

# MAŠINSKI MATERIJALI

PREDAVANJE 7-drugi deo

Podela čelika-označavanje čelika

Uticaj legirajućih elemenata u čelicima, podela čelika  
prema nameni

# Podela čelika

Čelici mogu da se podele prema:

- Hemijskom sastavu
- Namenu
- Strukturi
- Načinu dobijanja
- Kvalitetu
- Obliku i stanju poluproizvoda

**Prema nameni** čelici se dele na :

- Konstrukcione čelike
- Alatne čelike
- Čelike sa posebnim svojstvima

**Prema hemijskom sastavu** čelici se dele na :

- ugljenične čelike
- Legirane čelike

Prema **strukturi** čelici mogu da budu

1. Feritni,
2. Pedeutektoidni,
3. Eutektoidni,
4. Nedeutektoidni,
5. Ledeburitni,
6. Austenitni i
7. Martenzitni.

Prema **načinu dobijanja** razlikuju se

Tomasov,  
Besemerov,  
Simens Martinov,  
i elektro čelik.

# Podela čelika

**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%.

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

# 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.

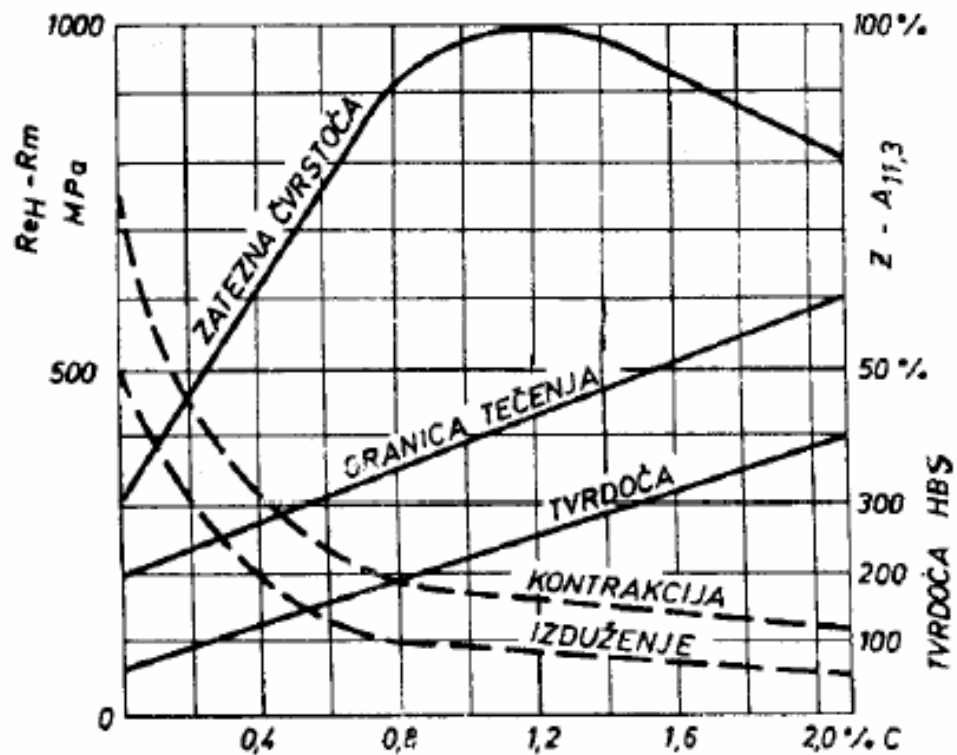
# Uticaj ugljenika na strukturu i svojstva ugljeničnih čelika

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.

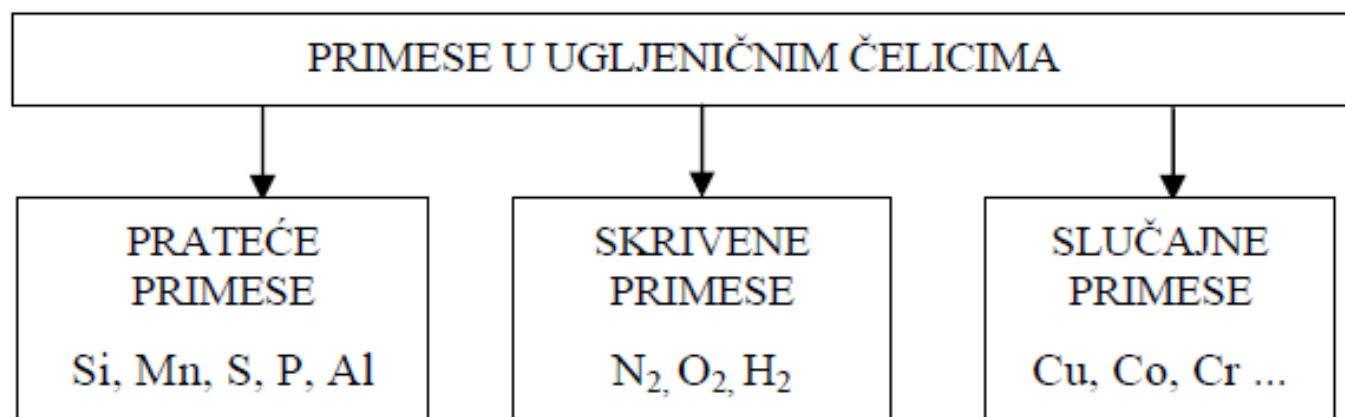
Kod nadeutektoidnih čelika sa porastom sadržaja ugljenika i dalje rastu napon tečenja i tvrdoća. Zatezna čvrstoća raste do približno 1,2% C, kada dostiže maksimum, a potom opada. Ovo može da se objasni povećanjem količine sekundarnog cementita koji se izdvaja na granicama perlitnih zrna, pri porastu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

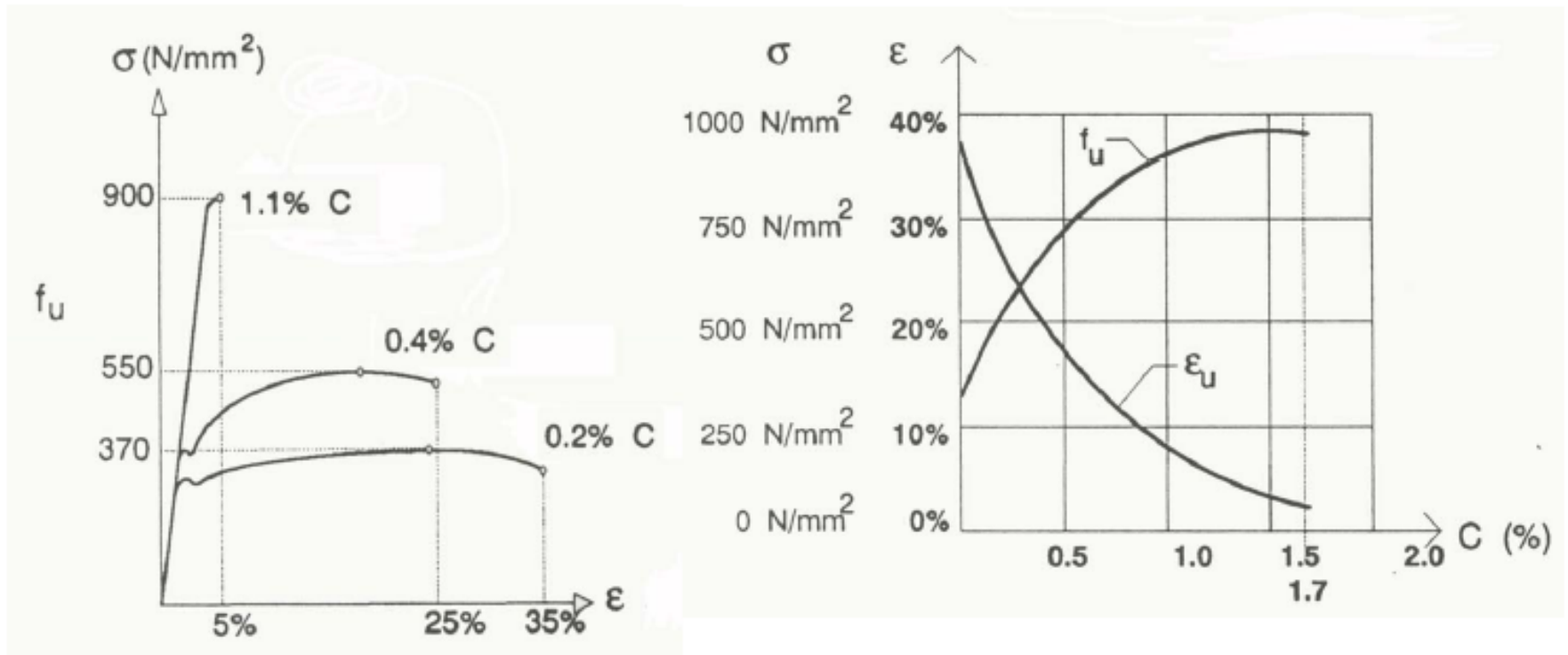
Osim ugljenika, u sastav čelika ulaze i drugi elementi koji se smatraju pratećim, skrivenim ili slučajnim primesama, što je šematski prikazano na sl. 6.6. *Prateće prime*se, Si, Mn, Al, S i P u čeliku posledica su procesa dobijanja gvožđa (poglavlje 5.4) i čelika (poglavlje 6.1).



Slika 6.6. Šematski prikaz vrsta primesa u čelicima

# Uticaj pratećih i legirajućih elemenata na osobine čelika

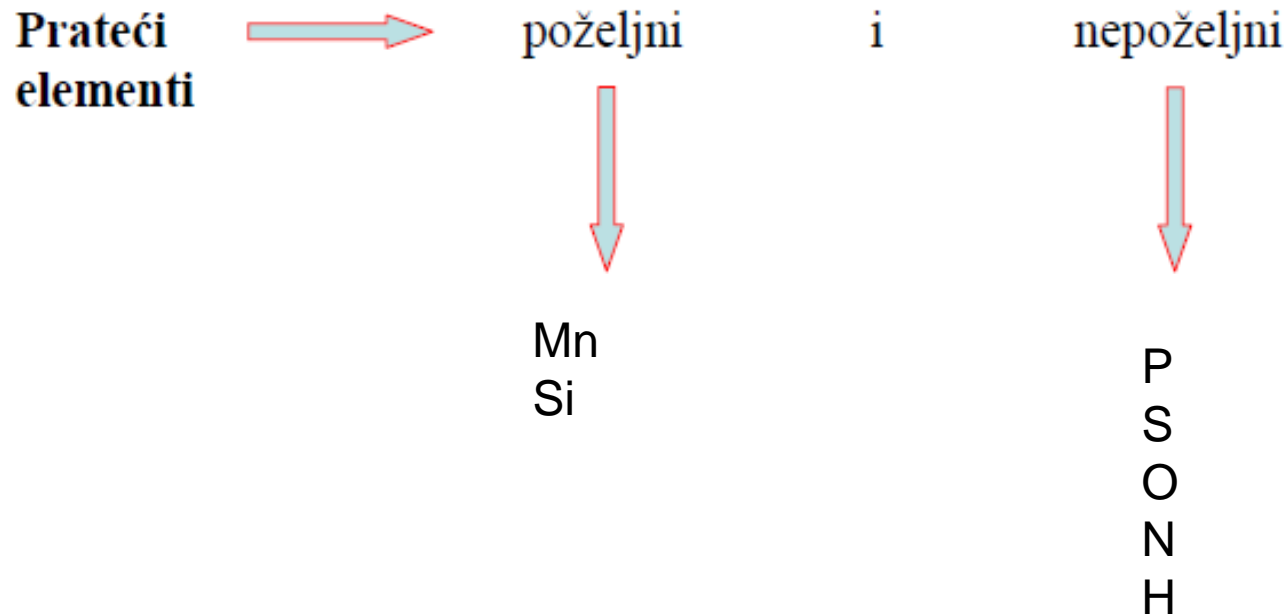
Ugljenik



Zavisnost mehaničkih svojstava čelika od količine ugljenika



# Uticaj pratećih i legirajućih elemenata na osobine čelika



# Uticaaj pratećih i legirajućih elemenata na osobine čelika

## **Mangan**

Povećava čvrstoću i uopšte poboljšava zavarljivost. Takođe Mn služi za dezoksidaciju i veže nepoželjni sumpor u MnS.

## **Silicijum**

Povećava vrednost tvrdoće, zateznu čvrstoću i napon tečenja. Medjutim, silicijum smanjuje relativno izduženje i sposobnost hladnog oblikovanja. Količina iznad 0,5% silicijuma smanjuje zavarljivost.

# Uticaj pratećih i legirajućih elemenata na osobine čelika

## Fosfor

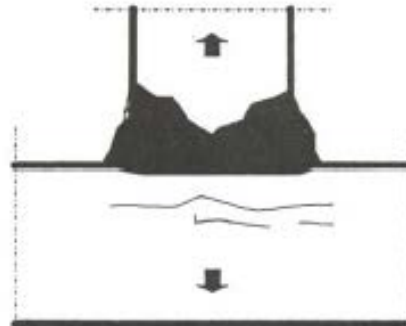
Sklon je segregaciji u pojedinim delovima čeličnog profila. Znatno snižava žilavost ali povećava postojanost na koroziju.

## Sumpor

Više je sklon segregaciji od fosfora, smanjuje sposobnost zavarivanja i žilavost.

## Kiseonik

Oksidi i silikati, koji nastaju tokom dezoksidacije, mogu stvoriti vlaknastu strukturu U čeliku, sličnu strukturi drveta, koja deluje štetno zbog mogućnosti pojave loma.



# Uticaj pratećih i legirajućih elemenata na osobine čelika

## **Azot**

Može biti nevezan u čeliku što je štetno, jer povećava mogućnost pojave krtog Loma i sklonost starenju (snižava se žilavost).

Ukoliko je azot hemijski vezan u obliku aluminijum nitrat onda deluje povoljno. Hemijskom analizom ne može se utvrditi da li je azot u čeliku prisutan u vezanom ili nevezanom obliku.

## **Vodonik**

Vodonik snižava žilavost i dovodi do pojave krtosti. Ima nepovoljan uticaj na sposobnost zavarivanja.

# Legirani čelici

Zašto se upotrebljavaju legirani čelici?

Ugljениčni čelici ne zadovoljavaju ne zadovoljavaju svojim mehaničkim svojstvima konstruktivne zahteve, na primer:

1. Povećanjem sadržaja ugljenika povećava se čvrstoća i tvrdoća ali istovremeno opada plastičnost i žilavost dok izduženje raste.
2. Prokaljivost ugljениčnih čelika je mala, zbog velike kritične brzine kaljenja, te se pri kaljenju zakaljuje na martenzit samo površinski sloj, dok je unurašnji sloj strukture trustit ili sorbit.
3. Alat za rezanje od ugljениčnog čelika je vrlo krt i nepogodan za udarna opterećenja. Ne može da izdrži velike brzine rezanja, jer gubi svoja svojstva na 180 °C.

**Legiranim čelikom nazivamo takav čelik, koji, osim gvožđa i ugljenika, ima u sebi i specijalno dodatih hemijskih elemenata, koja mu daju specijalna svojstva.**

# Legirani čelici

Kao legirajući elementi upotrebljavaju se Cr, Ni, Mn, Si, V, Mo, W Co, Ti, Al, Cu i drugi.

Kao legirajući elementi upotrebljavaju se svi legirajući elementi smanjuju sklonost rasta austenitnog zrna. Izuzetak čine mangan i bor koji utiču na rast austenitnog zrna. Elementi koji usitnjavaju zrno različito deluju: Ni, Co, Si Cu (elementi koji ne stvaraju karbide) relativno slabo utiču na rast zrna. Cr, Mo, W, V, Ti jako usitnjavaju austenitno zrno.

# 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

**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.

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

- se rastvaraju u  $\alpha$  i  $\gamma$ -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 <sub>3</sub> Al	
Silicijum	Si			SiO <sub>2</sub> M <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	
Mangan	Mn	(Fe, Mn) <sub>3</sub> C		MnS; MnOSiO <sub>2</sub>	
Hrom	Cr	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C	Cr <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ; Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>		
Molibden	Mo		Mo <sub>2</sub> C		
Volfram	W		W <sub>2</sub> C		
Vanadijum	V		VC		
Titan	Ti		TiC		
Niobijum	Nb		NbC		
Aluminijum	Al			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; AlN	
Olovo					Pb