*Ime in priimek:*_____ Ljubljana, _____

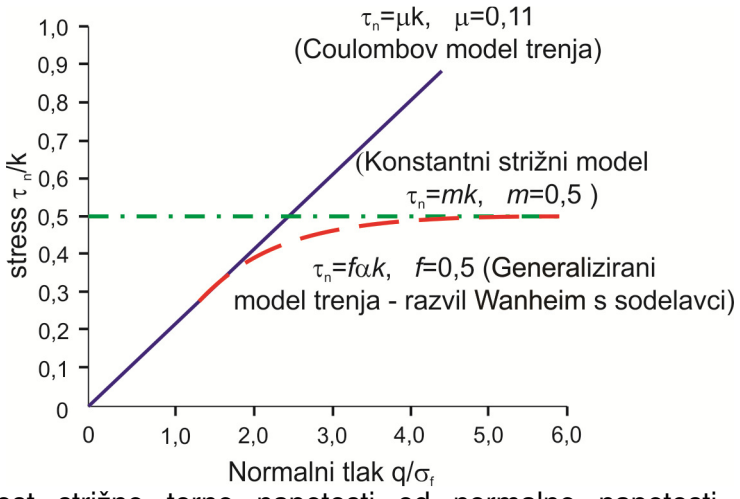
UČNI LIST – vaja 2

Preoblikovanje kovin – trenje pri preoblikovanju

Naloga: Z metodo nakrčevanja obročastega preizkušanca določite koeficient trenja na stičnih ploskvah med preoblikovancem in orodjem pri danih pogojih mazanja. V kalibracijski diagram za določitev koeficienta trenja vnesite dobljene rezultate meritev in ocenite koeficient trenja μ uporabljane vrste mazanja. Narišite tudi diagram koeficienta trenja v odvisnosti od stopnje deformiranosti obročka $\mu(\varepsilon_e)$.

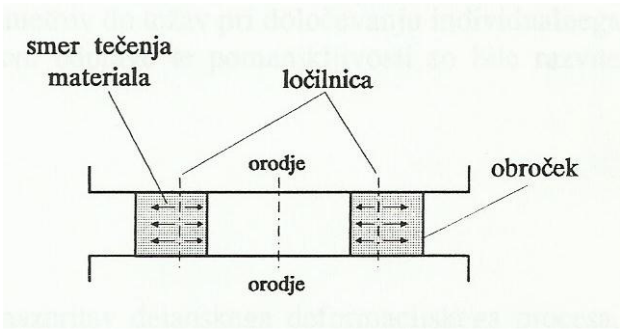
Teoretske osnove:

Metoda nakrčevanja obročastega preizkušanca se uporablja predvsem pri določevanju koeficienta trenja maziv pri pogojih masivnega preoblikovanja. V primeru obročastega preizkušanca ima material dve prostostni stopnji, kamor se lahko giblje – navzven in navznoter. Material se bo v zunanjem delu preoblikovanca ob nakrčevanju v vsakem primeru gibal navzven. Kam pa se bo gibal notranji del preoblikovanca pa je odvisno le od koeficienta trenja med preoblikovancem, mazivom in orodjem. Ob preizkušanju morajo biti zagotovljeni ustrezni pogoji kakovosti površin (tako orodja kot preizkušanca), sicer za analizirano mazivo ne dobimo ustreznih rezultatov pri določitvi Coulombovega koeficienta trenja μ. Popis trenja pri preoblikovanju je možen z različnimi modeli trenja, od katerih se najpogosteje uporabljajo Coulombiv zakon trenja, konstantni strižni model in generaliziran model trenja, ki ga je razvil Wanheim s sodelavci [Wanheim]. Odvisnost strižne torne napetosti v odvisnosti od normalnega tlaka na površino preoblikovanca prikazuje slika 2-1.



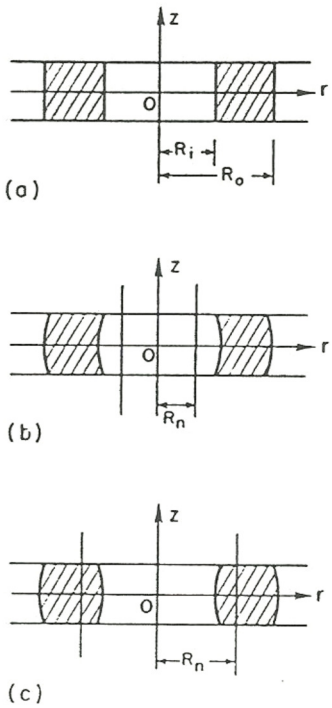
Slika 2-1: Odvisnost strižne torne napetosti od normalne napetosti na preoblikovancu (Wanheim)

Pri nakrčevanju obročka standardnih dimenzij ima preoblikovanec že omenjeni dve prostostni stopnji tečenja materiala, ki ju omejuje ločilnica – slika 2-2.



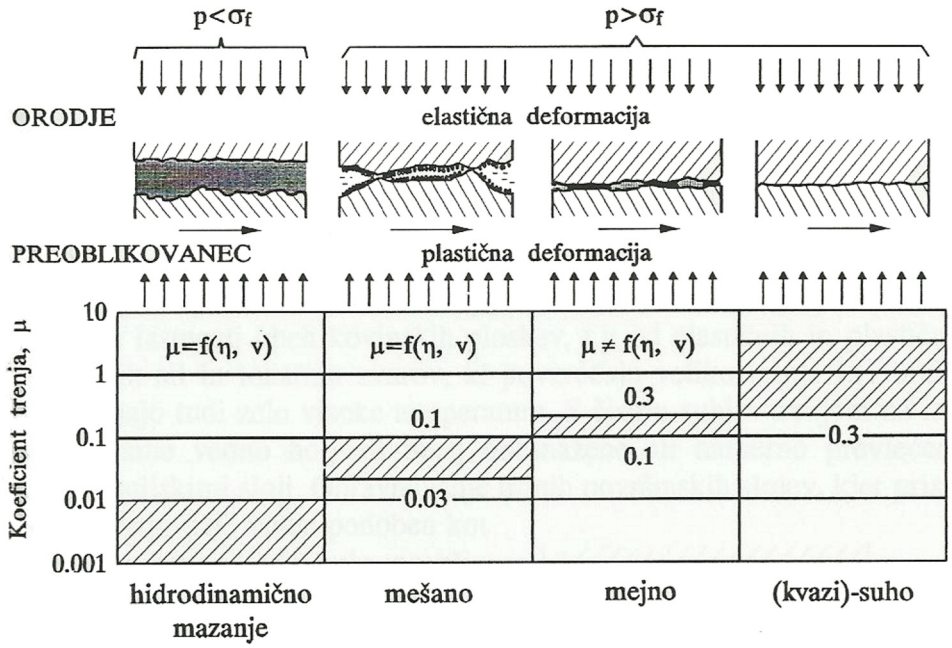
Slika 2-2: Tečenje materiala pri nakrčevanju obročka (Pfeifer).

Ločilnici pravimo tudi stojni radij, pri katerem material navidezno miruje in se ob nakrčevanju ne giblje niti navznoter niti navzven (slika 2-3). Obliko prikazano na sliki 2-2b pričakujemo pri mazanju s teflonom ter obliko s slike 2-2c pri suhem trenju. Stojni radij tako povzroča, da se notranji premer pri mazanju s teflonsko folijo povečuje, pri suhem trenju pa zmanjšuje. Opazujte ta pojav med samo izvedbo vaje in ga v zaključkih potrdite ali ovrzite.



Slika 2-3: Smeri tečenja materiala pri različnih velikostih koeficienta trenja – b) mazanje s teflonom, c) suho trenje (Pfeifer)

Od velikosti koeficienta trenja med objektoma v kontaktu je odvisno, kakšno trenje se pri posameznih postopkih preoblikovanja pojavlja – slika 2-4.



Slika 2-4: Vrste mazanja pri postopkih preoblikovanja (Gologranc)

Potek dela:

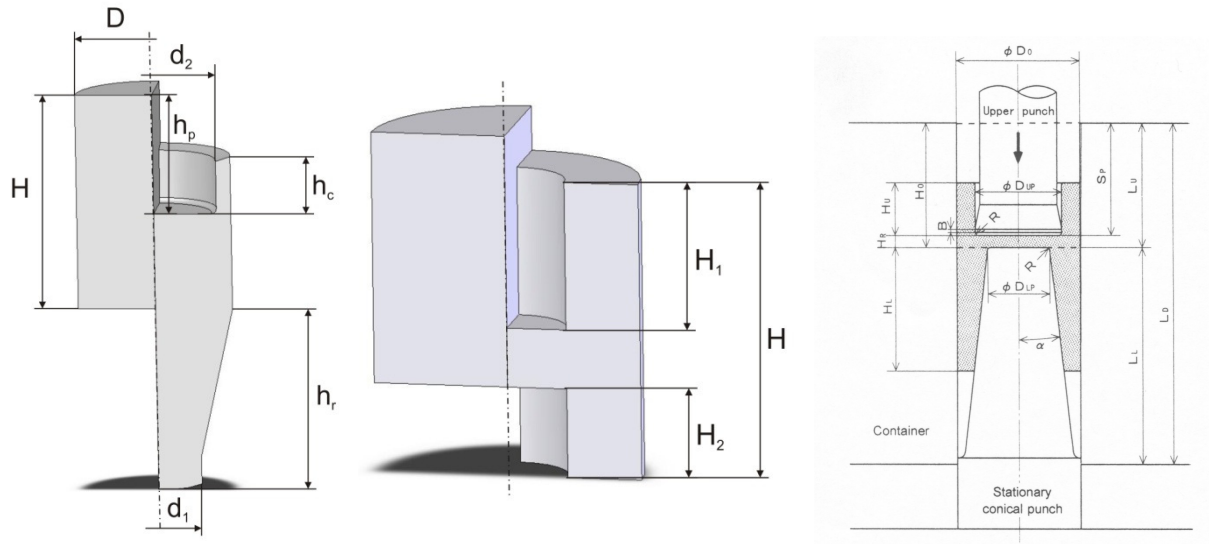
Obročku standardnih dimenzij Ø20/10x7 mm izmerimo dejansko začetno vrednost zunanjega premera D_0, notranjega premera d_0 ter višine h_0. Kalibracijski diagram priložen v nadaljevanju vaje moramo v izhodišču prilagoditi dejanskim izmeram mer d_0 in h_0.
Obroček postopoma stiskamo in merimo njegove nove notranje dimenzije d_i in h_i. Stiskanje izvajamo v intervalih po 0,5 mm, za kar morate izbrati ustrezno kombinacijo distančnih plošč – slika 1. Debelino distančnih plošč natančno izmerite – navedenih 0,5 mm je le okvirna vrednost!
Po vsakem stisku na hidravlični stiskalnici izmerimo potrebne dimenzije preoblikovanca. Ker se prične preoblikovanec izbočevati ali vbočevati velja, da je treba izmeriti dva premera opazovanega preseka. Poleg tega se po prvem nakrčevanju zaradi neoptimalnih pogojev stiskanja prične pojavljati ovalnost preoblikovanca. Zaradi tega na njegovem stranskem robu z iglo označimo daljšo (ali krajšo) os in nato vse meritve izvajamo v dveh smereh. Vrednosti nato povprečimo in izračunamo vrednosti notranjega premera d_i, ki ga vnesemo v diagram.

Material: _____

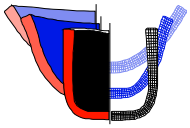
Mazivo: _____

Dodatni podatki

Za določitev koeficientov trenja pri postopkih preoblikovanja se uporabljajo modelni preizkusi, s katerimi so raziskovalci v veliki meri skušali približati torne razmere preizkusov določevanja koeficientov trenja realnim razmeram pri samem preoblikovanju.
Zaradi tega so preizkusi določevanja koeficienta trenja za postopke masivnega preoblikovanja zasnovani drugače kot modelni preizkusi za določitev koeficienta trenja pri preobblikovanju pločevine.
Vsi preizkusi določievanja koeficienta trenja za primere masivnega preoblikovanja temeljijo na dvosmernem toku materiala; od koeficienta trenja pa je odvisno, v katero smer bo material intenzivneje tekel. Eden najstarejših testov je v vaji uporabljan test nakrčevanja obročka, za določevanej koeficientov trenja pri masivnem preoblikovanju pa se uporablja tudi teste dvosmernega iztiskavanja prikazane na sliki 2-5.



Slika 2-5: Test kombiniranega iztiskavanja za določitev trenja: istosmerno-protismerno (levo) ter dvostransko protismerno (sredina in desno).



Oprema:

- Orodje za tlačni preizkus
- Distančne plošče
- Hidravlična stiskalnica Litostroj
- Mikrometer
- Mikrometer za merjenje izvrtin

Enačbe:

$$d_i' = \frac{d_{i,0°}' + d_{i,90°}'}{2}, \quad d_i'' = \frac{d_{i,0°}'' + d_{i,90°}''}{2}, \quad d_i = \frac{2 \cdot d' + d''}{3}$$

$$\varepsilon_{e,i,cel} = -\varepsilon_{h,i,cel} = \ln \frac{h_0}{h_i}$$

Za eno vrednost izmerjenih vrednosti prikažite, kako pridete do vrednosti d_i.

Tabela vrednosti T1:

Mazivo:

Meritev	h (mm)	$d_{i,0°}'$ (mm)	$d_{i,90°}'$ (mm)	d_i' (mm)	$d_{i,0°}''$ (mm)	$d_{i,90°}''$ (mm)	d_i'' (mm)	d_i (mm)	$\varepsilon_{e,i,cel}$
1									
2									
3									
4									
5									
6									

V diagram na sliki 2-6 vrišite dimenzije preoblikovanca po vsakem stisku izračunane in zbrane v tabeli T1 ter za različne smeri v tabeli T2.

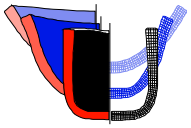
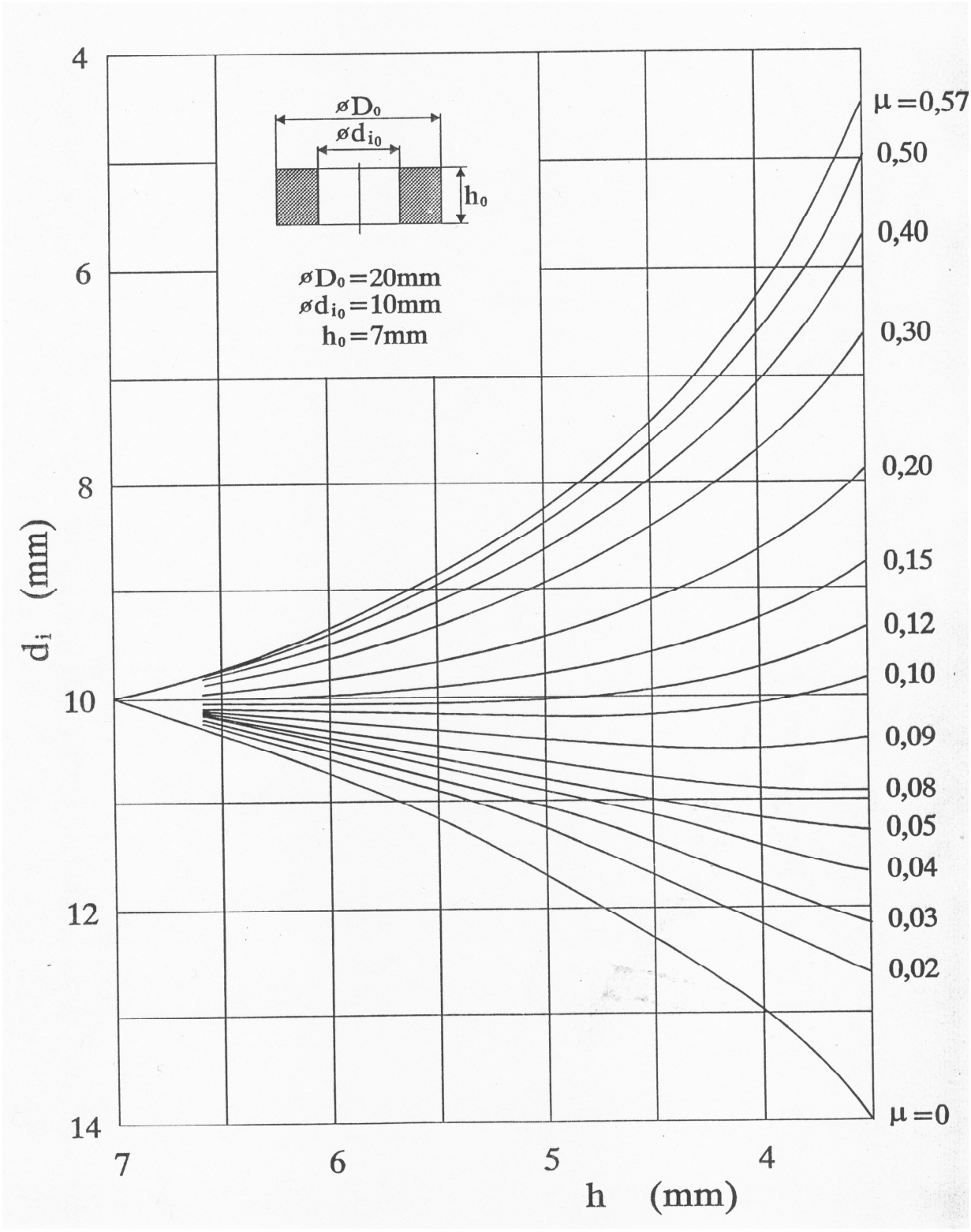


Tabela vrednosti T2 za izris diagrama na sliki 2-6:

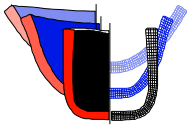
Tabela T2	Teflon				Suho trenje	
Meritev	h (mm)	d_i (mm)	h (mm)	d_i (mm)	h (mm)	d_i (mm)
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Na dodatni list narišite diagram odvisnosti koeficienta trenja od stopnje primerjalne deformacije za vse tri načine mazanja zbrane v tabeli T3.

Tabela T3	Teflon				Suho trenje	
Meritev	$\varepsilon_{e,i,cel}$	μ	$\varepsilon_{e,i,cel}$	μ	$\varepsilon_{e,i,cel}$	μ
1						
2						
3						
4						
5						
6						



Slika 2-6: Kalibracijski diagram za določitev koeficienta trenja.



Zaključek in komentarji meritev:

Ostala opažanja:

- Ali imajo vsi preoblikovanci enake površine
- Ali je površina enakomerna?
- Ali je natančnost meritve pri vseh točkah enakovredna?
- Ali je kakovost čiščenja v vseh primerih suhega trenja enakovredna?
- Ali je pri opravljenem poskusu postopno nakrčevanje do izbrane višine enakovredno nakrčevanju v enem stisku?