

TEHNOLOGIJA PLASTIČNOG DEFORMISANJA

SAVIJANJE

SAVIJANJE

Savijanje je proces čija je osnovna karakteristika da se deformisanje odvija u manjem delu zapremine obratka (lokalno deformisanje).

Izuzetak predstavlja kružno savijanje kod koga se deformiše ukupna zapremina obratka.

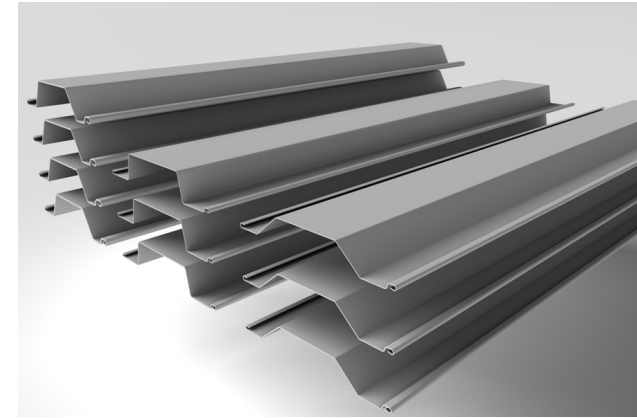
Savijanjem se najčešće oblikuje lim, ali savijanjem se mogu oblikovati i profili, žica, cevi.



Savijanje je metoda tehnologije plastičnog deformisanja koja ima široku primenu, kako u serijskoj i masovnoj proizvodnji, tako i uslovima pojedinačne proizvodnje.

Dimenzije radnog dela su od nekoliko milimetara do nekoliko metara.

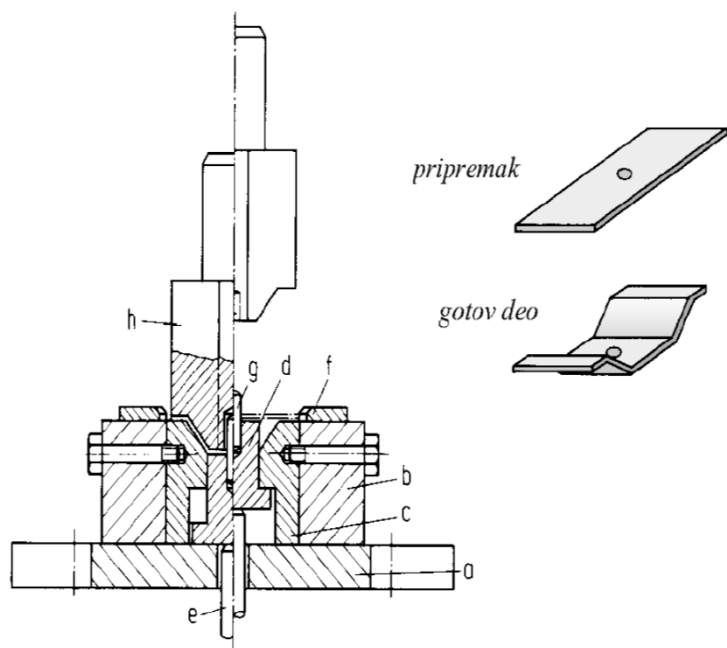
Savijanje se često izvodi u kombinaciji sa drugim obradama plastičnog deformisanja.



Vrste savijanja

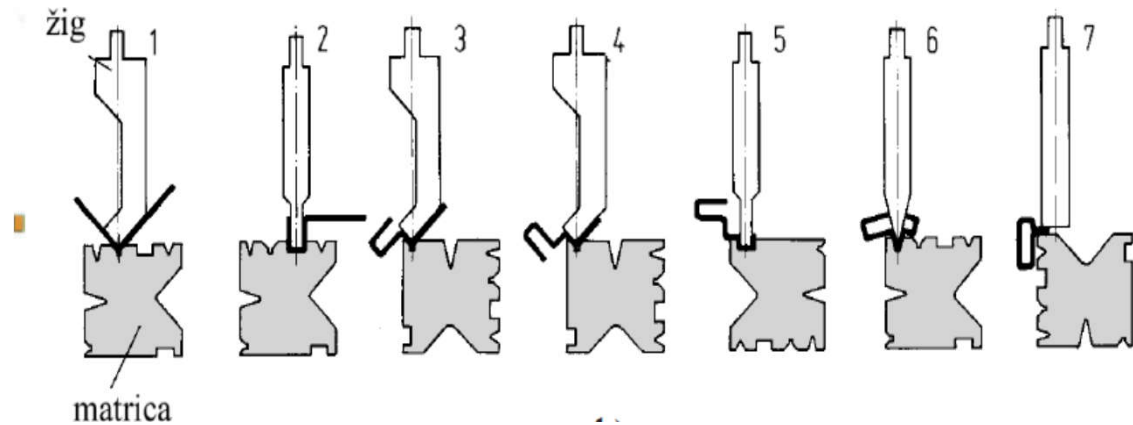
1. savijanje na univerzalnim mašinama pomoću specijalnog alata
2. profilno savijanje na specijalnim mašinama – abkant presi
3. profilno savijanje pomoću valjaka
4. kružno savijanje lima
5. kružno savijanje profila
6. savijanje uskih traka i žice

Savijanje na univerzalnim mašinama pomoću specijalnog alata



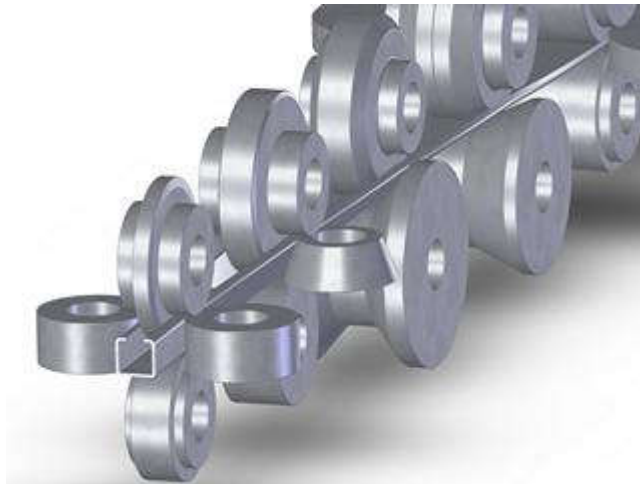
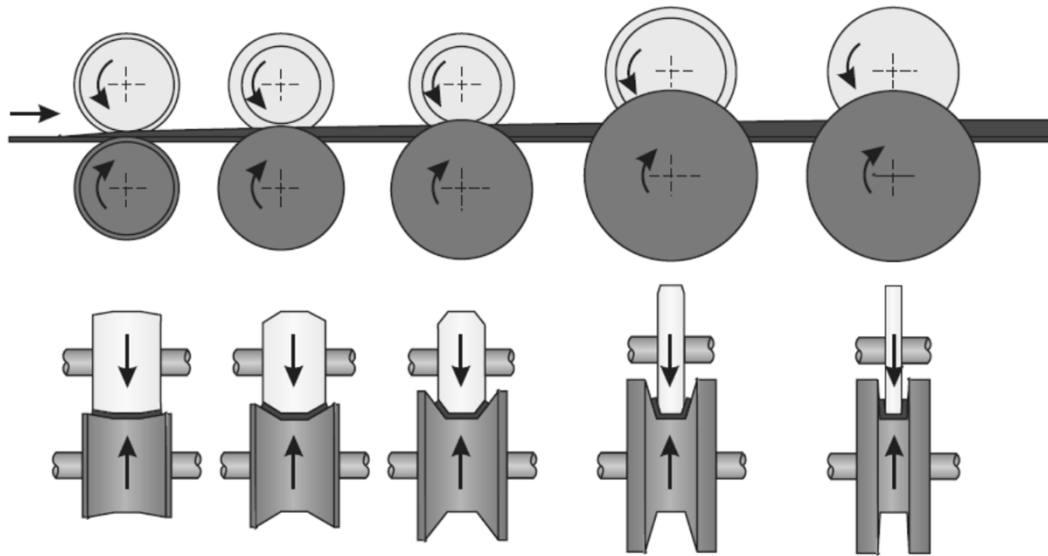
Savijanje na specijalnim alatima izvodi se najčešće u serijskoj proizvodnji za izradu delova koji imaju male radijuse savijanja. Kod serijske proizvodnje često se metoda savijanja izvodi zajedno sa razdvojnim deformisanjem. Veličina dela koji se proizvodi savijanjem na ovaj način ograničena je dimenzijama radnog prostora mašine. Mašine koje se koriste su univerzalne mehaničke ili hidraulične prese.

Profilno savijanje na specijalnim mašinama – abkant presi



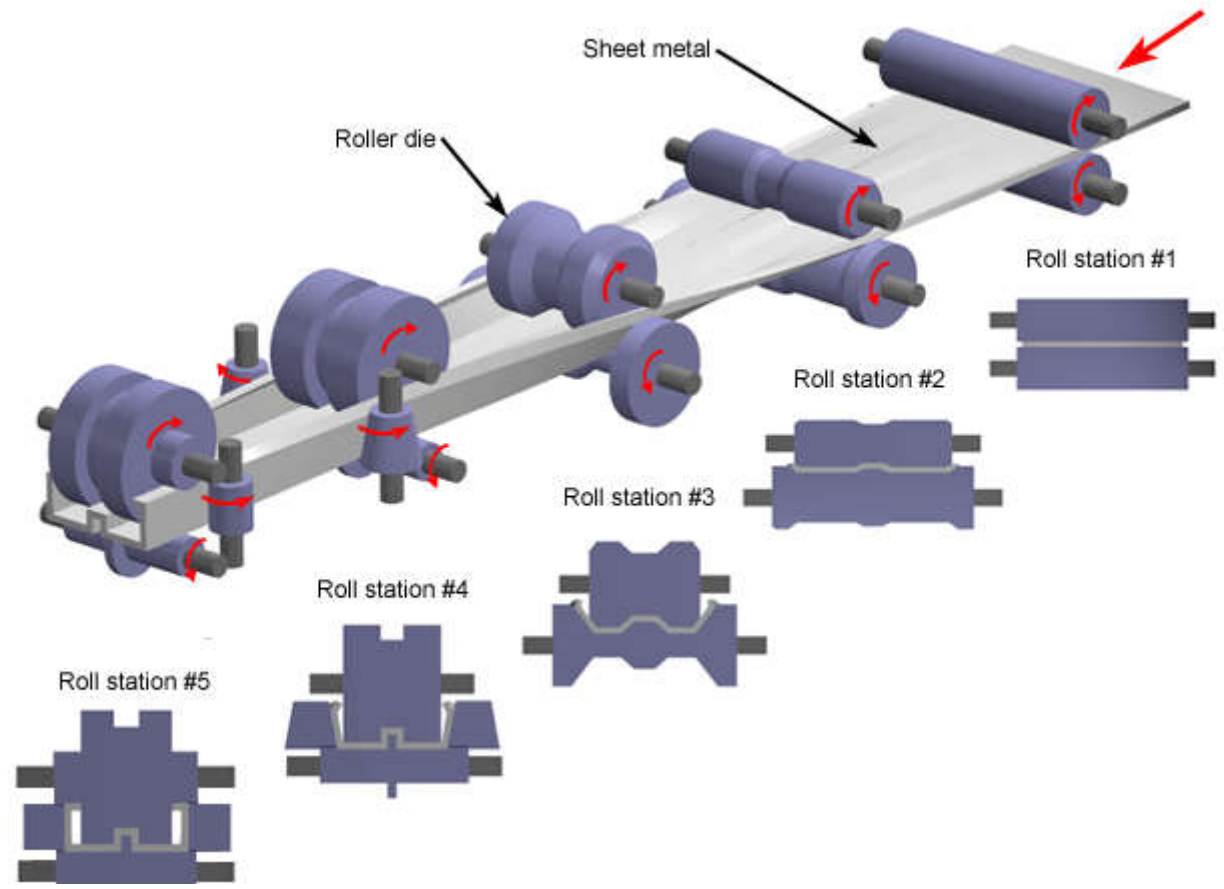
Abkant prese (ili prese za profilno savijanje) su specijalne mašine koje se koriste za pojedinačnu ili maloserijsku proizvodnju profila velike dužine (mašine mogu biti dugačke i do 6 m). Abkant prese mogu biti i mehaničke i hidraulične. Alat na presi se sastoji od žiga i matrice, koja je na ovim presama tako konstruisana da može da se koristi za izradu više različitih profila. Na slici je prikazan postupak oblikovanja zatvorenog profila.

Profilno savijanje pomoću valjaka

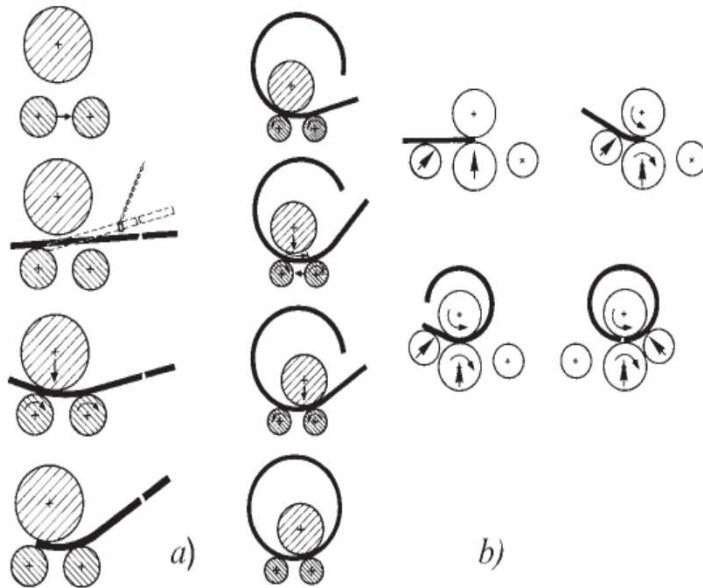


Kada je u pitanju masovna proizvodnja profila metoda koja se primenjuje je profilno savijanje pomoću valjaka.

Osnovna karakteristika ove metode je da se profili postepeno oblikuju, odnosno postupak je višefazni. Proizvodnost ovih mašina kreće se i do 200 m/min, a dužina obratka nije ograničena dužinom mašine.



Kružno savijanje lima



Kružno savijanje lima na mašinama sa tri ili četiri valjka omogućuje oblikovanje cilindričnih delova većeg prečnika. Kod ove vrste savijanja deformacija nije lokalnog karaktera s obzirom da se radi o velikim radijusima savijanja. Dužina obratka ograničena je dužinom mašine. Na ovim mašinama mogu se oblikovati i konusni delovi.

Kružno savijanje profila



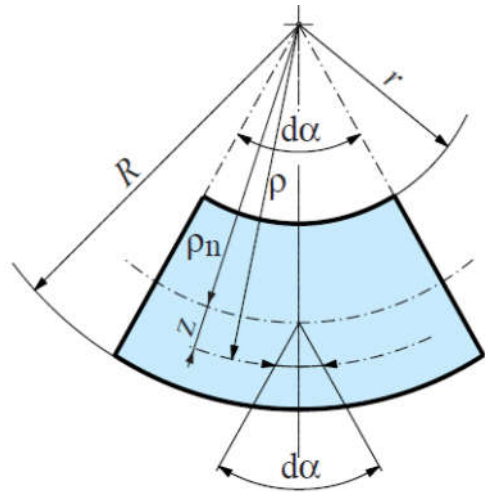
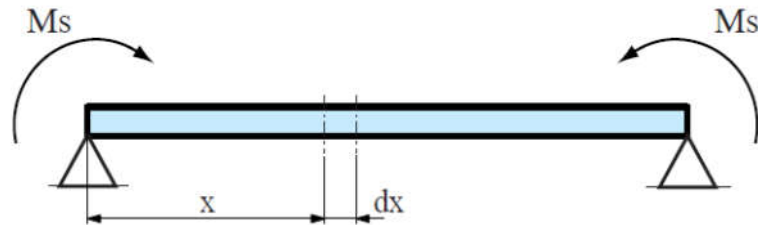
Profili različitog poprečnog preseka mogu se kružno savijati na mašinama sa tri valjka, pri čemu su ti valjci relativno male dužine. Profil valjaka treba da bude prilagođen profilu polaznog materijala.

Savijanje uskih traka i žice

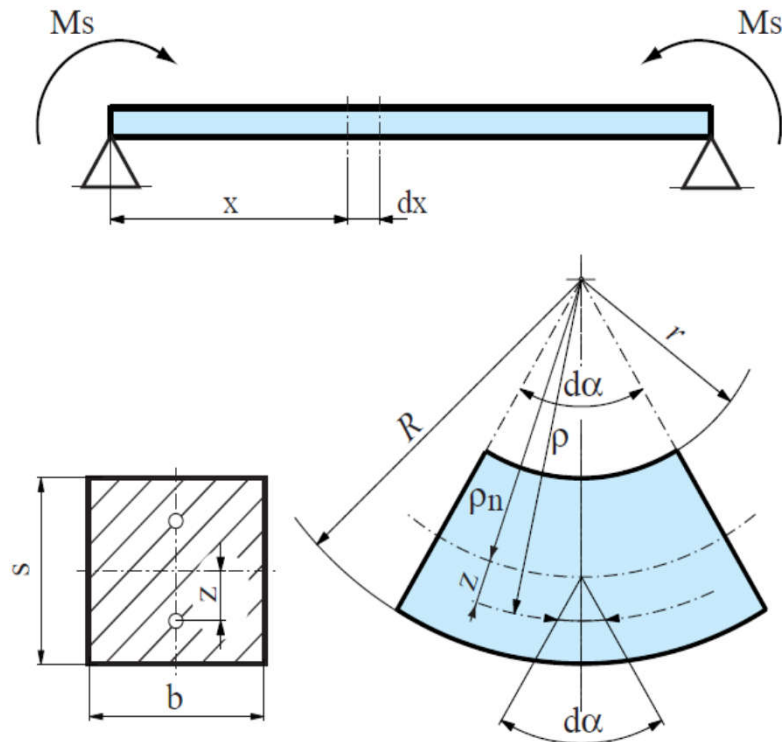


Sitni delovi od žice i uske trake izrađuju se savijanjem na specijalnim automatskim mašinama koje imaju više radnih pozicija. Postupak oblikovanja je višefazni, alati su postavljeni radijalno u odnosu na mašinu.

Naponi i deformacije kod savijanja



Naponsko i deformaciono stanje u obratku tokom procesa savijanja može se opisati na sledeći način: u delu materijala u kome deluju zatezni naponi dolazi do izduženja, a u delu materijala u kome deluju pritisni naponi dolazi do sabijanja (skraćanja) materijala. S obzirom da se ovde radi o dva, po znaku, suprotna naponska stanja, u materijalu mora postojati površina u kojoj su naponi, a samim tim i deformacije, jednaki nuli. Površina u materijalu u kojoj su naponi jednaki nuli naziva se neutralna površina. Udaljavanjem od neutralne površine raste vrednost napona. Na prikazanoj slici materijal sa gornje strane će biti izložen pritisku, a sa donje strane zatezanju, odnosno sa unutrašnje strane radijusa savijanja vlakna materijala se skraćuju, a sa spoljašnje strane se izdužuju.



Logaritamska deformacija može da se odredi kao:

$$d\varphi = \frac{dz}{z}$$

$$\varphi = \int_{\rho_n}^R \frac{dz}{z} = \ln \frac{R}{\rho_n}$$

gde su:

R – spoljašnji radijus savijanja, $R = r + s$

r – unutrašnji radijus savijanja

s – debljina materijala

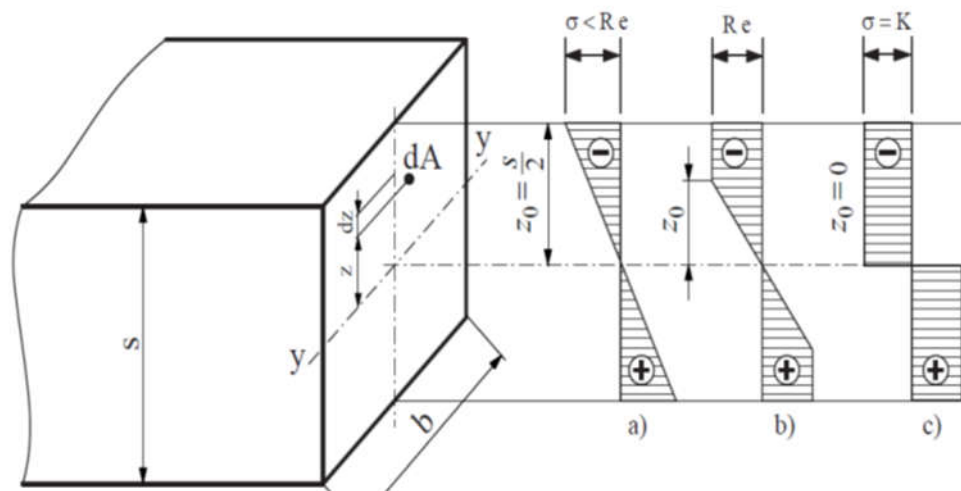
ρ_n – poluprečnik radijusa neutralne površine

Na osnovu relacije da je:

$$\rho_n = \sqrt{R \cdot r}$$

može se pokazati da je logaritamska deformacija jednaka sledećem izrazu

$$\varphi = \frac{1}{2} \ln \frac{R}{r}$$



- a) elastične deformacije
- b) elastično-plastične deformacije
- c) plastične deformacije

Deformacije pri savijanju mogu biti elastične, elastično-plastične i plastične. Sa aspekta primene savijanja razmatraju se naponska stanja koja mogu da dovedu do trajne promene oblika lima. To su naponi u oblasti elastično-plastičnih i čisto plastičnih deformacija. Elastično-plastično savijanje pojavljuje se u slučaju savijanja sa većim radijusima, dok čisto plastično savijanje nastaje kod savijanja sa malim radijusima.

Granične vrednosti radijusa savijanja

Minimalni radijus savijanja je najmanja vrednost radijusa savijanja koja se može ostvariti, a da ne dođe do pucanja lima u zoni zateznih napona.

$$r_{min} = \frac{s}{2} \left(\frac{1}{\varepsilon_m} - 1 \right)$$

s – debljina lima

ε_m - maksimalna ravnomerna deformacija pri zatezanju, deformacija koja odgovara zateznoj čvrtoći u dijagramu zatezanja

Maksimalni radijus savijanja je najveća vrednost radijusa savijanja koja u do vodi do trajnih, plastičnih deformacija.

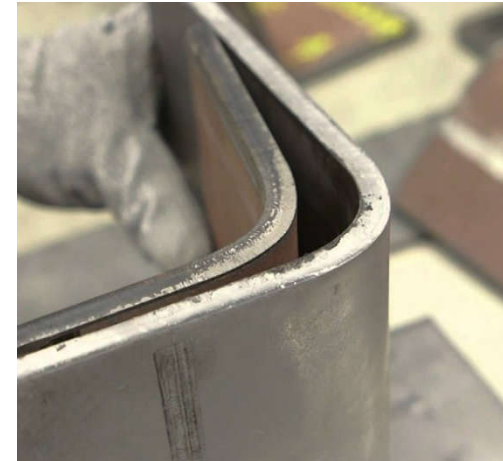
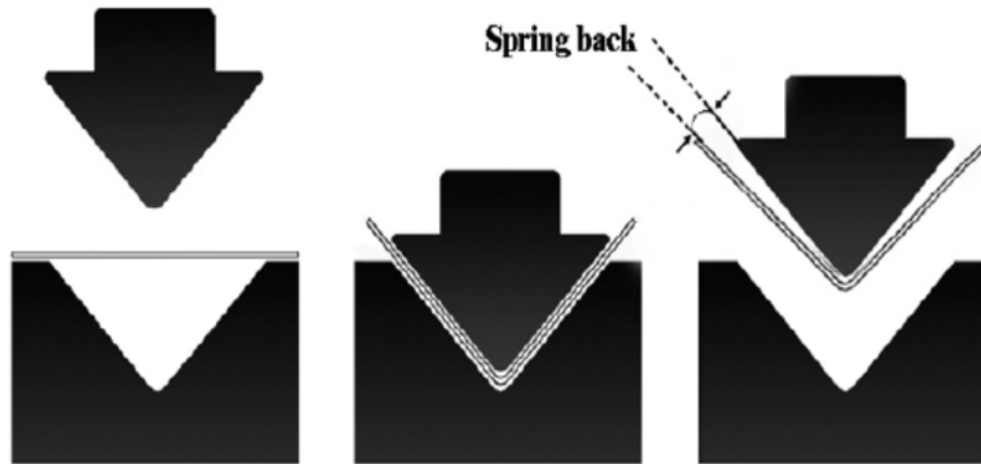
$$r_{max} = \frac{s}{2} \left(\frac{1}{\varepsilon_e} - 1 \right) = \frac{s}{2} \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right) \approx \frac{s}{2} \frac{E}{R_e}$$

s – debljina materijala

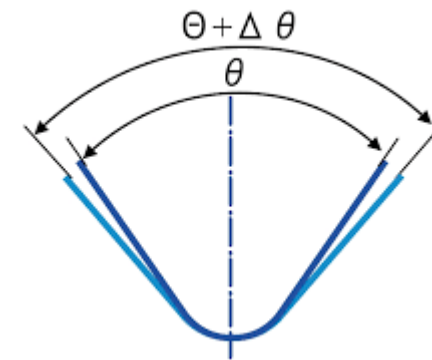
E – modul elastičnosti

R_e – napona na granici plastičnog tečenja

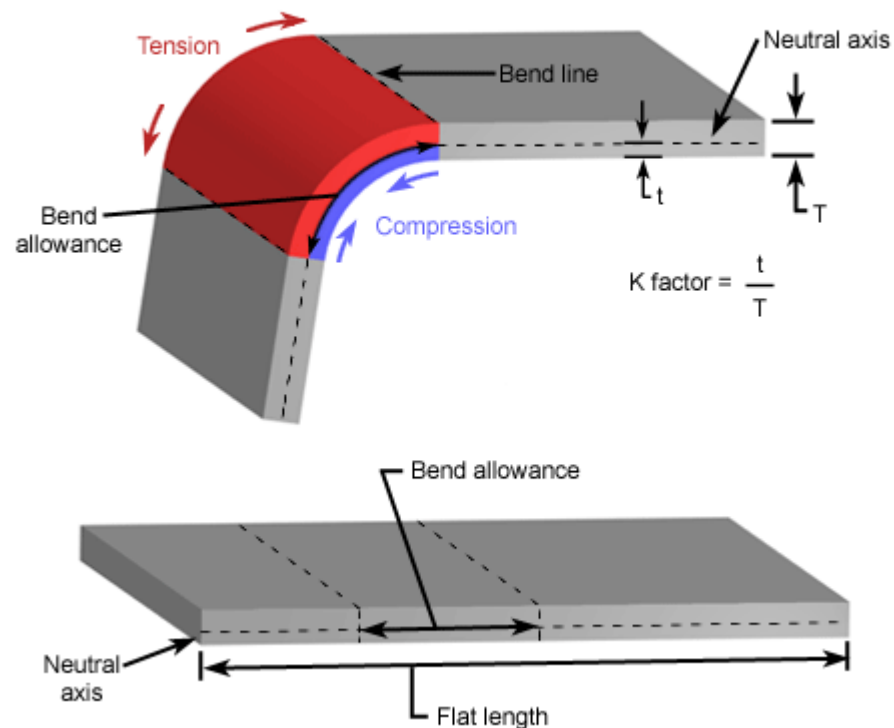
Elastično ispravljanje obratka



U svakom procesu obrade metala deformisanjem postoji uticaj elastičnih deformacija. Njihov uticaj je veći ukoliko je ukupno ostvarena deformacija u procesu relativno mala kao što je slučaj kod savijanja. Nakon vađenja savijenog dela iz alata uticaj elastičnih deformacija se ogleda u povećanju ugla savijanja. Kako bi se eliminisao uticaj elastičnih deformacija, u zavisnosti od karakteristika materijala koji se savija, najčešće se smanjuje ugao savijanja, da bi se nakon savijanja i elastičnog ispravljanja dela ostvario predviđeni ugao savijanja.



Razvijena dužina obratka



Razvijena dužina obratka je dužina neutralne linije deformacije, tj. linije čija se dužina tokom savijanja ne menja. Razvijena dužina obratka dobija se sabiranjem dužina pravolinijskih elemenata obratka i dužina krivolinijskih elemenata.

Dužina krivolinijskog elementa određuje se kao:

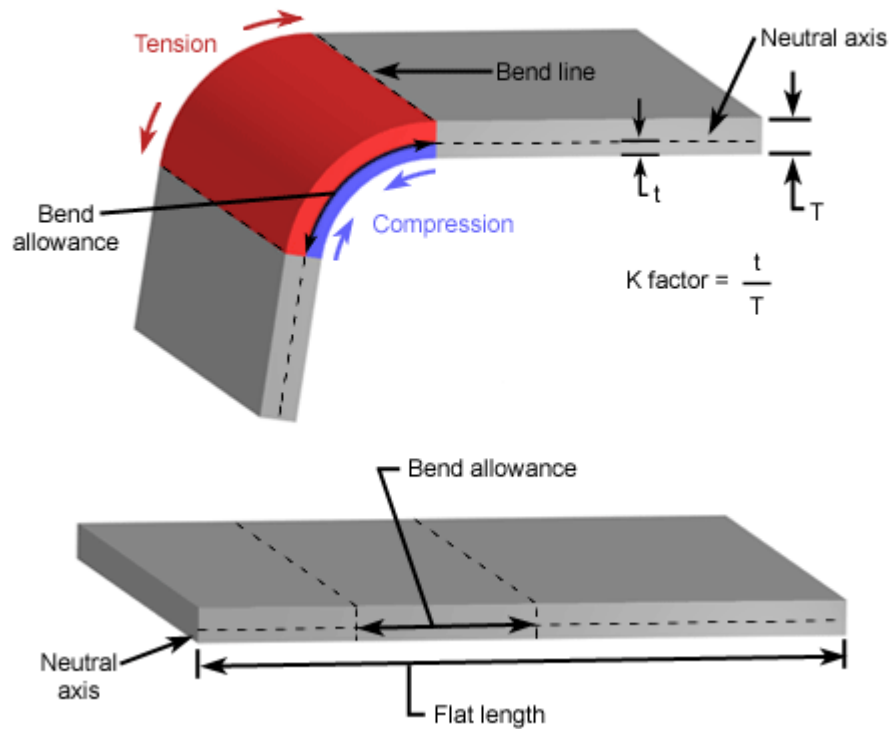
$$l_s = \rho_d \alpha$$

gde je ρ_d radijus neutralnog sloja, a α ugao nad kojim se računa krivolinijski element (u radijanima).

Radius neutralnog sloja se izračunava prema:

$$\rho_d = r + \zeta s$$

gde je ζ koeficijent koji zavisi od odnosa r/s .



r/s	ζ	r/s	ζ
0,1	0,23	1,0	0,41
0,2	0,29	1,2	0,42
0,3	0,32	1,5	0,44
0,4	0,35	2,0	0,45
0,5	0,37	3,0	0,46
0,6	0,37	4,0	0,47
0,7	0,39	5,0	0,48
0,8	0,40	10,0	0,50