

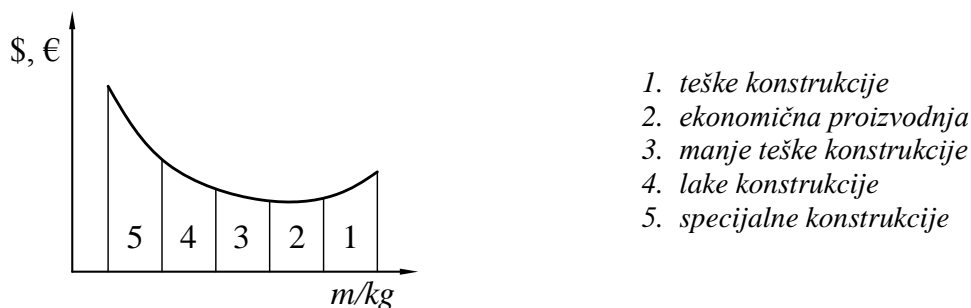
KONSTRUISANJE MAŠINSKIH DELOVA SA ASPEKTA RACIONALNOSTI MASE (LAKE KONSTRUKCIJE)

Svaki konstruktor teži da masa njegove konstrukcije bude što manja. Osnovni razlozi za to su:

- manji utrošak materijala,
- manji troškovi proizvodnje,
- manje inercijalne sile,
- veća nosivost,
- veća pokretljivost.

Mašinske konstrukcije kod kojih je mala masa imperativ, nazivaju se lake konstrukcije (vazduhoplovstvo, motorna vozila, brodogradnja...).

Zavisnost troškova proizvodnje od mase konstrukcije prikazana je na slici 1:



Slika 1.

Masa jedne mašinske konstrukcije zavisi od mase svakog njenog dela. Smanjenje mase delova mašinske konstrukcije ograničeno je uslovima čvrstoće, krutosti i stabilnosti. Ovi uslovi se moraju ispuniti da bi mašinska konstrukcija ispravno i pouzdano obavljala opštu funkciju.

Smanjenje mase mašinskih delova bez narušavanja uslova čvrstoće, krutosti i stabilnosti može se ostvariti:

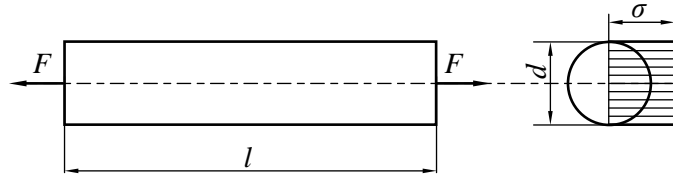
- izborom pogodnog konstrukcionog rešenja,
- izborom visokokvalitetnih materijala,
- ravnomernim iskoršćenjem čvrstoće mašinskog dela.

Za analizu mase mašinske konstrukcije i njenih delova potrebno je uspostaviti zavisnost između mase i sledećih uslova:

- oblika poprečnog preseka (A , W , W_p),
- mehaničkih karakteristika materijala (ρ , $[\sigma]$, $[\tau]$),
- stepena sigurnosti (S),
- napadnog opterećenja (F , T , M),

- konstrukcionih uslova (l).

Masa mašinskih delova izloženih aksijalnom naprezanju



Slika 2.

Ulazni podaci:

- geometrijske veličine: l i d ,
- napadno opterećenje: F ,
- materijal: ρ i $[\sigma]$,
- stepen sigurnosti: S .

Masa mašinskog dela:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot l \quad (1)$$

Uslov zapreminske čvrstoće mašinskog dela:

$$\sigma \leq \sigma_{doz}, \quad (2)$$

gde su:

$$\sigma = \frac{F}{A}, \quad (3)$$

$$\sigma_{doz} = \frac{[\sigma]}{S}. \quad (4)$$

Smenom (3) i (4) u (2) sledi izraz za minimalnu veličinu površine poprečnog preseka iz uslova čvrstoće protiv zapreminskog razaranja:

$$A \geq \frac{F \cdot S}{[\sigma]}. \quad (5)$$

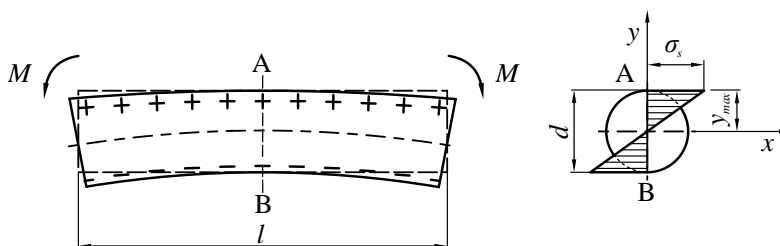
Smenom (5) u (1) sledi tražena zavisnost:

$$m = 1 \cdot \frac{\rho}{[\sigma]} \cdot S \cdot F \cdot l. \quad (6)$$

Na osnovu ove zavisnosti može se konstatovati sledeće:

- oblik poprečnog preseka mašinskog dela ne utiče na njegovu masu, pa u izrazu (6) ovaj uticaj obuhvaćen je brojem 1 kod aksijalnog naprezanja (zatezanje i pritiskivanje). Čvrstoća mašinskog dela je ravnomerno iskorišćena zato što svaka tačka poprečnog preseka pruža otpor istog intenziteta u vidu napona σ kao odgovor na dejstvo napadnog opterećenja u vidu sile F (slika 2),
- kod lakih konstrukcija od materijala mašinskih delova se zahteva ne samo mala gustina već i velike mehaničke karakteristike tj. kritični naponi. Materijali koji imaju najmanji odnos gustine i odgovarajućeg kritičnog napona su najpovoljniji sa aspekta mase. Kod visokokvalitetnih čelika ovaj odnos je povoljan. Stiropor, zbog male čvrstoće ima veoma nepovoljan odnos gustine i kritičnog napona. Saglasno ovome, mašinski deo, aksijalno napregnut, imao bi veću masu ako bi se izradio od stiropora nego od čelika.
- stepen sigurnosti, napadno opterećenje i dužina mašinskog dela linearno utiču na masu.

Masa mašinskih delova napregnutih na savijanje



Slika 3.

Ulazni podaci:

- geometrijske veličine: l i d ,
- napadno opterećenje: M ,
- materijal: ρ i $[\sigma]$,
- stepen sigurnosti: S .

Masa mašinskog dela:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot l \quad (1)$$

Uslov zapreminske čvrstoće mašinskog dela:

$$\sigma \leq \sigma_{doz}, \quad (2)$$

gde su

$$\sigma_s = \frac{M}{W}, \quad (3)$$

$$\sigma_{doz} = \frac{[\sigma]}{S}. \quad (4)$$

Smenom (3) i (4) u (2) sledi izraz za minimalnu veličinu otpornog momenta poprečnog preseka mašinskog dela iz uslova čvrstoće protiv zapreminskog razaranja:

$$W \geq \frac{M \cdot S}{[\sigma]}. \quad (5)$$

Da bi se uspostavila zavisnost između izraza (2) i (5) potrebno je prethodno formirati zavisnost između površine poprečnog preseka i otpornog momenta:

$$A = K \cdot W^{2/3}. \quad (6)$$

Smenom (6) u (1) sledi izraz:

$$m = \rho \cdot l \cdot K \cdot W^{2/3}. \quad (7)$$

Smenom (5) u (7) sledi:

$$m = \rho \cdot l \cdot K \cdot \left(\frac{M \cdot S}{[\sigma]} \right)^{2/3}. \quad (8)$$

Na osnovu (6) i (8) sledi traženi izraz za masu mašinskog dela:

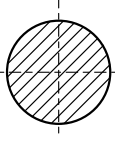
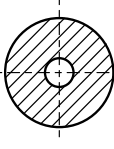
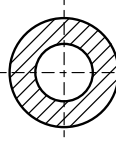
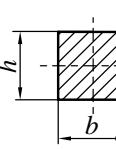
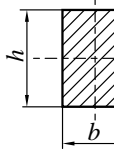
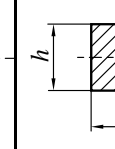
$$m = \frac{A}{W^{2/3}} \cdot \frac{\rho}{[\sigma]^{2/3}} \cdot S^{2/3} \cdot M^{2/3} \cdot l.$$

Kod savijanja čvrstoća mašinskog dela nije ravnomerno iskorišćena, zato što svaka tačka poprečnog preseka ne pruža otpor istog intenziteta u vidu napona σ_s , kao odgovor na dejstvo napadnog opterećenja u vidu momenta savijanja M , slika 3. Saglasno ovom, smanjenje mase može se ostvariti smanjenjem površine u oblasti malih napona, a povećanjem površine u oblasti velikih napona, slika 4. Ovako formirani oblici poprečnog preseka nazivaju se laki profili. Kod ovih profila $\left(\frac{A}{W^{2/3}} \right) \rightarrow 1,0$.



Slika 4. Laki profili

Kvantitativni uticaj oblika poprečnog preseka na masu mašinskog dela prikazan je u tabeli:

$\frac{A}{W^{2/3}}$	3,7	2,89	1,4		3,3	2,6	4,2
$\frac{d_u}{d_s}$	0	0,5	0,9	$\frac{b}{h}$	1	0,5	2
Oblik poprečnog preseka							

Masa mašinskih delova napregnuti na uvijanje

Saglasno prikazanom postupku za formiranje izraza za masu mašinskih delova napregnutih na savijanje, izvedite izraz za masu mašinskih delova napregnuti na uvijanje:

$$m = \frac{A}{W_p^{2/3}} \cdot \frac{\rho}{[\tau]^{2/3}} \cdot S^{2/3} \cdot T^{2/3} \cdot l.$$