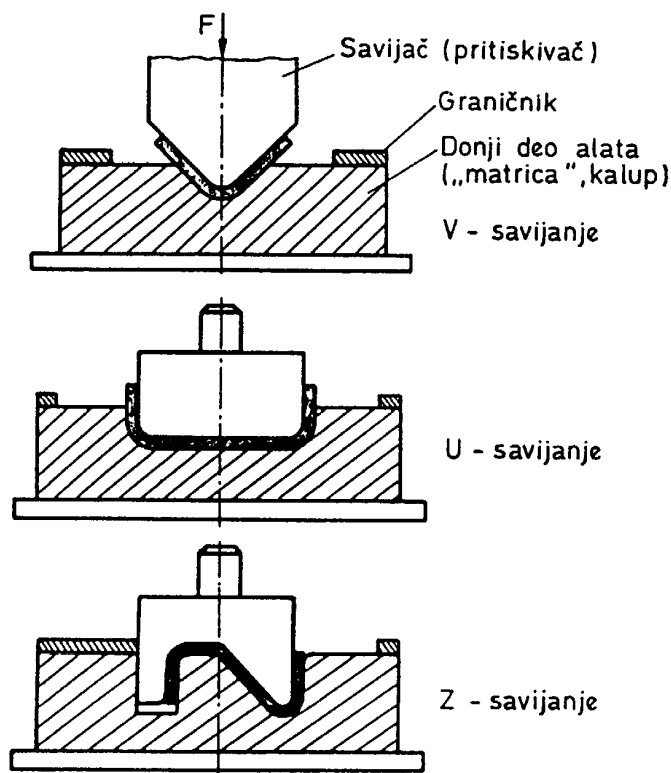


OBRADA LIMA SAVIJANJEM

Savijanje spada u najčešće operacije OMD. Često se kombinuje sa prosecanjem, izvlačenjem i sl. Savijanje se može obavljati na više načina:

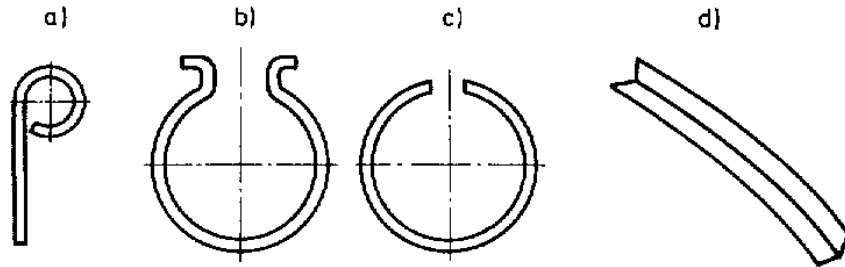
- pomoću specijalnog alata na univerzalnim mašinama,
- na specijalnim mašinama za savijanje i profilisanje,
- na mašinama za savijanje sa valjcima.

Pri savijanju u alatima najčešći oblici su tzv. **U**, **V** i **Z** savijanja, prema sl.1. Pri ovakvom savijanju, karakterističnom za serijsku proizvodnju, obrada se vrši na jednom ili više alata, specijalno urađenim za izvođenje ovih operacija. Alati su po konstrukciji slični alatima za prosecanje i probijanje – imaju gornju i donju ploču (kućište alata), stubno vođenje (isključivo), čep za vezu sa mašinom i sl. Osnovna razlika je u izvršnim elementima alata - ovde su to savijaču (pritiskivač, oblikač) i matrici (kalup) za savijanje.



Sl.1. Primeri elementarnih savijanja u alatu

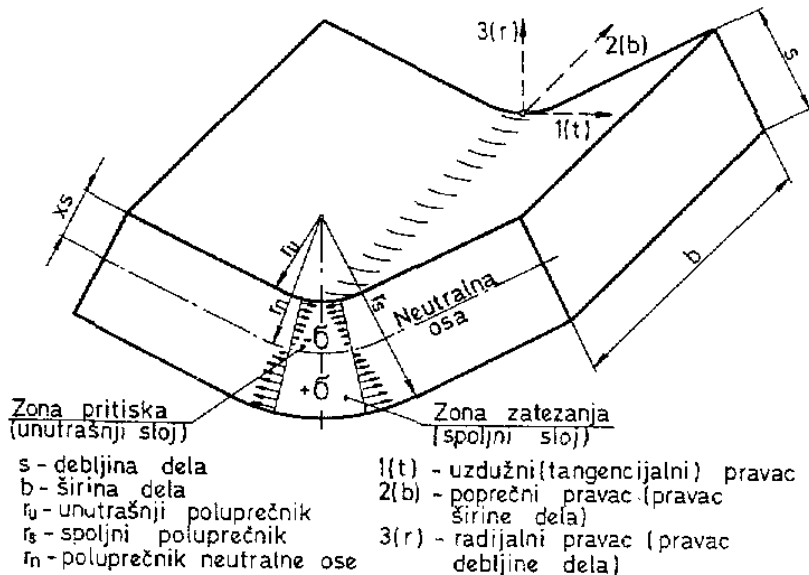
Primeri kružnih savijanja su dati na sl.2. Ova savijanja se vrše na specijanim mašinama i biće detaljnije obrađena u tački 4 i 5.



Sl.2. Primeri kružnog savijanja

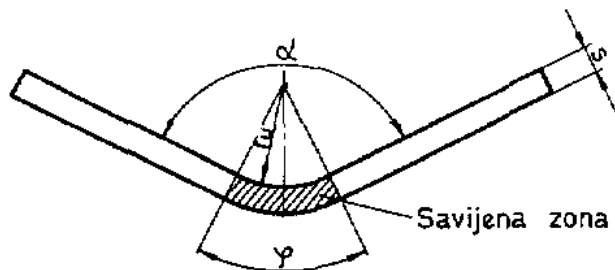
1. Analiza jednougaoanog savijanja

Proces savijanja karakterišu elastično - plastične deformacije. Ove deformacije, odnosno odgovarajući naponi, imaju različit karakter sa svake strane lima koji se savija. Sloj materijala sa strane pritiskivača (unutrašnja strana) izložen je pritisku, a sa spoljne strane zatezanju. Između ova dva sloja nalazi se neutralni sloj čija se dužina u odnosu na prvobitnu ne menja usled savijanja (neutralna osa). Opšta šema savijanja sa odgovarajućim oznakama pokazana je na sl.3.



Sl.3. Naponsko deformacioni odnosi pri jednougaoanom savijanju

(važi za široke trake: $b > (3 - 5)s$)



α - ugao savijanja

φ - ugao savijene zone

$$\alpha + \varphi = 180^\circ$$

Sl.4. Karakteristični uglovi pri savijanju

1.1. Položaj neutralnog sloja

Kako je napomenuto, neutralni sloj predstavljaju ona zamišljena metalna vlakna čija se dužina pri savijanju ne menja. Ovo je tzv. neutralna geometrijska osa, koja se ne razlikuje značajno od neutralne naponske ose, kod koje je napon u tangencijlnom pravcu (σ_1) jednak 0.

Poznavanje položaja neutralne geometrijske ose je važno zbog određivanja početnih dimenzija komada pre savijanja, kao i nekih dopunskih elemenata savijanja.

Pre savijanja, neutralna osa se poklapa sa geometrijskom osom; pri obradi se pomera ka centru savijanja, posebno pri savijanju oko malih radijusa r_u .

Kod savijanja sa velikim poluprečnikom savijanja, r_n se određuje kao srednji radijus po debljini (za $\frac{r_u}{s} \geq 10$)

$$r_n = r_u + \frac{s}{2}$$

Za limove male debljine zanemaruje se pomeranje neutralne ose:

$$r_n = r_u + \frac{s}{2}$$

U opštem slučaju, poluprečnik r_n se određuje preko koeficijenata pomeranja neutralnog sloja:

$$r_n - r_u = xs \Rightarrow r_n = r_u + xs$$

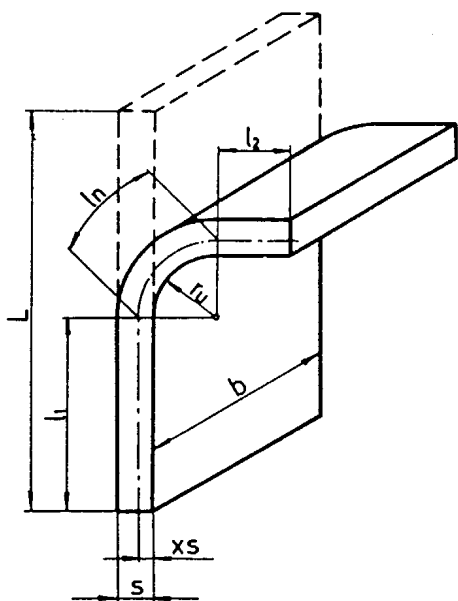
Vrednosti x su date tabelarno, kao $x = f\left(\frac{r_u}{s}\right)$, najčešće za ugao savijanja $\alpha = 90^\circ$, ali se te vrednosti mogu približno koristiti i za druge uglove α .

$$\text{Npr. za } \frac{r_u}{s} = 10; x = 0,5 \Rightarrow r_n = r_u + 0,5s$$

$$\frac{r_u}{s} = 0,1; x = 0,3 \Rightarrow r_n = r_u + 0,3s$$

1.2. Određivanje dimenzija početnog komada - razvijene dužine

Početa dužina komada jednaka je zbiru dužine neutralne geometrijske ose u zoni savijanja i dužina pravih - nesavijenih delova van zone savijanja.



$$L = l_1 + l_2 + l_n$$

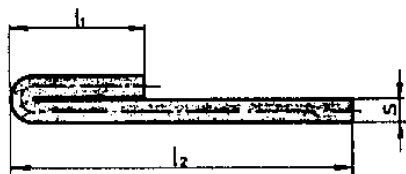
$$l_n = \frac{\pi \dot{\varphi}}{180} (r_u + xs) = 0,017 \dot{\varphi} (r_u + xs)$$

U literaturi su za karakteristične oblike savijanja navedeni izrazi za izračunavanja dužine L.

Sl.5. Izračunavanje razvijene dužine

Za savijanje sa potpunim dodirivanjem krakova približno se određuje L prema izrazu:

$$L = l_1 + l_2 - 0,43s$$



Sl.6. Savijanje previjanjem

1.3. Minimalni dopušteni unutrašnji poluprečnik savijanja

U većini slučajeva vrši se savijanje delova sa malim poluprečnicima krivine, čime se, pored ostalog podiže i njihova krutost. Da bi se izbeglo razaranje u spoljašnjoj zoni, potrebno je znati najmanje vrednosti radijusa r_u , sa kojim se sme raditi. Ova vrednost zavisi od mehaničkih svojstava materijala, ugla savijanja, položaja pravca savijanja u odnosu na pravac valjanja materijala, stanja površina alata i materijala.

Vrednosti $r_{u \min}$ se daju u obliku:

$$r_{u \min} = cs$$

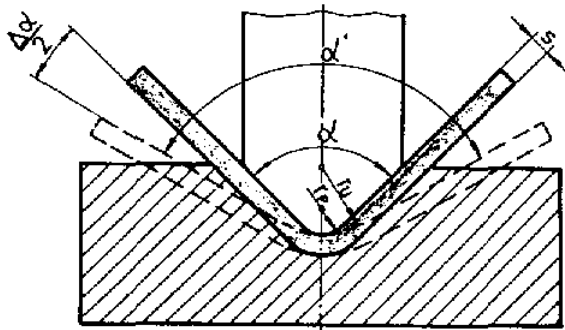
pri čemu se koeficijent c daje u tabelama u zavisnosti od napred nabrojanih faktora (vrednosti za faktor c se navode u tabeli 1, str.prilogu).

Npr. za Č.0360, u žarenom stanju i savijanju poprečno u odnosu na pravac valjanja:

$$r_{u \min} = 0,1s$$

1.4. Elastično ispravljanje savijenih delova (povratnost)

U ukupnu deformaciju koja se ostvaruje savijanjem uključena je, pored plastične, i elastična deformacija (posebno u okolini neutralnog sloja). Po oslobađanju savijenog dela iz alata ove elastične deformacije dobrim delom nestaju, usled čega se povećava ugao savijanja, kao i poluprečnik savijanja, sl.7.



To znači da se alat mora uraditi sa uglom α manjim, kao i sa manjim r_p , da bi posle elastičnog vraćanja komad imao zahtevane dimenzije.

Sl.7. Ispravljanje pri savijanju

Povratnost $\Delta\alpha = \alpha' - \alpha$ može se odrediti analitičkim ili eksperimentalno. Kod savijanja sa kalibrisanjem povratnost je manja.

Veličina $\Delta\alpha$ zavisi od svojstava materijala i odnosa $\frac{r_u}{s}$.

Postoje praktične preporuke za osređivanje $\Delta\alpha$.

- za Č.0260: $\Delta\alpha \approx 0,43 \frac{r_u}{s} - 0,61$

- za Č.0545: $\Delta\alpha \approx 0,79 \frac{r_u}{s} - 1,62$

Za odnos $\frac{r_u}{s} > 10$ potrebno je korigovati r_p , npr. po izrazu:

$$r_p = \frac{1}{\frac{1}{r_u} + 3 \frac{R_p}{Es}} \quad R_p - \text{granica tečenja; } E - \text{modul elastičnosti}$$

a ugao povratnosti:

$$\Delta\alpha = (180 - \alpha) \left(\frac{r_u}{r_p} - 1 \right)$$

1.5. Najveći poluprečnik savijanja

Ukoliko se u gornji izraz za $\Delta\alpha$ uvrsti $\frac{r_u}{r_p} = 2$ doći će do potpunog ispravljanja

($\Delta\alpha = 180 - \alpha = \varphi$). To znači da pri $r_u \gg s$ neće doći do trajnog, već samo elastičnog savijanja. Zbog toga je neophodno odrediti najveći poluprečnik savijanja pri kome se još može ostvariti trajna deformacija.

Relativna deformacija spoljašnjeg vlakna:

$$\varepsilon = \frac{r_s - r_n}{r_n}$$

Za veliko r_u ; $x \approx 0,5$; $r_s - r_n = \frac{1}{2}s$; $r_n \approx r_u$

$$\varepsilon = \frac{s}{2r_n} \approx \frac{s}{2r_u}; \quad \sigma = E\varepsilon$$

$$r_u = \frac{s}{2\varepsilon} = \frac{s E}{2 \sigma}$$

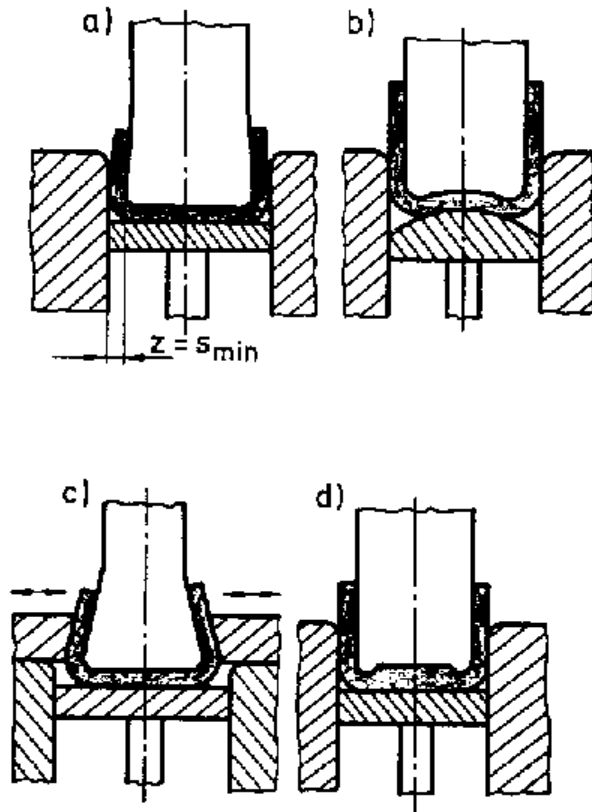
Za granični slučaj napon u spoljašnjim vlaknima mora biti jednak R_p :

$$r_{u \max} = \frac{sE}{2R_p};$$

Konačan uslov za uspešno oblikovanje savijanjem ima oblik:

$$r_{u \min} < r_u < r_{u \max}$$

Kod jednougaoog savijanja povratnost se kompenzira izradom alata kod koga su α i r_p manji za odgovarajući iznos. Kod dvougaoog savijanja postoji više preporuka za kompenzaciju ugla povratnosti, prema sl.8.



Prema sl.8.a) i c), alatom se obezbeđuje ugao manji od 90° , te se posle ispravljjanja dobija zahtevana geometrija komada.

Ukoliko je dozvoljeno konstruktivno, moguće je i sa unutrašnje stran utiskivanjem rebra obrazovati žleb i rasteretiti zategnuta metalna vlakna, čime se smanjuje povratnost, sl.8.d).

Sl.8. Kompenzacija elastične povratnosti

Tabela 13.

Koeficijent pomeranja neutralnog sloja x pri savijanju pod 90° čelika sa oko $0,10 - 0,22\%C$

r_u/s	x	r_u/s	x
0,1	0,30	1,2	0,43
0,15	0,32	1,5	0,44
0,2	0,333	1,8	0,45
0,25	0,35	2,0	0,455
0,3	0,36	2,5	0,46
0,4	0,37	3	0,47
0,5	0,38	4	0,476
0,6	0,386	5	0,48
0,7	0,40	7	0,49
0,8	0,408	10	0,50
1,0	0,42		

Tabela 1. Koeficijent pomeranja neutralnog sloja

Tabela 16.

Minimalni poluprečnici savijanja r_{umin} (za savijanje pod 90°)

Materijal	Stanje materijala			
	žareno ili normalizovano		ojačano hladnim deformisanjem	
	Pravac linije savijanja u odnosu na pravac valjanja			
	Poprečno	Duž vlakana	Poprečno	Duž vlakana
Poluprečnik savijanja r_{umin}				
Aluminijum,			0,3s	0,8s
žaren bakar,			1,0s	2,0s
Mesing M_s 68,	0	0,3s	0,4s	0,8s
Umiren uglj. čel. sa oko $0,05-0,08\%C$			0,2s	0,5s
Ugljeni čelici sa $0,08-0,10\%C$ (Č.0260)	0	0,4s	0,4s	0,8s
Č.0360	0,1s	0,5s	0,4s	1,0s
Č.0460	0,2s	0,6s	0,6s	1,2s
Č.0545	0,3s	0,8s	0,8s	1,5s
Č.0645	0,5s	1,0s	1,0s	1,7s
Č.0745	0,7s	1,3s	1,3s	2,0s
Nerdjajući čelik	1,0s	2,0s	3s	4s
Duraluminijum meki	1,0s	1,5s	1,5s	2,5s
Duraluminijum tvrdi	2,0s	3,0s	3,0s	4,0s
Napomene:				
1. Pri savijanju duž linije koja je pod uglom od 45° u odnosu na pravac valjanja, treba uzeti srednje iznose r_{umin} .				
2. Pri savijanju pod uglovima manjim od 90° treba gornje vrednosti povećati za 1,1 - 1,3 puta.				
3. Ako postoje oštećenja površine sa spoljne strane, onda treba ove poluprečnike uzimati 1,5 - 2 puta veće.				

Tabela 2. Minimalni poluprečnici savijanja

2. Naponi savijanja i momenti savijanja

Sile savijanja se određuju izjednačavanjem momenta spoljašnjih sila M sa momentom unutrašnjih sila M_σ .

$$M = M_\sigma$$

Momenti spoljašnjih sila zavise od šeme savijanja, a M_σ od naponskih odnosa pri savijanju.

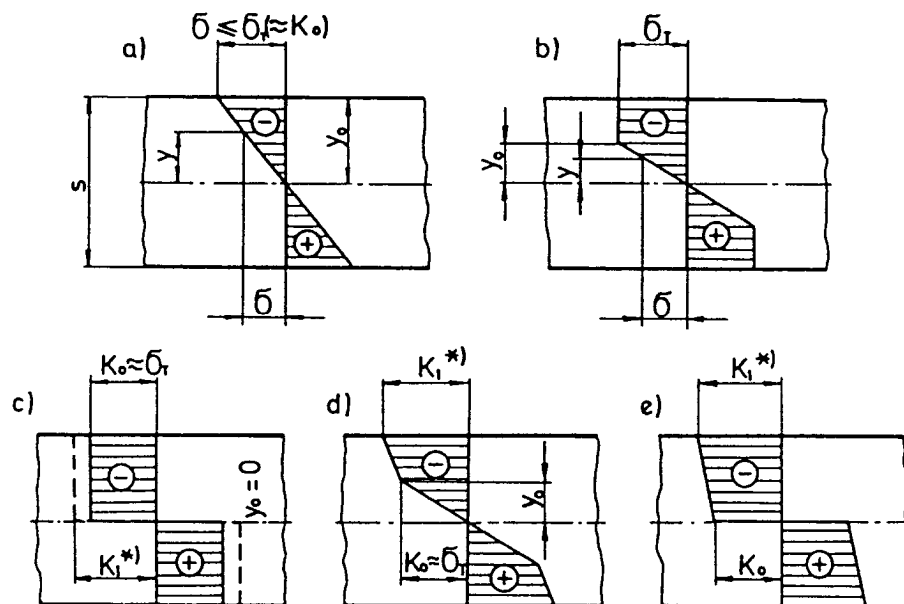
2.1. Momenti unutrašnjih sila

U zavisnosti od veličine tangencijalnih napona, odnosno najvećih napona po preseku lima (po debljini) razlikuju se dve oblasti savijanja:

a) čisto plastično savijanje (najmanji napon u tangencijalnom pravcu je veći ili jednak naponu na granici tečenja) postoji pri odnosu:

$$\frac{r_u}{s} \leq 5$$

b) Za $\frac{r_u}{s} > 5$ postoji elasto - plastično savijanje, sa dva područja napona (u blizini neutralne ose elastično deformisanje, u zoni $2y_0$ i na periferiji plastično), prema sl.9.

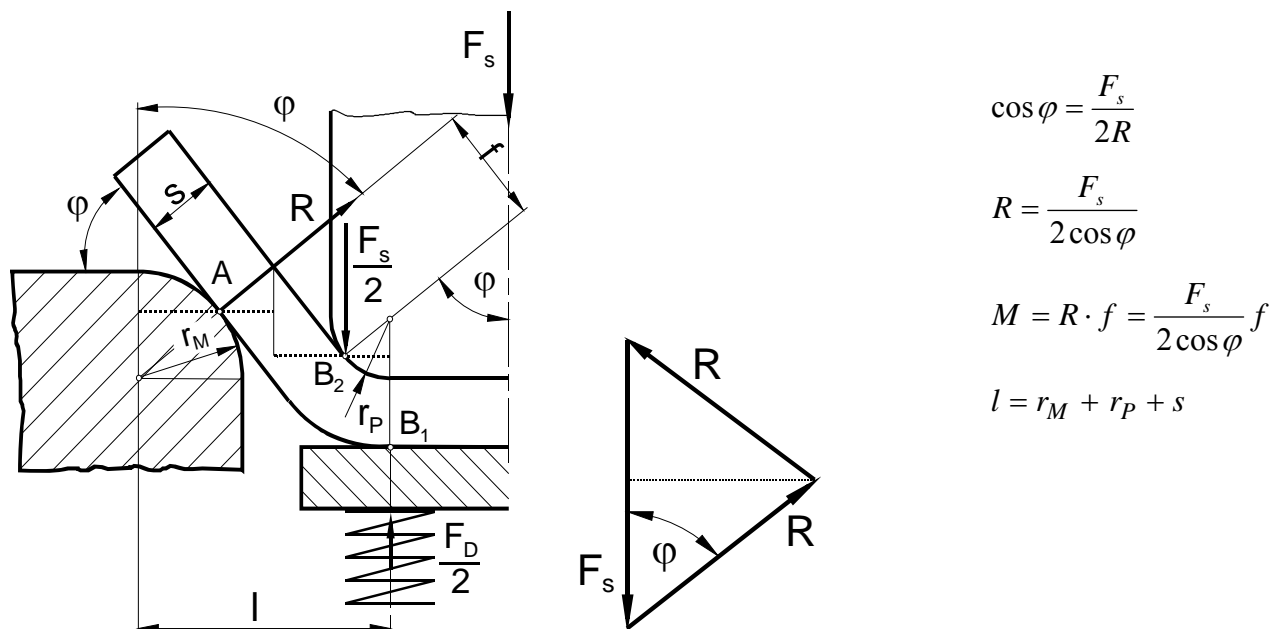


Sl.9. Rapored normalnih napona u uzdužnom pravcu po preseku lima

3. Momenti spoljnih sila i sile savijanja

3.1. Dvougono savijanje sa držačem lima

Za izbor mašine merodavna je najveća sila u pravcu savijanja. Šema spoljnih sila je data na sl.10.



$$\cos \varphi = \frac{F_s}{2R}$$

$$R = \frac{F_s}{2 \cos \varphi}$$

$$M = R \cdot f = \frac{F_s}{2 \cos \varphi} f$$

$$l = r_M + r_P + s$$

Sl.10. Šema dejstva sila pri dvougonom savijanju sa držačem

$$l = r_M \sin \varphi + r_P \sin \varphi + s \cdot \sin \varphi + f \cos \varphi = (r_P + r_M + s) \sin \varphi + f \cos \varphi$$

$$f = \frac{1 - \sin \varphi}{\cos \varphi} l$$

$$M = \frac{F_s}{2 \cos \varphi} \frac{1 - \sin \varphi}{\cos \varphi} l = \frac{F_s (1 - \sin \varphi)}{2 \cos^2 \varphi} l = \frac{F_s (1 - \sin \varphi) l}{2(1 - \sin^2 \varphi)}$$

Zamenom: $1 - \sin^2 \varphi = (1 - \sin \varphi)(1 + \sin \varphi)$ dobija se :

$$M = \frac{F_s l}{2(1 + \sin \varphi)}$$

$$F_s = \frac{2M(1 + \sin \varphi)}{l} ; \quad \text{za } \varphi = \frac{\pi}{2} :$$

$$F_s = \frac{4M}{l}$$

U stvarnosti, najveća sila se javlja pre dostizanja ugla $\varphi = 90^\circ$ ($\sim 45 - 80^\circ$)

Prema eksperimentalnim ispitivanjima, mogu se vršiti sledeća uprošćenja:

$$F_{s \max} = \frac{2M}{l'} ; \quad l' = r_p + 1,2s$$

Umesto M koristi se M_σ , npr. za čisto plastičnu oblast:

$$M_\sigma = nR_m \frac{bs^2}{4} ; \text{ pa se dobija:}$$

$$F_{s \max} = 2bsR_mk_2$$

k_2 - koeficijent; određuje se eksperimentalno, dat je u tabelama.

Kada se uzima u obzir i sila držača:

$$F_{s \max} = 2,5bsR_mk_2$$

U slučaju da postoji završno poravnanje-kalibrisanje po ravnoj površini dna komada, sila je jednaka:

$$F_k = (3 - 4)bsR_mk_2$$

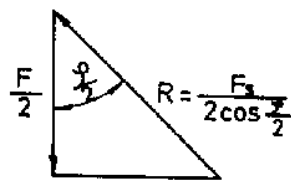
Uopšte, sila kalibrisanja je jednaka :

$$F_k = p_k A_k$$

gde su : p_k, A_k - specifični pritisak i površina kalibrisanja

3.2. Jednougono savijanje u otvorenom alatu

Šema savijanja je pokazana na sl.11.

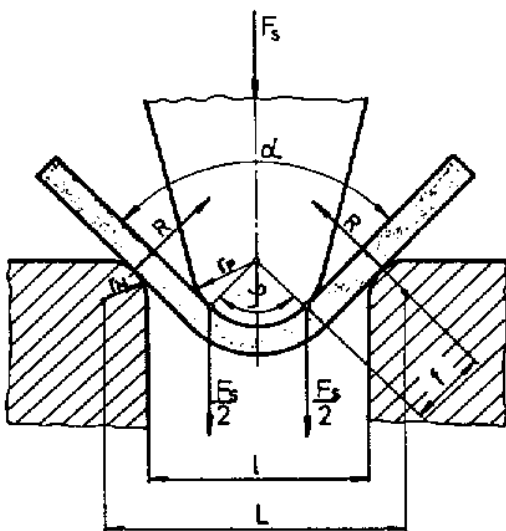


$$R = \frac{F_s}{2 \cos \frac{\varphi}{2}}$$

U početku: $r_p \leq r_u$

Kada je $r_p = r_u$ biće:

$$M = Rf = \frac{F_s}{2 \cos \frac{\varphi}{2}} f$$



Sl.11. Šema jednougaoog savijanja u otvorenom alatu

$$\frac{L}{2} = r_M \sin \frac{\varphi}{2} + r_p \sin \frac{\varphi}{2} + s \cdot \sin \frac{\varphi}{2} + f \cos \frac{\varphi}{2}$$

Zamena: $a = r_M + r_p + s$

$$f = \frac{\frac{L}{2} - a \sin \frac{\varphi}{2}}{\cos \frac{\varphi}{2}}$$

$$F_s = \frac{2M \cos \frac{\varphi}{2}}{f} = \frac{4M \cos^2 \frac{\varphi}{2}}{L - 2a \sin \frac{\varphi}{2}}$$

Kod uprošćenog izračunavanja smatra se da sila deluje koncentrisano na sredini raspona, i da se taj raspon l ne menja:

$$M = \frac{F_s l}{4} = M_\sigma = \frac{bs^2}{4} R_m n$$

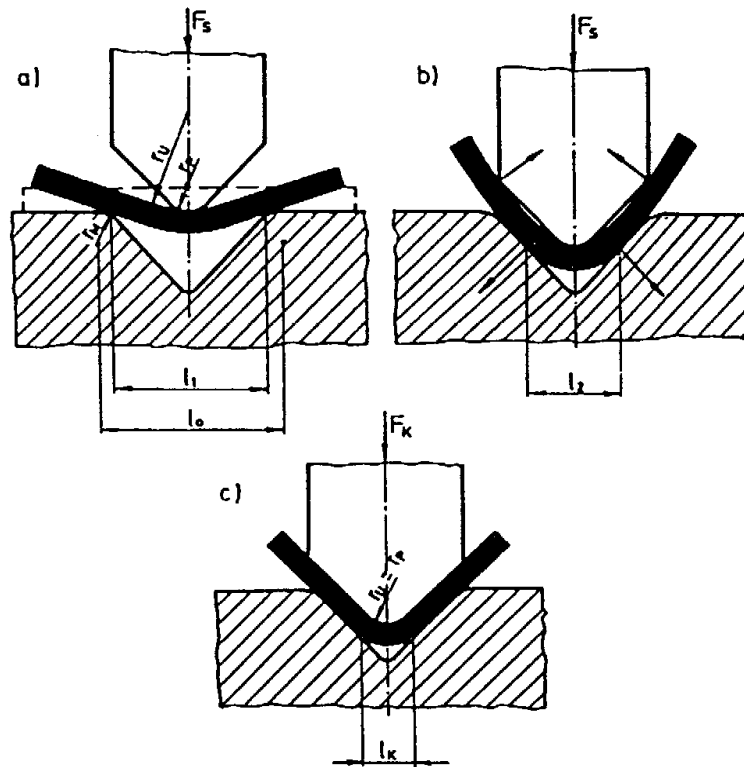
$$F_s = \frac{bs^2}{l} R_m n = bs R_m k_1 ;$$

gde je:

$k_1 = \frac{sn}{l}$ - koeficijent, određuje se eksperimentalno, i daje tabelarno.

3.3. Jednougono savijanje u zatvorenom alatu

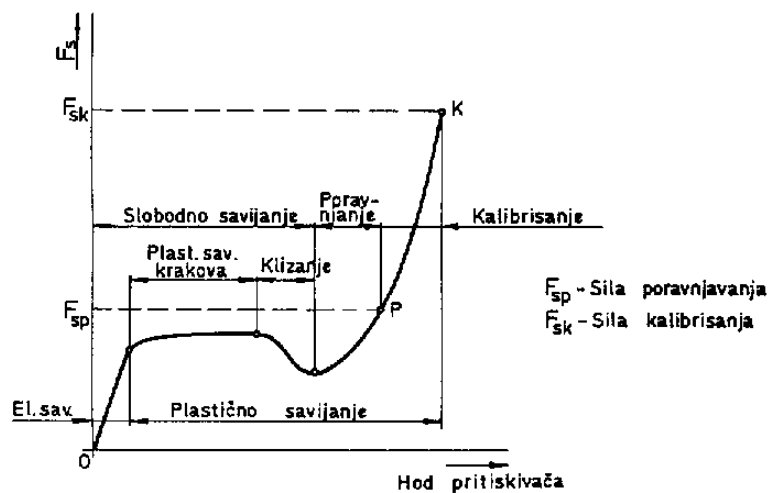
Postupnost savijanja u zatvorenom alatu data je na sledećim slikama:



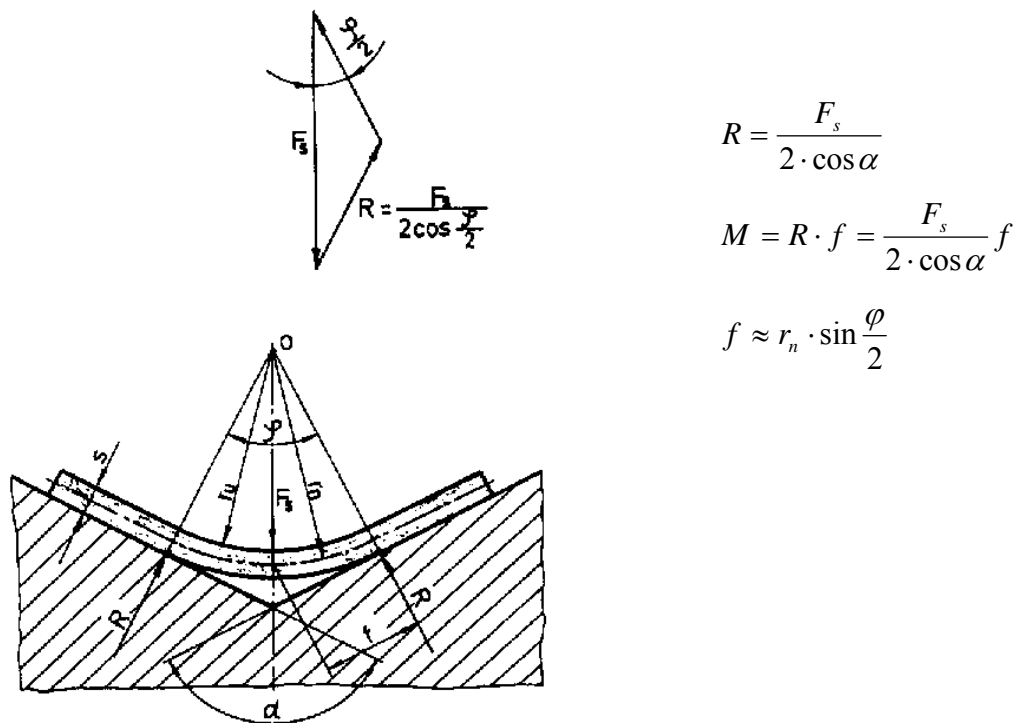
Sl.12. Postupnost pri jednougonom savijanju u zatvorenom alatu

U toku procesa savijanja neprekidno se smanjuje prvobitni raspon između tačaka oslanjanja, sa l_1 na l_k . Moment savijanja se određuje prema dužini l_k . Promena sile savijanja u zavisnosti od hoda alata pokazana je na sl. 4.16. Uočava se da je završna sila kalibrisnja znatno veća od najveće sile savijanja. Zbog toga se i izbor mašine za obradu vrši prema sili kalibrisanja.

Sila savijanje, kao i u prethodnim slučajevima, određuje se izjednačavanjem momenata spoljašnjih, aktivnih sila i momenata unutrašnjih sila.



Sl.13. Promena sile savijanja u zavisnosti od hoda oblikača



Sl.14. Šema jednougaoog savijanja u zatvorenom alatu

Moment spoljašnjih sila je jednak:

$$M = \frac{F_s}{2 \cdot \cos \frac{\varphi}{2}} r_n \cdot \sin \frac{\varphi}{2} = \frac{F_s \cdot r_n}{2} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$$

Sila savijanja :

$$F_s = \frac{2 \cdot M}{r_n} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}$$

$$\text{Za } \varphi = 90^\circ; \quad F_{s \max} = \frac{2 \cdot M}{r_n}$$

$$\frac{r_u}{s} \leq 5; \quad F_{s \max} = \frac{2}{r_n} \frac{b \cdot s^2}{4} n \cdot R_m \approx \frac{b \cdot s^2}{r_u + s} R_m; \quad \frac{n}{2 \cdot r_n} \approx \frac{1}{r_u + s}$$

Ukoliko se vrši kalibrisanje:

$$F_k = p \cdot A$$

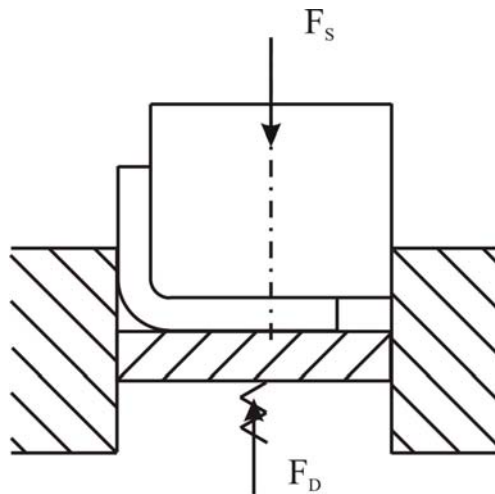
p - specifični pritisak kalibrisanja (dat je u tablicama)

A - površina kalibrisanja

Jednougono savijanje sa držačem

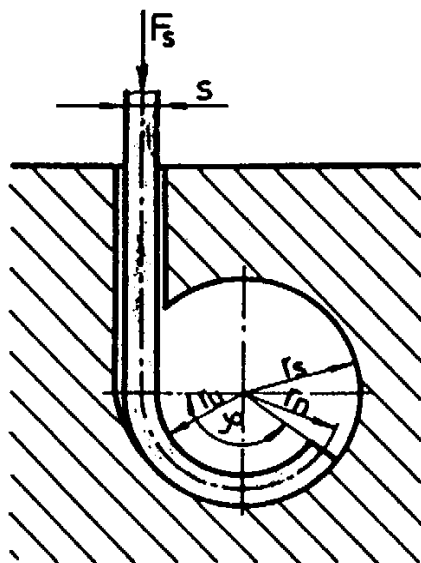
Sila je u ovom slučaju jednaka polovini sile savijanja dvostranog ugaonika:

$$F_s = b \cdot s \cdot R_m \cdot k_2 + F_D \approx 1,25 \cdot b \cdot s \cdot R_m \cdot k_2$$



Sl.15. Šema jednougono savijanja sa držačem

3.4. Kružno savijanje krajeva



Moment spoljne sile:

$$M = F_s \cdot r_n = F_s (r_u + 0,5 \cdot s)$$

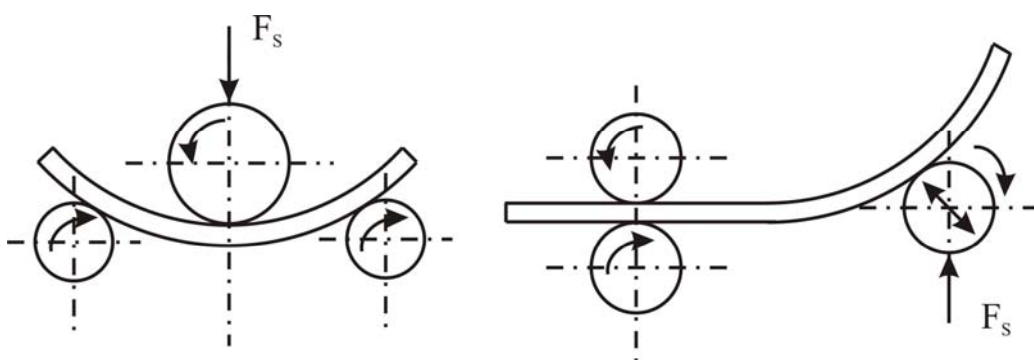
Sila savijanja:

$$F_s = \frac{M}{r_u + 0,5 \cdot s} = \frac{b \cdot s^2}{4} \frac{n \cdot R_m}{r_u + 0,5 \cdot s}$$

Sl.16. Kružno savijanje krajeva

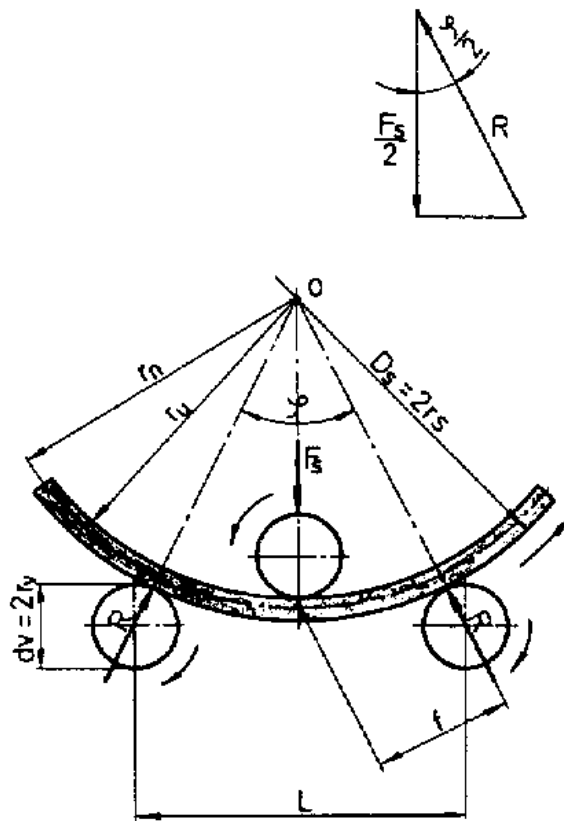
4. Savijanje pomoću valjaka

Ovakvo savijanje se uglavnom primenjuje za izradu cilindričnih delova većeg prečnika (doboši, rezervoari). Moguće su različite šeme savijanja, prema sl.17.



Sl.17. Različita izvođenja savijanja sa tri valjka

Analiziraće se prvi slučaj, tzv. savijanje na sa 3 valjka, od kojih je gornji pogonski i on prenosi silu, sl.18.



$$R = \frac{F_s}{2 \cdot \cos \frac{\varphi}{2}}$$

$$f \approx r_n \cdot \sin \frac{\varphi}{2}$$

Sl.18 Savijanje na valjcima.

S obzirom na veliki odnos $\frac{r_u}{s}$ ne mogu se zanemariti naponi u području elastičnosti

($y_0 \neq 0$):

$$M_\sigma = R_p (W + W_p) = R_p b \left(\frac{s^2}{4} - \frac{y_0^2}{3} \right) = \frac{R_p \cdot b}{12} (3 \cdot s^2 - 4 \cdot y_0^2) = \frac{R_p \cdot b}{12} \left[3 \cdot s^2 - \left(\frac{2 \cdot R_p \cdot r_n^2}{E} \right) \right]$$

$$\varepsilon_0 = \frac{r - r_n}{r_n} = \frac{y_0}{r_n} ; y_0 = r_n \cdot \varepsilon_0 = r_n \frac{R_p}{E}$$

$$\sigma = E \cdot \varepsilon ; R_p = E \cdot \varepsilon_0$$

Moment spoljnih sila:

$$M = R \cdot f = \frac{F_s}{2 \cdot \cos \frac{\varphi}{2}} r_n \cdot \sin \frac{\varphi}{2} = \frac{F_s}{2} r_n \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$$

Sila savijanja:

$$F_s = \frac{2 \cdot M}{r_n} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} \quad ; \quad M \rightarrow M_\sigma$$

$$F_s = \frac{R_p \cdot b}{6 \cdot r_n} \left[3 \cdot s^2 - \left(\frac{2 \cdot R_p \cdot r_n}{E} \right)^2 \right] \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} \quad ; \quad r_n = \frac{D_s - s}{2}$$

$$F_s = \frac{R_p \cdot b}{D_s - s} \left[s^2 - \frac{R_p^2 (D_s - s)^2}{3 \cdot E^2} \right] \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}$$

Određivanje ugla φ :

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{\frac{L}{2}}{\frac{D_s}{2} + \frac{d_v}{2}} \quad ; \quad \varphi = 2 \cdot \arcsin \frac{L}{D_s + d_v}$$

Provera da li dolazi do trajnog deformisanja:

$$r_n = \frac{y_0 \cdot E}{R_p}$$

Potreban uslov:

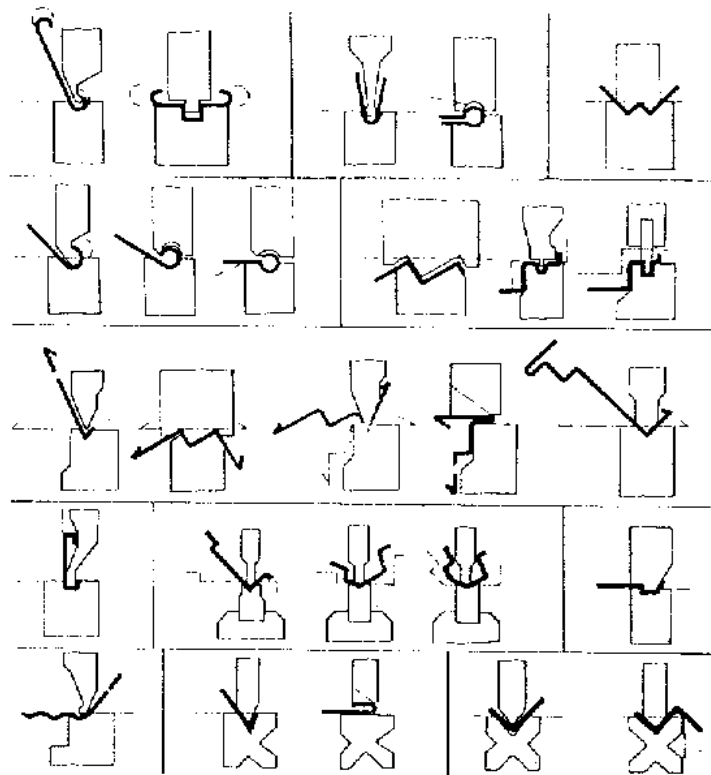
$$\frac{D_s - s}{2} = r_n < \frac{y_0 \cdot E}{R_p} = \frac{s \cdot E}{2 \cdot R_p}$$

$$\frac{D_s}{s} < \frac{E}{R_p} + 1$$

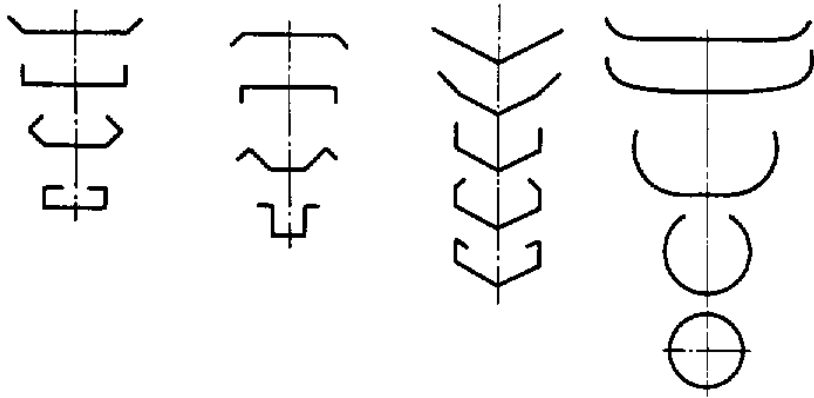
5. Profilno savijanje

Obrada profilisanjem podrazumeva takvo savijanje delova od lima, pri kojem se dobijaju proizvodi relativno velike dužine i različitih profila. Najčešće se radi o višegaonom savijanju, koje se može izvoditi na specijalnim mašinama, ali i u alatima na univerzalnim presama. Karakteristični slučajevi profilisanja pokazani su na sl. 19.

Pojedinačna izrada profila velike dužine, i do 6 metara, izvodi se na tzv. abkant presama, koje mogu biti mehaničke ili hidraulične. Alati (matrica i oblikač) su najčešće univerzalni, vrlo različitih profila; postupnost oblikovanja je pokazana na sl.20.

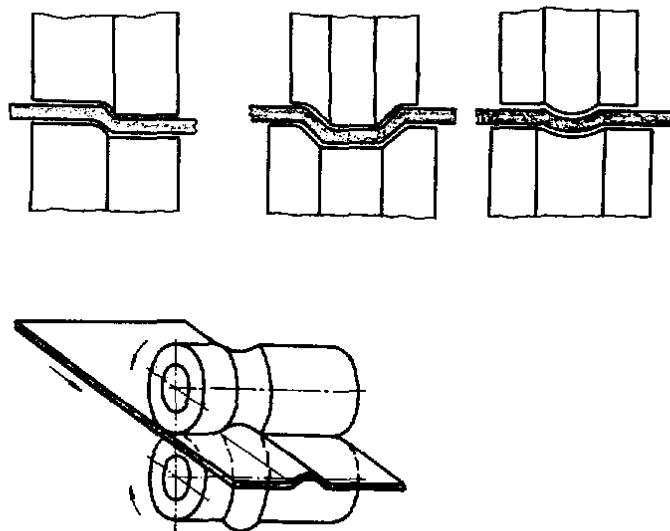


Sl.19. Različite mogućnosti profilnog savijanja



Sl.20. Postupnost profilnog savijanja

Masovna proizvodnja pojedinačnih profila i talasastih limova izvodi se na mašinama za profilisanje pomoću valjaka, sl.24. Proizvodnost ovih mašina kreće se i do 200 m/min. Pri ovakvoj obradi traka od lima prolazi kroz seriju profilisanih valjaka, a savijanje se postupno obavlja na svakoj pojedinačnoj poziciji. Postupnost oblikovanja je slična kao i u prethodnom slučaju (prema sl.23), ali je obrada neprekidna. Odsecanje na potrebnu dužinu profila se vrši pokretnim ("letećim") makazama.



Sl.21. Profilisanje na valjcima

LITERATURA

1. **Musafija B.**, Obrada metala plastičnom deformacijom, Svjetlost, Sarajevo, 1988.
2. **Devedžić B.**, Plastičnost i obrada metala deformisanjem, Naučna knjiga, Beograd, 1992.
3. **Waller J.**, Press Tools and Presswork, Portcullis Press, Bristol, 1978.
4. **Romanovski V. P.**, Spravočnik po holodnoj šampovke, Mašinstrojenje, Leningrad, 1979.
5. **S.Kalpakjian**, Manufacturing Process for Engineering Materials, Adison-Wesley P.C., 1997.
6. **K.Lange**, Handbook of Metal forming, Mcgrow-Hill Book Company, New York, 1995.
7. www.interlaken.com
8. www.lvdgroup.com
9. www.efunda.com
10. www.thefabricator.com