

## KRUTOST BUŠILICE KAO PREDUVJET OSIGURANJA KVALITETA OTVORA

### STIFFNESS OF THE DRILLING MACHINE AS PREREQUISITE FOR ENSURING THE QUALITY OF THE HOLE

**Miljan Rupar, dipl.ing.stroj.**  
**student poslijediplomskog doktorskog studija strojarstva**  
**Fakultet Strojарstva i Računarstva, Sveučilište u Mostaru**

#### REZIME

*Izrada otvora pojavljuje se kao česta operacija u strojogradnji. Visoka točnost otvora neophodna je ako se želi osigurati kompleksno međusobno spajanje radnih dijelova. Posebno je visoka točnost neophodna za osiguravanje zamjenjivosti, koja je izuzetno važna u raketnoj i zrakoplovnoj i industriji i u sličnim situacijama koje zahtijevaju često i u što kraćem roku mijenjanje dijelova. Bez obzira koja se kombinacija operacija koristila pri obradi otvora u većini postupaka u strojogradnji bušenje je operacija koja prethodi drugim operacijama. Usljed nasljednosti grešaka u daljnjim postupcima obrade osnovno je osigurati što veću točnost pri bušenju. Uz sve ostale adekvatno odabrane parametre pri bušenju (geometrija, položaj i materijal alata, odvođenje topline, podmazivanje, i sl.), kao osnovni faktor neophodna je dovoljna krutost bušilice da bi se dobio željeni kvalitet otvora.*

**Ključne riječi:** otvor, bušilica, kvaliteta, krutost

#### SUMMARY

*Drilling holes is often operation in engineering. High accuracy of holes is necessary if complex assembling of the parts is to be ensured. High accuracy is especially necessary to ensure good part replacement, which is extremely important in rocket and airline industry and similar situations which require often and in as short as possible time of part replacement. No matter which combination of operations is used to make holes, in the most of the procedures in engineering drilling is the operation which precedes other operations. Due to the inheritance of faults in proceeding operations of processing it is essential to ensure the highest possible accuracy in drilling. With all other parameters adequately chosen (geometry, position and material of the tool, heat reduction, lubrication etc.), adequate stiffness of the drill is, as basic factor, necessary to achieve desired quality of the hole.*

**Keywords:** hole, drilling machine, quality, stiffness

#### 1. UVOD

Izrada otvora česta je operacija pri izradi dijelova u strojogradnji. Osnovna obrada pri izradi otvora je obrada bušenjem. Da bi se posigla željena kvaliteta otvora koriste se i drugi načini obrade materijala u kombinaciji sa obradom bušenjem. Najčešće su to operacije: bušenje-proširivanje-razvrtanje, bušenje- tokarenje, bušenje-provlačenje.

Kod izrade otvora dolazi do odstupanja oblika otvora i dimenzija, što predstavlja geometrijsku razliku između otvora zadanog na crtežu i realnog otvora pri samoj izradi. Odstupanja oblika mogu se podijeliti u dvije osnovne grupe: greške u poprečnom presjeku (ovalnost, višestruka ovalnost) i greške u osnom presjeku (izbočenost, valovitost, konusnost).

Visoka točnost i preciznost otvora neophodna je ako se želi osigurati kompleksno međusobno spajanje radnih dijelova. Posebno je visoka točnost neophodna za osiguravanje zamjenjivosti, koja je izuzetno važna u zrakoplovnoj i raketnoj industriji i u sličnim situacijama koje zahtijevaju često i u što kraćem roku mijenjanje dijelova.

Otvor izrađen isključivo bušenjem nema dovoljnu točnost niti pravilnu kružnu geometriju. Usljed toga se postupak bušenja kod izrade otvora viših kvaliteta koristi samo kao primarna priprema otvora za daljnje operacije obrade otvora.

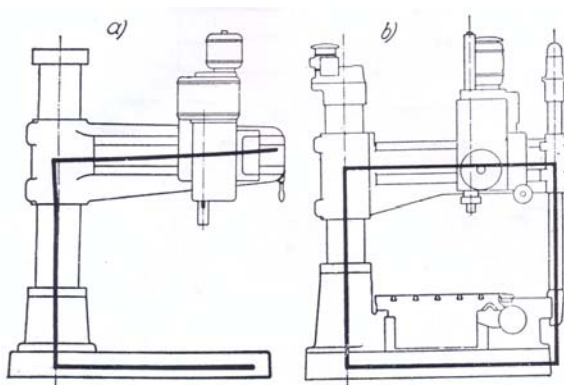
Bez obzira koju tehnologiju primjenjivali, dobar kvalitet otvora pri bušenju kao operaciji koja prethodi svim drugim operacijama osigurava i dobar kvalitet nakon završne obrade.

Na dobar kvalitet otvora pri bušenju značajan utjecaj ima krutost bušilice, od koje ovisi saosnost i pomijeranja ose otvora.

## 2. ISPITIVANJE KRUTOSTI BUŠILICE

Radialne bušilice koriste se pri obradi teških i srednje teških predmeta obrade, koje zbog težine nije pogodno pomijerati. Masivne su i čvrste konstrukcije. Mogu služiti za bušenje, razvrtanje, tokarenje, rezanje navoja, glodanje i dr. Koriste se u maloserijskoj i srednjeserijskoj proizvodnji. Komadi za izradu obično se centriraju i stežu u radni uređaj koji se fiksira na radni stol. Radni stolovi mogu biti u kutijastoj, okretnoj i križnoj izradi.

Radialna bušilica može imati po nekoliko elektromotora i to: elektromotor za glavni prigon i posmični prigon ili zajednički motor, motor za dizanje konzole, motor za okretanje stupa i konzole, motor za podmazivanje, motor za dovod sredstva za hlađenje itd.



Slika 1. Radialna bušilica  
a) nedovoljno kruta  
b) ukrućena

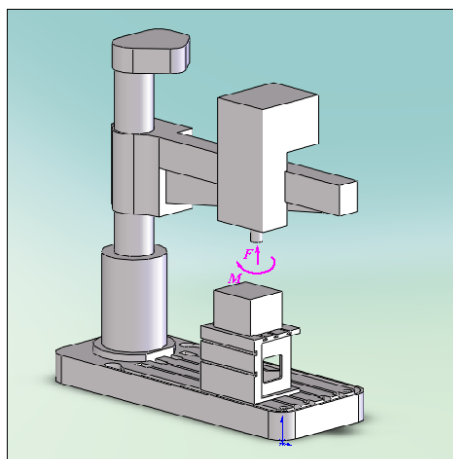
Ispitivanje krutosti radialne bušilice vršeno je metodom konačnih elemenata u programu Solid Works preko modula COSMOSXpress. COSMOSXpress ne sadrži sve opcije potrebne za potpuno ispitivanje napona i deformacija, međutim pri ispitivanju krutosti radialne bušilice je dovoljan obzirom da se ispitivanje vršilo samo na savijanje.

Ispitivanje se vršilo na 3D modelu radialne bušilice, a zatim su se na tom modelu ispitivala naponsko – deformacijska stanja.

Bušilica nije potpuno, realno prebačena u 3D, već je uproštena na način da su samo neke njene osnovne dimenzije, krucijalne za ispitivanje krutosti, izmodelirane i na osnovu njih se vršilo ispitivanje.

Uproštenje je sljedeće: zamjena osnovnih dijelova cilindrima, kvadrima, trokutnim te konusnim i zaobljenim površinama.

Zbog uproštenja, rezultati dobiveni ispitivanjem nisu točno onakvi kakvi su realno u praksi, međutim za dato simulirano ispitivanje su dostatni, gdje su njime pokazane osnovne ovisnosti krutosti o parametrima radijalne bušilice.

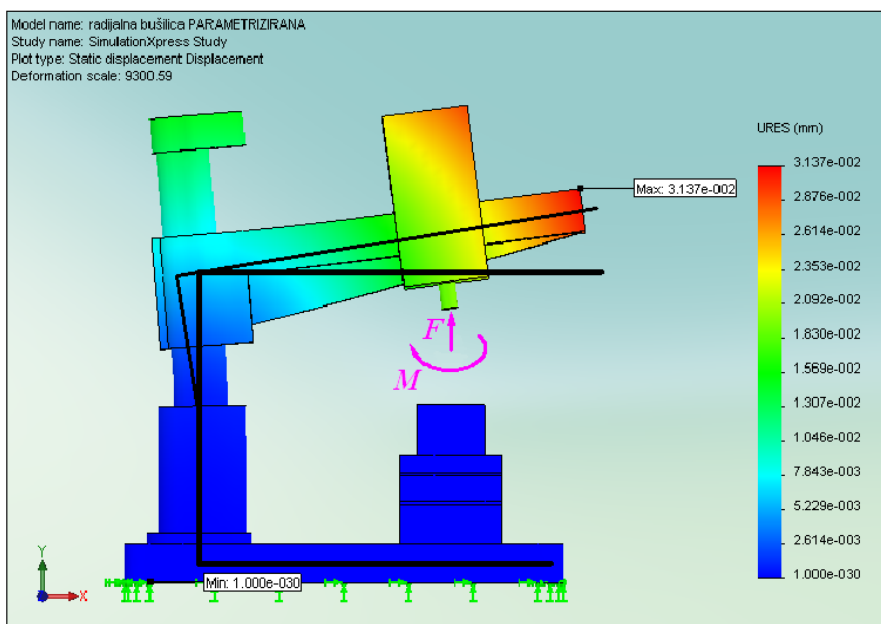


Slika 2. Primjer uproštenog 3D modela radijalne bušilice

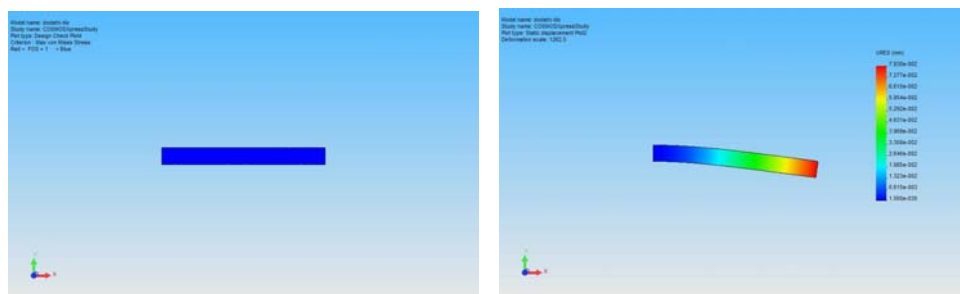
Tijek ispitivanja: ispitivanje osnovnih faktora koji utječu na krutost radijalne bušilice:

- Položaja bušenja (udaljenost od stuba i visina alata)
  - Promjena širine rotacionog nosača
  - Promjena zbijenosti okretne konzole  $n = h/l$
  - Dimenzija nosećeg stupa
  - Kontrolna ispitivanja: Za kontrolno ispitivanje točnosti metode konačnih elemenata modula COSMOSXpress programa SolidWorks, koristio se model konzole kao najprostijeg nosača, pravokutnog profila koji odgovara tipu IV ukrućenosti, koji odgovara tipu ukrućenosti radijalne bušilice na kojoj se vršilo ispitivanje.
- a) Ispitivanjem krutosti radijalne bušilice u ovisnosti o različitim položajima pri bušenju utvrđeno je da je poželjno je da je okretna konzola u što nižem položaju i što bliže nosećem stupu da bi se dobila što veća krutost. Naravno, u praksi često nije moguće postići taj najpovoljniji položaj, ali kod izrade otvora višeg stupnja točnosti trebalo bi o tome unaprijed voditi računa, te pri tehnološkoj razradi dati obveznost rada u najpovoljnijem mogućem položaju visine i udaljenosti alata pri bušenju.
- b) Ispitivanjem utjecaja promjene širine okretne konzole na krutost pokazano je da je krutost veća sa povećanjem širine okretne konzole. Poželjno bi dakle bilo pri dizajnu i odabiru radijalne bušilice specificirati što veću širinu poprečnog presjeka okretne konzole, s tim da se mora voditi računa o namjeni stroja, tj. kvaliteti otvora koji se treba dobiti, da ne bi došlo do nepotrebnog predimenzioniranja stroja.

- c) Ispitivanjem utjecaja promjene zbijenosti  $n = h/l$  okretne konzole na krutost pokazano je da je krutost veća sa povećanjem zbijenosti  $n$ .
- d) Ispitivanjem utjecaja promjene promjera nosećeg stupa na krutost utvrđeno je da se krutost povećava sa povećanjem promjera nosećeg stuba. Ovo ispitivanje pokazalo je da promjena promjera nosećeg stupa značajno utječe na krutost, čak najviše od ispitivanih parametara u ovim konkretnim ispitivanjima.



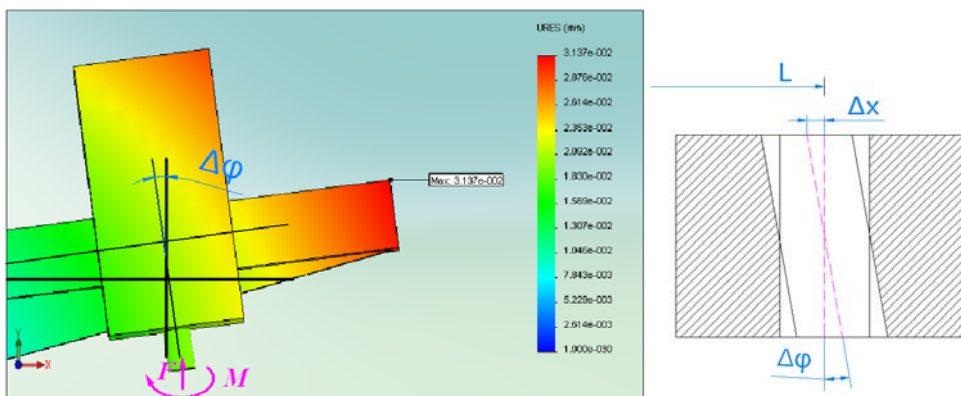
Slika 3. Prikaz deformacije radijalne bušilice



Slika 4. Prikaz deformacije kontrolne konzole

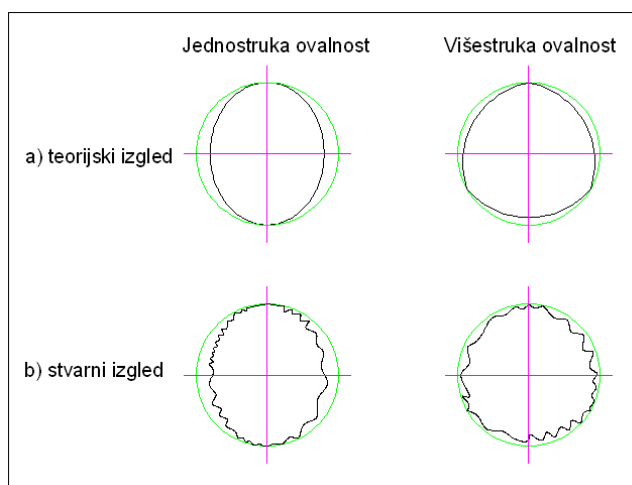
### 3. KVALITET OTVORA

Usljed pomijeranja koja se javljaju na bušilici, osa otvora na radnom komadu će biti zakošena pod određenim kutom  $\Delta\varphi$  u odnosu na idealnu osu zadanu crtežom. Također će doći i do određenog pomaka  $\Delta x$  poprečnog presjeka otvora na površini radnog komada u odnosu na idealni.



Slika 5. Prikaz utjecaja krutosti stroja na izbušeni otvor na proizvodu  
 $L$  – kota data crtežom (postignuta namiještanjem)  
 $\Delta x$  – deformacija konzole u pravcu  $x$  osi  
 $\Delta \varphi$  – kut zakošenja ose alata glavnog vretena usljed opterećenja

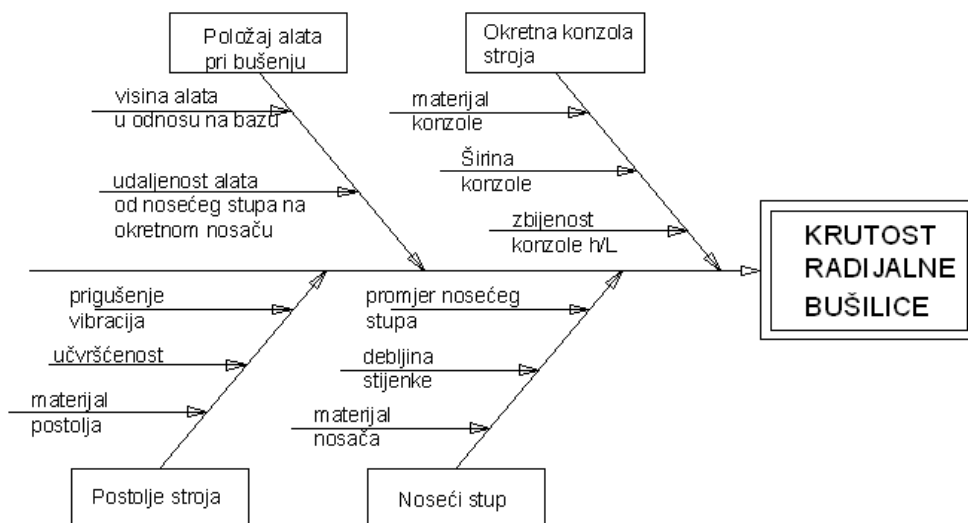
Ovakvo zakošenje će izazvati i ovalnost otvora na površini radnog komada. Iako mala, ova pomijeranja mogu imati značajan utjecaj, pogotovo kod zamjenjivosti dijelova, montaži i demontaži, gdje će doći do dodatnih naprezanja na spojevima.



Slika 6. Prikaz utjecaja krutosti stroja na izbušeni otvor na proizvodu [4]

Dobre značajke stroja su jedan od osnovnih preduvjeta za dobar kvalitet obrade otvora, a dobre značajke stroja ovise ponajprije o krutosti stroja.

Zato se može reći da je krutost stroja jedan od osnovnih, ako ne i najvažnijih preduvjeta za kvalitetno izrađen otvor.



Slika 7. Ishikawa dijagram utjecaja na krutost bušilice

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu teksta i podataka koji su dati u radu mogu se iznijeti sljedeće tvrdnje:

- Obrada bušenjem osnovna je operacija bez obzira na projektiranu tehnologiju izrade otvora
- Krutost bušilice može utjecati i utječe na greške otvora  $\Delta x$  i  $\Delta \varphi$  koje su objašnjene u radu
- Krutost bušilice /radijalne/ ovisi ponajprije od: postolja bušilice, nosećeg stupa, okretnog nosača i položaja alata pri bušenju

Da bi izbor stroja, tehnologije za izradu otvora i alata bio optimalan treba posjedovati solidnu tehnološku bazu podataka gore navedenih značajki i znati istu koristiti.

#### 5. LITERATURA

- [1] Vukelja D.; Mišković A.: Inženjerske metode optimizacije, IRO Građevinska knjiga Beograd 1985. godine
- [2] Hreišik A.; Jurković Z.: Proizvodna Oprema prvi dio, Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet 2003. godine
- [3] Rupar M.; Ispitivanje krutosti radijalne bušilice, seminarski rad, Fakultet strojarstva i računarstva Sveučilište u Mostaru, lipanj 2008. godine
- [4] Kevelj J.; Optimizacija konstrukcije i parametara alata za proces provlačenja, doktorska disertacija, Sveučilište u Mostaru, Strojarski fakultet, Mostar, listopad 2001. godine.