

## NOSEĆE STRUKTURE MAŠINA ALATKI

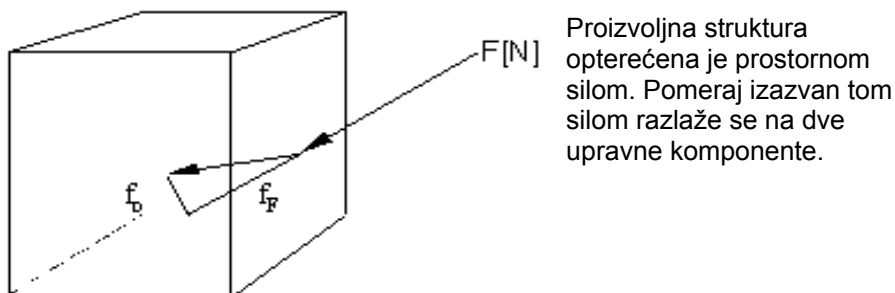
### 1.1 POJAM STATIČKE KRUTOSTI

Statička krutost je broj koji definiše odnos između sile kojom je opterećena odgovarajuća struktura i pomeranja koje je izazvano tom silom:

$$K = \frac{F[\text{N}]}{f[\text{m}]} = [\text{N} / \text{m}]$$

- $F$  [N] sila koja opterećuje strukturu
- $f$  [m] pomeraj izazvan silom

Statička krutost je od posebnog značaja pri projektovanju mašina alatki obzirom da pomeranje elemenata mašine izazvano nekom silom direktno utiče na tačnost obrađenih komada. U tom kontekstu statička krutost se javlja kao jedan od osnovnih pokazatelja kvaliteta mašine alatke, odnosno kao jedan od osnovnih poremećajnih pod sistema.



Ukoliko je proizvoljna struktura opterećena prostornom silom tada pomeranje možemo razložiti na dve normalne komponente:

- komponentu koja je normalna na pravac sile  $f_p$
- komponentu koja ima pravac sile  $f_F$

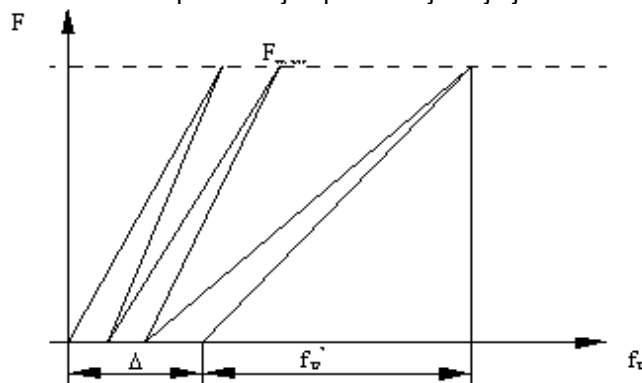
Na osnovu ovoga pojam statičke krutosti možemo proširiti :

$$K_{FF} = \frac{F}{f_F} \quad \text{direktna krutost}$$

$$K_{FP} = \frac{F}{f_p} \quad \text{indirektna ili recipročna krutost}$$

### 1.2 ODREĐIVANJE STATIČKE KRUTOSTI

$K_{FF}$  je broj i po definiciji to je statička konstanta strukture (ne zavisi od sile). U cilju određivanja statičke krutosti struktura se opterećuje do neke sile (unapred zadate)  $F_{max}$  a zatim rasterećuje i pri tome se meri pomeranje strukture pri različitim vrednostima sile. Postupak se ponavlja onoliko puta koliko je potrebno da se ponašanje strukture ustali, to jest dok zazor  $\Delta$  ne postane konstantan. Na ovaj način formira se takozvani histerezis dijagram koji daje zavisnost između veličine opterećenja i pomeranja koje je ono izazvalo.



## 1.2 SISTEM MATERIJALA

Na današnjem nivou razvoja, materijali koji se koriste u izradi mašina alatki predstavljaju složen funkcionalni podsistem. Zahtevi koji se pred mašine postavljaju, sa tehnološkim razvojem postaju sve složeniji, što se posebno odnosi na povećanje brzina radnih i povratnih hodova kao i na zahteve za povećanjem tačnosti izrade. Sve ovo ima presudan uticaj kako na izbor vrste materijala koji se primenjuje, tako i na izbor vrste obrade kojoj se taj materijal podvrgava da bi ispunio postavljene zahteve.

Analiza sistema materijala može se podeliti na dve grupe problema:

1. problemi vezani za izbor materijala kada se imaju u vidu njegov sastav, fizičke i mehaničke osobine.
2. problemi vezani za način dobijanja i postupke sa materijalom

Sastav i osobine materijala obuhvataju hemijski sastav, električne, magnetne, mehaničke metalurške i druge osobine. Fizičke osobine obuhvataju jačinu materijala, vezu napon - deformacija, temperaturne osobine ( ponašanje materijala na radnim temperaturama ), ponašanje materijala pri udarnim opterećenjima, lom materijala i obradljivost. Kao veoma važno pitanje vezano za ovu problematiku javlja se pitanje ponašanja materijala pri dinamičkim opterećenjima ( optornost materijala pri dinamičkom opterećenju kao i sposobnost prigušenja vibracija ).

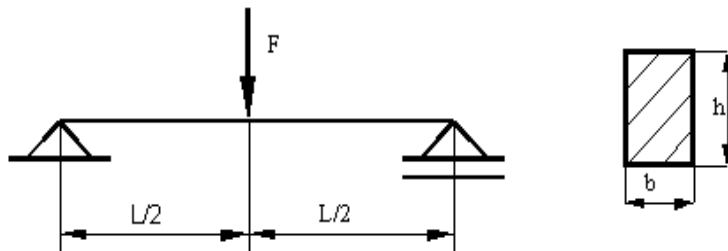
## 2.1 ANALIZA ZAPREMINSKOG ISKORIŠĆENJA MATERIJALA

Ova analiza može se sprovesti preko zapreminskog iskorišćenja, dozvoljenog naprezanja i dozvoljenog ugiba.

Potrebno je za propisane radne uslove i za izabrani materijal ostvariti potpuno zapreminsko iskorišćenje po dva osnova:

1. potpuno iskorišćenje materijala prema dozvoljenom naponu  $\sigma_d$
2. potpuno iskorišćenje materijala prema dozvoljenom ugibu  $f_{max}$

Kao demonstracija ove analize uzima se prosta greda na dva oslonca opterećena silom na savijanje:



model proste grede, simetrično opterećene koji se koristi pri analizi zapreminskog opterećenja

Dozvoljeno naprezanje pri savijanju dato je u obliku:

$$\sigma = \frac{F * L}{4 * W} = \frac{F * L}{4} * \frac{6}{b * h^2} = \frac{3}{2} * \frac{F * L^2}{V * h}$$

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W}; \quad M_{max} = \frac{F * L}{4}; \quad W = \frac{I}{h/2}$$

F - Sila koja opterećuje gredu

L - raspon grede

W - Otporni moment poprečnog preseka

I - moment inercije poprečnog preseka

b,h - karaktersitčne mere poprečnog preseka ( širina i visina)

odavde se dobija zapreminsko iskorišćenje materijala s obzirom na dozvoljeno naprezanje materijala:

$$V_{\sigma} = \frac{3}{2} * \frac{F}{\sigma} * \frac{L^2}{h}$$

Maksimalni ugib na sredini grede dat je izrazom:

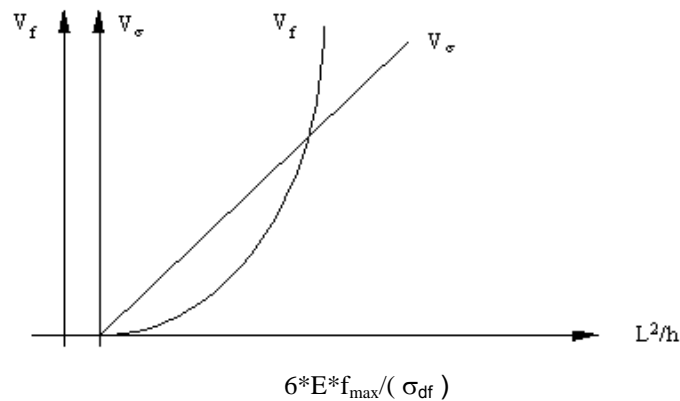
$$f = \frac{F * L^3}{48 * E * I} = \frac{F * L^3}{48 * E * \frac{b * h^3}{12}} = \frac{1}{4} * \frac{F}{E} * \frac{1}{V} * \left( \frac{L^2}{h} \right)^2$$

odnosno zapreminsko opterećenje materijala u odnosu na dozvoljeni ugib:

$$V_f = \frac{1}{4} * \frac{F}{f} * \frac{1}{E} * \left( \frac{L^2}{h} \right)^2$$

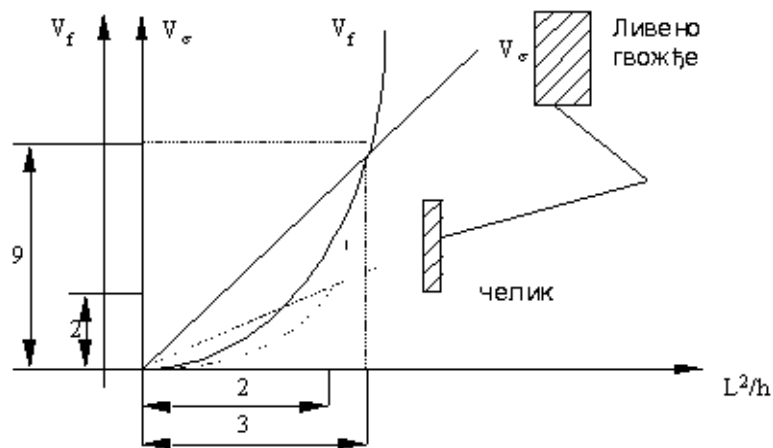
E - modul elastičnosti materijala.

Kako je potrebno da materijal zadovolji oba uslova ( $V_{\sigma} \square V_f$ ) dobija se dijagram u obliku:



U presečnoj tački krivih  $V_f$  i  $V_{\sigma}$  zapremine prema kriterijumu dozvoljenih napona i dozvoljenih deformacija su jednake

Interesnantno je izvršiti uporednu analizu za dva različita materijala. U tom cilju analizirana je jedna noseća struktura od livenog gvožđa i ista ta struktura od čelika.



Uporedni dijagram zapreminskog iskorišćenja materijala za čelik i liveno gvožđe

Vidi se da je za gredu od čelika potrebno oko 70% manje materijala u odnosu na gredu od livenog gvožđa. Sa druge strane greda od čelika ima veliku visinu a malu širinu što sa stanovišta projektovanja mašina alatki predstavlja teškoću jer je ovaj odnos nepovoljan, odnosno može se očekivati nepovoljno dinamičko ponašanje ovakve konstrukcije.

Poseban značaj kod mašina alati ima analiza ponašanja materijala pri dinamičkom opterećenju. Obzirom da se uglavnom radi o metalnim konstrukcijama, pri dinamičkim opterećenjima dolazi do pojave izraženih vibracija, što ima negativan odraz na tačnost izrađenih delova. Postoje različiti pristupi otklanjanju ovog problema; u nekim slučajevima ostavlja se pesak u šupljinama odlivenih nosećih struktura što ima kao posledicu prigušenje vibracija konstrukcije.

Takođe vrlo značajno mesto sa stanovišta izbora materijala pri projektovanju mašina alati nove generacije zauzima kategorija nemetalnih materijala. U ovoj kategoriji značajno mesto zauzimaju

različite vrste polimer betona koje nalaze sve veću primenu pri projektovanju mašina alati za obradu velikim brzinama rezanja. Polimer betoni su betoni sa organskom komponentom (betonu se dodaje organska smola pored cementa) a kao ispuna koriste se granule veličine do 8 mm. (može biti šljunak, kamen...). Smola mora brzo da očvrstne; uzima se 10% smole i 90% minerala. U sledećoj tabeli navode se neke uporedne osobine čelika (i sivog liva) i polimer betona.

podatak	jedinica mere	C( SL )	POLIMER BETON
$\rho$ (gustina)	kg/m <sup>3</sup>	1	1/3
E (modul elastičnosti)	N/m <sup>2</sup>	1	1/5
$\alpha$ (kef. Temp. izduž.)	m/mK	1	2
$\lambda$ (koef. Prov toplote)	W/mK	1	1/50
c (toplotni kapacitet)	J/m <sup>3</sup> K	1	2
$t_0$ (vreme očvršćavanja)	h	1	1/5
$\mu$ (skupljanje u kalupu)	%	1	1/5—1/10

Prilikom primene ovog materijala pristup projektovanju je potpuno drugačiji sa stanovišta oblika. Potrebno je podesiti oblik tako da se nadoknadi mali modul elastičnosti - ove konstrukcije su velikih zapremina. Cela konstrukcija ojačava se rebrima, a na mestima gde se javlja kretanje (klizač - vođica) postavljaju se metalni umetci. Takođe se postavljaju različite vrste ugaonika radi ojačanja konstrukcije.