porastu sadržaja ugljenika. To dovodi do smanjenja zatezne čvrstoće, a nema uticaja na tvrdoću i napon tečenja.



Slika 6.5. Uticaj ugljenika na mehanička svojstva ugljeničnih čelika

6.3.2. Uticaj primesa na strukturu i svojstva ugljeničnih čelika

Osim ugljenika, u sastav čelika ulaze i drugi elementi koji se smatraju pratećim, skrivenim ili slučajnim primesama, što je šematski prikazano na sl. 6.6. *Prateće primese*, Si, Mn, Al, S i P u čeliku posledica su procesa dobijanja gvožđa (poglavlje 5.4) i čelika (poglavlje 6.1).



Slika 6.6. Šematski prikaz vrsta primesa u čelicima

Skrivene primese u čelicima (N₂, O₂, H₂) potiču iz vazduha s kojim rastopljeni čelik dolazi u kontakt u toku izlivanja.

Slučajne primese su svi elementi koji ne spadaju u prateće ili skrivene primese, a ima ih u čeliku u sadržaju manjem od minimalno propisanog.

Sadržaj primesa u čelicima treba da se svede na najmanju meru, s obzirom na to da oni grade nepoželjna jedinjenja kao što su *sulfidi*, *oksidi* i *fosfidi*.

Sumpor je štetna primesa. Rastvorljivost sumpora u železu je toliko mala da i najmanji sadržaj sumpora dovodi do obrazovanja sulfida železa FeS. Između FeS i železa obrazuje se eutektoid koji se izdvaja na granicama zrna i topi na 985°C. Sumpor je često uzrok pojave krtog loma,

poznatog pod nazivom *crveni lom*. Štetan uticaj FeS se smanjuje ako se doda mangan ($\text{FeS} + \text{Mn} \rightarrow \text{Fe} + \text{MnS}$). Nastalo hemijsko jednjenje MnS topi se na $\sim 1620^\circ\text{C}$, pa se time otklanja opasnost od crvenog loma. Međutim, pri hladnoj i toploj deformaciji MnS se deformiše, izazivajući *trakavost*, odnosno raslojavanje ferita i perlita. Ipak, ova pojava nije tako štetna kao crveni lom, jer trakavost može da se otkloni naknadnim žarenjem, tj. normalizacijom.

Sumpor u čelicima za automate može da bude koristan jer pomaže stvaranje krte i lomljive strugotine, čime se ubrzava obrada rezanjem. Kod ovih čelika dozvoljen sadržaj sumpora je do 0,3%.

Fosfor je takođe štetan jer sa železom gradi *fosfide* koji utiču na smanjenje sposobnosti deformacije u hladnom stanju i izazivaju tzv. *plavi lom*.

Mangan i *silicijum* povećavaju čvrstoću čelika, ali smanjuju njegovu plastičnost i žilavost. *Aluminijum* popravljja svojstva čelika usitnjavajući metalno zрно, osim u obliku oksida Al_2O_3 , kada je štetna primesa.

Kiseonik se u čeliku nalazi u vidu raznih oksida, koji nepovoljno utiču na svojstva čelika.

Azot obrazuje nitride koji povećavaju tvrdoću, ali smanjuju žilavost čelika, pa se smatra štetnom primesom.

Vodonik je u čelicima štetna primesa jer stvara pore, koje posle valjanja ili kovanja prelaze u prsline, što smanjuje žilavost.

6.4. LEGIRANI ČELICI

Legirani čelici osim ugljenika (i primesa) sadrže i druge legirajuće elemente, koji se dodaju radi poboljšanja zahtevanih svojstva. Legirani čelici se dele prema broju, sadržaju i vrsti legirajućih elemenata.

Prema broju legirajućih elemenata, čelici se dele na jednostruko i višestruko legirane.

Prema ukupnom sadržaju legirajućih elemenata, čelici se dele na:

- *nisko legirane* – do 5% legirajućih elemenata i
- *visoko legirane* – više od 5% legirajućih elemenata.

Nisko legirani čelici imaju istu strukturu i slične osobine kao ugljenični (nelegirani) čelici. Neke njihove osobine poboljšavaju legirajući elementi u zavisnosti od vrste i količine. Glavne prednosti nisko legiranih čelika u odnosu na ugljenične su veća žilavost pri istoj čvrstoći, viši napon tečenja, veća čvrstoća na povišenim temperaturama i manja sklonost ka stvaranju prslina.

Visoko legirani čelici imaju, po pravilu, specijalna svojstva koja nemaju ugljenični i nisko legirani čelici, kao što su vatrootpornost, otpornost prema habanju, sposobnost rezanja pri crvenom usijanju i koroziona

postojanost. Osim toga, neki visoko legirani čelici imaju specifične električne i magnetne osobine ili mali koeficijent linearnog širenja.

Prema vrsti legirajućih elemenata, razlikuje se više grupa čelika, koji se nazivaju prema legirajućim elementima: Cr-Ni čelici, Cr čelici, Ni čelici, Mo čelici, Cr-Mo-V čelici, Mn čelici, V čelici, Si čelici.

6.4.1. Uticaj legirajućih elemenata na strukturu i svojstva čelika

Za svaki element određena je gornja granica do koje se on smatra primesom, odnosno legirajućim elementom preko te granice, tab. 6.1.

Tabela 6.1. Minimalni sadržaj legirajućih elemenata u čelicima

element	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	V	Co	Ti	Cu	Al
min. sadržaj (%)	0,60	0,80	0,30	0,30	0,10	0,08	0,01	0,10	0,05	0,4	0,10

Kao što je prikazano u tab. 6.2, legirajući elementi u čeliku mogu da:

- se rastvaraju u α i γ -železu, gradeći čvrste rastvore;
- stvaraju sopstvene karbide ili se rastvaraju u cementitu;
- stvaraju intermetalna jedinjenja ili jedinjenja sa nemetalima i
- budu u elementarnom obliku.

Tabela 6.2. Uticaj legirajućih elemenata na stvaranje odgovarajućih struktura u legiranim čelicima

Element	Čvrst rastvor	Legirani cementit	Karbid	Jedinjenje	Element. stanje
Nikl	Ni			Ni ₃ Al	
Silicijum	Si			SiO ₂ M _x O _v	
Mangan	Mn	(Fe, Mn) ₃ C		MnS; MnOSiO ₂	
Hrom	Cr	(Fe, Cr) ₃ C	Cr ₇ C ₃ ; Cr ₂₃ C ₆		
Molibden	Mo		Mo ₂ C		
Volfram	W		W ₂ C		
Vanadijum	V		VC		
Titan	Ti		TiC		
Niobijum	Nb		NbC		
Aluminijum	Al			Al ₂ O ₃ ; AlN	
Olovo					Pb

Uticaji pojedinih legirajućih elemenata na mehanička i ostala svojstva može da se opiše na sledeći način:

- Sa povećanjem sadržaja mangana povećavaju se zatezna čvrstoća i tvrdoća, u manjoj meri i napon tečenja, dok se žilavost smanjuje.
- Sa povećanjem sadržaja silicijuma povećavaju se napon tečenja i zatezna čvrstoća, a smanjuje sposobnost deformisanja i žilavost.

- Do sadržaja od 5 - 6% Cr povećavaju se zatezna čvrstoća, napon tečenja i sposobnost deformisanja, a iznad tog sadržaja ova svojstva opadaju. Sadržaj Cr iznad 1% smanjuje žilavost. Povećanjem sadržaja Cr povećavaju se otpornost prema oksidaciji na povišenim temperaturama i otpornost prema koroziji.
- Do sadržaja od 10% Ni povećavaju se napon tečenja i zatezna čvrstoća, a neznatno se smanjuje sposobnost deformisanja. Naročito povoljan uticaj Ni ima na žilavost na niskim temperaturama.
- Molibden, vanadijum i volfram imaju sličan uticaj koji se ogleda u povećanju napon tečenja, zatezne čvrstoće i tvrdoće, uz smanjenje žilavosti. Osim toga, ovi elementi popravljaju mehaničke osobine na povišenim temperaturama, kao i otpornost prema koroziji.
- Mala količina Al u čeliku povećava zateznu čvrstoću, ali smanjuje plastičnost i žilavost. Sa Cr i Si, Al povećava otpornost prema oksidaciji na povišenim temperaturama.
- Sa povećanjem sadržaja bakra povećavaju se zatezna čvrstoća i napon tečenja, kao i otpornost prema atmosferskoj koroziji i koroziji u morskoj vodi, ali se bitno smanjuje žilavost.
- Niobijum i titan povećavaju zateznu čvrstoću, ali smanjuju žilavost. Koriste se i kao stabilizirajući elementi kod čelika otpornih prema koroziji u agresivnim sredinama.
- Olovo povećava krtost strugotine, pa se koristi kod čelika za automate.

6.5. OZNAČAVANJE ČELIKA

Prema standardu $JUS C.B0.002^2$ čelici se označavaju nizom slovnih i brojčanih simbola. Opšta oznaka čelika može da se predstavi na sledeći način:

Č XXXX(X).X(X...)-X(X...)

- **slovni simbol** : Č - oznaka za čelik ili
 ČL - oznaka za čelični liv
- **osnovna oznaka** - sastoji se iz četiri ili pet brojčanih simbola kojima se označava vrsta čelika
- **dopunska oznaka** - sastoji se iz jednog, dva ili više brojčanih ili slovnih simbola ili njihovih kombinacija, kojima se označava namena, odnosno stanje proizvoda
- **ostale dopunske oznake** - sastoje se iz jednog, dva ili više brojčanih ili slovnih simbola ili njihovih kombinacija, kojima se po potrebi označavaju druge karakteristike čelika

² U toku je promena ovog standarda, odnosno usaglašavanje sa EN.

Prema standardu čelici su svrstani u dve grupe:

- čelici sa utvrđenim mehaničkim svojstvima i
 - čelici sa utvrđenim hemijskim sastavom i mehaničkim svojstvima.
- Čelici sa utvrđenim mehaničkim svojstvima u osnovnoj oznaci imaju:
- na prvom mestu broj 0;
 - na drugom mestu broj koji označava nazivnu, odnosno minimalnu vrednost zatezne čvrstoće koja je utvrđena za čelike u toplo oblikovanom ili normalizovanom stanju. Značenje simbola dato je u tab. 6.3;
 - na trećem, četvrtom i petom mestu broj koji označava pripadnost čelika podgrupi, tab. 6.4.

Tabela 6.3. Značenje simbola na 2. mestu osnovne oznake čelika sa utvrđenim svojstvima

R _m , MPa	-	< 320	320- 360	360- 380	380- 480	480- 580	580- 680	680- 780	780- 880	> 880
simbol	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tabela 6.4. Značenje simbola na 3., 4. i 5. mestu osnovne oznake čelika sa utvrđenim svojstvima

Simbol*	Podgrupa čelika
00 do 44	Ugljenični čelici bez utvrđenog sadržaja S i P
101 do 449	Slobodno
45 do 79 451 do 799	Čelici sa ograničenim sadržajem S i P. Za čelike iz ove podgrupe delimično se ograničava sadržaj C, Si i Mn
80 do 99 801 do 999	Čelici sa ograničenim sadržajem S i P, delimično utvrđenim sadržajem C, Si i Mn, i sa legirajućim elementima koji se dodaju radi postizanja specijalnih mehaničkih svojstava.

* Na petom mestu se ne koristi broj 0.

Primer oznake čelika sa utvrđenim mehaničkim svojstvima je: Č0545, kod kojeg 0 označava pripadnost navedenoj grupi, 5 označava zateznu čvrstoću (480 – 580 MPa), a 45 označava da je sadržaj S i P ograničen.

Ugljenični i legirani čelici sa utvrđenim hemijskim sastavom i mehaničkim svojstvima u osnovnoj oznaci imaju:

- za ugljenične čelike na prvom mestu cifru 1;
- za legirane čelike na prvom mestu brojčani simbol najuticajnijeg legirajućeg elementa, tab. 6.5. Najuticajnijim legirajućim elementom se smatra onaj element koji ima najveći proizvod sadržaja i faktora uticajnosti, datog u tab. 6.6;
- za ugljenične čelike na drugom mestu je desetostruka vrednost maksimalnog sadržaja ugljenika zaokruženog na desetine;
- za legirane čelike na drugom mestu je brojčani simbol elementa drugog po uticaju. Kod jednostruko legiranih čelika simbol na drugom mestu je 1;
- na trećem, četvrtom i petom mestu je brojčani simbol koji označava podgrupu čelika po nameni, tab. 6.7.

Tabela 6.5. Brojčani simbol za najuticajnije legirajuće elemente

Simbol	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Legirajući element	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	V	ostali

Tabela 6.6. Faktor uticajnosti legirajućeg elementa

Legirajući element	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	V	Co	Ti	Cu	Al	Ostali
Faktor uticajnosti	1	1	4	4	7	14	17	20	30	1	1	30

Tabela 6.7. Simboli na 3., 4. i 5. mestu osnovne oznake čelika sa utvrđenim sastavom

Simbol *	Podgrupa čelika po nameni
00 do 19 101 do 199	Ugljenični čelici sa utvrđenim sastavom i legirani čelici koji nisu namenjeni termičkoj obradi
20 do 29 201 do 299	Ugljenični i legirani čelici za cementaciju
30 do 39 301 do 399	Ugljenični i legirani čelici za poboljšanje
40 do 59 401 do 599	Ugljenični i legirani čelici za alate
60 do 69	Čelici sa naročitim fizičkim svojstvima
601 do 699	Slobodno za čelike koji ne pripadaju ostalim podgrupama
70 do 79 701 do 799	Hemijski postojani i vatrootporni čelici
80 do 89	Brzorezni čelici
801 do 899	Slobodno **
90 do 99	Čelici za automate
901 do 999	Slobodno za čelike koji ne pripadaju ostalim podgrupama

* Na petom mestu se ne koristi nula

** Rezervisano za nove podgrupe ili za podgrupe koje su popunjene

Primeri oznake čelika sa utvrđenim hemijskim sastavom i mehaničkim svojstvima su:

- Č1840, kod kojeg 1 označava da se radi o ugljeničnom čeliku, 8 označava sadržaj ugljenika (približno 0,8%), a 40 označava da se radi o alatnom čeliku;
- Č4570, kod kojeg 4 označava da je Cr najuticajniji legirajući element, 5 označava da je Ni drugi legirajući element po uticajnosti, a 70 označava da se radi o hemijski postojanom i vatrootpornom čeliku.

Dopunske oznake za namenu, odnosno stanje osnovnih proizvoda od čelika su date u tab. 6.8.

Tabela 6.8. Dopunske oznake za stanje osnovnih proizvoda od čelika

Oznaka	Stanje čelika
0	Bez određene termičke obrade
1	Žareno
2	Žareno na najbolju obradljivost
2A	Termički obrađeno na zadatu vrednost zatezne čvrstoće
2B	Termički obrađeno na feritno-perlitnu strukturu
2C	Pogodno za sečenje u hladnom stanju
2D	Žareno na globularni cementit
3	Normalizovano
4	Poboljšano
5	Vučeno - hladno deformisano
6	Ljušteno
7	Brušeno
8	Kontrolisano hladeno
8A	Gašeno
8B	Termomehanički obrađeno
9	Obrađeno po posebnim uputstvima
K	Za vruće kovanje i presovanje
H	Za hladno oblikovanje valjcima (profilisanje)
S	Za hladno presovanje
V	Za vučenje
Z	Za izradu zavarenih cevi

6.6. KONSTRUKCIONI ČELICI

Od konstrukcionih čelika se zahteva da imaju dobra mehanička svojstva, da se dobro obrađuju rezanjem, deformisanjem (kovanje, valjanje, izvlačenje, presovanje), da imaju dobru zavarljivost i nisku cenu.

Prema čvrstoći (naponu tečenja), ovi čelici se razvrstavaju u četiri grupe:

1. čelici niske čvrstoće, $R_e < 250$ MPa,
2. čelici srednje čvrstoće, $250 \text{ MPa} < R_e < 750$ MPa,
3. čelici visoke čvrstoće, $750 \text{ MPa} < R_e < 1550$ MPa,
4. čelici ultravisoke čvrstoće, $R_e > 1550$ MPa.

Ugljenični konstrukcioni čelici pripadaju prvoj grupi, a legirani čelici drugoj, trećoj ili četvrtoj.

Konstrukcioni čelici se koriste za čelične konstrukcije ili konstrukcione elemente u mašinogradnji, mostogradnji, brodogradnji, kotlogradnji, izradi cevovoda i sličnih konstrukcija.

U ovoj grupi čelika će biti opisani i ugljenični i legirani konstrukcioni čelici, koji obuhvataju i neke čelike sa specijalnim svojstvima. Postoji više grupa konstrukcionih čelika.

6.6.1. Opšti konstrukcioni čelici

U ovu grupu čelika spadaju ugljenični i niskolegirani čelici sa utvrđenim mehaničkim svojstvima - JUS C.B0.500. Opšti konstrukcioni čelici se primenjuju za izradu zavarenih konstrukcija i cevovoda, konstrukcija spojenih vijcima i zakovicama, u visokogradnji, mostogradnji, hidrogradnji i mašinogradnji ili za dalju preradu hladnim presovanjem, vučenjem i vrućim kovanjem ili valjanjem.

Opšti konstrukcioni čelici svrstani su u šest grupa kvaliteta i to:

- grupi O pripada čelik čija je oznaka Č0000 koji se koristi za neodgovorne delove;
- grupi A pripadaju čelici čija se osnovna oznaka završava brojem 0; koriste se za statički opterećene zavarene konstrukcije koje nisu izložene većim temperaturnim promenama, niti temperaturama nižim od -10°C (Č0270, Č0370, Č0460);
- grupi B pripadaju čelici čija se osnovna oznaka završava brojem 1; koriste se za odgovorne zavarene konstrukcije kod kojih ne postoji opasnost od krtog loma. Mogu da budu izloženi radu na temperaturi do -10°C (Č0361, Č0371, Č0461 i Č0561);
- grupi C pripadaju čelici čija se osnovna oznaka završava brojem 2; koriste se za odgovorne zavarene konstrukcije izložene statičkim ili dinamičkim opterećenjima, ali ne i niskim temperaturama (Č0362, Č0562);
- grupi D pripadaju čelici čija se osnovna oznaka završava brojem 3; koriste se za odgovorne zavarene konstrukcije izložene dinamičkim opterećenjima i niskim temperaturama, do -30°C (Č0363, Č0463, Č0563);
- grupi M pripadaju čelici čija se osnovna oznaka završava brojem 5; koriste se za odgovorne mašinske delove kao što su osovine, vratila, zupčanici, klinovi (Č0545, Č0645, Č0745).

6.6.2. Finozrni konstrukcioni čelici

Finozrni konstrukcioni čelici su potpuno umireni - JUS C.B0.502. Elementi kao što su vanadijum, niobijum, titan, koji se vezuju u nitride, ili nitride i karbide, daju čelik sa finim (sitnim) zrnom. Finozrni konstrukcioni čelici se koriste za izradu cevovoda za visoke pritiske, posude pod pritiskom, elemenata drumskih vozila, železničkih vagona, cisterni za

prevoz gasa, mostova, industrijskih hala, različitih zavarenih konstrukcija i posebne namene. Ova grupa čelika obuhvata:

- osnovne čelike,
- čelike za povišene temperature i
- čelike za niske temperature.

Finozrni konstrukcioni čelici se označavaju na specifičan način, različito od JUS C.B0.002.

6.6.3. Čelici za cementaciju

Čelici za cementaciju su konstrukcioni čelici sa malim sadržajem ugljenika (0,1 – 0,25%), JUS C.B9.020, koji se koriste za delove kod kojih se površinski sloj cementira ili karbonitrira³. Posle cementiranja ili karbonitriranja i odgovarajuće termičke obrade postiže se visoka tvrdoća, otpornost prema habanju i koroziji površinskog sloja, dok jezgro zadržava dobru žilavost. Prema hemijskom sastavu čelici za cementaciju mogu da budu ugljenični i legirani.

Ugljenični čelici za cementaciju. Ovi čelici su niskougljenični sa sadržajem ugljenika do 0,2% (Č1120, Č1121, Č1220, Č1221, Č1281). Upotrebljavaju se za izradu delova malih dimenzija i jednostavnih oblika, izloženih habanju i malim opterećenjima, gde se ne zahteva visoka čvrstoća jezgra (ručice, poluge, rukavci, zglobovi).

Legirani čelici za cementaciju. Ovi čelici su niskolegirani sa hromom, manganom, niklom, molibdenom, sa sadržajem ugljenika 0,18 – 0,24% (Č4120, Č4721, Č5420, Č7420). Koriste se za izradu delova većih dimenzija, jače opterećenih i odgovornih, kod kojih se zahteva visoka tvrdoća površinskog sloja i dovoljno visoka čvrstoća i žilavost jezgra.

6.6.4. Čelici za poboljšanje

Čelici za poboljšanje⁴ – JUS C.B9.021, posle termičke obrade imaju visoku vrednost napona tečenja i zatezne čvrstoće, dobru plastičnost, malu osetljivost na koncentraciju napona, visoku vrednost dinamičke čvrstoće i dovoljnu žilavost. Prema hemijskom sastavu čelici za poboljšanje se dele na ugljenične i legirane.

Ugljenični čelici za poboljšanje su čelici sa sadržajem ugljenika 0,3 – 0,5%. Ovi čelici se upotrebljavaju za izradu delova preseka do 100 mm,

³ Cementacija je termohemijski proces obogaćivanja površinskog sloja ugljenikom.

Karbonitriranje je termohemijski proces obogaćivanja površinskog sloja ugljenikom i azotom istovremeno.

⁴ Poboljšanje je termička obrada koja se sastoji od kaljenja i visokog otpuštanja. Posle nje se dobija optimalna kombinacija čvrstoće i žilavosti.

imaju malu sklonost ka obrazovanju prslina, ali su osetljivi na zarez. Za izradu konstrukcionih delova koji su manje opterećeni upotrebljavaju se čelici Č1330, Č1430, a za opterećenije delove Č1530, Č1531, Č1580, Č16301, Č16302, Č16303, Č1630, Č1631, Č1680, Č1730, Č1731, Č1780 (kolenasta vratila, bregaste osovine, osovinice klipova, zavrtnji, zupčanici).

Legirani čelici za poboljšanje. Za izradu delova većeg poprečnog preseka do 250 mm, upotrebljavaju se čelici legirani sa hromom, niklom, molibdenom i vanadijumom. Hrom-čelici Č41301, Č41302, Č4132 i Č41321 su pogodni za izradu delova relativno malih dimenzija (osovina, manjih vratila, klinova, poluga i navrtki), čelici Č41331, Č4130, Č4180 imaju povišenu čvrstoću i upotrebljavaju se za odgovornije delove (kolenasta vratila, osovine, zupčanike, zavrtnje), a čelici Č4131, Č4181, Č4134, Č4184 se koriste za delove izložene habanju, ali bez većih udarnih opterećenja (veliki zupčanici i vratila). Hrom-nikl-molibden čelici (Č5430, Č5431 i Č5432) imaju visoku vrednost zatezne čvrstoće i napona tečenja, dobru žilavost i visoku vrednost dinamičke čvrstoće, pa se koriste za izradu delova koji su jako opterećeni naizmenično promenljivim opterećenjima.

6.6.5. Čelici za opruge

Čelici za opruge moraju da imaju što veći napon tečenja, visoku vrednost granice elastičnosti, dobru dinamičku čvrstoću i zadovoljavajuću žilavost - JUS C.B0.551. Ove uslove mogu da zadovolje ugljeni i legirani čelici sa Si, Mn, Cr, V, W. Čelici za opruge legirani sa silicijumom i manganom (Č2130, Č2135, Č2330, Č2331) koriste se za izradu elastičnih podloški, tanjirastih, lisnatih, prstenastih i pužnih opruga, kao i lisnatih opruga za šinska vozila. Ako su legirani sa Cr i V (Č4830), koriste se za opruge velikih prečnika, najviše opterećenih opruga drumskih vozila i zavojnih opruga.

6.6.6. Čelici za automate

Čelici za automate su hemijskim sastavom i strukturom podešeni za obradljivost rezanjem na automatima – JUS C.B0.505. Karakteristično svojstvo čelika za automate je da se pri obradi rezanjem obrazuje kratka i krta strugotina, koja se lomi na malom rastojanju ispred sečiva alata za rezanje. Obrazovanje ovakve strugotine obezbeđuje bolje odvođenje toplote sa obrađivane površine, što omogućava veće brzine rezanja, veću postojanost alata, kao i dobijanje čiste i glatke površine obrađivanih delova. Ovo značajno svojstvo se postiže povećanjem sadržaja sumpora i fosfora. Čelici za automate se legiraju i sa manjom količinom olova. Zbog povećanog sadržaja sumpora, fosfora i olova, plastičnost i žilavost ovih čelika je

smanjena. Stoga se koriste za masovnu proizvodnju malo odgovornih delova od kojih se ne zahtevaju visoka mehanička svojstva (zavrtnji, navrtke, podmetači, rascepke). U čelike ove grupe spadaju Č3990, Č3190, Č1590.

6.6.7. Čelici otporni prema habanju

Za delove izložene habanju u uslovima visokih pritisaka i udara (članci guseničnih platna, delovi drobilica i mlinova, zubi kofice rotornog bagera, zubi kašike bagera, noževi buldožerskih daski, skretnice železničkih i tramvajskih šina) upotrebljava se visokolegirani manganski čelik Č3160 (1,2% C, 12,5% Mn). Niskolegirani čelik Č3134 (0,5% C, 1,8% Mn) upotrebljava se kada je primena visokolegiranih manganskih čelika otpornih prema habanju neizbežna iz ekonomskih razloga ili zbog teške obrade.

6.6.8. Vatrootporni čelici

Vatrootporni čelici su otporni prema hemijskom razaranju površina u atmosferi vazduha ili gasova na temperaturama višim od 550°C, kada su malo opterećeni ili neopterećeni. Pri visokim temperaturama u sredini zagrejanog vazduha ili produkata sagorevanja goriva, dolazi do oksidacije čelika (gasna korozija). Ugljenični čelici nisu pogodni za ovakve radne uslove, pošto njihova površina intenzivno oksidiše i razara se već na temperaturama oko 300°C. Visoku vatrootpornost imaju visokolegirani čelici sa hromom (13 – 25%), silicijumom i aluminijumom. Radi popravljanja mehaničkih svojstava i otpornosti prema oksidaciji, vatrootpornim čelici-ma se dodaje i nikl (20 – 35%). Temperatura do koje se mogu upotrebljavati vatrootporni čelici zavisi od sadržaja legirajućih elemenata i radne atmosfere (oksidaciona ili redukciona).

Vatrootporni čelici, legirani hromom, niklom i aluminijumom (Č4970, Č4971, Č4973, Č4578 i Č4579) upotrebljavaju se za izradu pregrejača vazduha, ventilatora, armatura peći, gorionika, kada za termičku i termohemijsku obradu, izduvnih sistema gasnih turbina i motora SUS i drugih delova termoenergetskih postrojenja.

6.6.9. Čelici za rad na povišenim temperaturama

Čelici za rad na povišenim temperaturama upotrebljavaju se za izradu delova koji su u eksploataciji izloženi visokim opterećenjima i povišenim temperaturama u toku dužeg vremenskog perioda (lopatice, diskovi, rotori i tela gasnih parnih turbina; cevi pregrejača pare, parovodi i armature parnih kotlova; ventili i drugi delovi motora SUS). Pored dobre čvrstoće pri dugotrajnom opterećenju na povišenim temperaturama od ovih čelika

se zahteva i da budu vatrootporni. Čelici za rad na povišenim temperaturama mogu da se razvrstaju prema radnoj temperaturi:

- do 350°C upotrebljavaju se opšti konstrukcioni, ugljenični i niskolegirani čelici u poboljšanom stanju (Č1431, Č1531),
- od 400 do 550°C upotrebljavaju se niskolegirani čelici, koji sadrže Cr, Mo i V. Hrom-molibdenski čelici upotrebljavaju se u energetskim postrojenjima za cevi pregrejača pare, parovode, kolektore, za armaturu parnih kotlova i parovoda (Č7400 i Č7431). Za odgovornije delove parnih i gasnih turbina (lopaticice, osovine, diskove, prirubnice, zavrtnji i navrtke) i za delove parnih kotlova (kotlovske cevi, cevi pregrejača pare, parovode), koristi se Cr-Mo-V čelik Č7432.
- od 500 do 600°C upotrebljavaju se visokolegirani čelici, koji osim 10 – 13% Cr sadrže i Mo, V, W, Ti, Nb. Ovi čelici se koriste za lopaticice, diskove i rotore turbina, kao i ventile automobilskih i avionskih motora.

6.6.10. Nerđajući čelici

Nerđajući čelici se odlikuju visokom otpornošću prema koroziji, koja se postiže obrazovanjem tankog, tvrdog i kompaktnog površinskog sloja, koji štiti metal od dalje korozije. Osim visoke otpornosti prema koroziji, ovi čelici su i vatrootporni, pa se koriste za rad na temperaturama preko 550°C, umesto niskolegiranih čelika. Ovi čelici su definisani po JUS C.B0.600.

Nerđajući čelici su visokolegirani, a pored najmanje 12,5% hroma sadrže i nikl, molibden, bakar, titan, silicijum, mangan i niobijum.

Nerđajući čelici se koriste za izradu pribora za jelo, elemenata opreme u kuhinjama i restoranima, hirurških instrumenata, dekorativnih delova karoserija automobila. Osim toga, ovi čelici se koriste za kotrljajne ležaje, ventile, opruge, merne instrumente, delove peći i razmenjivača toplote u hemijskoj, petrohemijskoj i termoenergetskoj industriji. Primeri standardnih oznaka nekih čelika iz ove grupe su Č4171, Č4172, Č4173, Č4174, Č45707, Č4571, Č4572, Č4573 i Č4574. Komercijalno najpoznatiji nerđajući čelik je Cr-Ni čelik 18/8, sa 18% Cr i 8% Ni.

6.7. ALATNI ČELICI

Alatnim čelicima nazivaju se ugljenični i legirani čelici, koji imaju visoku tvrdoću i otpornost prema habanju, a upotrebljavaju se za izradu različitog alata za obradu metala i drugih materijala. Pored dobrih mehaničkih svojstava čelici za alate moraju da imaju i druga važna svojstva, kao što su:

- dobra toplotna stabilnost, da ne bi došlo do promene strukture i mehaničkih svojstava pri zagrevanju alata u toku procesa rada;

- otpornost prema razugljeničenju površinskog sloja i oksidaciji, jer ove pojave smanjuju čvrstoću, tvrdoću i otpornost prema habanju;
- odgovarajuća toplotna provodljivost, da bi se sprečilo pregrevanje, a time i smanjenje tvrdoće u površinskom sloju, što je naročito važno kod alata za obradu deformacijom u toplom stanju;
- mali koeficijent linearnog širenja na temperaturama kojima je alat izložen u toku rada, tj. dimenziona postojanost;
- dobra obrada brušenjem, što je naročito važno pri izradi alata za merne instrumente.

Najvažnije grupe alatnih čeliku su:

- (1) ugljenični alatni čelici,
- (2) legirani alatni čelici za rad u hladnom stanju,
- (3) legirani alatni čelici za rad u toplom stanju i
- (4) visokolegirani brzorezni alatni čelici.

6.7.1. Ugljenični alatni čelici

Ugljenični alatni čelici sadrže 0,6 – 1,4% C. Karakteristična su im sledeća svojstva:

- visoka tvrdoća (60 – 64 HRC),
- dobra otpornost prema habanju, koja se zadržava samo do 150°C. Zbog toga se od ugljeničnih alatnih čelika ne izrađuje rezni alat za veće brzine rezanja,
- alat od ugljeničnih alatnih čelika ima relativno dobru žilavost, pa je pogodan za izradu alata izloženog jačim udarnim opterećenjima.

Od ugljeničnih alatnih čelika može se izrađivati alat jednostavnog oblika i manjih dimenzija. Ugljenični alatni čelici se dele na grupe:

- I kvalitetna grupa,
- II kvalitetna grupa,
- III kvalitetna grupa,
- čelici za turpije i
- čelici za kose.

U I kvalitetnu grupu ugljeničnih alatnih čelika spadaju Č1941 i Č1944, koji se upotrebljavaju za izradu alata gde je potrebna tvrda površina i povećana žilavost (klipovi za pneumatske čekiće).

U II kvalitetnu grupu ugljeničnih alatnih čelika spadaju Č1740, Č1840, Č1940 i Č1943, koji su namenjeni za izradu čekića i alata za kovanje, reznog alata i turpija za drvo, probijača za papir, noževa poljoprivrednih mašina, alata za sečenje, bušenje i obradu mekog i srednje tvrdog kamena.

U III kvalitetnu grupu ugljeničnih alatnih čelika spada čelik Č1540 koji se zbog lošijih svojstava koristi za izradu sitnog alata: srpova, sekira, čekića, noževa, burgija za drvo i drugog ručnog alata.

Čelici za turpije koriste se za izradu turpija srednjih i malih dimenzija (Č1741, Č1946 i Č1948).

Čelici za kose su ugljenični alatni čelici visoke tvrdoće. U ovu grupu spada čelik Č1841 namenjen sa izradu svih vrsta kosa.

6.7.2. Legirani alatni čelici za rad u hladnom stanju

U legirane alatne čelici za rad u hladnom stanju ubrajaju se čelici namenjeni za oblikovanje i mehaničku obradu do 200°C. Osnovni legirajući element kod ove vrste čelika je Cr, a po potrebi se dodaju Mo, W i V. Ovi čelici se primenjuju za alate za procesanje i probijanje, udarne alate, alate za presovanje i vučenje, delove drobilica, mlinova i bagera, alate za poljoprivredu i merne alate. Primeri legiranih alatnih čelika za rad u hladnom stanju su Č6441, Č4755, Č8140, Č4843 i Č7440.

6.7.3. Legirani alatni čelici za rad u toplom stanju

U legirane alatne čelike za rad u toplom stanju ubrajaju se čelici namenjeni za izradu alata za kovanje i presovanje šipki i cevi, alata za livenje pod pritiskom, alata za izradu valjaka, matica, zakovica i čepova.

Osnovni legirajući elementi kod ove vrste čelika su Cr, Mo i V, a često se dodaje i W. Legirani alatni čelici za rad u toplom stanju su Č4751, Č7450 i Č6450.

6.7.4. Brzorezni alatni čelici

Brzorezni alatni čelici su toplotno postojani, tj. zadržavaju visoku tvrdoću i otpornost prema habanju na povišenim temperaturama (620 – 650°C), koje se pojavljuju na površinama alata pri rezanju velikim brzinama. Ovi čelici dozvoljavaju 2–4 puta veće brzine rezanja, a postojanost je 10–30 puta veća od postojanosti alata izrađenih od ugljeničnih čelika.

Brzorezni alatni čelici spadaju u visokolegirane čelike, a osnovni legirajući elementi su W i Mo, koji obezbeđuju toplotnu postojanost. Dodavanjem Co i V povećava se toplotna postojanost brzorezanih alatnih čelika, što im obezbeđuje visoku tvrdoću na povišenim temperaturama.

Prema stepenu uticaja legirajućih elemenata brzorezni čelici se dele na molibdenske, volframske i kobaltne. Molibdenski i kobaltni brzorezni čelici (Č7680, Č7880 i Č9780) se odlikuju visokom otpornošću prema habanju i relativno dobrom žilavošću. Koriste se za izradu alata izloženih udarima u toku rada (noževi i glodači za grubu obradu, spiralne burgije). Volframski brzorezni čelici (Č6880 i Č6980) se koriste za visoko optere-

ćene alate pri velikim brzinama rezanja i za grubu obradu pod najtežim uslovima.

6.8. ČELIČNI LIV

Čelični liv (ČL) je legura železa i ugljenika od koje se izrađuju odlivci za rad u uslovima dinamičkog opterećenja, kada se ne preporučuje upotreba livenih gvožđa. Podela ČL prema nameni je analogna podeli čelika, tako da se ČL do 0,6% C smatraju konstrukcionim, a preko 0,6% C alatnim.

Čelični liv objedinjuje dobra svojstva čelika i livenog gvožđa, jer ima dobra mehanička svojstva i može da se lije. Međutim, u poređenju sa livenim gvoždima, čelični liv ima lošija svojstva livenja jer se više skuplja (do 2% u odnosu sa 1%) i zahteva višu temperaturu ulivanja (preko 1600°C, u poređenju sa ~1300°C). Svojstva livenja se popravljaju sa povećanjem sadržaja ugljenika, ali se istovremeno smanjuje žilavost ČL.

Zavisno od sastava konstrukcioni čelični livovi se dele na niskougljenične (0,1 ÷ 0,25% C), srednjeugljenične (0,25 ÷ 0,4% C), visokougljenične (0,4 ÷ 0,6% C) i legirane. Niskougljenični ČL koriste se za izradu malo opterećenih odlivaka (kućišta elektromotora, delova vagona, putničkih vozila i brodova). Srednjeugljenični ČL se koristi za izradu veoma opterećenih odlivaka (točkovi elektrolokomotiva, šinobusa i dizalica, postolja mašina i kućišta parnih turbina, kućišta i radna kola hidro-turbina, ramovi kovačkih presa). Visokougljenični ČL koristi se za izradu opterećenih odlivaka izloženih habanju (npr. veliki zupčanci u cementarama i valjaonicama).

Legirani čelični livovi se dele na manganske, hromne i višestruko legirane (Cr-Mn, Cr-Mo, Cr-Mo-V, Cr-Ni). Osnovni razlozi za legiranje su povećanje otpornosti prema habanju, otpornosti prema koroziji i vatrotpornosti.

R E Z I M E

Čelici predstavljaju najčešće korišćenu grupu mašinskih materijala. Dobijanje čelika se svodi na rafinaciju gvožđa dobijenog u visokoj peći i dodavanje ferolegura. Rastopljeno gvožđe prerađuje se u čelike u Simens-Martenovoj peći, u elektropeći ili u Besemerovom ili Tomasovom konvertoru. Naredna faza u dobijanju čelika je oblikovanje prilikom prelaza iz tečnog u čvrsto stanje. Tečni čelik se lije u metalne kalupe (*kokile*), gde očvršćava u ingote, koji se zatim zagrevaju na približno 1200°C i valjaju u poluproizvode. Prema količini zaostalih gasova u toku očvršćavanja čelici se dele na neumirene, poluumirene i umirene. Čelici mogu da se podele

prema: *hemijskom sastavu, nameni, strukturi, načinu dobijanja, kvalitetu, obliku i stanju poluproizvoda*. Prema obliku i stanju poluproizvoda čelici se dele na: valjane, vučene, kovane, livene, brušene, presovane i ljuštene.

Ugljenični čelici predstavljaju osnovni materijal u mašinskoj industriji. Prema nameni ugljenični čelici se dele na *konstrukcione*, do 0,6% C i *alatne*, preko 0,6% C. Struktura i mehanička svojstva ugljeničnih čelika zavise od sadržaja ugljenika. Pored ugljenika, u sastav čelika ulaze i drugi elementi koji se smatraju pratećim, skrivenim ili slučajnim primesama. Legirani čelici, pored ugljenika, sadrže i druge legirajuće elemente, koji se dodaju radi poboljšanja zahtevanih svojstava.

Od konstrukcionih čelika se zahteva da imaju dobra mehanička svojstva, da se dobro obrađuju rezanjem, deformacijom (kovanje, valjanje, izvlačenje, presovanje), da imaju dobru zavarljivost i nisku cenu. U ovu grupu čelika spadaju finožrni konstrukcioni čelici, čelici za cementaciju, čelici za poboljšanje, čelici za opruge, čelici za automate, vatrootporni čelici, čelici za rad na povišenim temperaturama i nerđajući čelici. Alatnim čelicima nazivaju se ugljenični i legirani čelici, koji imaju visoku tvrdoću i otpornost prema habanju, a upotrebljavaju se za izradu različitih alata za obradu metala i drugih materijala. Čelični liv je legura železa i ugljenika od koje se izrađuju odlivci za rad u uslovima dinamičkog opterećenja, kada se ne preporučuje upotreba livenih gvožđa.

PITANJA:

1. Šta je čelik?
2. Koje su primese prisutne u čelicima štetne, a koje korisne?
3. Zašto se vrši legiranje čelika i koji su najčešći legirajući elementi?
4. Koja se svojstva čelika poboljšavaju pri legiranju Cr, a koja pri legiranju Ni?
5. Koje su osnovne sirovine za dobijanje čelika?
6. Koje su prednosti i mane različitih postupaka dobijanja čelika?
7. Zbog čega je značajno uduvavanje čistog kiseonika pri dobijanju čelika?
8. Koje su osnovne karakteristike umirenih, poluumirenih i neumirenih čelika?
9. Koja je osnovna podela ugljeničnih čelika prema najuticajnijem elementu?
10. Kako V, Ni i Ti utiču na strukturu čelika?
11. Kako se dele konstrukcioni čelici prema hemijskom sastavu?
12. Kako se dele konstrukcioni čelici prema nameni?
13. Koja je osnovna primena ugljeničnih, a koja legiranih konstrukcionih čelika?
14. Kako se dele čelici prema sadržaju P i S?
15. Koji su osnovni legirajući elementi alatnih čelika i koja je njihova uloga?
16. Koja je osnovna primena alatnih čelika?
17. Šta su brzorezni čelici i gde se primenjuju?
18. Šta je čelični liv i koje su njegove osnovne karakteristike?