



## KVALITETNO OBLIKOVANJE MAŠINSKOG SISTEMA – PRVI KORAK DO KVALITETNOG PROIZVODA

### QUALITY SHAPING OF A MACHINERY SYSTEM – THE FIRST STEP TOWARD A QUALITY PRODUCT

Dr Svetislav Lj. Marković<sup>1)</sup>

**Rezime:** Razvoj proizvoda treba da obezbedi postizanje željenog kvaliteta mašinskog sistema. I druge faze životnog ciklusa svakog mašinskog sistema su izuzetno važne za ostvarivanje zahtevanog kvaliteta, ali nisu od presudnog značaja kao proces razvoja. To je i razlog što se posebna pažnja posvećuje projektovanju, oblikovanju i konstruisanju mašinskih sistema i njihovih elemenata i delova. Oblikovanje se ostvaruje po predviđenom redosledu, u skladu sa važećim standardima i propisima, uz poštovanje dosadašnjih iskustava. Prema tome, planiranju kvaliteta mašinskog sistema pristupa se pravovremeno, još u fazi oblikovanja i konstruisanja. Da bi se obezbedio kvalitetan mašinski sistem mora se definisati njegov oblik, koji će zadovoljiti zahtevane pokazatelje kvaliteta.

**Ključne reči:** oblikovanje, kvalitet, mašinski sistem, razvoj proizvoda.

**Abstract:** The development of a product should provide the achievement of the desired quality of a machinery system. The other phases of the life-cycle of each machinery system are also very important for achieving the required quality, but are not crucial as the development process is. Therefore special attention should be paid to to projecting, shaping and constructing machinery systems and their elements and parts. Shaping is carried out by following the planned schedule, in concordance with the current standards and regulations and respecting the previous experiences. Therefore, planning the quality of the machinery system must be done in due time, as early as in the phase of shaping and constructing. In order to ensure the quality machinery system, such shape must be defined as to satisfy the required quality parameters.

**Key words:** shaping, quality, machinery system, product development.

## 1. UVOD

Oblikovanje, kao početna faza konstruisanja, predstavlja intelektualni poduhvat preduzet radi zadovoljavanja određenih potreba. Projektovanje, oblikovanje i konstruisanje predstavljaju tehničke aktivnosti, prisutne u svim područjima ljudskog života. Ovi poslovi su oslonjeni na otkrića i zakone nauke. Istovremeno, usmereni su i na stvaranje uslova za primenu tih zakona na razvoj i izradu proizvoda. Oblikovanje jeste kreativni proces čiji su nosioci kreativni timovi i kreativni pojedinci. Kreativne aktivnosti pri oblikovanju prvenstveno su u službi otkrivanja i razvijanja novih proizvoda.

Sam pojam "konstruisanje" u sebi sadrži i podrazumeva sve one radnje neophodne da se neki proizvod (mašinski sistem) konačno oblikuje i konstrukciono razradi do tog nivoa da su njegova

tehnološka razrada i radionička izrada apsolutno moguće i izvodljive [5].

Sa druge strane, kvalitet mašinskog sistema se može analizirati na različite načine, različitim prilazima i metodima. Najvažnije je tretiranje kvaliteta kao složenog pojma koji obuhvata niz relevantnih, raznorodnih osobina tehničkog i ekonomskog karaktera.

## 2. FAKTORI KVALITETA OBLIKA MAŠINSKIH SISTEMA

U suštini, oblik mašinskog dela, elementa ili sistema je rezultat usklađenih činilaca u određenoj konstrukciji, koji definišu stepen društvenog razvoja i rezultat su nasleđenih genetskih karakteristika prethodnih generacija proizvoda. Oblik mašinskog dela je kompleksan skup informacija i izvor podataka o tehnologiji,

1) Dr Svetislav Lj. Marković, profesor, Visoka škola tehničkih strukovnih studija Čačak, Ulica Svetog Save 65, 32000 Čačak, E-mail: svetom@nadlanu.com.

potrebama i o stepenu društvenog razvoja u kojem je nastao. On nije rezultat jedne aktivnosti, kao što je, na primer, crtanje. To je rezultat postepenog uvećavanja nivoa definisanosti oblika mašinskih delova kroz proces konstruisanja. Oblik mašinskog dela je skup tehnoloških i matematičkih informacija koje se mogu transformisati, menjati, uobličavati i koristiti za analize i za dalji razvoj oblika.

Na oblik mašinskog sistema, odnosno elementa utiče izuzetno veliki broj faktora, pre svih [2]:

- Njegova funkcija i namena,
- Struktura mašinskog sistema,
- Veličina (gabariti),
- Masa celokupnog sistema,
- Vrste materijala od kojih su izrađeni njegovi delovi,
- Način izrade i tehnološkičnost,
- Ergonomski zahtevi,
- Zahtevi vezani za zaštitu na radu (bezbednost) izvođača poslova,
- Estetski zahtevi – dizajn (kompozicija, kompoziciona ravnoteža, simetrija, proporcija, ritam, akcenat, boja, ornament, plastičnost, senke, grafička sredstva informisanja...),
- Veličina serije (od čega zavisi da li je proizvodnja pojedinačna, serijska ili masovna),
- Mogućnost standardizacije i unifikacije delova,
- Rok isporuke,
- Kvalitet, preko koga se mogu definisati sigurnost funkcionisanja, tačnost, preciznost, potpunost,
- Pouzdanost mašinskog sistema i njegovih delova,
- Radni vek (trajnost),
- Step en iskorišćenja, preko koga se definiše potrošnja energije,
- Cena,
- Sklapanje, montaža i podešavanje,
- Označavanje,
- Ispitivanje,
- Konzervacija,
- Pakovanje,
- Ambalaža,
- Skladištenje,
- Transport,
- Dekonzervacija,
- Ugradnja,
- Rukovanje,
- Eksploatacija,
- Održavanje, pogodnost održavanja i popravljivost,
- Remont,
- Higijenski zahtevi,
- Uticaj atmosfere (atmosferirije),
- Biološki faktori,

- Reciklaža,
- Ekološki faktori,
- Specijalni zahtevi, u koje možemo svrstati zakonske propise, ugovore, licence, mogućnost finansiranja, rad pri povišenim i niskim temperaturama, kao i sa povišenim vibracijama, hermetičnost, centričnost, elastičnost, krutost, jednostavnost rastavljanja, eksplozivna zaštita, zaštita od vandalizma i krađe, nesreće (požar, poplave, zemljotres), rad u havarijskim uslovima...

- Lični zahtevi, kao što su ukus, navike, običaji, prestiž, moda, komfor i slično.

Pod faktorom koji smo nazvali način izrade i tehnološkičnost podrazumeva se veći broj činilaca, koji se odnose na:

- način izrade svih sastavnih delova: odlivci, otpresci, otkivci, kao i delovi predviđeni za izradu struganjem, glodanjem, bušenjem, rendisanjem, elektroerozijom, brušenjem, probijanjem, prosecanjem, savijanjem, dubokim izvlačenjem, istiskivanjem, izvlačenjem, provlačenjem, valjanjem, sinterovanjem, brizganjem;
- princip ostvarivanja spojeva: zavareni, lemljeni, lepljeni, presovani, stezni, zakovani i zavrtnjski spojevi, veze čivijama, elastičnim prstenovima i klinovima, ožljebljeni i poligonalni spojevi;
- obaveznost izvođenja naknadne termičke obrade, galvanizacije, bojenja;
- način stezanja, merenja i drugih uticajnih faktora.

Izučavanjem svih ovih faktora, njihovog značaja i uticaja na oblik proizvoda, može se puno uticati na poboljšanje kvaliteta, smanjenje troškova proizvodnje i, posebno, poboljšanje dizajna proizvoda. S obzirom da se tokom projektovanja i konstruisanja mašinskih elemenata i sklopova, vrši stvaranje konstrukcionog rešenja, pa pored ostalog i oblika i uopšte dizajna proizvoda, tim aktivnostima je potrebno posvetiti najveću pažnju.

To od konstruktora i, uopšte, celog konstrukcionog biroa zahteva veliko angažovanje, odgovornost i znanje, jer nastale greške „nije moguće naknadno ispravljati“. Odnosno, njihova ispravka je veoma skupa i složena i, po pravilu, izvodi se na mestu ugradnje, to jest kod kupca, što posebno poskupljuje i komplikuje njeno sprovođenje, a veoma nepovoljno utiče i na renome konstruktora, posebno proizvođača.

Samo jednim ovakvim sistematskim i timskim radom može se postići zadovoljenje svih navedenih zahteva. Neuviđanjem značaja ovog problema ne može se obezbediti kvalitetan proizvod što neminovno vodi ka gubitku tržišta i propasti preduzeća.

## 2.1. Kako do kvalitetnog oblikova-nja livenih delova – odlivaka

Oblikovanje delova mašina i uređaja livenjem daje velike prednosti. One se prvenstveno ogledaju u [3]:

- velikoj slobodi oblika,
- smanjenju utroška materijala,
- velikoj proizvodnosti raznovrsnih oblika...

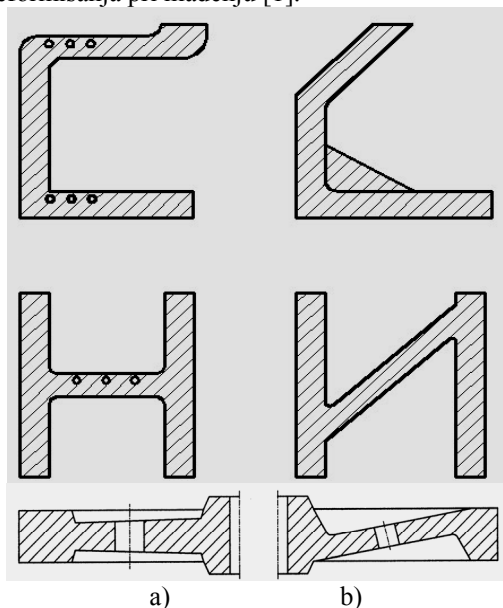
Produktivnost izrade odlivaka u neposrednoj je zavisnosti od oblika odlivaka. Zbog toga se oblikovanje vrši na osnovu:

- traženog kvaliteta,
- veličine serije,
- raspoložive opreme i drugih faktora.

Da bi se odlivci kvalitetno oblikovali neophodno je voditi računa o:

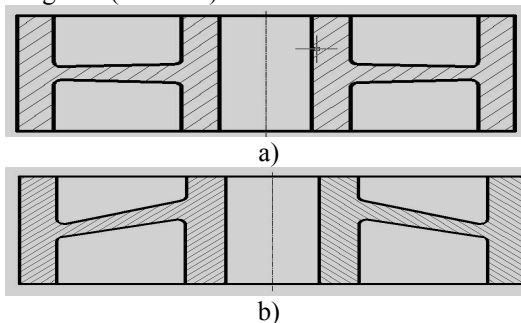
- složenosti kalupa,
- debljini zidova,
- rebrima (ojačanjima),
- unutrašnjim površinama i otvorima,
- koncentraciji materijala,
- izradi i postavljanju nalivaka i odušaka,
- skupljanju materijala,
- montaži i demontaži,
- finaliziranju i mašinskoj obradi.

Pri oblikovanju zidova potrebno je imati u vidu njihov raspored pri livenju (slika 1). Treba izbegavati velike horizontalne površine okrenute pri livenju naviše, pošto na njima mogu da se zadrže gasovi, troska i druge nemetalne primese, koje se obrazuju u kalupu i izdvajaju iz metala. Šeme prikazane na slici 1.b osim toga osiguravaju lokalizaciju unutrašnjih naprežanja i otklanjaju otpad usled prslina, zbog njihovog slobodnog deformisanja pri hlađenju [1].



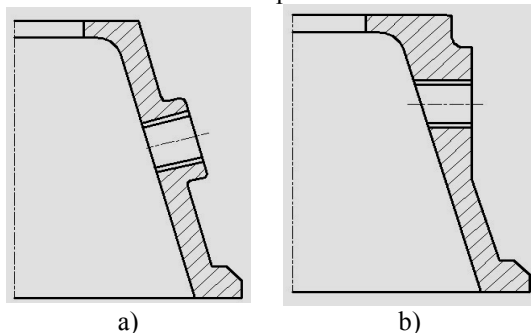
**Slika 1. Šeme livenih konstrukcija: a) nepravilne, ne osiguravaju isplivavanje gasova i nemetalnih primesa; b) pravilne**

Na slici 2.a prikazan je oblik odlivka (remenice) koji nije kvalitetan, jer nije obezbeđeno ravnomerno skupljanje materijala. Neophodno je izvršiti neznatnu izmenu oblika odlivka, koja će to omogućiti (slika 2.b).



**Slika 2. Oblikovanje remenice izradene livenjem sa stanovišta skupljanja materijala: a) nepovoljno; b) povoljniji oblik**

Oblik odlivka prikazan na slici 3.a nije kvalitetan zbog mogućih teškoća prilikom mašinske obrade otvora. Preporučljiva je njegova neznatna izmena na način prikazan na crtežu 3.b.



**Slika 3. Oblikovanje odlivka sa naknadnom mašinskom obradom: a) neracionalno; b) racionalnije**

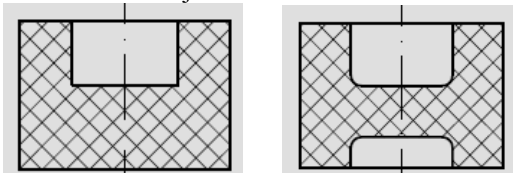
## 2.2. Preporuke za kvalitetno oblikovanje delova izrađenih od plastičnih masa

U fazi oblikovanja delova od plastičnih masa naročitu pažnju treba posvetiti [4]:

- ◆ pravilnom oblikovanju konture dela (sa predviđanjem nagiba unutrašnjih i spoljnih površina),
- ◆ postizanju ravnomernosti debljine zidova,
- ◆ pravilnom rasporedu rebara,
- ◆ oblikovanju oslonih površina,
- ◆ definisanju oblika i dimenzija šupljina i otvora,
- ◆ zaobljenju ivica i prelaza,
- ◆ pravilnom izboru elemenata sa navojem, kao i elemenata sa armaturom i drugim karakteristikama delova.

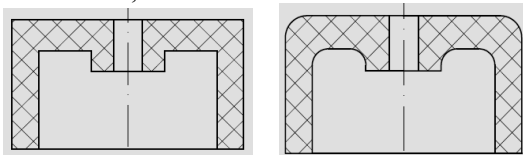
Debljina zidova treba da je što ravnomernija, pošto se na mestima zadebljanja javljaju defekti (poroznost i nehomogena struktura), a nejednakost debljine zidova dovodi do krivljenja odlivka. Krivljenju su najviše podvrgnuti pljosnati zidovi.

Za sprečavanje krivljenja treba koristiti rebra za ojačanje ili zameniti ravne površine sferičnim. Na slici 4 dat je primer netehnološki i tehnološki konstrukcije plastičnih delova s obzirom na ravnomernost debljine zidova odlivka.



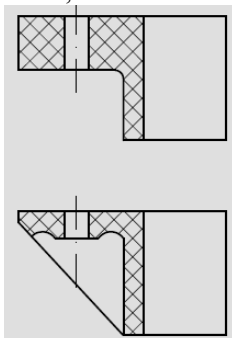
**Slika 4. Netehnološki (levo) i tehnološki (desno) oblik odlivka s obzirom na debljinu zida**

Zaobljenja delova predviđaju se kod svih oštih ivica i na prelazima površina. Oštre ivice otežavaju izradu šupljina alata, ometaju tečenje materijala pri popunjavanju alata i snižavaju čvrstoću dela, slika 5.



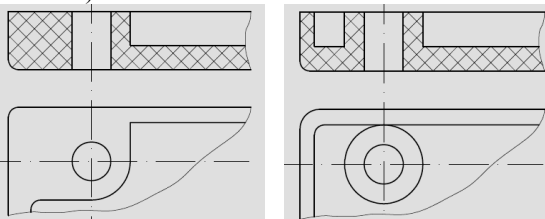
**Slika 5. Primer lošeg (levo) i dobrog (desno) oblika po pitanju zaobljenja**

Rebra kod delova od plastičnih masa znatno povećavaju čvrstoću i umanjuju pojavu deformisanja delova, slika 6.



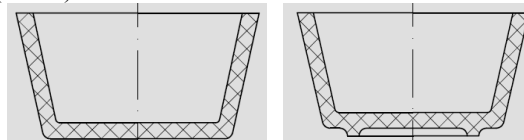
**Slika 6. Oblik dela sa debelim zidom (gore) i sa rebrom za ukrućenje (dole)**

Otvori kod delova od plastičnih masa izazivaju unutrašnja naprezanja usled ometanog skupljanja materijala na zidovima jezgra. Od položaja otvora zavisi njihova tačnost, kao i tačnost dimenzija gotovog dela. Prolazne otvore ne treba postavljati na zadebljanjima (slika 7-levo), već na mestima sa jednakom debljinom zida (slika 7-desno).



**Slika 7. Primeri položaja otvora: nepreporučljivo (levo) i preporučeno (desno)**

Pravilan izbor površina za oslanjanje dela znatno utiče na umanjenje pojave deformisanja, što je naročito važno kod delova oblika kućišta. Velike oslone površine treba izvoditi u vidu površina sa ispustima, vencem i sličnim elementima. Na slici 8 prikazana je nepravilno (levo) i pravilno izvedena oslona površina dela (desno).



**Slika 8. Oblikovanje oslonih površina: nepravilno (levo) i pravilno (desno)**

### 3. ZAKLJUČAK

Proces razvoja proizvoda, odnosno mašinskih sistema, mora biti usmeren ka podizanju kvaliteta proizvoda. Nema sumnje da je kvalitet oblikovanja jedan od najbitnijih faktora kvaliteta mašinskih sistema i jedan od najznačajnijih uslova za uspešan razvoj proizvoda.

Od posebnog značaja je iznalaženje puteva za formiranje ciljeva kvaliteta u fazi oblikovanja. Tada je najvažnija motivacija za aktiviranjem vlastitih potencijala konstruktora.

Danas se oblikovanju mašinskog sistema daje veliki značaj jer je on često personifikacija određenog kvaliteta i uspostavljanje određenog reda i harmonije među izvršiocima funkcija. Novi proizvodi sa atributima dobrog oblika i dizajna povećavaju kvalitet konstruisanja, unapređuju produktivnost rada i podižu nivo opšte kulture proizvodnih radnika.

### LITERATURA

- [1] *Inžinjersko tehnički priručnik*, "Rad", Beograd, 1976.
- [2] Kuzmanović S.: *Konstruisanje, oblikovanje I dizajn*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2006.
- [3] Marković S., Jovičić S., Tanasijević S., Josifović D.: *The Technologicality of Shaping the Castings*, 5. Međunarodni simpozijum "KOD 2008", Novi Sad, 2008.
- [4] Marković S.: *Technologicality of Shaping Plastic Parts*, "Machine design", FTN, Novi Sad, 2008.
- [5] Tanasijević S.: *Dizajn proizvoda*, 1. Simpozijum "KOD 2000", Novi Sad, 2000.