

# VOĽBA DRUHU MAZIVA PRE ŤAHANIE DRÔTU ZA STUDENA

## CHOICE OF TYPE OF LUBRICANT FOR COLD DRAWING OF WIRE

Viktor TITTEL

*Autor: Ing. Viktor Tittel, CSc.*

*Pracovisko: Katedra tvárnenia, Materiálovotechnologická fakulta, STU*

*Adresa: Bottova 23, 917 24 Trnava, SR*

*Tel.: 00421 33 5521007 E-mail: [viktor.tittel@stuba.sk](mailto:viktor.tittel@stuba.sk)*

### Abstract

*Pri ťahaní ocelového drôtu za sucha priemerov väčších ako  $\varnothing 0,5 \div 0,9$  mm sa používajú práškové mazivá. Tieto mazivá môžu byť vyrobené na báze sodných, vápenatých, prípadne draselných mydiel. Do týchto mydiel sú pridávané plnivá upravujúce ich vlastnosti a hlavne odolnosť voči tlaku. Získané vlastnosti mazív sú veľmi rozdielne, čo sa prejavuje v procese ťahania, v kvalite pracovného prostredia v rozdielnych nákladoch na ťahanie a likvidácií mazív, ale i na hotovom drôte napr. množstvom zvyškového maziva. Pre ďalšie spracovanie ťahaného drôtu môže byť práve množstvo a vlastnosti zvyškového maziva na drôte rozhodujúcim kritériom pre voľbu maziva. V článku sú namerané hodnoty množstva maziva na ťahanom drôte. Pri ťahaní nízkouhľikového drôtu boli použité mazivá na báze sodného a vápenatého mydla. Výsledky potvrdili možnosť regulovania množstva zvyškového maziva vhodnou voľbou druhu maziva bez dopadu na mechanické vlastnosti ťahaného drôtu.*

*At dry drawing of the steel wire larger than  $\varnothing 0,5 \div 0,9$  mm powder lubricants are used. These lubricants can be produced on the base of sodium, calcium or potassium soaps. Some filling agents are added to these soaps to improve their properties primarily resistance against pressure. Properties of the lubricants are very different that affects not only the drawing process, quality of the working conditions in term of cost statement and the elimination of lubricant but the wire made first of all via the amount of the residual lubricant. For further cold wire processing just the amount and the properties of the residual lubricant are viewed as a main criterion for lubricant choice. The values of the amounts of the residual lubricants on the wire drawn are introduced in the paper. At drawing of wire made from low carbon steel the lubricants on the base of sodium and calcium soaps have been used. The results show that it is possible to govern the amount of the residual lubricant choosing its suitable type without drop in the mechanical properties of the wire drawn.*

### Key words

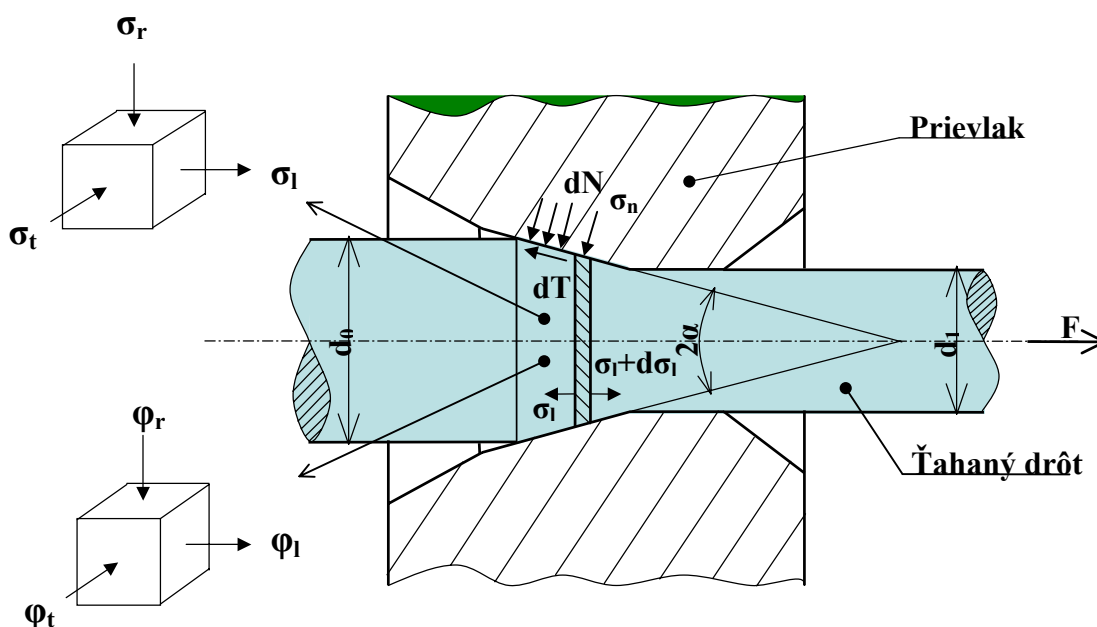
*drôt ťahaný za studena, mazivá pre ťahanie drôtu suché, mazivá sodné a vápenaté, mazivá zvyškové*

*cold drawn wire, dry lubricants for drawing of wire, natrium and calcium lubricants, residual lubricants*

## Úvod

Ťahanie oceľového drôtu za studena patrí medzi operácie objemového tvárnenia. Požadované mechanické vlastnosti finálneho drôtu sa dosahujú deformačným spevňovaním. Pre zníženie trenia na stykových plochách drôt – prievlak a umožnenie samotného procesu ťahania za studena sa používajú mazivá. Tieto môžu byť tuhé – práškové mazivá, polotuhé – pasty, alebo tekuté – oleje a emulzie. Ako mazivo sa pri ťahaní oceľových drôtov väčších ako  $\varnothing 0,5 \div \varnothing 0,9$  mm väčšinou používajú tuhé – práškové mazivá [1]. Pri ťahaní drôtu cez prievlak obr.1 dochádza na dotykových plochách k treniu.

Veľkosť trenia je vyjadrená koeficientom trenia  $\mu$ , ktorý je pri ťahaní drôtu v rozpätí  $\mu = 0,1 \div 0,01$ . V praxi sa vyskytuje väčšinou medzné mazanie s koeficientom trenia cca  $\mu = 0,1$ . Geometria prievlaku dáva priaznivé podmienky pre vznik hydrodynamického mazania ( $\mu = 0,01$ ), ktoré je však v praxi dosahované len zriedkavo [2].



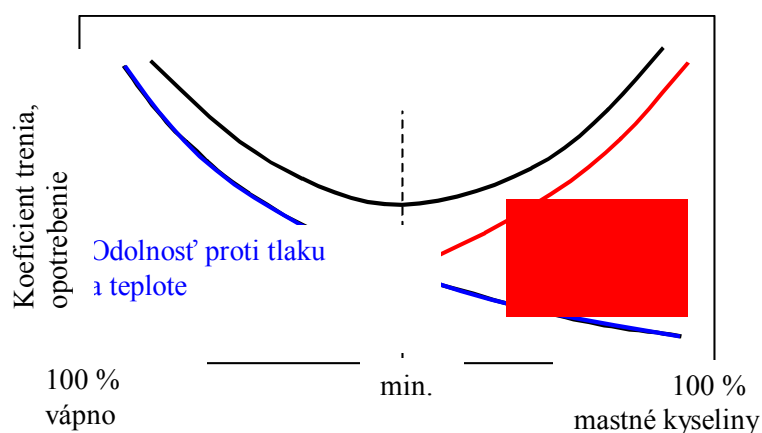
Kde:  $F$  – ťažná sila,  $d_0$  – vstupný priemer drôtu,  $d_1$  – výstupný priemer drôtu,  $2\alpha$  – uhol ťažného kužela,  $\sigma_l$  – pozdĺžne (absolútne najväčšie) ťahové napätie,  $\sigma_r$  – radiálne tlakové napätie,  $\sigma_t$  – obvodové tlakové napätie,  $\sigma_n$  – normálové napätie,  $dN$  – elementárne normálové tlaky,  $dT$  – elementárna trecia sila ( $dT = \mu \cdot dN$ ),  $\varphi_l$  – pozdĺžne pretvorenie v smere ťahového napätia,  $\varphi_r$  – radiálne pretvorenie,  $\varphi_t$  – tangenciálne pretvorenie

**Obr. 1.** Princíp ťahania drôtu

Na stykových plochách drôt – prievlak vznikajú tlaky  $10^3$  až  $10^4$  MPa a teploty  $100 \div 300$  °C. Vplyvom vysokých teplôt a šmykového namáhania dochádza k premene tuhého maziva na newtonovskú kvapalinu. Vysoké tlaky zároveň zapríčiňujú nárast viskozity a tým zabraňujú nežiaducej redukcii vrstvy maziva. Ako mazivá sa používajú väčšinou mydlá a to sú buď na báze sodných, alebo vápenatých mydiel, prípadne draselných.

Viskozitu maziva upravujú plnivá, ktoré nesmú spôsobiť zvýšený oter v prievlaku, prípadne majú tiež mazacie vlastnosti. Najčastejším plnivom je hydroxid vápenatý. Okrem toho plnivá musia zvyšovať bod mäknutia mazív, zvyšovať odolnosť voči tlakom, zlepšovať odolnosť voči korózii, zlepšovať drsnosť povrchu drôtu a pod. Pomer mydlo – vápno predstavuje veľmi dôležité kritérium pri voľbe maziva. Jeho hodnota je závislá na priemere ťahaného drôtu, jeho pevnosti v ťahu, veľkosti úberu a rýchlosti ťahania. Mydlo je podľa lit. [1] definované ako zmes hydratovaných sodných a draselných solí vyšších mastných kyselín, prípadne živíc na acidickéj báze s prímiesou elektrolytov.

Ako ukazuje obr. 2, pri vysokom obsahu vápna je malá mazacia schopnosť a stúpa koeficient trenia. Pri nízkom obsahu vápna je dobrá mazacia schopnosť, no malá únosnosť mazacej vrstvy a opäť stúpa koeficient trenia. Pri veľkých zaťaženiach a menších rýchlostiach je dôležitá mazacia schopnosť. Pri veľkých rýchlostiach ťahania je dôležitá viskozita maziva. Pri veľkých zaťaženiach a menších rýchlostiach je dôležitá mazacia schopnosť. Pri veľkých rýchlostiach ťahania je dôležitá viskozita maziva.



**Obr. 2.** Závislosť koeficientu trenia a opotrebenia na pomere vápna a mastných kyselín v mazive [1]

Mazivá obsahujú max. 0,5 ÷ 2,5 % vody a nesmú byť hygroskopické, t. j. nemali by nabrať vlhkosť z ovzdušia. Aby mazivo mohlo plniť svoju funkciu musí byť vtiahnuté do prievlaku na dotykovú plochu a jeho množstvo musí byť dostatočné. Schopnosť vtiahnutia maziva do prievlaku závisí predovšetkým od povrchovej úpravy, ale i od geometrie prievlaku, zrnitosti maziva a pod. Mazivá nesmú vytvárať tunel po prechode drôtu a taktiež nesmú hrudkovatieť. Pri optimálnom prívode maziva do prievlaku dochádza k vytvoreniu takmer súvislej vrstvy maziva na ťahanom drôte. Taktiež na hotovom drôte ostáva táto vrstva, ktorú nazývame zvyškový film. Zvyškový film vytvára dočasnú ochranu drôtu voči korózii. Niekedy je však táto vrstva nežiadúca a treba ju redukovať, alebo úplne odstrániť [2, 7].

Voľba maziva výrazne ovplyvňuje technologickú, ekonomickú i ekologickú stránku výroby ťahania drôtu. Z technologického hľadiska musí mazivo vytvárať hraničnú vrstvu medzi trecími plochami ťahaného drôtu a prievlaku, čím sa znižuje trecia sila a teplota v mieste pretvorenia. Pokles vonkajšieho trenia tiež priaznivo ovplyvňuje plastické pretvorenie v prievlaku, umožňuje zväčšovať dielčie i celkové úbery, ako i ťažnú rýchlosť a kvalitu povrchu drôtu. Vhodné mazivo ovplyvňuje celý proces ťahania drôtu, jeho mechanické vlastnosti ako aj jeho následné spracovanie. Z ekologického hľadiska je

rozhodujúce minimalizovanie prašnosti v ťahárňach a zníženie nebezpečenstva kožných ochorení pri kontakte s nimi. Mazivo musí byť taktiež recyklovateľné a ekologicky likvidovateľné. Ďalšou požiadavkou je, aby povrchová vrstva, ktorá ostane na drôte po ťahaní bola ľahko odstrániteľná pred tepelnou, alebo chemickou úpravou (žihanie, pozinkovanie, pomosadzovanie a pod.). Z ekonomického hľadiska musí byť výroba čo najlacnejšia, t. z. nízke náklady na mazivo, energiu a prievlaky, ako aj na jeho likvidáciu, príp. regeneráciu [4, 5, 6].

Druh a vlastnosti maziva sa riadia tvárniacim procesom, druhom materiálu a jeho povrchovou úpravou pred ťahaním [7]. Kritérií pre voľbu mazív je veľa a záleží na konkrétnom prípade, ktoré kritérium je dominantné. Čistota povrchu drôtu (bez zvyškov maziva, alebo s veľmi malým množstvom zvyškového maziva) je dôležitá vtedy, ak hotový ťahaný drôt bude tepelne spracovaný, alebo bude nasledovať úprava jeho povrchu.

Cieľom experimentu je zistiť vplyv sodných a vápenatých mazív na množstvo zvyškového maziva na ťahanom finálnom drôte.

### Experimentálna časť

Experimenty pozostávali z dvoch častí:

Prvá časť experimentov bola realizovaná na experimentálnom zariadení - jednotňahovom drôtoťahu s plynulou reguláciou rýchlosti ťahania a možnosťou merania ťažnej sily a okamžitého výkonu.

Postup bol nasledovný:

Nízkouhlíkový valcovaný drôt (VD) bol morený v kyseline soľnej a vápený v 10 % roztoku vápna (suspenzia hydroxidu vápenatého) - povrchová úprava. Hmotnosť vápeného povlaku na valcovanom drôte bola 6,7 g.m<sup>-2</sup>. Následne bol VD ťahaný šiestimi ťahmi na Ø 2,24 mm dielčimi úbermi podľa tabuľky 1. Rýchlosť ťahania bola 2 m.s<sup>-1</sup>. Nízkouhlíkový drôt Ø 5,5 mm akosti 11 343 o pevnosti v ťahu R<sub>m</sub> = 356 MPa.

#### PRIEMERY ÚBEROVEJ RADY PRI ŤAHANÍ DRÔTU Ø 5,5 NA Ø 2,24 mm

Tabuľka 1

Priemer drôtu Ø [mm]	5,50	5,00	4,25	3,60	3,04	2,58	2,24
Dielčí úber $\varepsilon_d$ [%]	-	20,0	27,6	28,6	28,0	24,8	24,8
Celkový úber $\varepsilon_c$ [%]	-	20,0	42,5	58,5	70,0	78,7	84,0

Kde:

dielčí úber je pomerné pretvorenie prierezu v jednom ťahu (obr. 1) a stanovíme ho nasledovne:

$$\varepsilon_d = \left( \frac{d_0^2 - d_1^2}{d_0^2} \right) * 100 \quad [\%]. \quad (1)$$

Celkový úber je celkové pomerné pretvorenie prierezu a stanovíme ho nasledovne:

$$\varepsilon_c = \left( \frac{D_0^2 - d_n^2}{D_0^2} \right) * 100 \quad [\%] \quad (2)$$

$D_0$  – počiatočný priemer drôtu,  $d_n$  – priemer drôtu po n-tom ťahu.

Pri experimente boli použité dve mazivá:

Priemyselné mydlo práškové 87% – sodné mydlo s obsahom 87 hmotnostných % mastných kyselín. Mazivo je rozpustné vo vode, vhodné na ťahanie moreného a vápeného nízkouhlíkového drôtu [3].

Profil S – mazivo na báze sodných a vápenatých mydiel obsahom 51÷55 hmotnostných % tuku a 21 ÷ 24 hmotnostných % Ca. Mazivo je vo vode nerozpustné a je veľmi vhodné na ťahanie, pretože znáša vysoký tlak [9].

Pri ťahaní sme overovali tri režimy mazania:

- I. Ťahanie s mazivom - Priemyselné mydlo práškové 87 % - na všetkých ťahoch.
- II. Ťahanie s mazivom - Profil S - na všetkých ťahoch.
- III. Ťahanie s dvoma mazivami- prvé dva ťahy Profil S, ďalšie 4 ťahy Priemyselné mydlo práškové 87 %.

Po každom ťahu boli odobraté vzorky drôtu na stanovenie množstva zvyškového maziva na jeho povrchu. Vždy boli stanovené tri hodnoty a vypočítaný ich aritmetický priemer. Vypočítané hodnoty sú znázornené na obr. 3. Pri každom ťahu, v každom režime sme zisťovali aj vplyv mazacieho režimu na veľkosť ťažných síl a na pevnosť drôtov v ťahu. Ťažné sily boli merané tenzometricky a pevnosť v ťahu sme zisťovali skúškou v ťahu [10].

V druhej časti experimentu sme uplatnili poznatky získané v prvej časti. Experimenty však boli vykonané v prevádzkových podmienkach, to znamená, pri vyšších rýchlostiach ťahania. Experimenty boli vykonané pri ťahaní drôtu na mikrovýstuž (neorientovaná oceľová výstuž do betónu z krátkych drôtených teliesok). Drôt bol ťahaný z VD Ø 5,5 mm akosti 11 343. Tento drôt bol fosfátovaný a ťahaný šiestimi úbermi na priemer Ø 2,7 mm, následne, bez medzižihania, ťahaný až na priemer Ø 1,05 mm. Dielčie úbery sú v tabuľkách 2 a 3.

#### DIELČIE A CELKOVÉ ÚBERY PRI PRVOM ŤAHANÍ

Tabuľka 2

Číslo ťahu		1	2	3	4	5	6
Priemer drôtu Ø [mm]	5,50	5,20	4,55	3,95	3,45	3,02	2,70
Dielčí úber $\varepsilon_d$ [%]		10,6	23,4	24,6	23,7	23,4	20,1
Celkový úber $\varepsilon_c$ [%]		10,6	31,6	48,4	60,7	69,8	75,9

Valcovaný drôt bol ťahaný na drôtoťahu UDZSA 2500/6 ťažnou rýchlosťou 6 m.s<sup>-1</sup>.

Pri ťahaní boli použité nasledovné mazivá:

- a- pôvodne mazivo Profil S,
- b- prvé dva ťahy Profil S a štyri ťahy V 14M.

Mazivo V 14M je vyrobené na báze sodných mydiel so zrnitosťou zamedzujúcou tvoreniu tunela v zásobníku pre mazivo. Mazivo je vodou rozpustné [8]. Po prvom ťahaní nasledovalo druhé ťahanie bez medziťahania.

### DIELČIE A CELKOVÉ ÚBERY PRI DRUHOM ŤAHANÍ

Tabuľka 3

Číslo ťahu		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Priemer drôtu $\varnothing$ [mm]	2,70	2,40	2,15	1,95	1,75	1,56	1,40	1,25	1,15	1,05
Dielčí úber $\varepsilon_d$ [%]		21,0	19,7	17,7	19,5	20,5	19,5	20,3	15,4	24,4
Celkový úber $\varepsilon_c$ [%]		81,0	84,7	87,4	89,9	92,0	93,5	94,8	95,6	96,7

Drôt  $\varnothing$  2,7 mm bol ťahaný na drôtoťahu typ GD 6/9 ťažnou rýchlosťou  $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Pri ťahaní boli použité nasledovné mazivá:

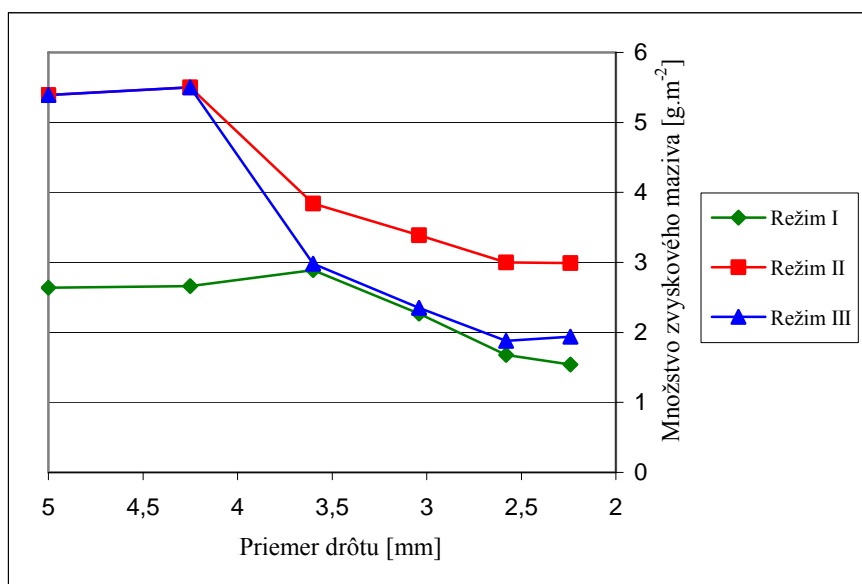
a – pôvodne mazivo Profil S,

b – osem ťahov V 14M a posledný ťah mazivo W.

Mazivo W je taktiež sodné mazivo s vysokým obsahom tukov. Jeho úlohou je uzatvoriť mazaciu vrstvu [7].

### Dosiahnuté výsledky

Výsledky získane pri prvej časti experimentu sú na obr. 3.



Obr. 3. Vplyv druhu maziva na množstvo zvyškového maziva

Výsledky získané v druhej časti experimentu sú v tabuľke 4.

MNOŽSTVO ZVYŠKOVÉHO MAZIVA NA DRÔTE PRI POUŽITÍ RÔZNYCH MAZÍV  
Tabuľka 4

	Priemer drôtu Ø [mm]	Druh maziva	Množstvo zvyškového maziva [g.m <sup>-2</sup> ]
Ťahanie Ø 5,5 mm na Ø 2,7 mm	2,7	Profil S	5,80
	2,7	Prvé dva ťahy Profil S, ďalšie štyri ťahy V 14M	3,01
Ťahanie Ø 2,7 mm na Ø 1,05 mm	1,05	Profil S	2,05
	1,05	V 14M, na poslednom ťahu mazivo W	0,85

### Diskusia k dosiahnutým výsledkom

Hodnoty hmotnosti zvyškového maziva na ťahanom drôte obr. 3 poukazujú na podstatný vplyv druhu maziva na hmotnosť vrstvy zvyškového maziva. Množstvo zvyškového maziva na ťahanom drôte klesá so znižujúcim sa priemerom u všetkých troch režimov. Ťahaním pri režime mazania I. (sodné mazivo) bol získaný tenký film zvyškového maziva s hmotnosťami  $2,89 \div 1,54 \text{ g.m}^{-2}$ . Pri režime mazania II. (vápenaté mazivo) bola táto hmotnosť  $5,39 \div 2,99 \text{ g.m}^{-2}$ . Hmotnosť vrstvy je veľmi závislá na mazacej schopnosti a hlavne odolnosti voči tlaku ako to ukazuje aj obr. 2. Na hotovom drôte sme zistili množstvo zvyškového maziva o 149 % väčšie ako v režime I. Hmotnosť vrstvy rastie s obsahom vápna v mazacom prostriedku. Mazivá s vysokým obsahom vápna majú dobrú odolnosť voči vysokým tlakom a preto je vytvorená vrstva zvyškového maziva väčšia ako pri použití sodného mydla. Pri aplikácii týchto poznatkov je potrebné tiež brať do úvahy skutočnosť, že zvyškový film je tvorený aj zo zvyškov povrchovej úpravy, v našom prípade vápna. Ak sme použili tretí režim (prvé dva ťahy vápenaté mydlo a ďalšie štyri ťahy sodné mydlo) na hotovom drôte ostalo  $1,94 \text{ g.m}^{-2}$ , čo je zníženie oproti II. režimu o  $1,05 \text{ g.m}^{-2}$ , resp. percentuálne zníženie na hotovom drôte o 35 %. Pri viackrátových drôtoťahoch je teda možné jednoducho regulovať hmotnosť zvyškového maziva pomerom počtu ťahov s vápenatým a sodným mazivom. V našom prípade to znamená, že na hotovom drôte Ø 2,24 mm ťahanom so sodným mazivom bude cca  $1,5 \text{ g.m}^{-2}$  zvyškového maziva, na ťahanom len s vápenatým mazivom  $3 \text{ g.m}^{-2}$  a pri kombináciách mazív môžeme dosahovať hodnoty od 1,5 do  $3,0 \text{ g.m}^{-2}$ . Ťažná sila bola meraná tenzometricky a jej snímanie dávalo nepriamo obraz o veľkosti trenia pri jednotlivých režimoch mazania. Výrazne jednoznačné rozdiely ťažnej sily neboli zistené. Výnimkou bol prvý ťah, kde sa zvýšila ťažná sila pri režimoch II. a III., čo možno vysvetliť veľkým podielom vápna v mazive, ktoré sa dostáva do vápenatého maziva z povrchovej úpravy a v zmysle obr. 2 sa zvyšuje koeficient trenia. Pevnosť hotového drôtu v ťahu môže taktiež nepriamo charakterizovať proces ťahania a kvalitu mazania. Rozdiel v pevnosti drôtov v priebehu ťahania, ako aj finálnych drôtov ťahaných v rôznych režimoch ťahania bol zanedbateľný. Rozdiely nepresiahli 1,8%.

Výsledky druhej časti experimentu boli získané v konkrétnych prevádzkových podmienkach a potvrdili výsledky získané na experimentálnom zariadení. Potvrdili vhodnosť sodných mydiel na získanie ťahaných drôtov s malým množstvom zvyškového maziva.

Zároveň sa potvrdila možnosť kombinácie sodných a vápenatých mazív pre tieto účely. Pôvodné množstvo zvyškového maziva na predťahu  $\varnothing$  2,7 mm bolo možné znížiť zámennou vápenatého maziva za sodné z hodnoty  $5,80 \text{ g.m}^{-2}$  na  $3,01 \text{ g.m}^{-2}$ , čo predstavuje zníženie o 48 %. Na finálnom drôte  $\varnothing$  1,05 mm bolo možné znížiť toto množstvo z  $2,05 \text{ g.m}^{-2}$  na  $0,85 \text{ g.m}^{-2}$ , čo predstavuje zníženie o 58 %.

### Záver

Experimenty preukázali, že voľbou druhu maziva môžeme výrazne ovplyvňovať množstvo zvyškového maziva na ťahanom drôte. Použitím sodných mazív dostaneme tenký film a pri použití vápenatých mazív hrubší film. Ich kombináciou na jednotlivých ťahoch môžeme regulovať množstvo zvyškového maziva. V prípade zvolenia len sodného mydla zabezpečíme i jeho ľahkú odstrániteľnosť, pretože je rozpustné vo vode. Množstvo zvyškového maziva, ktoré ostáva na drôte po ťahaní, je len jedno z kritérií pre voľbu maziva. V mnohých prípadoch je však toto kritérium rozhodujúce.

### Zoznam bibliografických odkazov:

- [1] MARCOL, J. *Tažený ocelový drát*. Bohumín: ŽDB, 1996.
- [2] KOZIOREK, J. *Vývoj a výzkum mazív pro tažení ocelových drátů za sucha. Závěrečná správa*. Dobruška: VUHŽ, 1977, 68 s.
- [3] TITTEL, V. *Výzkum vplyvu povrchu na spracovateľské vlastnosti a prašnosť u "C" drôtov. Priebežná správa*. Hlohovec: Drôtovňa, 2002, 12 s.
- [4] BAČA, J. *Objemové tvárnenie: Zápustkové kovanie*. Bratislava: STU, 2005. 161 s. ISBN 80-227-2176-X
- [5] KAPUSTOVÁ, M., ULÍK, A. Porovnanie separačných mazadiel pre zápustkové kovanie. In *Technológia 97*. Bratislava: STU, 1997, s. 818 - 820.
- [6] LUKŠIC, J., ŠIŠKA, P. Vplyv maziva na ťahanie ocelového drôtu pri pretvorení  $\varphi = 0,4$ . In *CO – MAT – TECH 2000*. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2000, ISBN 80-227-1413-5, s. 165-170.
- [7] ŠTĚTINA, V., VESELÝ, V. *Mazivá v tribologii*. Bratislava: VEDA, 1985, 408 s.
- [8] Firemné materiály firmy Traxit International, SRN.
- [9] Firemné materiály firmy ANIVEG CZ, ČR.
- [10] STN EN 10002-1 + AC1:1997, *Kovové materiály. Skúška ťahom pri teplote okolia*.