UDK 621.983.3:669.71

Analiza nekaterih vplivnih faktorjev pri vlečenju aluminijskih profilov

PETER LEŠ — VLADIMIR BRAČKO

1. UVOD

Slaba površina, trganje palic in hitra obraba orodij (matric) je zahtevala analizo vplivnih faktorjev pri vlečenju obdelovancev iz aluminijevih zlitin in ocenitev kakovosti maziv, saj vemo, da mazanje močno vpliva na kakovost površin izdelkov in njihovo natančnost. S kakovostnim mazanjem povečujemo dobo trajanja orodij in stabiliziramo celotni tehnološki proces. Zato je nihanje sile manjše, s tem pa dobimo manjši raztros dimenzij. Raziskave o kakovosti in vpliv nekaterih maziv na trenje (ki sta jih avtorja [4] podala za jekla) smo v naših raziskavah opravili na izdelkih iz aluminijeve zlitine z označbo AlCu4Mg1.

Pri vlečenju aluminijskih profilov vplivajo mnogi faktorji, in sicer na silo vlečenja, na kakovost izdelka, na količino izmeta in s tem na velikost proizvodnih stroškov. V okviru tega sestavka podajamo rezultate merjenj pri raziskovanju vpliva vstopnih kotov, vlečne hitrosti in maziva na velikost največje sile.

2. OBROČNI PREIZKUS ZA DOLOČEVANJE KONTAKTNEGA TRENJA

Znano je, da koeficient kontaktnega trenja pri nakrčevanju lahko določimo z obročnim preizkusom, ki temelji na spremembi notranjega premera in pogojev trenja na kontaktnih površinah. Razlogi, da smo izbrali to metodo so:

— nakrčevanje obročka je hiter in zanesljiv postopek,

— koeficient kontaktnega trenja določamo iz geometrijskih veličin standardnega preizkušanca in

— preprostost preizkusa.

Če je trenje veliko, je tečenje materiala močno ovirano, zato teče material proti sredini obročka; v nasprotnem primeru, ko je koeficient trenja zelo majhen, teče material navzven in s tem se notranji premer obročka povečuje [1, 2, 3, 4].

2.1. Eksperimentalna analiza nekaterih vplivnih faktorjev

Za preizkus kontaktnega trenja smo uporabili naslednja maziva:

Kot preizkusni material smo uporabili aluminijevo zlitino z označbo AlCu4Mg1 (JUS C.C2.100, D 40-IMPOL), žarjeno pri temperaturi 380 °C. Tlačne ploskve na orodju za nakrčevanje so bile brušene. Preizkuse smo opravili na univerzalno statično-dinamičnem preizkuševalnem stroju Instron 500 kN (VTŠ, Maribor) s hitrostjo 2 mm/min oziroma s hitrostjo deformacije $\psi = 0{,}005 \ldots 0{,}01\ s^{-1}$.

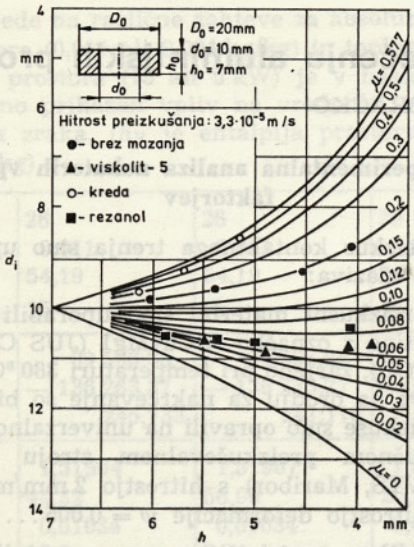
Pripravljene preizkušance smo namazali z različnimi mazivi in enakomerno nakrčevali do različnih višin, dobljene rezultate pa smo nato vnašali v diagrame, slika 1 in 2. Ob preizkušanju smo registrirali silo nakrčevanja, kar pa za samo vrednotenje koeficienta kontaktnega trenja ni potrebno.

Sliki 1 in 2 prikazujeta koeficiente kontaktnega trenja pri nakrčevanju obročkov za različna maziva. Najmanjše in najugodnejše koeficiente kontaktnega trenja smo izmerili pri uporabi maziva vapor. Z istočasnim merjenjem potrebnih nakrčevalnih sil lahko ugotovimo, da je za mazivo z manjšim koeficientom kontaktnega trenja potrebna manjša sila za enako stopnjo deformacije.

Nadalje smo s preizkusi pokazali, da se pojavijo najslabše torne razmere tedaj, ko uporabimo kot dodatek k mazivom kredo. Nazoren prikaz prikazuje slika 3, kjer so koeficienti kontaktnega trenja podani v odvisnosti od stopnje deformacije.

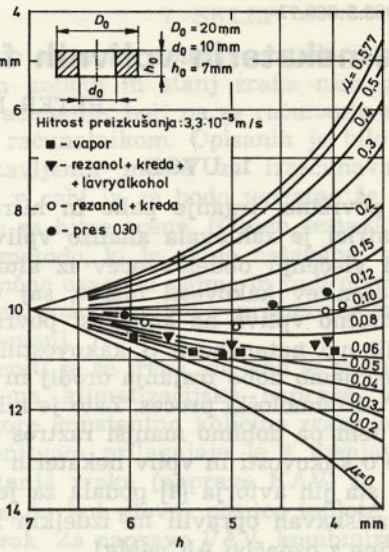
Na sliki 3 vidimo, kako vpliva velikost deformacije na spremembo koeficienta trenja. Koeficient trenja različno narašča pri povečanju deformacije. S tem ugotovimo, katera maziva so bolj prilagodljiva novim deformacijskim in napetostnim stanjem.

Štev.	Ime	Viskoznost	Proizvajalec
1.	Viskolit-5	41 mm²/s — 100 °C	PETROL, Maribor
2.	Vapor	49 . . . 57 mm²/s — 100 °C	SSSR
3.	Rezanol 20 EP	18 mm²/s — 50 °C	INA, Zagreb
4.	Preso 30	45 . . . 61 mm²/s — 50 °C	FAM, Kruševac
		Razmerje %	Opomba
5.	Rezanol-kreda*	60 : 40	* se priporoča kot dodatek
6.	Rezanol-kreda-Lavrialkohol	42 : 42 : 16	* preprečuje lepljenje



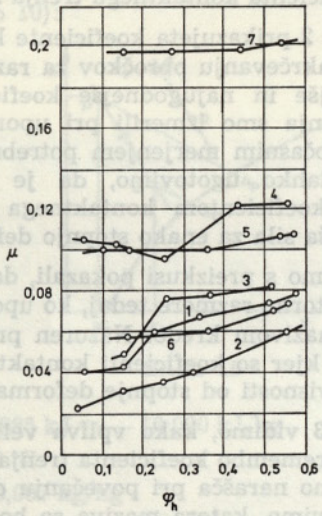
Sl. 1. *Koeficienti kontaktnega trenja pri nakrčevanju obročkov za različna maziva*

● — brez mazanja ○ — kreda
▲ — viskolit-5 ■ — rezanol



Sl. 2. *Koeficienti kontaktnega trenja pri nakrčevanju obročkov za različna maziva*

■ — vapor ○ — rezanol-kreda
▼ — rezanol-kreda-lavrialkohol ● — pres 030



Sl. 3. *Koeficienti kontaktnega trenja v odvisnosti od stopnje deformacije*

1 — viskolit 5 5 — rezanol + kreda
2 — vapor 6 — rezanol + kreda + lavri alkohol
3 — rezanol 7 — brez mazanja
4 — pres 030 (suho mazanje)

3. PREIZKUSI ZA UGOTAVLJANJE VPLIVA VLEČNEGA KOTA IN HITROSTI VLEČENJA

Preizkušanje vpliva spremembe vlečnega kota in hitrosti na vlečno silo smo opravili na tegalnem stroju (150 kN) v tovarni IMPOL in pri tem uporabili merilno natezno palico z merilnimi trakovi znamke Baldwin Hottinger — FBM 3/120 XY 11. Merilne trakove smo nalepili na merilno palico, jih povezali v mostično vezavo ter priključili na mostični ojačevalnik Hottinger Baldwin.

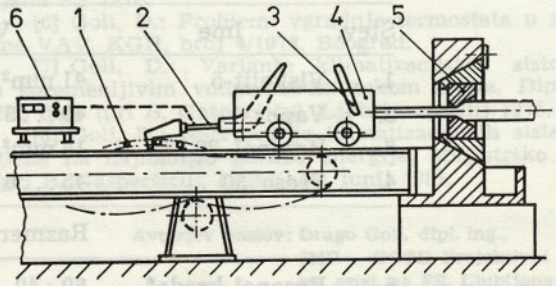
Natezno palico smo pred tem umerili na univerzalno statično-dinamičnem preizkusnem stroju Instron 500 kN (VTŠ-MARIBOR) od 5 kN do 65 kN s koraki po 0,5 oz. 1 kN. Slika 4 prikazuje načelo merjenja vlečne sile.

Pri merjenju smo upoštevali naslednje parametre:

— geometrijo in kot vlečnega stožca,
— vlečno hitrost,
— vrsto aluminijeve zlitine.

Preizkuse smo opravili z dvema vrstama materiala, in sicer z AlCu4Mg1 in AlMgSiPb (DIN, AC 41-IMPOL). Preizkusne palice so bile dolge 2 cm in z največjim odstopanjem po premeru ± 0,15 mm.

Vlečne matrice, ki smo jih uporabljali, so se med seboj razlikovale v kotih vlečnega stožca (4, 5, 6 in 7°) ter v dolžinah valjastega dela (5 . . . . . 6,5 mm) v preoblikovalnem območju. Pri preizkušanju smo uporabljali tri različne vlečne hitro-



Sl. 4. *Načelo merjenja vlečne sile*

1 — Galova veriga, 2 — merilna palica, 3 — ročica za vpenjanje palic, 4 — voziček, 5 — matrica, 6 — mostični ojačevalnik

sti, in sicer: $v_1 = 7{,}85$ m/min, $v_2 = 13{,}09$ m/min in $v_3 = 20{,}04$ m/min. Spreminjali pa smo tudi velikost deformacije pri vlečenju, in sicer za zlitino AlCu4Mg1:

$d_0 = 27{,}42$ mm, $d_1 = 24{,}9$ mm, $\varphi_1 = 0{,}188$ in $\psi_1 = 17{,}2$ %

$d_0 = 28{,}4$ mm, $d_2 = 24{,}4$ mm, $\varphi_2 = 0{,}22$ in $\psi_2 = 20$ %

za zlitino AlMgSiPb smo uporabili naslednje deformacije:

$d_0 = 28{,}7$ mm, $d_3 = 24{,}9$ mm, $\varphi_3 = 0{,}284$ in $\psi_3 = 24{,}7$ %

$d_0 = 31{,}2$ mm, $d_4 = 26{,}7$ mm, $\varphi_4 = 0{,}31$ in $\psi_4 = 26{,}7$ %.

Za analitični izračun optimalnega kota smo uporabili enačbo [5]:

$$2\alpha_{opt} = \arccos\left(-3\mu\,\varphi_{max} \pm \sqrt{9\mu^2\,\varphi^2_{max} + 1}\right)$$

in jo primerjali z eksperimentalnimi rezultati (slika 6).

Koeficient trenja ugotovimo po sliki 3, kjer so koeficienti podani v odvisnosti od stopnje deformacije za različna maziva.

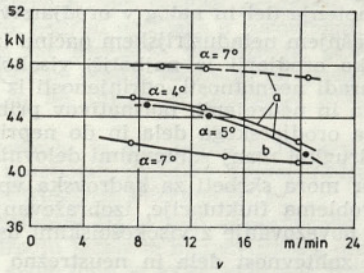
Za mazivni vapor in viskolit izhaja iz zgornje enačbe:

$\varphi_1 = 0{,}188 \quad \mu = 0{,}032, \quad \alpha_{opt} = 5^0$
$\varphi_2 = 0{,}22 \quad \mu = 0{,}034, \quad \alpha_{opt} = 6^0$

Za mazivo viskolit 5 pa dobimo

$\varphi_1 = 0{,}188 \quad \mu = 0{,}045, \quad \alpha_{opt} = 6^0$
$\varphi_2 = 0{,}22 \quad \mu = 0{,}051, \quad \alpha_{opt} = 7^0$

kar dokazujejo tudi rezultati preizkusov po sliki 6.

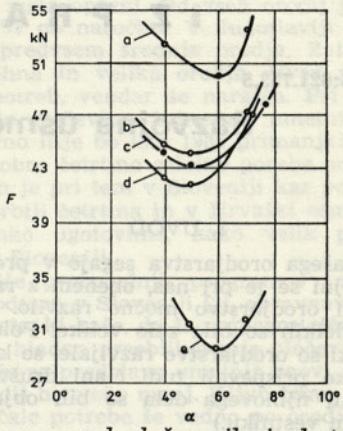


Sl. 5. *Povezava med vlečno silo in hitrostjo vlečenja*
a — D 40, ψ_1, viskolit 5; b — AC 41, ψ_4, viskolit 5

3. REZULTATI PREIZKUSOV

3.1. Vpliv vlečne hitrosti

Slika 5 prikazuje povezavo med vlečno silo in hitrostjo vlečenja. Na sliki vidimo, da se pri povečani hitrosti vlečna sila počasi zmanjšuje. Pri majhnem kotu ($\alpha = 4^0$) vlečnega stožca vlečna sila hitreje upada kakor pri večjem kotu ($\alpha = 7^0$).



Sl. 6. *Povezava med vlečno silo in kotom vlečnega stožca*
a — D 40, ψ_2, viskolit 5, v_3; b — D 40, ψ_2, viskolit 5, v_2;
c — D 40, ψ_1, vapor, v_2; d — D 40, ψ_1, viskolit 5, v_3;
e — AC 41, ψ_3, viskolit 5, v_3

3.2. Vpliv kotov

Slika 6 prikazuje povezavo med vlečno silo in kotom vlečnega stožca. S preizkusi smo ugotovili obstoj optimalnega kota matrice, pri katerem je sila vlečenja najmanjša. Praktične rezultate lahko odberemo s slike 6:

za AlCu4Mg1: $\psi_1 = 17{,}2$ % $\quad \alpha_{opt} = 5^0$
$\psi_2 = 20$ % $\quad \alpha_{opt} = 6^0$
za AlMgSiPb: $\psi_3 = 24{,}7$ % $\quad \alpha_{opt} = 6^0$

4. SKLEP

Za oceno koeficienta trenja posameznih maziv smo uporabljali obročni preizkus [1] ter dokazali vpliv maziva in stopnje deformacije na koeficient kontaktnega trenja. Velikost koeficienta kontaktnega trenja za zlitino AlCu4Mg1 je za mazivo vapor: $\mu = 0{,}02 \ldots 0{,}06$, za viskolit 5 pa: $\mu = 0{,}04 \ldots 0{,}08$ v odvisnosti od stopnje deformacije.

S preizkusi vlečenja palic aluminijevih zlitin AlCu4Mg1 in AlMgSiPb smo ugotovili obstoj optimalnega kota matrice, pri katerem je sila vlečenja najmanjša (sl. 6). Pri povečani hitrosti se vlečna sila počasi zmanjšuje, kar prikazuje slika 5.

LITERATURA

[1] Burgdorf, M.: Über die Ermittlung des Reibwerts für Verfahren der Massivumformung durch den Ringstauch-Versuch Ind. Anz. 89 (39), 16. maj 1967 (str. 799—804).

[2] Hribar, J.: Plastična obrada metala, Zagreb 1975.

[3] Vujovič, V.: Obrada deformisanjem u mašinstvu, Novi Sad 1977.

[4] Arzenšek, B., Kuzman, K.: Maziva in koeficient kontaktnega trenja pri masivnem preoblikovanju, Zagreb, BIAM 1980.

[5] Schmoeckel, D.: Untersuchungen über die Werkzeuggestaltung beim Vorwärts-Hohlfließpressen von Stahl. Berichte aus dem Institut für Umformtechnik, TH Stuttgart, Nr. 4, Essen: Girardet 1966.

Naslov avtorjev: dr. mag. Peter Leš, dipl. ing., VTŠ Maribor,
Vladimir Bračko, ing., IMPOL, Slovenska Bistrica