

Maziva in hladno preoblikovanje jekel

Lubricants and Cold Forming of Steels

B. Arzenšek, D. Kmetič, Inštitut za kovinske materiale in tehnologije v Ljubljani,
A. Lagoja, Železarna Jesenice

Opisani so rezultati meritev koeficientov trenja različnih maziv, ki jih pri nas najpogosteje uporabljamo pri masivnem preoblikovanju jekel in vlečenju žice. Ugotavljali smo jih po metodi stiskanja obročastih preizkušancev.

Ključne besede: hladno preoblikovanje jekel, maziva, trenje

The results of friction coefficients of some lubricants were described in this paper, used at cold forming of steels and wire drawing process. They were established by ring compression tests.

Key words: cold forming of steels, lubricants, friction

1 Uvod

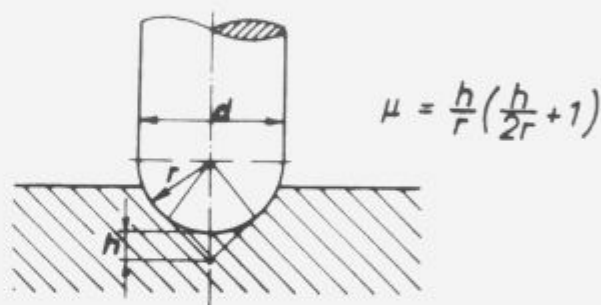
Uspešnost nekega preoblikovalnega procesa je v veliki meri odvisna od kontaktnega trenja, ki nastane na stičnih površinah med preoblikovalnim orodjem in preoblikovancem in od maziv, ki trenje zmanjšujejo. Z mazivi lahko precej povečamo deformacije, ki jih preoblikovano jeklo prenese, preprečimo trganje površin preoblikovanca in lokalno zvarjanje preoblikovanca na preoblikovalno orodje, zmanjšamo obrabo in povečamo življenjsko dobo orodja, ali pa celo preprečimo lom orodja. Z mazivi lahko torej precej vplivamo na uspešnost preoblikovalnega procesa, vendar le v primeru, če za določen preoblikovalni proces izberemo ustrezno mazivo, za katerega pa moramo poznati njegove mazivne sposobnosti.

Resničen vpliv trenja in maziv na preoblikovalni proces lahko ugotavljamo iz obrabe orodij in kvalitete izdelkov, ali pa z meritvami čim večjega števila vplivnih veličin na preoblikovalnem stroju v proizvodnji. Ker je cena takšnih preizkušanj precej visoka, ocenjujemo kvaliteto maziv navadno v laboratorijih, z deformacijsko podobnimi preoblikovalnimi postopki.

Kvaliteto maziv največkrat ocenjujemo s koeficienti trenja, ki jih lahko ugotavljamo z metodami brez merjenja preoblikovalnih sil in z metodami, pri katerih merimo preoblikovalne sile. Za metode ocenjevanja kvalitete maziv brez merjenja preoblikovalnih sil je značilno, da ugotavljamo koeficiente trenja iz geometrije preoblikovancev, na katere pred preoblikovanjem naneseemo preizkušana maziva. Obstaja veliko število metod za ocenjevanje mazivnih sposobnosti maziv, zato smo se v tem prispevku odločili, da opišemo le nekatere. Merilo pri izbiri opisanih metod je bila nizka cena in njihova preprosta izvedba ter dovolj velika ločljivost in primerljivost rezultatov preizkušanih maziv. Vse metode so, brez večjih stroškov in posebne opreme, izvedljive tudi na trgalnih strojih v mehanskih preizkuševalnicah tovarn.

2 Opis metod za ugotavljanje koeficientov trenja maziv

Metode brez merjenja preoblikovalnih sil so precej enostavnejše kot metode z merjenjem preoblikovalnih sil. Najenostavnejše so metode, pri katerih želimo dobiti le relativno primerjavo koeficientov trenja preizkušanih maziv. Tako lahko npr. pri valjanju pločevine enake vrste in dimenzije ugotavljamo



Slika 1. Merjenje kontaktnega trenja z vtiskavanjem polokroglega žiga
Figure 1. Measuring of contact friction by halfround stamp

kvaliteto maziv iz izmerjenih debelin pločevine po valjanju. Pri slabših mazivih sta preoblikovalna sila in debelina pločevine večji. Vpliv mazanja in trenja preko deformacije, pa tudi spremembe preoblikovalnih napetosti, je poznan tudi pri utopnem kovanju, hladnem kalibriranju in gravurnem kovanju.

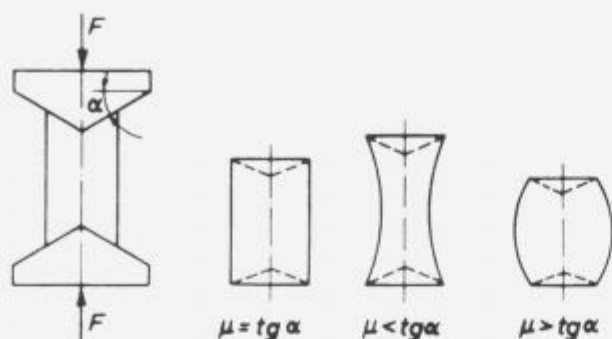
Tomlenov¹ in Ivanov² sta razvila metodo merjenja kontaktnega trenja z vtiskavanjem polokroglega žiga v kovino (slika 1). Pri tej metodi vzorec po vtiskavanju prerežemo po vzdolžni osi in z meritvami trdot po osi ugotovimo mesto z največjo trdoto. Če razdaljo med največjo trdoto in najnižjo točko odtiska označimo s "h" lahko, iz na sliki podanega matematičnega izraza, izračunamo koeficient trenja.

Ena od najstarejših metod za ugotavljanje koeficientov trenja maziv je stiskanje cilindričnih teles med dvema stožčastima orodjema¹. Pri tej metodi orodje s svojim konusnim delom vtiskujemo v čelno površino valja (slika 2). Če dobi valj po preizkusu konveksno ali konkavno obliko, preizkus ponovimo z drugim parom orodij, z drugačnim kotom stožca, toliko časa, da valj po preizkusu ostane cilindričen. Tedaj je koeficient trenja enak $\mu = \tan \alpha$.

3 Ugotavljanje koeficientov trenja maziv s stiskanjem obročastih preizkušancev

3.1 Opis metode

Zelo zanimiva metoda za ugotavljanje koeficientov trenja maziv je metoda stiskanja obročastih preizkušancev, ki jo je



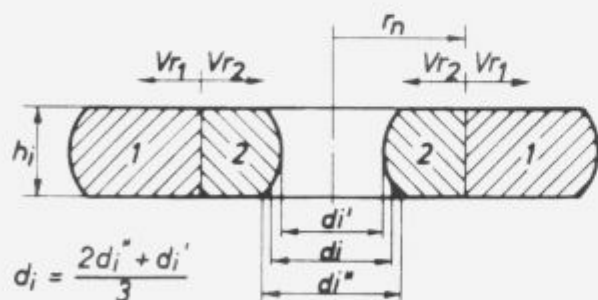
Slika 2. Merjenje kontaktnega trenja z nakrčevanjem cilindričnih teles med dvema stožčastima orodjema

Figure 2. Measuring of contact friction by compression test of cylindrical specimens between two cone tools

razvil Burgdorf¹. Metoda se zadnje čase precej uporablja, zato smo z njo ugotavljali koeficiente trenja cele vrste maziv, ki jih pri nas najpogosteje uporabljamo pri masivnem preoblikovanju jekel in vlečenju žice. Metodo, kakor tudi rezultate koeficientov trenja preizkušanih maziv, bomo v nadaljevanju prispevka zato podrobneje opisali.

Pri tej metodi, pri kateri prav tako ni potrebno meriti preoblikovalnih sil, ugotavljamo koeficiente trenja maziv iz dimenzij obročkov po stiskanju, na površino katerih pred stiskanjem nanesemo preizkušano mazivo. Preizkušanci so obročki enakih dimenzij: z zunanjim premerom 20, notranjim 10 in višino 7 mm. Po stiskanju izmerimo višine in notranje premere obročkov, ki se pri enakem materialu spreminjajo glede na mazivne sposobnosti preizkušanih maziv. Pri slabših mazivih so notranji premeri manjši, pri boljših pa večji. Na premere obročkov vpliva tečenje materiala med stiskanjem. Problem tečenja materiala v obročku je avtor metode pojasnil s smerjo tečenja jekla v obročku, ki je odvisna od kvalitete maziva.

Med stiskanjem obročka lahko material namreč teče v dve smeri, proti sredini preizkušanca, ali pa radialno navzven (slika 3). Na meji med obema smerema je nevtralni radij r_n , kjer tečenja ni. Za vsakega od obeh delov obročka, ki ju ločuje nevtralni radij (na sliki sta označena s številčkama 1 in 2), lahko nastavimo ravnotežno enačbo, iz katere izpade napetost tečenja k_i , oziroma vpliv preoblikovalnih sil.



Slika 3. Prikaz toka materiala pri merjenju kontaktnega trenja z nakrčevanjem obročastega preizkušanca

Figure 3. Review of material flow at measuring of contact friction by ring compression test

Tako v izrazu ostanejo le geometrijske veličine preizkušanca in koeficient trenja maziva. Na ta način dobljena enačba je zelo komplicirana, zato je rešljiva le z numeričnimi metodami in računalnikom. Zaradi poenostavitve metode je Burgdorf izbral standardni preizkušavec že omenjenih dimenzij ϕ 20/10 X 7 mm, ki ga tudi v primeru najtrših preizkušancev lahko stisnemo do deformacije $\varphi = 0,7$ s silo, ki je manjša od 1 MN. Za tak standardni preizkušavec je nato izračunal in v obliki krivulj podal

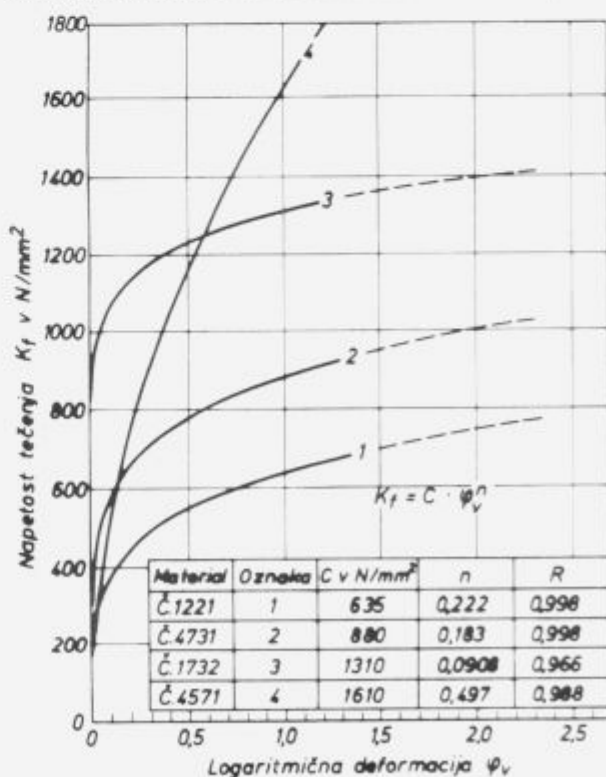
odvisnosti koeficientov trenja od višin in notranjih premerov preizkušancev po stiskanju. Premere takih diagramov smo, z vrisanimi koeficienti trenja preizkušanih maziv, prikazali na slikah 6 in 7.

3.2 Preizkušana maziva, preizkusi stiskanja in rezultati

Po metodi Burgdorfa smo ugotavljali koeficiente trenja različnih maziv, nosilcev maziv in kombinacij nosilcev maziv z mazivi, ki jih bomo imenovali kar mazivne prevleke. Nosilce maziv smo preizkušali zato, da bi ugotovili, če imajo poleg lastnosti nosilcev maziv (preprečevanja kovinskega stika med preoblikovancem in preoblikovalnim orodjem ter povečanja oprijemljivosti maziva na površini preoblikovancea) tudi kaj mazivnih sposobnosti. Preizkušali smo naslednje nosilce maziv: apno, boraks, fosfat, oksalat in prevleko bakra; in maziva: strojno olje, natrijevo milo, molikot in vlečni prašek (kalcijev stearat). Vse našete nosilce maziv in maziva uporabljamo pri vlečenju žice in masivnem preoblikovanju jekel. Zaradi boljše primerjave koeficientov trenja smo ugotavljali tudi koeficiente trenja nemazanih površin, ki ga imenujemo tudi suho trenje.

Maziva lahko klasificiramo tudi po višini preoblikovalnih napetostih, ki jih med preoblikovalnim procesom prenesejo. Da bi ugotovili vpliv preoblikovalnih napetosti na koeficiente trenja preizkušanih maziv, smo obročke izdelali iz štirih vrst jekel: iz cementacijskega jekla vrste Č.1221, jekla za poboljšanje Č.4731, visokoočljivega jekla Č.1732, ki ga uporabljamo za izdelavo patentirane žice in iz austenitnega nerjavnega jekla Č.4571, ki se med preoblikovanjem zelo utrjuje, zato ga lahko preoblikujemo le pri zelo visokih preoblikovalnih napetostih. Izbrana jekla se med seboj precej razlikujejo tako po višini preoblikovalnih napetosti-napetosti tečenja k_i , kakor tudi po stopnji utrjevanja-n. Višina preoblikovalnih napetosti in utrjevanje omenjenih jekel smo, v odvisnosti od deformacije, v obliki krivulj tečenja, prikazali na sliki 4.

Na kvaliteto mazanja vpliva tudi stanje površin, na katere nanesemo maziva, zato smo površine obročkov brusili ali peskali



Slika 4. Krivulje tečenja preizkušanih jekel

Figure 4. Flow curves of tested steels

ter tako ugotavljali tudi vpliv hrapavosti površine preoblikovanca na koeficiente trenja maziv. Na kvaliteto maziv vpliva tudi temperatura preoblikovalnega procesa, kar pa v tem delu nismo ugotavljali, ker so vsa preizkušana maziva namenjena le za delo v hladnem.

Po nanosu mazivnih prevlek smo obročke pri sobni temperaturi kontinuirno stiskali do različnih višin na 500 KN preizkuševalnem stroju Instron. Zaradi možnosti merjenja preoblikovalnih sil smo med stiskanjem merili tudi preoblikovalne sile, iz katerih smo izračunali preoblikovalne napetosti in koeficiente trenja nekaterih maziv in rezultate podali tudi v odvisnosti od preoblikovalnih napetosti.

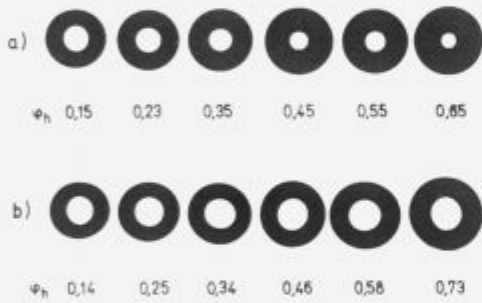
Oblike obročkov po preizkušanju različnih mazivnih prevlek so bile precej različne. Kot primer smo na sliki 5 prikazali obročke, na katere smo pred stiskanjem nanesli sam fosfat in fosfat z milom. Stiskali smo jih do različnih deformacij, ki smo jih izrazili z logaritmičnimi deformacijami φ_h , izračunanimi na sledeč način:

$$\varphi_h = \ln \frac{h_c}{h_i}$$

kjer pomeni:

h_c - višino obročka pred stiskanjem (7 mm) in

h_i - višino obročka po stiskanju.



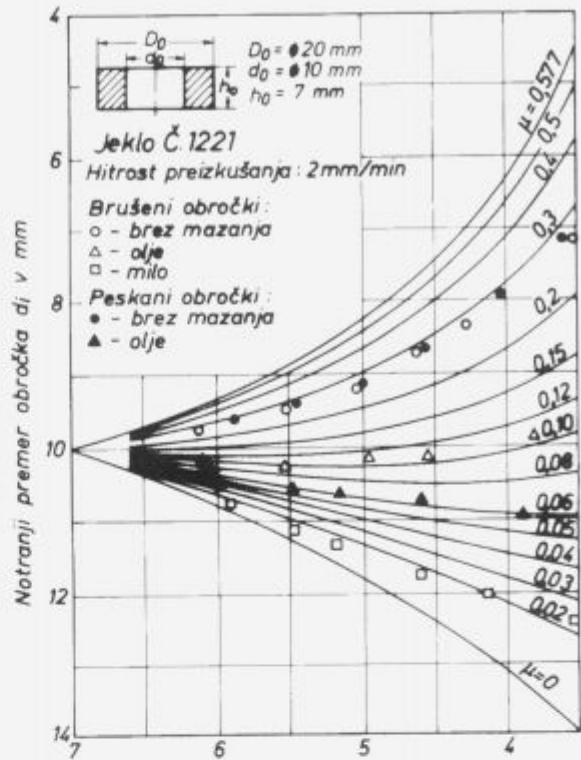
Slika 5. Obročki iz jekla Č.1221 po stiskanju, a)fosfatirani, b)fosfatirani in namiljeni

Figure 5. Rings of 1.1121 steel after compression test, a)phosphated, b)phosphated and soaped

Iz majhnih notranjih premerov fosfatiranih obročkov lahko sklepamo na slabe mazivne sposobnosti fosfata, iz velikih pa na dobre pri prevleki fosfata in mila. Posledica slabega mazanja pri fosfatu je tudi konveksna oblika sten stisnjenih obročkov, zato je Burgdorf za vrednotenje notranjih premerov obročkov-d, podal izraz, ki smo ga zapisali ob shemi obročka na sliki 3.

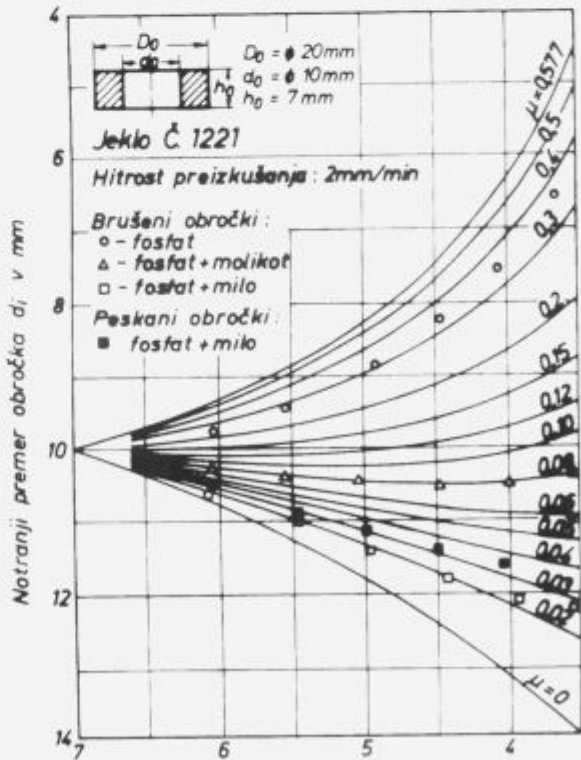
Poleg notranjih premerov obročkov smo izmerili tudi njihove natančne višine in nato vsak notranji premer v odvisnosti od višine vnesli v Burgdorfove diagrame krivulj koeficientov trenja. Koeficiente trenja ocenimo vizuelno glede na položaj točk med krivuljami. Zaradi velikega števila diagramov smo v prispevku na slikah 6 in 7 prikazali le dva diagrama, v katerih smo podali vrednosti koeficientov trenja za nemazane površine in fosfat ter za olje, milo in prevleke fosfata z milom in mlikomotom, na brušenih in peskanih površinah jekla. Zaradi boljše preglednosti smo vse koeficiente trenja maziv za vsako jeklo posebej prikazali v diagramih na slikah 8 do 11, ko smo deformacije podali v obliki že omenjene logaritmične deformacije φ_h in specifične deformacije ϵ_s , ki jo uporabljamo predvsem pri vlečenju žice. Na sliki 12 smo prikazali tudi koeficiente trenja dveh mazivnih prevlek v odvisnosti od preoblikovalnih napetosti q_m , ki smo jih izračunali na sledeč način :

$$q_m = \frac{F_f}{A_i} \left(N / mm^2 \right),$$



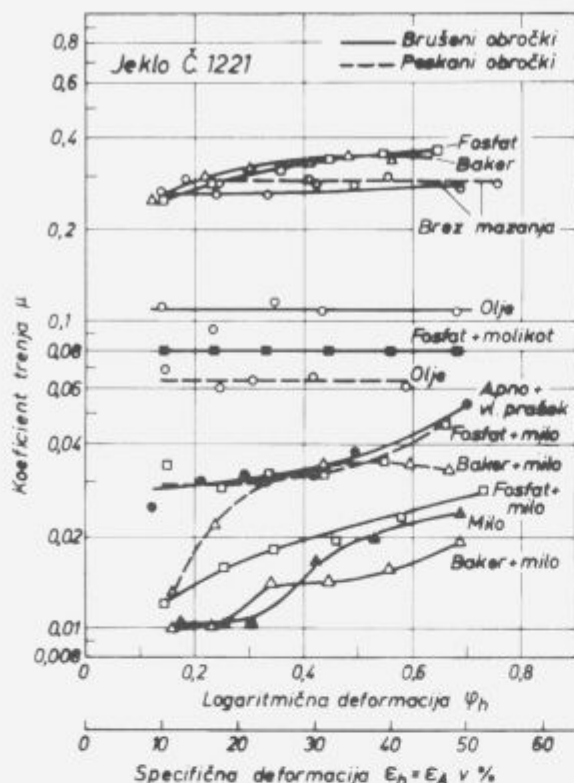
Slika 6. Koeficiente trenja pri nemazanih in mazanih luženi in peskanih površinah jekla Č.1221

Figure 6. Friction coefficients of nonlubricated and lubricated pickled and sand blasted surfaces of 1.1121 steel



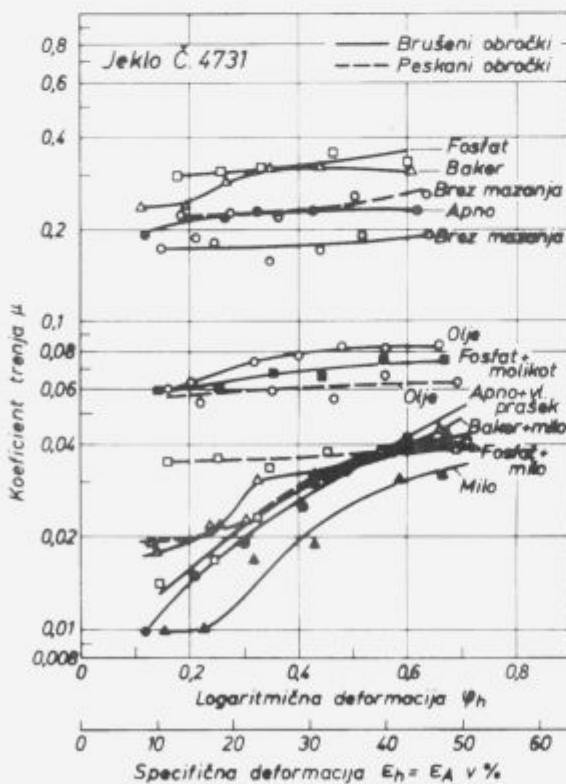
Slika 7. Koeficiente trenja preizkušanih mazivnih prevlek pri luženi in peskanih površinah jekla Č.1221

Figure 7. Friction coefficients of different lubricant coats at pickled and sand blasted surfaces of 1.1121 steel



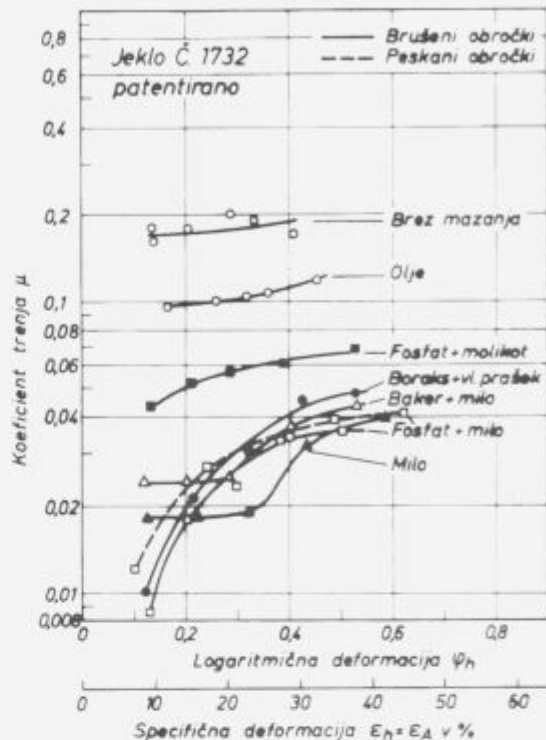
Slika 8. Koefficienti trenja preizkušanih mazivnih prevlek pri različnih stopnjah deformacije, pri jeklu Č.1221

Figure 8. Friction coefficients of tested lubricant coats at different deformations of 1.121 steel



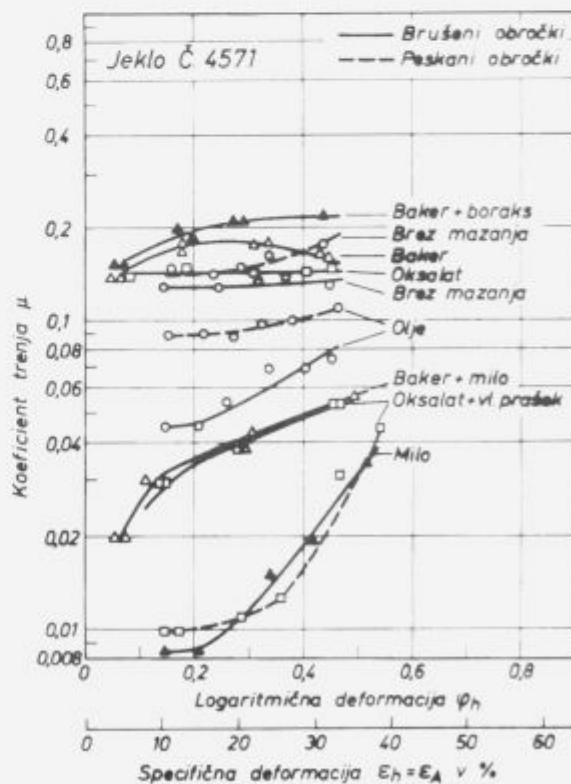
Slika 9. Koefficienti trenja preizkušanih mazivnih prevlek pri različnih stopnjah deformacije, pri jeklu Č.4731

Figure 9. Friction coefficients of tested lubricant coats at different deformations of 1.7220 steel



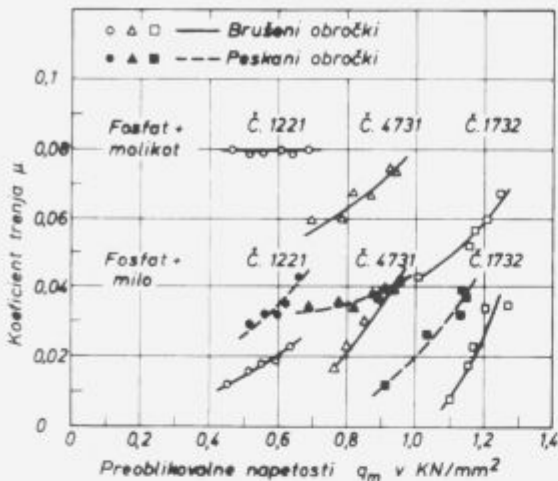
Slika 10. Koefficienti trenja preizkušanih mazivnih prevlek pri različnih stopnjah deformacije, pri jeklu Č.1732

Figure 10. Friction coefficients of tested lubricant coats at different deformations of 1.221 steel



Slika 11. Koefficienti trenja preizkušanih mazivnih prevlek pri različnih stopnjah deformacije, pri jeklu Č.4571

Figure 11. Friction coefficients of tested lubricant coats at different deformations of austenitic stainless steel



Slika 12. Koeficienti trenja prevlek fosfata z molikotom in fosfata z milom pri različnih preoblikovalnih napetostih

Figure 12. Friction coefficients of phosphat with molykot and phosphat with soap coat at different deformation strains

kjer pomeni:

F_1 - silo stiskanja (N) in

A_1 - presek obročka po stiskanju (mm^2).

Omenjeni prevleki sta fosfat z milom in fosfat z molikotom, ki ju uporabljamo pri deformacijsko zahtevnejših preoblikovalnih postopkih in visokih preoblikovalnih napetostih.

3.3 Analiza rezultatov

V zgornjem delu diagramov koeficientov trenja, prikazanih na slikah od 8 do 11, se v vrednostih od 0,15 do 0,30, nahajajo koeficienti trenja nemazanih površin in nosilcev maziv. Ker so koeficienti trenja nosilcev maziv višji od koeficientov trenja nemazanih površin lahko zaključimo, da preizkušani nosilci maziv nimajo nobenih mazivnih sposobnosti. Nekoliko nižje koeficiente trenja, od 0,05 do 0,1, ima olje, precej nižje, od 0,01 do 0,05, pa trde mazivne prevleke. Koeficienti trenja mazivnih prevlek se precej spreminjajo glede na trdnost maziv, hrapavost površine preoblikovancev in višino preoblikovalnih napetosti, zato smo v nadaljevanju prispevka posamezne mazivne prevleke in njihove lastnosti podrobneje opisali.

Nemazane površine in nosilci maziv

Preizkušani nosilci maziv: apno, boraks, fosfat in oksalat, nimajo mazivnih sposobnosti. So le nosilci maziv, katerih naloga je povečati oprijemljivost maziv na površini kovin in preprečiti kovinski stik preoblikovanca s preoblikovalnim orodjem. Apno je najcenejši nosilec maziva. Prevleka apna je tanka, na površino kovine pa se slabo oprime, zato ga uporabljamo predvsem pri manjših deformacijah kovine. Na površino kovine ga nanašamo tudi za nevtralizacijo površine kovine po luženju. Prevleka boraksa je debelejša od prevleke apna. Tudi boraks se površino kovine oprime, izloči pa se v obliki kristalov. Uporabljamo ga pri večjih deformacijah in preoblikovalnih napetostih. Fosfat je na površini kovine kemijsko vezan v obliki kristalov. Debelino fosfatne prevleke spreminjamo s spreminjanjem pogojev fosfatiranja. Prevleke fosfata uporabljamo pri zelo zahtevnih preoblikovalnih postopkih. Oksalat je tudi kemijsko vezan na površino kovine, uporabljamo pa ga kot nosilec maziva pri austenitnih nerjavnih jeklih.

Vse prevleke nosilcev maziv morajo biti dobro oprijemljive na površini preoblikovanca, prenesti morajo čim višje preoblikovalne napetosti, med preoblikovanjem pa se morajo dobro preoblikovati. Prevleke naj bodo tanke, vendar dovolj debele, da se med preoblikovanjem tudi pri največjih deformacijah ne prekinjejo. Debele prevleke so slabše oprijemljive na površini pre-

oblikovancev, zato se rade luščijo. Pri vlečenju žice rade mašijo vlečne votlice, zato lahko pride do poškodbe površine in celo do trganja žice.

Olje

Iz primerjave koeficientov trenja preizkušanih maziv vidimo, da so koeficienti trenja čistega strojnega olja precej višji kot pri trdih mazivih, precej pa se spreminjajo tudi glede na stanje površine. Pri brušenih površinah znašajo koeficienti trenja olja približno 0,1, pri peskanih pa so nekoliko nižji. Olje je tekoče mazivo kar pomeni, da je mazivni film pri preoblikovanju zelo tanek. Med preoblikovanjem se mazivni film mestoma prekine, zato so koeficienti trenja olja višji kot pri trdih mazivih. Mazivne sposobnosti olj lahko izboljšamo z dodatki različnih dodatkov, npr. molikota. Zaradi omenjenih mazivnih sposobnosti uporabljamo olja predvsem pri deformacijsko manj zahtevnih preoblikovalnih procesih in v primerih, kjer mazanje z drugimi mazivi ni mogoče, npr. pri izdelavi vijakov iz žic, kjer lahko prečno odrezan (nemazan) del žice, pred oblikovanjem glave vijaka, mažemo le z brizganjem tekočega maziva. Olja uporabljamo tudi pri dimenzijskem vlečenju žice in palic, ko želimo dobiti gladke in svetle površine.

Mila

Preizkušano natrijevo milo ima zelo dobre mazivne sposobnosti predvsem pri nizkih stopnjah deformacije, ko koeficienti trenja znašajo le 0,01, kar je kar desetkrat manj kot pri olju. Dobro mazanje z mili dobimo le, če ga na površine kovin nanesemo dovolj in enakomerno, kar pa dosežemo le pri potapljanju preoblikovancev v vodni raztopini mila. Milo je nizkoviskozno mazivo, zato njegovi koeficienti trenja hitro naraščajo z naraščajočo stopnjo deformacije. Ima tudi nizko tališče, zato ga samega pri hladnem preoblikovanju, pri katerem dosežemo večje stopnje deformacije in večje preoblikovalne napetosti, navadno ne uporabljamo. Zaradi njegovih dobrih mazivnih sposobnosti ga velikokrat dodajamo suhim mazivom, npr. vlečnim praškom, ali pa ga nanašamo na nosilce maziv.

Prevleka fosfata z milom ima pri nizkih stopnjah deformacije nekoliko višje koeficiente trenja kot samo milo, pri višjih pa nižje. Iz tega lahko zaključimo, da je milo, naneseno na fosfat, primerno mazivno sredstvo predvsem za hladno preoblikovanje kovin pri višjih stopnjah deformacije in višjih preoblikovalnih napetostih.

Molibdenov disulfid

Namesto mila nanesemo na fosfatne prevleke velikokrat tudi molikot. Iz primerjave koeficientov trenja prevlek fosfata z milom in molikotom je razvidno, da so koeficienti trenja pri prevleki fosfata z molikotom, pri nižjih preoblikovalnih napetostih, pri jeklu Č. 1221, precej višji kot pri prevleki fosfata z milom, pri višjih, npr. pri jeklu Č. 1732, pa se razlika precej zmanjša. Značilno za prevleko fosfata z molikotom je tudi, da se koeficienti trenja prevleke z naraščanjem deformacije manj spreminjajo kot pri ostalih mazivnih prevlekah, zato lahko zaključimo, da je prevleka fosfata z molikotom uporabna predvsem pri visokih preoblikovalnih napetostih.

Vlečni prašek

Preizkušani vlečni prašek kalcijev stearat, smo nanesli na prevleke nosilcev maziv oksalata, boraksa in apna s posipanjem. Iz primerjave koeficientov trenja omenjenih prevlek in prevleke fosfata z milom vidimo, da se le ti skoraj ne razlikujejo pri nizkih stopnjah deformacije, pri višjih pa pričnejo koeficienti trenja pri prevleki apna z vlečnim praškom naraščati. Vzrok je v slabši oprijemljivosti in manjši debelini prevleke apna, zato so prevleke z apnom in vlečnim praškom primerne predvsem za vlečenje žice pri manjših deformacijah in nižjih preoblikovalnih napetostih. Prevleko boraksa z vlečnim praškom lahko po mazivnosti uvrstimo med prevleki apna z vlečnim praškom in

fosfata z milom. Ker je apno cenen nosilec maziva, uporabljamo apnene prevleke predvsem pri enkratnem ali dvakratnem vlečenju žice in nizkih preoblikovalnih napetostih, prevleke boraksa z vlečnim praškom pri večjih preoblikovalnih napetostih in deformacijah, prevleke oksalata z vlečnim praškom pa pri vlečenju austenitnih nerjavnih žic. Oksalatna prevleka prenese, podobno kot prevleka fosfata in mila, velike deformacije in visoke preoblikovalne napetosti.

Baker

Prevleka bakra ima, podobno kot ostali preizkušani nosilci maziv, visoke koeficiente trenja. Od ostalih nosilcev maziv se razlikuje po tem, da pričene koeficienti trenja bakra pri večjih deformacijah nekoliko padati, kar pa bistveno ne spremeni njegove mazivne sposobnosti. Prevleka bakra z milom ima dobre mazivne sposobnosti zaradi mila, podobno kot prevleka fosfata z milom. Baker nanašamo na kovine predvsem zaradi zaščite kovine proti koroziji in delno tudi kot nosilec maziva.

Vpliv preoblikovalnih napetosti na koeficiente trenja mazivnih prevlek

Višine preoblikovalnih napetosti jekel precej vplivajo na koeficiente trenja preizkušanih maziv. Ta vpliv je dobro viden iz višin koeficientov trenja za prevleki fosfata z milom ali molikotom, ki smo jih podali v odvisnosti od preoblikovalnih napetosti v diagramu na **sliki 12**. Iz poteka krivulj koeficientov trenja za prevleko fosfata z molikotom je razvidno, da ima prevleka najboljše mazivne sposobnosti pri jeklu Č.1732, torej pri jeklu, ki ga lahko preoblikujemo le pri višjih preoblikovalnih napetostih. Koeficienti trenja so skoraj za polovico nižji kot pri nizkih preoblikovalnih napetostih, pri katerih dosežejo vrednosti kar 0,08. To pomeni, da je mazivno prevleko z molikotom smiselno uporabljati le pri zahtevnih preoblikovalnih postopkih, zaradi dobre temperature obstojnosti molikota pa tudi pri povišanih temperaturah, do temperature 500°C. Povsem drugače je pri prevleki fosfata z milom, ki ima pri nizkih preoblikovalnih napetostih veliko boljše mazivne sposobnosti kot prevleka fosfata z molikotom, pri višjih napetostih pa se nekoliko poslabša. Prevleka z milom je temperaturno slabo obstojna.

Hrapavost površine

Vpliv hrapavosti površine na koeficiente koeficiente trenja maziv smo ugotavljali z brušenimi in peskanimi površinami. Ugotovili smo, da dobimo pri nemazanih površinah in vseh trdih mazivnih prevlekah na peskanih površinah slabše pogoje mazanja ter s tem tudi višje koeficiente trenja. Drugače je pri olju, ko dobimo pri peskanih površinah manjše koeficiente trenja. Vpliv hrapavosti lahko zmanjšamo z nanosom debelejših količin nosilca maziva ali maziva na površino kovine, kar je pri jeklu Č.45571 razvidno iz višin koeficientov trenja za oksalatno prevleko. Vpliv hrapavosti površine se nekoliko zmanjša pri večjih preoblikovalnih napetostih in višjih deformacijah.

4 Zaključki

Z mazivi zmanjšamo trenje na stičnih površinah preoblikovanca in preoblikovalnega orodja, zmanjšamo preoblikovalne sile, povečamo deformacije preoblikovanca, izboljšamo kvaliteto površine izdelka in zmanjšamo obrabo preoblikovalnega orodja.

V tem delu smo opisali več preprostih metod za ugotavljanje koeficientov trenja maziv, podrobneje pa metodo stiskanja obročastih preizkušancev, po kateri smo ugotavljali koeficiente trenja velikega števila nosilcev maziv in maziv, ki jih uporabljamo pri masivnem preoblikovanju jekel in vlečenju žice. Mazivne sposobnosti prevlek smo ugotavljali v odvisnosti od stopnje deformacije in višine preoblikovalnih napetosti.

Kratke ugotovitve so naslednje:

1. Metoda ugotavljanja koeficientov trenja mazivnih prevlek s stiskanjem obročastih preizkušancev je dovolj selektivna in

preprosta. Pri ugotavljanju koeficientov trenja ni potrebno meriti preoblikovalnih sil, zato je metoda izvedljiva tudi marsikje na stiskalnicah v predelovalnih obratih.

2. Preizkušani nosilci maziv-apno, boraksa, fosfat in oksalat, nimajo mazivnih sposobnosti. Njihovi koeficienti trenja so večji kot koeficienti trenja nemazanih površin, zato jih na površine kovin nanašamo le zato, da povečamo oprijemljivost maziv na površino kovin in preprečimo kovinski stik med preoblikovanecem in preoblikovalnim orodjem.

3. Strojno olje ima slabe mazivne sposobnosti, zato ga kot mazivo uporabljamo predvsem pri preoblikovalnih postopkih z majhnimi deformacijami in v primerih, kjer trdih maziv ne moremo uporabljati.

4. Od vseh preizkušanih maziv ima natrijevo milo, pri nizkih preoblikovalnih napetostih in majhnih deformacijah, najboljše mazivne sposobnosti. Z naraščajočo stopnjo deformacije se njegove mazivne sposobnosti precej poslabšajo, zato je njegova uporaba priporočljiva le pri manj zahtevnih preoblikovalnih postopkih. Prevleka fosfata z milom ima dobre mazivne sposobnosti tudi pri visokih preoblikovalnih napetostih, prevleke z molikotom pa pri visokih preoblikovalnih napetostih, velikih deformacijah in tudi nekoliko povišanih temperaturah. Vlečni praški imajo dobre mazivne sposobnosti pri uporabi z nosilci maziv.

5. Hrapavost površine preoblikovanca poslabša mazivnost preizkušanih mazivnih prevlek razen pri olju, pri katerem se nekoliko izboljša.

5 Literatura

- 1 Tomlenov A.D.: Vnedrenie zakruglennogo puansona v metalle pri naličiji trenija, Vestnik mašinstrojenja, 1(1961).
- 2 Ivanov P.A.: Opredelenie koeficienta trenija po raspredeleniju tverdsti i plastičeskoj zone, Kuznečno-štamповооное производство, 5(1961).
- 3 Burgdorf M.: Über die Ermittlung des Reibwertes für Verfahren der Massivumformung durch den Ringstauversuch, Industrie-Anzeiger, 39(1967) 15-20.
- 4 Arzenšek B., Kveder A., Kuzman K., Šimnic M., Lagoja A., Pogačnik V.: Vpliv mazivnih snovi na hladno preoblikovanje jekel, Poročilo MI, 1979.
- 5 Yang-Tai Lin, Jang-Ping Wang: An investigation into the constant friction factor with the upper-bound flow function elemental technique, Journal of Materials Processing Technology, 36(1992) 57-68.
- 6 Yhu-Jen Hwu, Chwan-Tzong Hsu and Fengyin Wang: Measurement of friction and the flow stress of steels at room and elevated temperatures by ring-compression tests, Journal of Materials Processing Technology, 37(1993) 319-335.
- 7 K.P.Rao: A review of ring-compression testing and applicability of the calibration curves, Journal of Materials Processing Technology, 37(1993) 295-318.
- 8 Liu J.Y.: An analysis of deformation characteristics and interfacial friction condition in simple upsetting of rings, ASME J. Eng. Ind., 94(1972) 1149. Schey J.A.: Metal deformation processes: Friction and Lubrication, Marcel Dekker INC, New York, 1970.
- 9 Male A.T., DePierre V.: The validity of mathematical solutions for determining friction from the ring compression test, Lubr. Technol., 92(1970) 389.
- 10 Avitzur B.: Metal forming: Processes and analysis, McGraw-Hill, New York, 1968.
- 11 Y.T.Lin and J.P.Wang: A thermal analysis of cold upsetting with the upper-bound flow function elemental technique, Journal of Materials Processing Technology, 37(1993) 283-294.