

Predmet :Tehnologija materijala  
Profesor:Mladen Stevanović  
Razred: I-9  
mladenstevanovicbn@gmail.com

Kontrolni koji je planiran za ovu nedelju se odlaže za iduću nedelju ako se bude radilo.  
Sada vam dostavljam lekciju koju treba da prepisati.

## **Podjela čelika prema hemijskom sastavu**

Prema hemijskom sastavu čelici mogu biti ugljenični i legirani.

### **Ugljenični čelici**

Njihove osobine zavise isključivo od količine ugljenika. U ovim čelicima ima od 0,1-2,14%C. Pored ugljenika u ovim čelicima ima i drugih elemenata: Ni, W, Mn, Si, V, Mo dr. Ugljenični čelici u zavisnosti od procenta štetnih primjesa fosfora i sumpora, mogu biti običnog kvaliteta sa maksimalno do 0,050 %P i S pojedinačno, kvalitetni sa maksimalno do 0,045 %P i S pojedinačno, te plemeniti sa maksimalno do 0,035 %P i S pojedinačno. Ugljenični čelici obično imaju od 0,05 do 1,35 %C. Prema namjeni, ugljenični čelici mogu biti konstrukcioni (do 0,6%C) i alatni (od 0,6 do 1,5%C). U odnosu na procenat ugljenika konstrukcioni čelici dalje se dijele na: niskougljenične (do 0,20 %C), srednjeugljenične (0,20 do 0,50 %C) i visokougljenične (više od 0,50 %C). Ove granice su važeće i u SAD, a u Rusiji su malo više (niskougljenični do 0,25 %C, a visokougljenični sa više od 0,60 %C);

### **Legirani čelici**

Legirane čelike, koji s obzirom na čistoću spadaju u plemenite, koriste se za složene uslove rada. Oni se u zavisnosti od legirajućih elemenata dijele na: niskolegirane sa najviše do 5% legirajućih elemenata i na visokolegirane sa više od 5% legirajućih elemenata. U SAD je granica za niskolegirane čelike 8%, a u Rusiji je 2%. U Rusiji postoji i termin srednjelegiranih čelika, koji moraju imati u sastavu najmanje dva legirajuća elementa sa najviše do 3% elemenata pojedinačno. Visokolegirani čelici imaju više od 8% legirajućih elemenata po propisima u SAD, a u Rusiji najmanje 5% za jedan element ili više od 10% za više legirajućih elemenata. Čelik je legiran ako sadrži, osim C, jedan ili više legirajućih elemenata čiji mas.%, pojedinačno, prelazi slijedeće vrijednosti:

Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	V	Cu	Al	Co	Ti
0,50	1,65	0,30	0,30	0,10	0,08	0,10	0,40	0,10	0,10	0,05

Podjela čelika prema hemijskom sastavu na niskolegirane i visokolegirane čelike i druge legirane čelike posebno je obrađena. Definicija navedenih vrsta je: Nelegirani čelici sadrže do 5% legirajućih elemenata. Visokolegirani čelici sadrže najmanje 5% hroma i najviše 1,2% ugljenika.

## Podjela čelika prema namjeni

Prema namjeni čelici se dijele na:

- konstrukcione
- alatne
- specijalne

### Konstrukcioni čelici

Ovi čelici mogu biti ugljenični (nelegirani) i legirani. Konstrukcioni čelici (nelegirani i legirani-sadrže  $C < 0.60\%$ ) primenjuju se za izradu mašina i uređaja, koji rade u neagresivnim sredinama i pri temperaturama od  $-25$  do  $300^{\circ}\text{C}$ , kao i za noseće i gradjevinske konstrukcije .

### Ugljenični (nelegirani) konstrukcioni čelici

*Ugljenični čelici običnog kvaliteta* svrstavaju se pretežno prema mehaničkim osobinama ( $R_m$ ,  $R_p$ ,  $A_5$ ) i koriste se za slabije opterećene delove mašina, uređaja, vozila, a čelici trgovačkog kvaliteta (Č0000, Č0010) za šipke i rešetke. Svi nelegirani čelici običnog kvaliteta primenjuju se u sirovom stanju (bez termičke obrade). Niskougljenični kvalitetni čelici imaju garantovane mehaničke osobine i hemijski sastav. Koriste se za delove bicikla, šivaćih mašina, male zupčanike.

*Srednje ugljenični čelici (0.25-0.60% C)* koriste se u normalizovanom stanju, a u poboljšanom za delove manjih preseka. Čelici sa 0.5-0.60% C primenjuju se za delove otporne na habanje, kao npr. zupčanike, pužne transportere, ekscentre, klinove; stanje normalizovano. Sitni mašinski delovi prave se takodje od srednje ugljeničnih čelika isporučenih u obliku limova, traka, žica, vučenih ili valjanih šipki na hladno (time se povećava jačina).

*Čelici za gradjevinarstvo uglavnom su meki (niskougljenični  $C < 0.25\%$ )* čelici u obliku profila, limova, šipki, žica za armirani beton (betonsko gvoždje). Visokougljenični čelik visokog kvaliteta (nezavarljiv) upotrebljava se za armiran prednapregnut beton. Koriste se takodje C-Mn čelici povišene jačine kao i žice iz klase "patentiranih" žica (npr. za mostovske konstrukcije).

*Čelici za brodogradnju su* u obliku limova i profila od mekog čelika (zavarljivog), a za železnice u obliku posebnih valjanih proizvoda i otkovaka od nisko i srednje ugljeničnih čelika (točkovi, šine, osovine vagona).

*Karoserijski limovi* su čelici sa  $\approx 0.1\%$  C, visoke čistoće ( $P$  i  $S < 0.035\%$ ), dobro se izvlače i imaju glatku površinu (Č0148).

*Čelici za patentirane žice (0.3-1.0% C)* služe za čelične konopce, žice točkova (kod bicikla), žice kišobrana, žičane mreže i opruge najvišeg kvaliteta.

*Čelici za automate* (valjane ili vučene šipke, Č1190, Č1590) koriste se za izradu sitnih delova (npr. zavrtnjeva, navrtki) na automatskim strugovima. To su ugljenični čelici sa povećanim sadržajem P do 0.11%, S do 0.3% ili 0.35% Pb, što im daje krto i lako lomljivu isprekidanu strugotinu; time se postiže veća brzina rezanja i bolji kvalitet rezane površine kod zavrtnjeva trgovačkog kvaliteta .

## Legirani konstrukcioni čelici

- Manganski (1.20-1.60% Mn za osovine vratila, Mn-Si za veće zupčanike),
- Hromni (1-1.5% Cr-Si)- za jako opterećena vratila (kolenasta), zupčanike,
- Hrom-molibdenski (1% Cr, 0.2% Mo)- za sitnije žilave delove,
- Hrom-niklovi (0.6-1.5% Cr i 1-3.5% Ni)- zupčanici menjača, delovi turbina
  - Čelici za nitriranje (Č4531, Č4739) postižu traženu površinsku tvrdoću (900- 950 HV) sitno dispergovanim nitridima Al, Cr i Mo, bez naknadne termičke obrade ali je neophodno prethodno poboljšanje. Ugljenik se ograničava na 0.45% da se spreči obrazovanje karbida Cr, Mo koji imaju manju tvrdoću nego nitridi. Nitriranju se podvrgavaju cilindri motora i pumpi, zupčanici, kalupi za livenje pod pritiskom, preserski alati, probijači i sl.

Čelici za opruge treba da imaju visoku Re, određenu istegljivost (za slučaj prekoračenja Re pri udarnom opterećenju ili oblikovanju), odgovarajuću dinamičku izdržljivost (opruge automobila, odbojnici vagona, oslonci temelja mašina). Posebno, za neke primene traži se otpornost na koroziju i povišene temperature. Tražene osobine postižu se deformacijom na hladno (valjanje, vučenje) ili termičkom obradom; na hladno, kod opruga za manje radne zahteve (za kauče, ključaonice) i kod opruga od Cr-Ni čelika (18-9) izloženih koroziji. Osobine elastičnosti poboljšava dodatak 0.15-1.8% Si podižući ReH, a prokaljivost se kod većih preseka povećava dodacima 1% Mn ili 1% Cr ili kombinovano (Cr, Mn). Tako se npr. primenjuje Č2130 za podloške i tanjiraste opruge, Č2131 za konične vagonke opruge, lisnaste gibnjeve, spiralne vagonke opruge, Č4230 za spiralne opruge za udarna opterećenja, torzione opruge, opruge ventila, Č4830 za najopterećenije opruge drumskih vozila.

Čelici za kotrljajuća ležišta treba da imaju pre svega veliku tvrdoću i otpornost na habanje, i zatim obradljivost rezanjem i deformisanjem, dobru prokaljivost uz minimalnu deformaciju. To su hromni čelici sa visokim sadržajem ugljenika i najviše čistoće (max 0.025% P, max 0.025% S i sastava 1% C i 0.50-1.50% Cr). Termička obrada se sastoji iz kaljenja sa 850°C u ulju i niskog otpuštanja (160°C) (primer: Č4140, Č4146- kuglice, valjčići, prstenovi, košuljice, Č3140- prstenovi kugličnih ležajeva).

Čelici za rad na niskim temperaturama sadrže Ni ili Mn i nizak % C (0.10- 0.15). Pri 3-5% Ni temperatura prelaska u krto stanje je oko -100°C, a pri 8-10% Ni oko -200°C. Od ovih čelika prave se transportni i stacionarni rezervoari za suvi led (CO<sub>2</sub>) ili tečan metan (CH<sub>4</sub>). Za rad na još nižim temperaturama (za skladištenje i transport tečnih tehničkih gasova) koriste se austenitni Cr-Ni čelici sa niskim % C, ili Cr-Mn-Ni-N-čelici. Osim toga CrNi čelici koriste se za rashladne sisteme i za konstrukcije koje rade napolju u svim godišnjim dobima.

## Alatni čelici

Ovi čelici su namjenjeni za izradu alata u širokom smislu: za obradu deformisanjem, obradu rezanjem, kalupa za livenje, alata za mlevenje kamena, za izradu mernih i kontrolnih pribora, kao i ručnih alata i pribora.

Od dobrog alata traži se prije svega: velika tvrdoća i žilavost, otpornost na habanje i popuštanje kao i dimenzijska stabilnost. Tako je npr. za rezne alate (noževe, glodala i dr.) potrebno da im tvrdoća bude najmanje 1.3 puta veća od tvrdoće obradivanog materijala. Kako je već ranije napomenuto, tvrdoća ugljeničnih čelika u zakaljenom stanju zavisi od % C; raste do njegovog eutektoidnog sadržaja kada dostiže 64 HRC i dalje se praktično ne mijenja; povećanje sadržaja ugljenika i preko 0.8% poboljšava otpornost na habanje. Iako se kod legiranih čelika može dobiti nešto veća tvrdoća (formiranjem specijalnih karbida umesto cementita), u većini slučajeva što se tiče tvrdoće, ako se isključe radne temperature iznad 300°C nastale zbog velike brzine rezanja, odgovarali bi i nelegirani čelici. Potrebna tvrdoća na povišenim radnim temperaturama postiže se legiranjem čelika karbidotvornim elementima naročito sa Cr, V, W i Mo; osim toga legiranjem se povećava i prokaljivost u odnosu na nelegirane čelike.

Prema hemijskom sastavu alatni čelici se dele na:

- a) ugljenične,
- b) legirane i
- c) brzorezne (BRW).

### a) Ugljenični alatni čelici

Mogu biti sa niskim sadržajem ugljenika (do 0.25% C), srednjim (0.25-0.6% C) i visokim (više od 0.6% C). Upotreba nisko i srednje ugljeničnih čelika za alate veoma je ograničena, jer je u stvari reč o primeni konstrukcionih čelika za alate. Meki čelici koriste se za male cementirane kalupe za brizganje plastike i gume, za merne alate i kontrolnike ("kalibre"), metalne lenjire, šablone i sl. Srednjeugljenični nelegirani čelici služe za izradu ručnih alata i pribora, reznih alata za obradu drveta, jevtinijih noževa, livačkih kalupa i dr. (npr. Č1540 za sekire, čekiće, jevtine noževe, srpove)

Znatno je veća primena visokougleničnih čelika sa 0.6-1.4% C, od kojih se prave alati za prosecanje, za preradu hladnim deformisanjem, za obradu drveta i termoplasta<sup>2</sup>, stezni alati, mali i jednostavni kalupi za oblikovanje plastike i gume

### b) Legirani alatni čelici

Upotrebljavaju se kada je neophodna postojanost na povišenim temperaturama i veća prokaljivost. Gotovo svi legirani alatni čelici, kako za rad na hladno tako i za rad na toplo, sadrže hrom. Ali, samo nekoliko čelika za rad na hladno sadrže jedino Cr, dok je većina još legirana sa W, V, Mo, odnosno za rad na toplo još i sa niklom.

Legirani alatni čelici dijele na niskolegirane (ukupan sadržaj legirajućih elemenata ne prelazi 5%) i visokolegirane. Zahvaljujući legirajućim elementima, prvenstveno hromu, povećava se prokaljivost što omogućuje da se ovi čelici uglavnom kale u ulju ili na vazduhu.

*Niskolegirani čelici za rad na hladno* koriste se za razne vrste alata za obradu čelika, obojenih metala, drveta, plastike, papira Kao primer može se navesti Č6840 (za spiralne burgije, glodala, ureznice i nareznice, hirurške instrumente), Č6441 (za noževe za obradu drveta i papira), Č4140 (za preserske alate, ekscentre), Č4830 (alati za jaka dinamička opterećenja)

*Niskolegirani alatni čelici za rad na toplo* namenjeni su za radne uslove pri temperaturama iznad 300°C; reč je o kovačkim kalupima male ili srednje veličine, alatima za toplo presovanje i ekstruziju (istiskivanje) neželjeznih metala, kalupima za livenje pod pritiskom (Al i legura Al, Zn, Mg), alatima za opsecanje na toplo. U ovu grupu spadaju čelik Č5742 namenjen za kovačke alate i Č5741 za livačke kalupe.

*Visokolegirani alatni čelici* sadrže 5 do 10% W, 0.25-0.45% C i dodatke Cr, V, Ni, Co. Od ovih čelika grade se alati najviše opterećeni kako mehanički tako i termički. Prema našem standardu to su Č6451 (za presovanje na toplo u dubokim gravurama, za matrice, trnove alata za probijanje), Č6450 (matrice za toplo presovanje, trnovi, alati za valjanje zavrtnjeva, alati za duboko izvlačenje, kalupi za livenje pod pritiskom), Č4751, Č4753 (za toplo presovanje lakih metala i njihovih legura, za livenje pod pritiskom).

### **c) Brzorezni čelici (BRW)**

Početakom 20 veka ustanovljeno je da najbolje rezne osobine imaju čelici sa visokim sadržajem volframa (6.3-18% W) i ugljenika (0.8-1.4% C), pošto se zakale sa visoke temperature i visoko otpuste. Još sadrže Cr i V, a ponekad i Mo i Co. Brzorezni čelici zadržavaju visoku tvrdoću do oko 650°C, a imaju oko 10 puta veći kapacitet rezanja i 30 puta duži vek trajanja u odnosu na nelegirane i niskolegirane alatne čelike. Klasični BRW-čelik (Č6880).

### **Specijalni čelici**

U ovu klasu čelika svrstavaju se:

- a) Nerdjajući čelici (otporni na kiseline i vatropostojani),
- b) Čelici za povišene temperature (termo-postojani Cr-Mo-V čelici) i
- c) Čelici otporni na habanje.

#### a) Nerdjajući čelici

Ovde spadaju čelici otporni na kiseline koji se odupiru pre svega elektrohemijskoj koroziji (organskim i neorganskim kiselinama, jedinjenjima azota, rastvorima soli - elektrolitima, agresivnim životnim namirnicama) i vatrootporni čelici koji se ne oksidišu na vazduhu

#### b) Čelici za povišene temperature

Termo-postojanost je sposobnost materijala da izdrži kratkotrajno i dugotrajno opterećenje na povišenim temperaturama. Od čelika ove klase prave se parni kotlovi, gasne turbine, mlazni (reaktivni) motori, postrojenja u hemijskoj industriji-rečju oprema koja dugotrajno radi na povišenim (do 600°C) i veoma visokim temperaturama ( preko 600°C)

#### c) Čelici otporni na habanje

Otpornost čelika prema habanju uslovljena je hemijskim sastavom (uglavnom visok sadržaj C i Mn) i strukturom, ali i vrstama habanja koje mogu biti: adheziono, abraziono, eroziono, kavitaciono, zamorno, vibraciono.

Abrazivno habanje može nastati dejstvom:

- udarnih sila (kašike bagera na kamenitom terenu, drobilice za kamen) i
- rasutog materijala (rude, šljaka, pesak, cement, pepeo, žitarice i dr.).

Č.3160 upotrebljava se za čeljusti drobilica za kamen, kugle mlinova za drobljenje ruda, a najviše za železničke i tramvajske šine i skretnice.