

# VÝSKUM VPLYVU TEPLoty NA OBJEMOVÚ TVÁRNITEĽNOSŤ A MIKROŠTRUKTÚRU MOSADZE Ms 70

## RESEARCH OF TEMPERATURE INFLUENCE ON WORKABILITY AND MICROSTRUCTURE OF BRASS Ms 70

<sup>1</sup>Mária LUBINOVÁ, <sup>1</sup>Mária KAPUSTOVÁ, <sup>2</sup>Peter ŽÚBOR

*Autori:* <sup>1</sup>Ing. Mária Lubinová, <sup>1</sup>Ing. Mária Kapustová, PhD., <sup>2</sup>Ing. Peter Žúbor, PhD.

*Pracovisko:* <sup>1</sup>Katedra tvárnenia, Materiálovotechnologická fakulta STU

<sup>2</sup>Katedra materiálového inžinierstva, Materiálovotechnologická fakulta STU

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

*Tel:* 00421 335521105 *e - mail:* [mkapust@mf.stuba.sk](mailto:mkapust@mf.stuba.sk)

### Abstract

*Príspevok predkladá informácie o mechanických vlastnostiach a tvárniteľnosti Cu – zliatiny typu STN 42 3210, ktoré boli zistené ťahovou skúškou v intervale teplôt 650 až 900 °C. Prínosom sú namerané a vypočítané priemerné hodnoty mechanických vlastností a ukazovateľov plasticity, ktoré sú dôležité pre tvárnenie za tepla Cu – zliatin.*

*The article gives information about mechanical properties and workability of STN 42 3210 copper alloy determined by tensile test at temperature from 650 to 900 °C. The assets of this contribution are measured and calculate average values of mechanical properties and indicators of plasticity, which are important for hot forming of copper alloys.*

### Key words

*tvárniteľnosť objemová, mikroštruktúra, vlastnosti mechanické, ukazovatele plasticity*

*workability, microstructure, mechanical properties, indicators of plasticity*

### Úvod

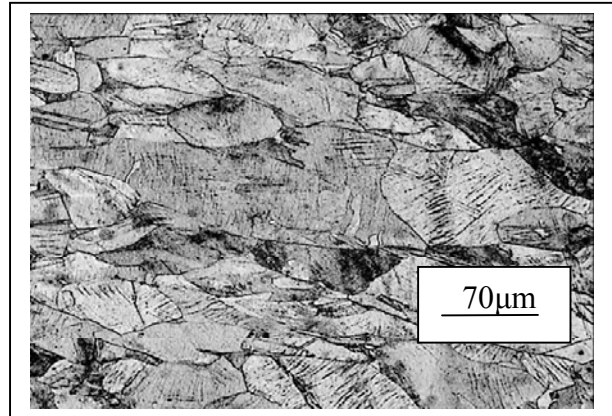
Pre technickú prax majú význam mosadze s obsahom Zn do 50%, pričom mosadze určené na tvárnenie sú zliatiny s obsahom Cu v rozsahu 58 až 96%. Tvárniteľnosť mosadzí závisí od obsahu legujúcich prvkov, od štruktúrnej stavby, ako aj od nečistôt. Prísada zinku s obsahom nad 40% zhoršuje tvárniteľnosť Cu-Zn zliatin [1].

Hodnotenie vplyvu teploty na tvárniteľnosť a mikroštruktúru mosadzí má opodstatnenie predovšetkým z hľadiska posúdenia vhodnosti týchto zliatin pre ďalšie spracovanie objemovým tvárnením za tepla, a to najmä kovaním a pretlačovaním. Význam skúmania tvárniteľnosti a plasticity Cu-zliatin spočíva najmä vo vytváraní databázy ich mechanických

vlastností v závislosti od teploty. Súčasný trend rýchleho napredovania nových a úsporných technológií v oblasti tvárnenia sa jednoznačne opiera o vzájomné prepojenie výskumu tváriteľnosti, počítačového softvéru a výroby.

### Charakteristika mosadze Ms 70

Mosadz Ms70 je zliatina medi s obsahom zinku 30% (CuZn30). Patrí medzi menej ušľachtilé mosadze, určené k tvárneniu za tepla i za studena. Je normalizovaná podľa STN 42 3210, dobre tváriteľná a v mäkkom stave má veľmi dobré hlbokoťahové vlastnosti. Odoláva korózii v bežných korózných prostrediach, ale neodoláva kyselinám, amoniaku, síre a zlúčeninám síry. Smerné chemické zloženie danej mosadze predkladá tab. 1 [2]. Používa sa najmä na výkovky a výlisky, pre výrobu ťahaných a lisovaných súčiastok, predovšetkým v elektrotechnike, ako aj na výrobu hudobných nástrojov a dekoratívnych výrobkov, pružín, jadier radiátorov, nádrží v automobilovom priemysle, tlakových valcov a valcov čerpadiel.



**Obr.1** Vzorka Ms 70 základný stav, deformované zrná ( ťahaná tyč)

SMERNÉ CHEMICKÉ ZLOŽENIE [hm.-%] SKÚMANEJ Cu- ZLIATINY Tabuľka 1

Zliatina	Cu	Pb	Fe	Ostatné	Zn
Ms 70	69,0 – 72,0	max 0,05	max 0,07	max 0,2	zvyšok

### Hodnotenie tváriteľnosti mosadze Ms 70

Tváriteľnosť zliatiny CuZn30 (Ms 70) sa posudzovala pomocou ťahovej skúšky pri zvýšenej teplote v zmysle STN EN 10002-5. Skúška ťahom sa uskutočnila na mechanickom trhacom stroji typu ZDM 5/91 (menovitá sila 50 kN) s rýchlosťou posuvu prierečníka 10mm/min. Ťahová skúška bola vykonaná pri zvolených teplotách 650, 700, 750, 800, 850, 900 °C. Skúšobné telesá sa pripravili z tyče kruhového prierezu  $\phi 14$  mm ťahanej za studena, ktorá bola dodaná v tvrdom stave. Válcové tyče (6 sérií po 3 ks) boli zhotovené s priemerom drieku  $\phi 8 \pm 0,05$  a so závitovou hlavou, pričom ich rozmery a tvar vyplynuli z požiadaviek skúšobného zariadenia [3,4]. Na ohrev skúšobných tyčí počas statickej skúšky ťahom bola použitá rúrková elektrická pec typu D 0282 V150 s prevádzkovou teplotou do 950 °C, adaptovaná na skúšobný mechanický stroj. Meranie teploty skúšobnej tyče bolo zabezpečené teplomerom TESTO 945 s termočlánkom typu K ( Ni-CrNi ) s meracím rozsahom  $-200$  až  $+1370$  °C, s rozlíšením 0,1 °C a s presnosťou  $\pm 0,5\%$  z meranej hodnoty.

### Spracovanie dosiahnutých výsledkov zo skúšky

Pri každej teplote sa odskúšali tri vzorky, pričom z nameraných hodnôt sa zisťovali mechanické vlastnosti ( $R_m$ - pevnosť,  $A$  - ťažnosť,  $Z$  - kontrakcia), ukazovatele objemovej

tvárniteľnosti ( $\lambda_R$ - ukazovateľ plasticity do lomu podľa Kolmogorova,  $D_{sm}$  - ukazovateľ deformačnej schopnosti podľa Paura ) [5] a boli spracované ich priemerné hodnoty.

Vypočítané priemerné hodnoty mechanických vlastností  $R_m$ ,  $A$ ,  $Z$  a ukazovateľov plasticity  $D_{sm}$  a  $\lambda_R$  skúmanej zliatiny druhu STN 42 3210 pre každú teplotu (tab. 2) sa stali podkladom pre vypracovanie stĺpcových grafických závislostí na obr. 2 a obr. 3.

*Poznámka:* Ukazovatele plasticity sa určia z ťahovej skúšky za tepla:

$D_{sm}$  - ukazovateľ deformačnej schopnosti

$$D_{sm} = \frac{1}{1-Z} - 1 \quad [-]$$

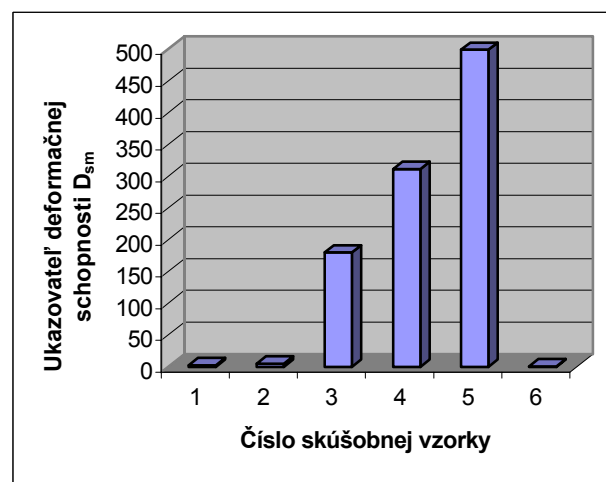
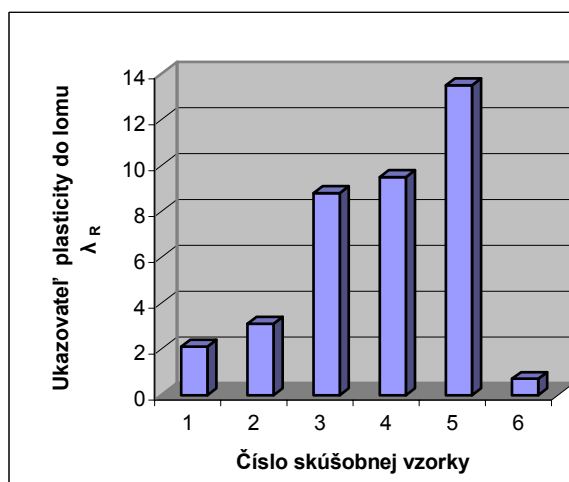
$\lambda_R$  - ukazovateľ plasticity do lomu

$$\lambda_R = 2\sqrt{3} \ln \frac{d_o}{d_R} \quad [-]$$

kde  $d_o$  je začiatkový priemer,  $d_R$  - najmenší priemer v priečnom reze v křčku.

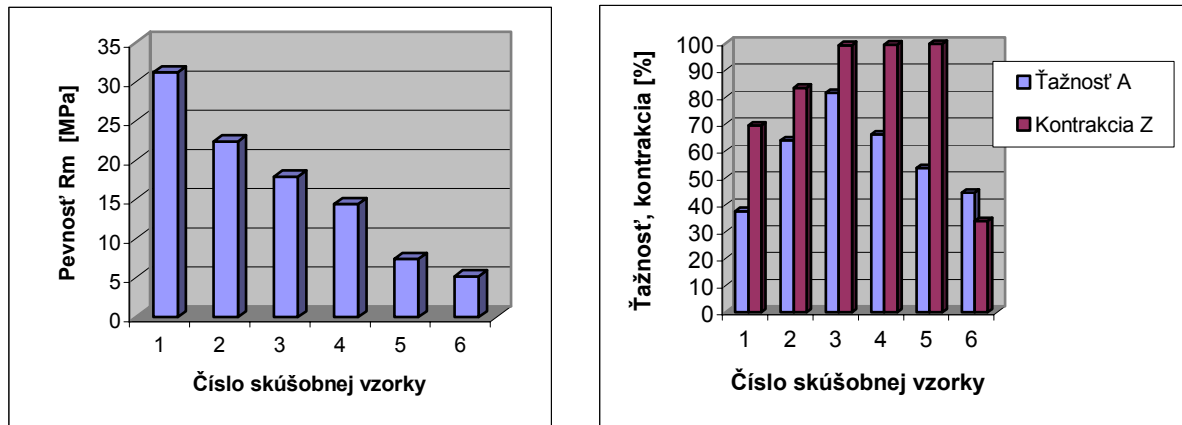
PRIEMERNÉ HODNOTY NAMERANÝCH A VYPOČÍTANÝCH VELIČÍN Tabuľka 2

Číslo vzorky	Teplota [°C]	$R_m$ [MPa]	$A$ [%]	$Z$ [%]	$\lambda_R$ [-]	$D_{sm}$ [-]
1	650	31,00	37,60	69,40	2,10	2,30
2	700	22,00	63,90	83,40	3,10	5,00
3	750	18,00	81,50	99,30	8,80	180,00
4	800	14,00	66,10	99,50	9,50	311,50
5	850	7,00	53,50	99,80	13,50	499,00
6	900	5,00	44,40	33,90	0,70	0,50



**Obr. 2** Vplyv zvýšených teplôt (vzorka č. 3,4,5) na ukazovatele plasticity do lomu  $\lambda_R$  a deformačnej schopnosti  $D_{sm}$

Pre hodnotenie objemovej tváriteľnosti mosadzí za tepla možno považovať za rozhodujúci teplotný priebeh kontrakcie Z, lebo daná charakteristika plasticity poskytuje spoľahlivé výsledky, ktoré sú porovnateľné s výrobnou praxou, najmä v kováčňach [5]. Je nutné pripomenúť, že získaná hodnota kontrakcie má absolútny charakter pre celkom špecifické podmienky, ktoré v kováčňach môžu byť tak priaznivejšie ako aj zhoršujúce sa. Z hľadiska možných úspor či efektívnosti výroby je potrebné získavať stále viac informácií o mechanických vlastnostiach a tváriteľnosti mosadzí za tepla, a to najmä v blízkosti intervalu normou doporučených teplôt vhodných pre objemové tvárnenie za tepla.



**Obr. 3** Vplyv zvýšených teplôt na mechanické vlastnosti mosadze Ms 70

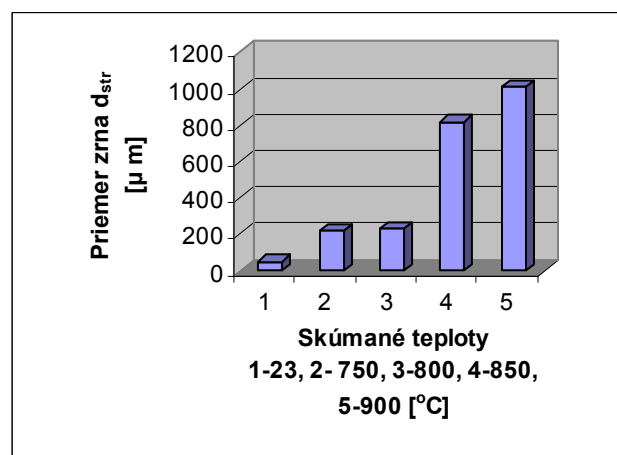
Pre mosadz Ms 70 udáva STN 42 3210 interval doporučených teplôt 750 ÷ 840 °C, pričom z grafických priebehov teplotných závislostí charakteristík plasticity je zrejмый značný nárast hodnôt plasticity skúmanej mosadze už od teploty 700 °C.

### Mikroštruktúrna analýza skúšobných vzoriek

Po skúške ťahom na teplotách 750, 800, 850 a 900 °C, čo sú teploty v blízkosti intervalu kováčňových teplôt, bola na skúmanej mosadzi Ms 70 vykonaná materiálová analýza. Mikroštruktúra mosadze CuZn30 vo východiskovom stave má polyedrický charakter a je tvorená  $\alpha$  - mosadzou s náznakom deformačnej textúry na obr. 1.

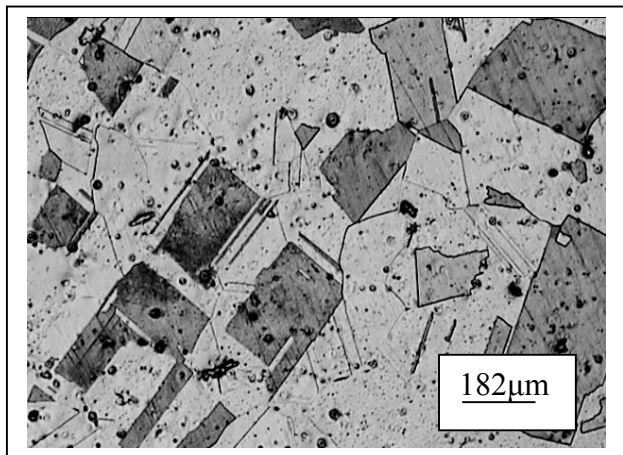
Z toho vyplýva, že zrná majú prednostnú orientáciu v smere pôsobiaceho napätia. Nebola pozorovaná prítomnosť iných fáz. Vzhľadom na to, že vzorky boli pripravené z tyče ťahanej za studena je možné pozorovať sklzové pásy v zrnách.

Z mikroštruktúrnej analýzy vzorky po skúške ťahom pri teplote 750 °C na obr. 5 vidieť, že má rovnoosý polyedrický charakter a oproti základnému stavu na obr.1 došlo k zhrubnutiu zrna. Mikro-

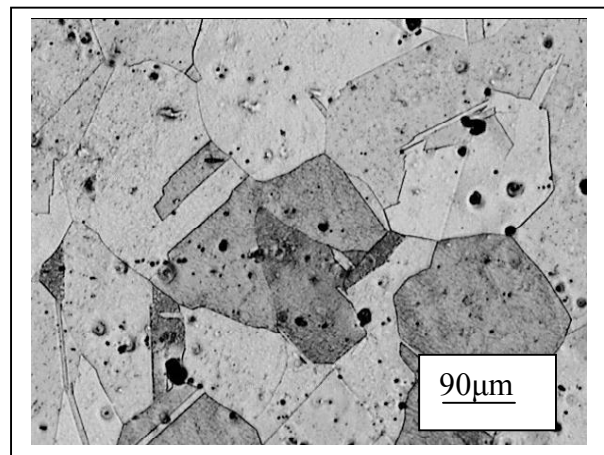


**Obr. 4** Sledovanie rastu zrna v závislosti od teploty

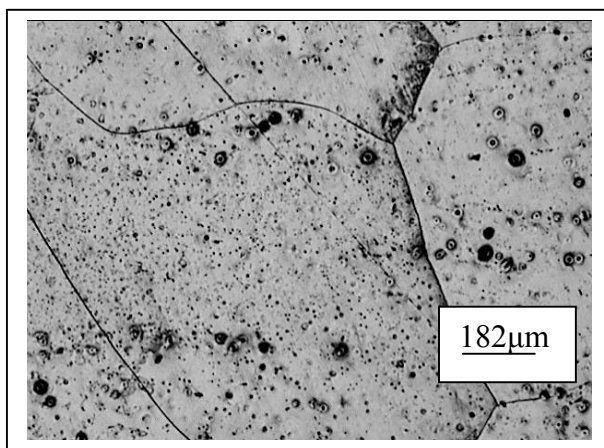
štruktúra stratila deformačný charakter, z čoho môžeme usúdiť, že v priebehu skúšky nastala rekryštalizácia. Podobne vykazuje polyedrický charakter a zhrubnutie zrna aj štruktúra vzorky po skúške ťahom pri teplote 800 °C, čo dokumentuje obr. 6. Mikroštruktúra vzorky Ms 70 pri teplote 850 °C na obr. 7 má polyedrický charakter a je tvorená  $\alpha$  - mosadzou bez výraznej prítomnosti iných sekundárnych fáz. Pri teplote 850°C nastalo výrazné zhrubnutie zrna, ktoré môže mať nepriaznivý vplyv na mechanické vlastnosti. Ešte prudší nárast zrna nastal pri teplote 900°C, čo bolo spôsobené možným prehriatím materiálu, nakoľko bol prekročený interval hornej teploty tvárnenia. Na prudký rast zrna pri teplote 850 a 900 °C poukazuje aj obr. 4.



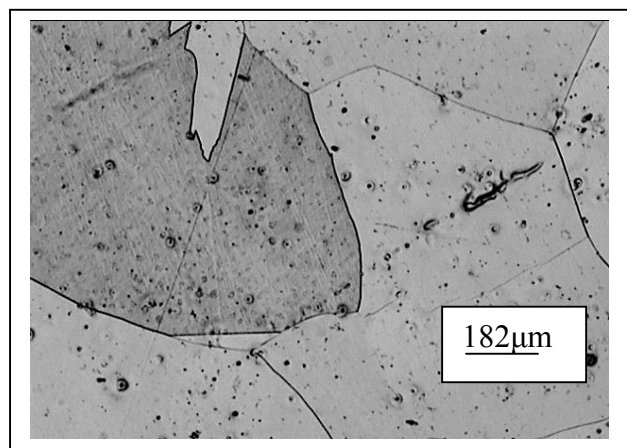
**Obr. 5** Vzorka Ms 70 pri teplote 750 °C



**Obr. 6** Vzorka Ms 70 pri teplote 800 °C



**Obr. 7** Vzorka Ms 70 pri teplote 850 °C



**Obr. 8** Vzorka Ms 70 pri teplote 900 °C

### Záver

Výskum vplyvu teploty na mechanické vlastnosti a stav mikroštruktúry mosadze Ms 70 má praktický význam. Na základe dosiahnutých výsledkov je možné doporučiť také technologické podmienky spracovania mosadze Ms 70 objemovým tvárnením za tepla, ktoré

pre výrobné prevádzky predstavujú ekonomický zisk. Zaujímavá je najmä úspora energie, ktorá sa dosiahne cestou optimalizácie kovacíh teplôt mosadze [6].

**Zoznam bibliografických odkazov:**

- [1] PÍŠEK, F., JENÍČEK, L., RYŠ, P. *Nauka o materiálu I. Neželezné kovy*. Praha: Academia, 1973.
- [2] FÜRBAKER, I., MACEK, K. a kol. *Lexikon technických materiálů*. Svazek 3. Praha: Verlag Dashofer, 2001.
- [3] STN EN 10002-5. *Kovové materiály: Skúška ťahom. Časť 5: Skúška ťahom pri zvýšenej teplote*. Bratislava: SÚTN, 1998.
- [4] KAPUSTOVÁ, M., DOMÁNKOVÁ, M. Skúmanie vplyvu teploty na objemovú tvárnosť a mikroštruktúru Cu-zliatiny STN 42 3223. In *Transfer 2003 : 5. Medzinárodná vedecká konferencia*. Trenčín: 2003, II. diel, s. 228-231.
- [5] DRASTÍK, F., ELFMARK, J. *Plastometry a tvárnosť kovů*. Praha: SNTL, 1977.
- [6] ULÍK, A. Využitie parametrov tvárnosti kovov pre simuláciu procesov objemového tvárnenia. In *FORMING 2000*. Bratislava: STU, 2001, s. 233-238.