2 | 2023

SLÉVÁRENSKÉ LISTY

e-časopis České slévárenské společnosti, z.s.
Czech & Slovak Foundry e-Magazine

100

1920 23 ČSS

100

1923 ČSS

VÝZVA K AKTIVNÍ ÚČASTI

59. slévárenské dny®

Brno, hotel Avanti | 07.–08.11.2023

VÝZVA K AKTIVNÍ ÚČASTI

- tradiční účast zástupců sléváren ČR a SR
- propojení účastníků konference a doprovodné výstavy
- cenová dostupnost i pro menší firmy
- tradiční setkání zástupců sléváren s dodavateli

KONTAKT

Odborný garant 59. slévárenských dnů®
doc. Ing. Antonín Záděra, Ph.D.
tel./fax: +420 541 142 656, mobil: +420 737 542 333
zadera@fme.vutbr.cz

www.slevarenskedny.cz

POŘADATEL:

Česká slévárenská společnost, z. s.

SPOLUPOŘADATEL:

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Ústav strojírenské technologie
FSI VUT Brno

SLÉVÁRENSKÉ LISTY
Volně přístupný elektronický časopis České slévárenské společnosti, z.s.
Open access electronic magazine of the Czech Foundrymen Society
Datum zveřejnění č. 2/2023
na www ČSS: 25.07.2023
Frekvence vydávání: 4× ročně

ISSN: 2788-2586

Vydavatel | Publisher:
© Česká slévárenská společnost, z.s.
Divadelní 6, CZ 602 00 Brno
tel./fax: +420 542 214 481
mobil: +420 603 342 176
https://ceskaslevarenska.cz/
Česká slévárenská společnost

anno 1923

Česká slévárenská společnost, z.s., je členem

Redakce:
Mgr. Helena Šebestová
Mgr. František Urbánek

Mgr. Milada Písaříková
+420 724 364 578
slevarenske.listy@gmail.com

Sazba:
Ing. Jana Knapcová

Redakční rada:
Ing. Martin Balcar, Ph.D.
Ing. Vladimír Bláha
prof. Ing. Danka Bolibruchová, Ph.D.
Ing. Bc. Barbora Bryksí Stunová, Ph.D.
Ing. Jan Kocian
Ing. Václav Krňávek
Ing. Vladimír Krutiš, Ph.D.
Ing. Marco Kyncl
doc. Ing. Petr Lichý, Ph.D.
Ing. Milan Luňák, Ph.D.
doc. Ing. Antonín Mores, CSc.
Ing. Martin Mrázek, Ph.D.
Ing. Jiří Pazderka
doc. Ing. Ivo Špička, Ph.D.
doc. Ing. Iveta Vasková, Ph.D.
předseda: Ing. Ludvík Martínek, Ph.D.

© Česká slévárenská společnost, z.s.

OBSAH 2/2023

Odborné články

5 ŠERÁK, J.; ŠIMON, C.; VOJTĚCH, D.:
Nové hořčíkové slitiny legované zirkoniem a vápníkem pro práci za zvýšených teplot | New magnesium alloys alloyed with zirconium and calcium for work at elevated temperatures

15 LUŇÁK, M.:
Výzkum vlivu vápníku na vybrané vlastnosti a strukturu odlitků z Al-Si-Ca slitiny – 1. část | Research on the effect of calcium on selected properties and structure of castings from Al-Si-Ca alloy – 1st part

Z činnosti ČSS

23 JELÍNKOVÁ, H.: 68. zasedání OK ekonomické v Třinci

24 BRYKSÍ STUNOVÁ, B.: 9. Holečkova konference v Libverdě

25 BRYKSÍ STUNOVÁ, B.: 82. zasedání OK pro litinu s kuličkovým grafitem

25 LICHÝ, P.: Jednání volební valné hromady České slévárenské společnosti, z.s., 13. dubna 2023 na VUT v Brně

28 KRŇÁVEK, V.: Zpráva z jarního zasedání Odborné komise 06 pro lití pod tlakem při ČSS

29 LUŇÁK, M.: Workshop nízkotlakařů aneb 2. setkání podskupiny NTL při OK06 ČSS

31 BRYKSÍ STUNOVÁ, B.; BLÁHA, V.: Ekologický seminář v Hradci Králové

Školení

32 LUŇÁK, M.: Odborné školení „Metalurgie slitin hliníku“ s praktickými tipy v rámci slévárny TOP Alulit s.r.o.

Zahraniční akce

33 LICHÁ, I.; LICHÝ, P.: Konference Współpraca/Spolupráce/Spolupráca 2023

34 LUŇÁK, M.: Reportáž ze slévárenské „olympiády“ – veletrh GIFA 2023

Publikace

37 Praktická slévárenská příručka

38 **Zahraniční slévárenské časopisy**

Umělecké odlitky

40 KROUŽIL, M.: Ze sbírek Technického muzea v Brně

Představujeme

41 KROUŽIL, M.: Kovolitecká experimentální dílna Technického muzea v Brně

42 BRŮŽA, F.: Copromec a ŠEBESTA – distribuce a aplikace inovativních pístů v ČR a SR

Reklama

50 Český svaz vědeckotechnických společností – WEC

4 LANIK HOLDING

49 SHM, s. r. o., Šumperk

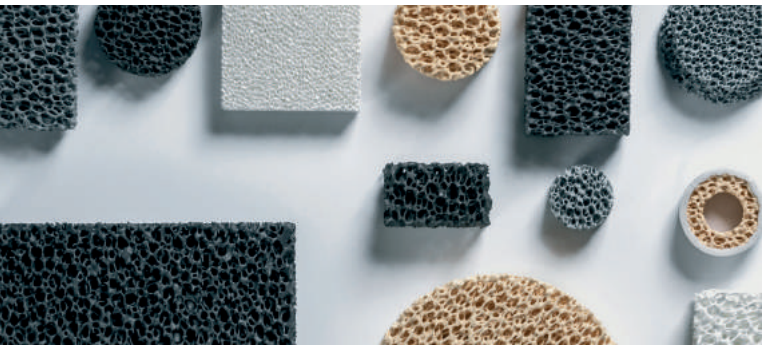
45 ŠEBESTA-služby slévárnám s.r.o., Brno

Z HISTORIE ČSS

46 Z historie Československého odborného spolku slévárenského a České slévárenské společnosti – II. část

LANIK HOLDING

Skupina stabilních průmyslových firem založená na rodinných hodnotách



LANIK

LANIK s.r.o.

Vyrábí pěnové keramické filtry a žáruvzdornou technickou keramiku pro slévárenství a ostatní průmyslová odvětví

Boskovice, Česká republika

METSCH

Metsch Refractories Inc.

Vyrábí žáruvzdornou keramiku pro slévárny přesného lití a technickou keramiku pro elektrotechnický průmysl

Chester, WV, USA

TPP

TEPLOTECHNA PRŮMYSLOVÉ PECE, s.r.o.

Navrhuje, vyrábí a servisuje plynové a elektrické průmyslové pece

Olomouc, Česká republika

ROMILL

ROMILL s.r.o.

Projektuje a vyrábí technologická zařízení pro průmyslový mikrovlnný ohřev

Brno, Česká republika

www.lanikholding.com

Nové hořčíkové slitiny legované zirkoniem a vápníkem pro práci za zvýšených teplot

New magnesium alloys alloyed with zirconium and calcium for work at elevated temperatures

Ing. Jan Šerák, Ph.D.
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,
Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství

Ing. Cyril Šimon
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,
Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství

prof. Dr. Ing. Dalibor Vojtěch
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,
Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství

Klíčová slova

hořčíkové slitiny, tepelná stabilita, mechanické vlastnosti, mikrostruktura, legování

Key words

magnesium alloys, thermal stability, mechanical properties, microstructure, alloying

Abstrakt

Většina komerčních hořčíkových slitin je použitelná pro práci za normální teploty. Dobrý poměr mezi mechanickými vlastnostmi a hustotou hořčíkových slitin inicioval vývoj nových typů slitin, které by mohly být používány i za zvýšených teplot. Tím by se výrazně zvýšila použitelnost těchto slitin tam, kde se převážně používají oceli nebo slitiny hliníku, zejména v dopravním průmyslu. Potenciálním problémem dnešních slitin hořčíku odolných vůči vysokým teplotám je nutnost používat slitiny obsahující jako přísady drahé kovy vzácných zemin. V této práci byly studovány výrazně levnější slitiny hořčíku s vápníkem a zirkoniem. Byly studovány mikrostruktura a mechanické vlastnosti v tlaku při teplotách 20, 150, 200 a 250 °C vybraných hořčíkových slitin s různým obsahem vápníku a zirkonia. Dále byla studována tepelná odolnost slitin při jejich dlouhodobé tepelné expozici. Byl zjištěn velmi pozitivní vliv vápníku a zirkonia na vlastnosti slitin jak za laboratorní teploty, tak i za teplot zvýšených, což dává těmto slitinám velmi slibnou perspektivu pro jejich budoucí využití.

Abstract

Most commercial magnesium alloys are usable for normal temperature work. The good ratio between the mechanical properties and the density of magnesium alloys initiated the development of new types of alloys that could be used even at elevated temperatures. This would significantly increase the applicability of these alloys where steel or aluminium alloys are predominantly used, especially in the transport industry. A potential problem with current high temperature magnesium alloys is the need to use alloys containing rare earth precious metals as additives. Significantly cheaper alloys of magnesium with calcium and zirconium were studied in this study. The microstructure and mechanical properties under pressure at temperatures of 20, 150, 200 and 250 °C of selected magnesium alloys with different contents of calcium and zirconium were studied. Furthermore, the thermal resistance of MgZrCa alloys during their long-term thermal exposure was studied. A very positive effect of calcium and zirconium on the properties of alloys both at laboratory temperature and at elevated temperatures was found, which gives these alloys a very promising perspective for their future use.

Úvod

Kovový hořčík byl poprvé připraven v malém množství H. Davym v roce 1808. Průmyslová výroba hořčíku začala ve Francii v roce 1857. Výroba hořčíku byla zpočátku značně obtížná a nákladná. Proto byl vyrobený hořčík nejprve používán pro speciální aplikace (pyrotechnika, chemická činidla v organické syntéze atd.). Jako konstrukční materiál byly slitiny hořčíku poprvé použity pro stavbu odlehčeného skeletu vzducholodí Zeppelin [1]. Následovaly další praktické aplikace hořčíkových slitin v dopravním průmyslu, např. pro výrobu ráfků a karoserií automobilů. K prudkému rozvoji výroby a zpracování hořčíkových slitin došlo až po skončení 2. světové války v Evropě a USA. Současná celosvětová produkce hořčíku se odhaduje na více než 1 000 000 tun ročně. V současné době připadá přibližně 90 % této produkce na Čínu [2]. Konec 2. světové války významně odstartoval vývoj dalších hořčíkových slitin. Vzhledem k vysoké reaktivitě hořčíku byl vývoj hořčíkových slitin zpočátku zaměřen na slitiny, které nebudou při používání vystaveny zvýšeným teplotám a agresivnímu chemickému prostředí. Teprve v posledních desetiletích se vývoj zaměřil na nové typy hořčíkových slitin se zvýšenou odolností za zvýšených teplot. Stabilizaci mikrostruktury hořčíkových slitin při zvýšených teplotách umožnilo použití poměrně drahých přísad na bázi kovů vzácných zemin, thoria, zirkonia a dalších [1–5]. Bohužel cena těchto přísad má v současné nepříznivé celosvětové situaci výrazně stoupající tendenci [5], navíc je celosvětová produkce kovů vzácných zemin téměř výhradně lokalizována do nevyzpytatelného čínského regionu. Dlouhodobé používání hořčíkových slitin za zvýšených teplot je podmíněno jejich vysokou odolností proti tečení a oxidační odolností [6]. Současný vědecký výzkum se zaměřuje na vývoj hořčíkových slitin, kde je podstatná část drahých legur nahrazována cenově dostupnějšími prvky [7–10], přičemž vápník a stroncium [8–13] se v této souvislosti jeví jako velmi slibné. V této práci byl pro přípravu studovaných slitin použit vápník v kombinaci se zirkoniem.

Slitiny hořčíku se zvýšenou odolností za zvýšených teplot

Vývoj slitin se zvýšenou odolností při zvýšených teplotách je založen na celkové stabilizaci jejich mikrostruktury. Mikrostruktura hořčíkových slitin v litém stavu je tvořena primárními dendrity tuhého roztoku hořčíku a intermediálními fázemi vyloučenými v mezidendritických oblastech. Pro dosažení co nejvyšších mechanických vlastností slitiny je nutné zajistit co nejmenší velikost dendritů tuhého roztoku hořčíku. Tuhý roztok hořčíku by měl vykazovat nejvyšší možnou pevnost, které lze dosáhnout vhodnými přísadami v něm rozpustnými. U některých typů slitin hořčíku lze pro zpevnění tuhého roztoku použít i precipitační vytvrzování. Dále je nutné stabilizovat mezidendritické oblasti s vyloučenými intermediálními fázemi, aby se mechanizmy deformace slitiny v důsledku tečení při zvýšených teplotách omezily na minimum [12–18]. Výběr vhodných přísadových prvků pro jejich výrobu je nutně založen na několika aspektech. Předpokladem pro dosažení stabilní mikrostruktury slitiny za zvýšených teplot jsou co nejnižší difuzní koeficienty legujících prvků v hořčíku, dostupnost a příznivá cena legovacích prvků a v neposlední řadě možnost využít k výrobě těchto hořčíkových slitin stávající zavedené slévárenské technologie. **Tab. 1** ukazuje důležité difuzní parametry vybraných prvků v hořčíku. Difuzní koeficient *D* pro danou teplotu lze vypočítat podle Arrheniovy rovnice, viz rovnice (1) [19].

Tab. 1. Difuzní parametry vybraných prvků v hořčíku [19]

Prvek	D_0, m²s⁻¹	Q, Jmol⁻¹	Prvek	D_0, m²s⁻¹	Q, Jmol⁻¹
Ag	$2{,}0 \times 10^{-4}$	131 494	**Li**	$5{,}5 \times 10^{-5}$	125 983
Al	$1{,}2 \times 10^{-4}$	141 814	**Mg**	$2{,}9 \times 10^{-5}$	125748
Be	$5{,}3 \times 10^{-6}$	156 486	**Mn**	$1{,}2 \times 10^{-4}$	153 217
Ca	$6{,}0 \times 10^{-6}$	103 780	**Nd**	$2{,}1 \times 10^{-6}$	116 354
Cd	$6{,}4 \times 10^{-5}$	135 369	**Ni**	$9{,}8 \times 10^{-10}$	100 275
Ce	$2{,}7 \times 10^{-6}$	108 116	**Pu**	$1{,}5 \times 10^{-4}$	139 933
Cu	$3{,}5 \times 10^{-7}$	99 693.2	**Sb**	$3{,}3 \times 10^{-4}$	139 068
Fe	$3{,}8 \times 10^{-10}$	87 820.8	**Sn**	$1{,}1 \times 10^{-4}$	140 925
Ga	$1{,}2 \times 10^{-4}$	134 188	**U**	$1{,}2 \times 10^{-9}$	109 587
Gd	$9{,}9 \times 10^{-6}$	127 804	**Y**	$8{,}1 \times 10^{-6}$	126 726
In	$4{,}0 \times 10^{-5}$	132 459	**Zn**	$8{,}7 \times 10^{-5}$	125 073
La	$3{,}1 \times 10^{-6}$	104 307			

$$D = D_0 \,.\, \exp(Q/R \,.\, T)\ [\mathrm{m^2 \,.\, s^{-1}}] \qquad (1)$$

kde: D_0 je konstanta nezávislá na teplotě, Q aktivační energie difuze, R univerzální plynová konstanta a T termodynamická teplota.

Z **tab. 1** je patrné, že se vybrané prvky vyznačují výrazně odlišnými hodnotami difuzních koeficientů v hořčíku, kdy nejnižší hodnoty difuzních koeficientů mají Fe, Ni a U [19]. Ve srovnání s hořčíkem mají tyto prvky rovněž výrazně vyšší teploty tání a prakticky zanedbatelnou rozpustnost v tuhém hořčíku. To je hlavní důvod, proč uvedené prvky nelze použít jako přísadové prvky pro výrobu slitin hořčíku odolných za zvýšených teplot pomocí konvenčních slévárenských technik. Velmi špatná slévatelnost Fe, Ni a U s hořčíkem to neumožňuje. V **tab. 1** je uvedeno několik prvků, které mají o několik řádů vyšší difuzní koeficienty ve srovnání s Fe, Ni a U. Jedná se o Ca, Ce, Gd, La, Nd a Y. Jsou to především kovy vzácných zemin, které jsou klíčovými legurami hořčíkových slitin pro práci za zvýšených teplot, i když slévatelnost Ce, Gd, La, Nd a Y s hořčíkem není jednoduchá. V současné době však zásoby těchto surovin ubývají a jejich cena výrazně roste, proto je snaha nahradit kovy vzácných zemin levnějšími alternativami. Nové slitiny hořčíku pro práci za zvýšených teplot stále více používají legury jako Ca, Sr a Ba, které částečně nebo úplně nahrazují těžko dostupné kovy vzácných zemin [5, 11, 16–18, 20–31]. V **tab. 2** je přehled hořčíkových slitin, které se používají k výrobě odlitků pro práci za zvýšených teplot.

Z **tab. 2** je patrné, že hořčíkové slitiny s nejvyšší odolností při zvýšených teplotách neobsahují hliník. Přítomnost intermediální fáze $Mg_{17}Al_{12}$, kterou tvoří hořčík spolu s hliníkem, je příčinou tepelné nestability běžných komerčních slitin hořčíku za zvýšených teplot [3, 31, 34–36]. Dosud nejúčinnějším legujícím prvkem ve slitinách hořčíku pro dosažení jejich zvýšené odolnosti při zvýšených teplotách je thorium. S hořčíkem tvoří stabilní intermediální fáze, které účinně zpevňují mezidendritické oblasti. Nevýhodou thoria je jeho radioaktivita znemožňující použití těchto slitin ve větším měřítku [20, 33]. Tradiční slitiny hořčíku pro použití při zvýšených teplotách jsou založeny na přísadách kovů vzácných zemin. Cena těchto prvků se neustále zvyšuje. Z tohoto důvodu mají moderní slitiny hořčíku obsah drahých kovů vzácných zemin z podstatné části nahrazen Ca nebo Sr. Tyto prvky tvoří s hořčíkem stabilní binární fáze Mg_2Ca, resp. Mg_2Sr [7–9]. Ty jsou přítomny ve formě eutektik v mezidendritických oblastech, které stabilizují. Fázový diagram Mg-Ca je znázorněn na **obr. 1**.

Dalším prvkem, který je typickou přísadou hořčíkových slitin se zvýšenou odolností za zvýšených teplot, je zirkonium. Tento prvek je známý svou schopností zjem-

Tab. 2. Základní typy hořčíkových slitin pro práci za zvýšených teplot [20–34]

Typ slitiny	Složení	Příklad	Maximální dlouhodobá pracovní teplota [°C]
AZ	Mg-Al-Zn	AZ91	150
AM	Mg-Al-Mn	AM60	150
ZC	Mg-Zn-Cu-Mn	ZC62, ZC63	150
AE	Mg-Al-RE	AE42, AE44	150
ACM	Mg-Al-Ca-RE	ACE522	160
ZACE	Mg-Zn-Al-Ca-RE	ZACE05613, ZACE05411	170
AJ	Mg-Al-Sr	AJ52	175
AS	Mg-Al-Si	AS21, AS33, AS41	175
AJX	Mg-Al-Sr-Ca	AJX500, AJX531, AJX621	175
experimentální	Mg-Ba2-Ca2		180
MRI*	Mg-Al8-Ca1-Sr1 Mg-Al7-Ca2-Sn1-Sr	MRI 153, MRI 230	190
AX	Mg-Al-Ca	AX51, AX52, AX33	190
JM	Mg-Sr-Mn	JM51, JM52	200
QE	Mg-Ag-RE	QE22	200
WE	Mg-Y-RE-Zr	WE43, WE54	250
GW	Mg-Gd-Y-Zr	GW103	250
EZ	Mg-RE-Zn-Zr	E733	260
HZ	Mg-Th-Zn	HZ32	300
H	Mg-Th	H3	320
HK	Mg-Th-Zr	HK31	350

ňovat mikrostrukturu řady slitin [20–31]. Jeho použití je typické pro hliníkové slitiny. Zirkonium je však také velmi účinné pro zjemnění mikrostruktury hořčíkových slitin. Část fázového diagramu Mg-Zr přiléhající k Mg představuje **obr. 2**.

V experimentální části této práce byly studovány slitiny hořčíku bez obsahu kovů vzácných zemin. Místo nich byly slitiny legované různým množstvím Zr a Ca. Cílem přídavku Zr bylo zjemnit mikrostrukturu primárního tuhého roztoku hořčíku. Cílem přídavku Ca je stabilizace mezidendritických oblastí tvorbou stabilních intermediálních fází obsahujících vápník.

Experiment

V této práci byla studována mikrostruktura, vybrané mechanické vlastnosti (tvrdost, vlastnosti v jednoosém tlaku) a tepelná stabilita 5 slitin hořčíku s různým množstvím Ca a Zr. Pro srovnání byl testován i čistý hořčík.

Všechny studované slitiny byly připraveny z čistého hořčíku (4N), vápníku (2N5) a předslitiny MgZr20 (2N) tavením v elektrické indukční peci pod ochrannou atmosférou Ar. Tavenina byla odlita do masivní mosazné formy. Rychlost ochlazování během tuhnutí byla přibližně 10 Ks^{-1}. Po ochlazení byly válcové odlitky opracovány na vzorky pro další experimenty. Chemické složení slitin bylo stanoveno pomocí rentgenové fluorescenční spektrometrie (XRF). Složení slitin je uvedeno v **tab. 3**.

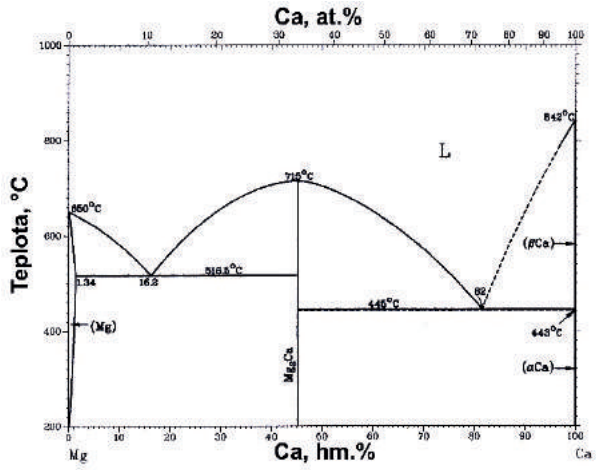
Všechny vzorky pro studium mikrostruktury světelným mikroskopem (Olympus PME3) a elektronovým mikroskopem (TescanVega3 LMU vybavený energiově disperzním spektrometrem Oxford Instruments Inca 350) byly připraveny klasickým postupem zahrnujícím broušení, leštění a leptání 2% nitalem.

Tvrdost byla opakovaně měřena metodou podle Brinella WC kuličkou o průměru 2,5 mm plně v souladu s platnou normou ČSN EN ISO 6506-1. Tvrdost každého vzorku byla měřena alespoň 5krát.

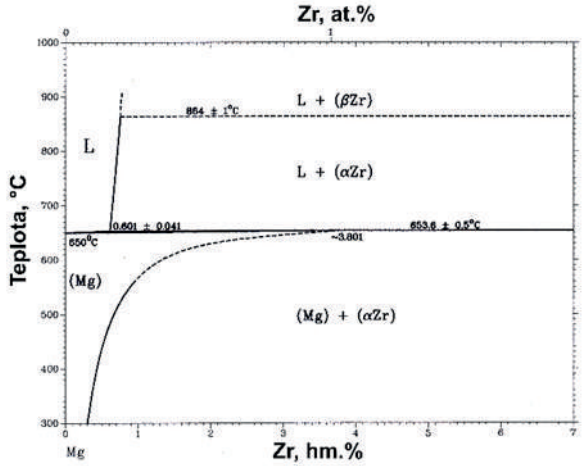
Zkouška jednoosým tlakem byla provedena pomocí univerzálního stroje LabTest 5.250SP1-VM. Každý vzorek byl měřen třikrát při teplotách 20, 150, 200 a 250 °C. Hodnotila se mez kluzu v tlaku a mez pevnosti v tlaku. Tepelná stabilita slitin byla studována při teplotách 150, 200 a 250 °C. V určitých intervalech byla měřena tvrdost slitin Brinellovou metodou.

Tab. 3. Chemické složení slitin

Slitina	Chemické složení [hm. %]		
	Zr	Ca	Mg
A		0,02	zbytek do 100 %
B	0,10	1,07	zbytek do 100 %
C	0,39	1,67	zbytek do 100 %
D	0,41	3,17	zbytek do 100 %
E	0,69	3,24	zbytek do 100 %
F	1,82	0,93	zbytek do 100 %



Obr. 1. Fázový diagram Mg-Ca [1]

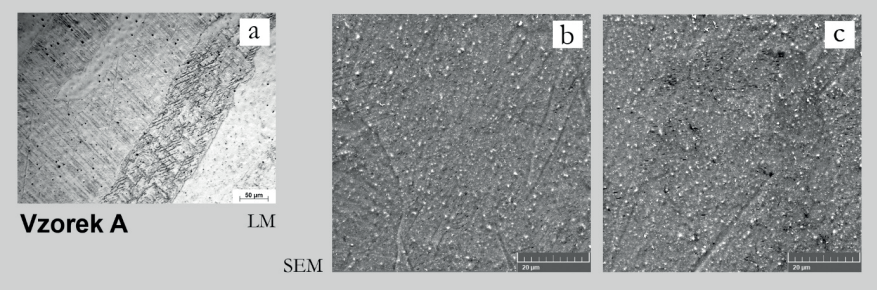


Obr. 2. Část fázového diagramu Mg-Zr [1]

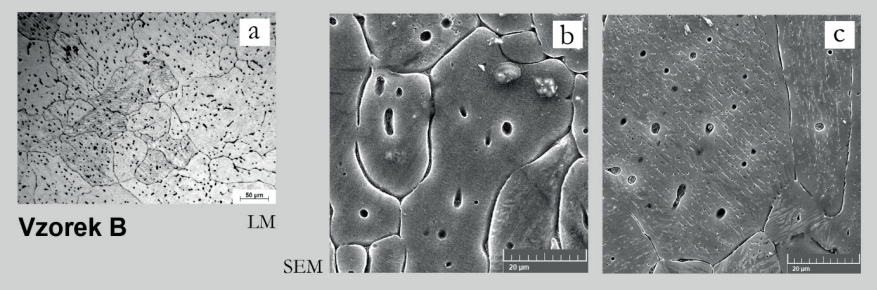
Výsledky a diskuze

Mikrostruktura slitin

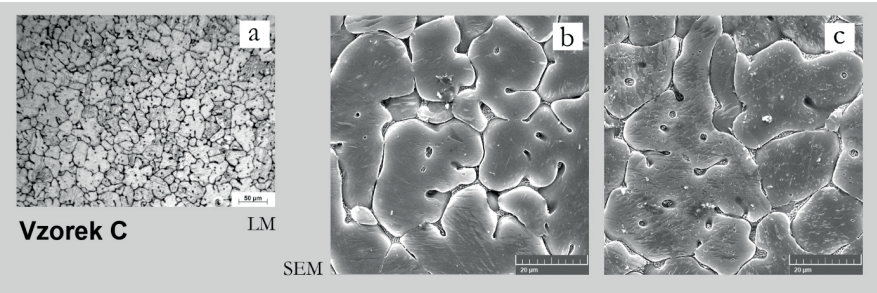
Mikrostruktury studovaných slitin jsou zachyceny na **obr. 3–8**. Na každé sérii snímků je nejprve mikrostruktura slitiny v litém stavu, dokumentovaná světelným mikroskopem (a). Další, detailní snímek mikrostruktury slitiny v litém stavu je pořízen elektronovým mikroskopem (b) a poslední snímek ukazuje mikrostrukturu slitiny po tepelné expozici (250°C/128h) pořízený elektronovým mikroskopem (c).



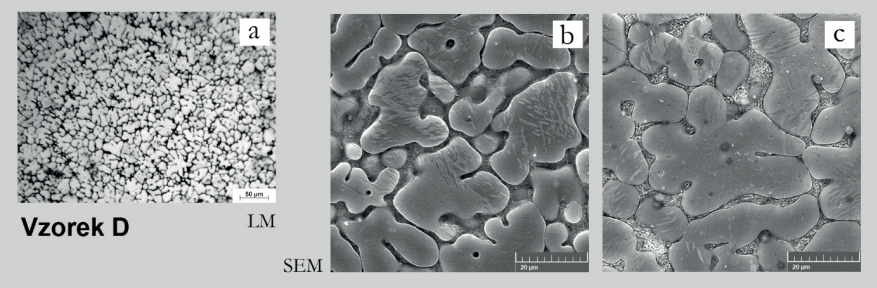
Obr. 3. Mikrostruktura slitiny A, a) a b) litý stav, c) po tepelném zpracování (250 °C / 128 h)



Obr. 4. Mikrostruktura slitiny B, a) a b) litý stav, c) po tepelném zpracování (250 °C / 128 h)



Obr. 5. Mikrostruktura slitiny C, a) a b) litý stav, c) po tepelném zpracování (250 °C / 128 h)



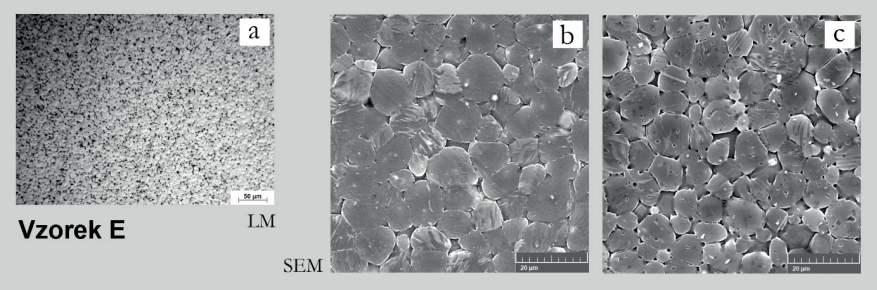
Obr. 6. Mikrostruktura slitiny D, a) a b) litý stav, c) po tepelném zpracování (250 °C / 128 h)

Na **obr. 3** je mikrostruktura hořčíku. Skládá se z rozměrných rovnoosých zrn. U některých zrn je patrné dvojčatění (**obr. 3a**), které je pozorováno i u ostatních slitin. Mikrostruktura hořčíku nebyla zásadně ovlivněna ani dlouhodobým žíháním při teplotě 250 °C, jak naznačuje srovnání mikrostruktur na **obr. 3b** a **obr. 3c**.

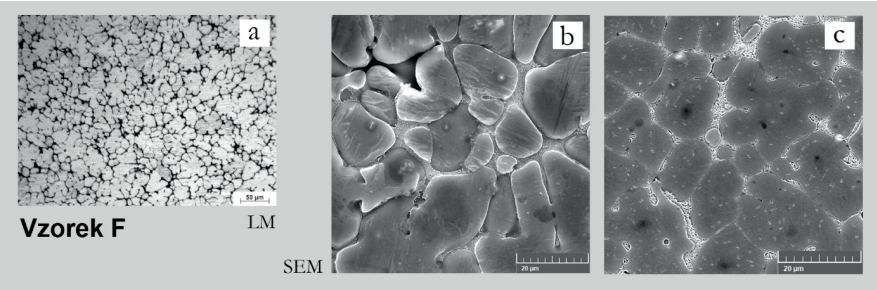
Na **obr. 4** je mikrostruktura slitiny B s nejnižším obsahem Zr (0,1 %) a obsahem 1,07 % Ca. Mikrostrukturu tvoří dendrity primárního tuhého roztoku Mg a fáze s vysokým obsahem vápníku v mezidendritických oblastech. Charakter fází v mezidendritických oblastech připomíná eutektikum, avšak podle fázového diagramu Mg-Ca by se eutektikum mělo objevit v mikrostruktuře slitin až při obsahu vápníku nad 1,34 %. Obsah vápníku v této slitině je 1,07 %. Vzhledem k relativně vysoké rychlosti ochlazování při přípravě slitiny (cca 10 Ks^{-1}) lze předpokládat, že se jedná o nerovnovážné eutektikum. Ve slitinách B–E (**obr. 4–7**) je obsah vápníku vyšší než jeho maximální rozpustnost při eutektické teplotě a vzhled eutektika u těchto slitin již není v rozporu s rovnovážným fázovým diagramem, jejich nerovnovážný charakter však musí být u těchto slitin také uvažován. Výrazné změny mikrostruktury nejsou patrné ani po dlouhodobém žíhání slitiny (**obr. 4c**).

Mikrostruktury slitin C–F jsou podobné mikrostruktuře slitiny B. Jsou

tvořeny dendrity tuhého roztoku hořčíku a intermediálními fázemi vyloučenými v mezidendritických oblastech. Vzájemně se liší především objemem fází v mezidendritických oblastech (**obr. 5–8**).



Obr. 7. Mikrostruktura slitiny E, a) a b) litý stav, c) po tepelném zpracování (250 °C / 128 h)



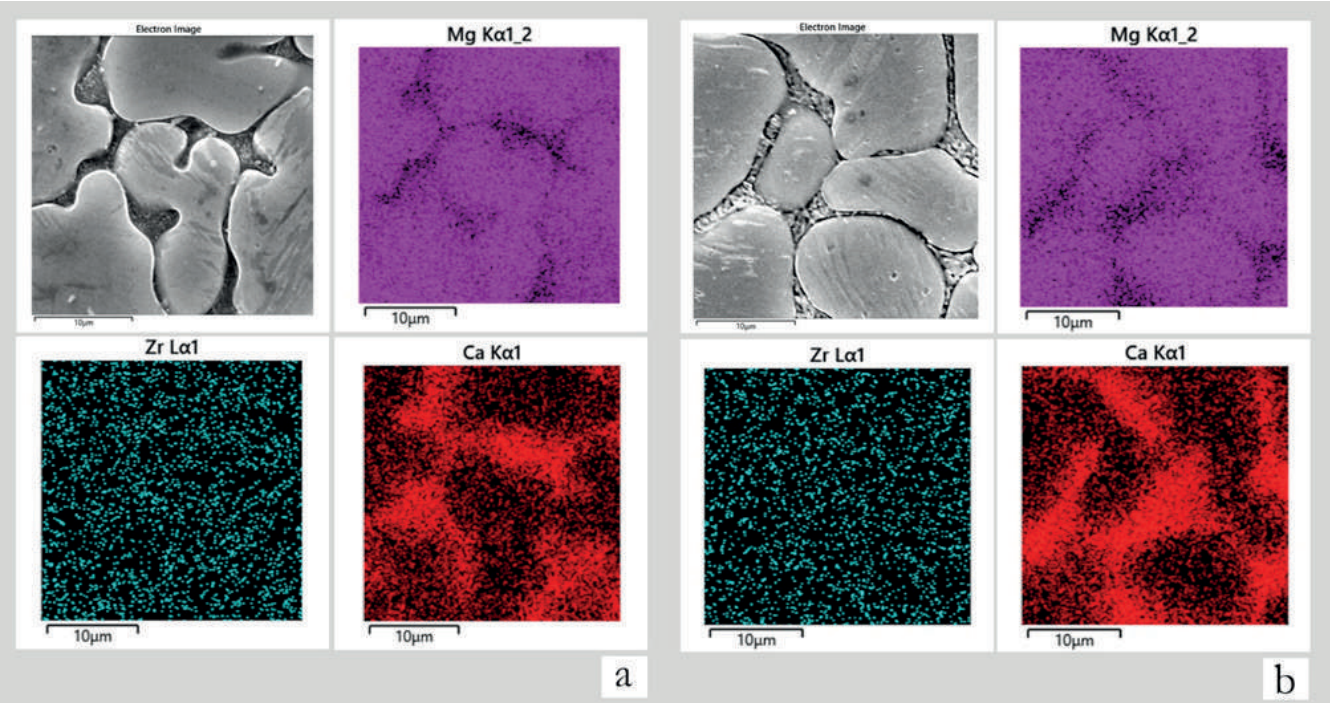
Obr. 8. Mikrostruktura slitiny F, a) a b) litý stav, c) po tepelném zpracování (250 °C / 128 h)

Mikrostruktury vykazují velmi významný vliv obsahu zirkonia na morfologii dendritické fáze.

V případě studovaných slitin bylo nejjemnější mikrostruktury dosaženo v případě obsahu Zr 0,60 % ve slitině E. U této slitiny byl předpoklad dosažení nejvyšších mechanických vlastností ze všech studovaných slitin. U slitin s nižším obsahem Zr (B–D) je mikrostruktura výrazně hrubší. Hrubší mikrostruktura byla překvapivě pozorována také u slitiny F s nejvyšším obsahem Zr (1,82 %).

Na **obr. 9** je ukázka mapy rozložení jednotlivých prvků v mikrostruktuře slitiny (D) jak v litém stavu, tak po jejím tepelném zpracování. U ostatních slitin je distribuce prvků přítomných v mikrostruktuře obdobná.

Hořčík i zirkonium jsou v mikrostruktuře zastoupeny rovnoměrně. Vápník naproti tomu tvoří již zmíněné



Obr. 9. Rozložení prvků v mikrostruktuře slitiny D, a) litý stav, b) po tepelném zpracování (250 °C / 128 h), SEM-EDS

intermediální fáze (pravděpodobně eutektická fáze Mg + Mg_2Ca) v mezidendritických oblastech. Charakter mikrostruktur slitin v litém stavu a po tepelném zpracování se významně nelišil, což ukazuje na účinnost použitých přísadových prvků pro stabilizaci mikrostruktury za zvýšených teplot.

Mechanické vlastnosti

Všechny mechanické vlastnosti slitin přímo souvisejí s jejich mikrostrukturou. Není proto překvapivé, že slitina s nejjemnější mikrostrukturou (E) má nejvyšší mechanické vlastnosti. V **tab. 4** jsou shrnuty tvrdosti slitin v litém stavu. Slitina E dosáhla nejvyšší tvrdosti ze všech studovaných slitin. Je to dáno jak nejjemnější mikrostrukturou, tak celkově nejvyšším obsahem přísadových prvků v této slitině.

Všechny studované slitiny byly dále exponovány při zvýšených teplotách (150, 200 a 250 °C) v rámci studia tepelné stability a byla průběžně měřena jejich tvrdost. Výsledky jsou shrnuty na **obr. 10–12**.

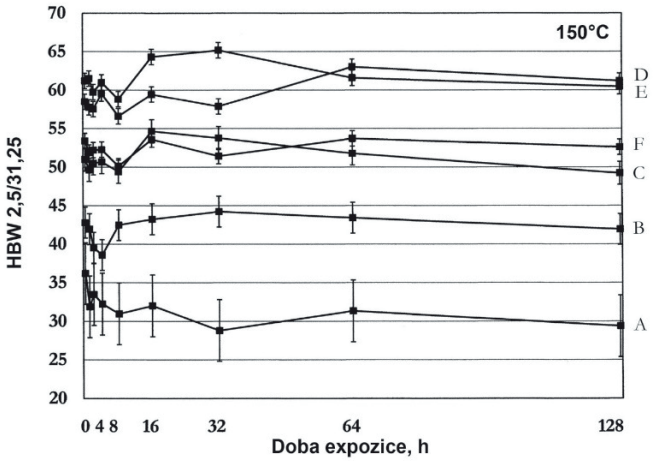
Charakter časových závislostí tvrdosti je u všech slitin podobný. V prvních hodinách žíhání dochází ve slitinách pravděpodobně ke změně jejich původně nerovnovážné lité mikrostruktury směrem k termodynamické rovnováze. To se u zjištěných křivek projevuje výrazným kolísáním hodnot tvrdosti. Poté se tvrdost ustálí a následuje velmi mírný pokles hodnot tvrdosti. U všech studovaných slitin se jejich tvrdost s rostoucí teplotou snižuje.

Vápník a zirkonium prokazatelně stabilizují mikrostrukturu slitin při vyšších teplotách. Čím vyšší je množství legujících prvků ve slitině, tím vyšší jsou mechanické vlastnosti slitiny.

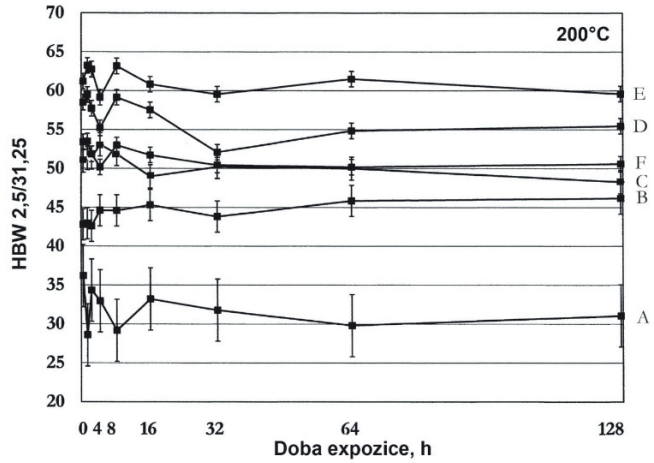
Všechny studované slitiny byly také podrobeny zkoušce jednoosým tlakem při normální teplotě i při teplotách zvýšených (20, 150, 200 a 250 °C). Byly zjišťovány hodnoty meze kluzu v tlaku a meze pevnosti v tlaku. Výsledky jsou uvedeny na **obr. 13** a **14**. V případě čistého

Tab. 4. Tvrdost slitin v litém stavu

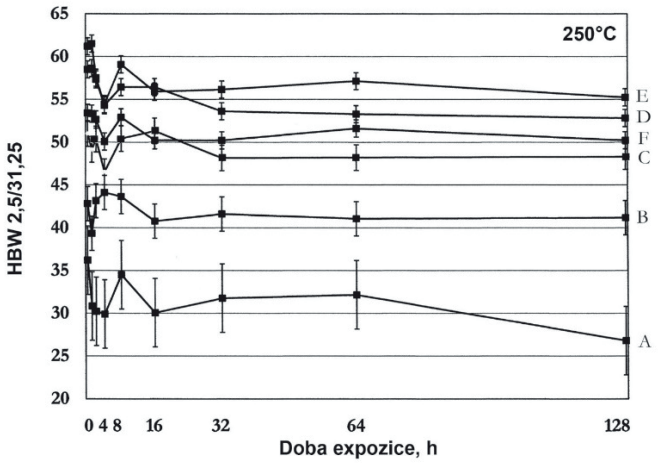
Slitina	A	B	C	D	E	F
HBW 2,5/31,25	36	43	51	59	61	53
Směrodatná odchylka	4	1	2	1	1	2



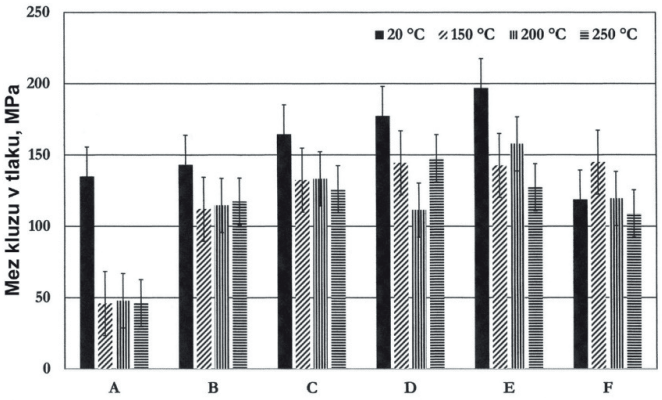
Obr. 10. Tepelná stabilita slitin při teplotě 150 °C



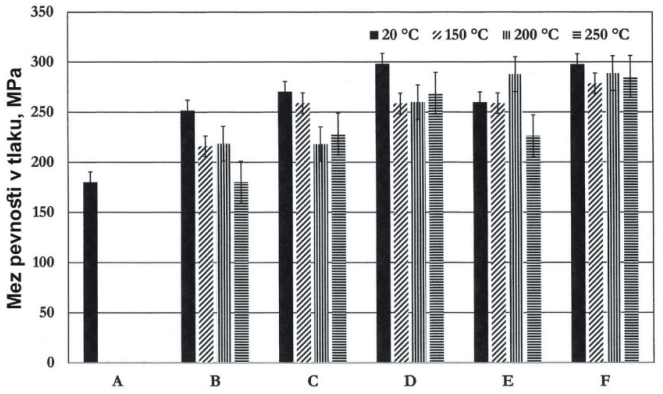
Obr. 11. Tepelná stabilita slitin při teplotě 200 °C



Obr. 12. Tepelná stabilita slitin při teplotě 250 °C



Obr. 13. Mez kluzu v tlaku studovaných slitin za různých teplot



Obr. 14. Mez pevnosti v tlaku studovaných slitin za různých teplot

hořčíku nebylo možné z důvodu jeho plasticity vypočítat hodnoty jeho meze pevnosti v tlaku při teplotách 150, 200 a 250 °C. Vzhledem k technologii gravitačního lití použité pro přípravu slitin nelze rovněž jednoznačně vyloučit potenciální vliv slévárenských vad. U většiny slitin došlo pouze k mírnému poklesu mechanických vlastností s rostoucí teplotou.

Závěr

Mikrostruktura všech studovaných slitin Mg-Ca-Zr je tvořena dendrity tuhého roztoku hořčíku a intermediálními fázemi vyloučenými v mezidendritických oblastech (eutektikum Mg + Mg_2Ca). Zirkonium je v mikrostruktuře slitin rozloženo rovnoměrně a má velmi výrazný vliv na velikost dendritů tuhého roztoku hořčíku. Nejvýraznějšího zjemnění mikrostruktury bylo dosaženo u slitiny s obsahem 0,6 hm. % Zr.

Legování hořčíku vápníkem a zirkoniem mělo pozitivní vliv na tepelnou stabilitu slitin při všech studovaných teplotách. Pokles tvrdosti s časem při žíhání slitiny při konstantní teplotě byl velmi mírný. V počáteční fázi žíhání vykazovala většina slitin kolísání hodnot tvrdosti, což lze vysvětlit tendencí lité mikrostruktury postupně se přiblížit termodynamické rovnováze.

Mechanické vlastnosti slitin v tlaku při konstantní teplotě se zvyšovaly s rostoucím množstvím legujících prvků. Mechanické vlastnosti slitin v tlaku s rostoucí teplotou klesaly pouze mírně, což je zcela zásadní pro použití těchto slitin pro aplikace za zvýšených teplot.

Legování hořčíku vápníkem a zirkoniem pro výrobu slitin hořčíku se zvýšenou odolností při zvýšených teplotách se jeví velmi perspektivně. Vápník jako relativně levný a dostupný přísadový prvek má potenciál nahradit potenciálně nedostatkové kovy vzácných zemin.

Literatura:

[1] AVEDESIAN, M. M., BAKER H. (1999). *Magnesium and magnesium alloys*, Materials Park, OH: ASM International. ISBN: 978-0-87170-657-7.

[2] POLMEAR, I., STJOHN, D., NIE, J. F., QIAN, M. (2017). *Light Alloys - Metallurgy of the Light Metals*. ISBN: 978-0-08099-431-4.

[3] SONG, J., SHE, J., CHEN, D., PAN, F. (2020). Latest research advances on magnesium and magnesium alloys worldwide. In: *Journal of Magnesium and Alloys*, Vol. 8, No. 1, s. 1–41. https://doi.org/10.1016/j.jma.2020.02.003.

[4] PRASAD, S. V. S., PRASAD, S. B., VERMA, K., MISHRA, R. K., KUMAR, V., SINGH, S. (2022). The role and significance of Magnesium in modern day research-A review. In: *Journal of Magnesium and Alloys* Vol. 10, No. 1, s. 1–61. https://doi.org/10.1016/j.jma.2021.05.012.

[5] PEKGULERYUZ, M., KAYA, A. (2014). Magnesium Diecasting Alloys for High Temperature Applications. In: *Essential Readings in Magnesium Technology*. ISBN: 978-3-319-48588-1.

[6] KING, J. (2006). Development of Practical High Temperature Magnesium Casting Alloys In: *Magnesium Alloys and their Applications*, s. 14–22.

DOI: 10.1002/3527607552.ch3.

[7] ZHANG, W., LI, M., CHEN, Q., HU, W., ZHANG, W., XIN, W. (2012). Effects of Sr and Sn on microstructure and corrosion resistance of Mg–Zr–Ca magnesium alloy for biomedical applications. In: *Materials and Design*, Vol. 39, s. 379–383. DOI: 10.1039/c5tb00433k.

[8] DING, Y., WEN, C., HODGSON, P., LI, Y. (2014). Effects of alloying elements on the corrosion behavior and biocompatibility of biodegradable magnesium alloys. In: *J. Mater. Chem. B*, Vol. 2., s. 1912–1933, https://doi.org/10.1039/C3TB21746A.

[9] KIANI, F., LIN, J., VAHID, A., MUNIR, K., WEN, C., LI, Y. (2022). Mechanical and corrosion properties of extruded Mg–Zr–Sr alloys for biodegradable implant applications. In: *Materials Science and Engineering A*, Vol. 5, s. 831–842. DOI: 10.1016/j.msea.2021.142192.

[10] SEZER, N., EVIS, Z., KAYHAN, S. M., TAHMASEBIFAR, A., KOÇ, M. (2018). Review of magnesium-based biomaterials and their applications. In: *Journal of Magnesium and Alloys*, Vol. 1, No. 6, s. 23–43. https://doi.org/10.1016/j.jma.2018.02.003.

[11] PAN, H., QIN, G., HUANG, Y., REN, Y., SHA, X., HAN, X., LIU, Z. Q., LI, C., WU, X., CHEN, H., HE, C., CHAI, L., WANG, Y., NIE, J. F. (2018). Development of low alloyed and rare-earth-free magnesium alloys having ultra high strength. In: *Acta Materialia*, No. 149, s. 350–363. DOI: 10.1016/j.actamat.2018.03.002.

[12] POPESCU, G., MOLDOVAN, P., BOJIN, D., SILLEKENS, W. H. (2009). Influence of heat treatment on magnesium alloys meant to automotive industry. In: *UPB Scientific Bulletin, Series B: Chemistry and Materials Science*, No. 71, s. 85–92. ISSN 1454-2331.

[13] GUPTA, M., S. NAI MUI LING (2011). Magnesium, Magnesium Alloys, and Magnesium Composites, Hoboken, John Wiley & Sons, Incorporated. ISBN: 9780470494172.

[14] ASL, K., TARI, A., KHOMAMIZADEH, F. (2009). The effect of different content of Al, RE and Si element on the microstructure, mechanical and creep properties of Mg–Al alloys. In: *Materials Science and Engineering: A*, No. 523, DOI: 10.1016/j.msea.2009.06.048.

[15] CHANG, T. A., WANG, J., CHU, C. L., LEE, S. (2006). Mechanical properties and microstructures of various Mg–Li alloys. In: *Materials Letters*, No. 60, s. 3272–3276. DOI: 10.1016/j.matlet.2006.03.052

[16] LI, W., ZHOU, H., ZHOU, W., WANG, M. X. (2007). Effect of cooling rate on ignition point of AZ91D–0.98 wt.% Ce magnesium alloy. In: *Materials Letters*, No. 61, s. 2772–2774, https://doi.org/10.1016/j.matlet.2006.10.028.

[17] MISHRA, R. K., GUPTA, A. K., RAO, P. R., SACHDEV, A. K., KUMAR, A. M., LUO, A. A. (2008). Influence of cerium on the texture and ductility of magnesium extrusions. In: *Scripta Materialia*, Vol. 59, No. 5, s. 562–565, https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2008.05.019.

[18] ANYANWU, I. A., KAMADO, S., KOJIMA, Y. (2001). Creep properties of Mg-Gd-Y-Zr alloys. In: *Materials Transactions*, Vol. 42, No. 7, s. 1212-1218. https://doi.org/10.2320/matertrans.42.1212.

[19] ZHANG, Q., CHEN, Z., ZHONG, W., ZHAO, J.C. (2017). Accurate and efficient measurement of impurity (dilute) diffusion coefficients without isotope tracer experiments. In: *Scripta Materialia*, Vol. 128, s. 32–35, http://dx.doi.org/10.1016/j.scriptamat.2016.09.040.

[20] GAO, L., CHEN, R. S., HAN, E. (2009) Effects of rare-earth elements Gd and Y on the solid solution strengthening of Mg alloys. In: *Journal of Alloys and Compounds*, No. 481, s. 379–384, DOI: 10.1016/j.jallcom.2009.02.131.

[21] YANG, L., YUAN, Y., CHEN, T., DAI, X., ZHANG, L., LI, D., TANG, A., YI, W., ZHANG, L., PAN, F. (2021). Diffusion behaviour and mechanical properties of binary Mg–Gd system. In: *Intermetallics*, Vol. 133, https://doi.org/10.1016/j.intermet.2021.107171.

[22] LEI, B., JIANG, B., YANG, H., DONG, Z., WANG, Q., YUAN, M., HUANG, G., SONG, J., ZHANG, D., PAN, F. (2021). Effect of Nd addition on the microstructure and mechanical properties of extruded Mg-Gd-Zr alloy. In: *Materials Science and Engineering A*, No. 816, DOI: 10.1016/j.msea.2021.141320.

[23] YAN, J., SUN, Y., XUE, F., XUE, S., YINGYING, X., TAO, W. (2009). Creep behavior of Mg–2 wt.%Nd binary alloy. In: *Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstruc-*

ture and Processing, No. 524, s. 102–107. DOI: 10.1016/j.msea.2009.06.008.

[24] CHOU, D.-T., HONG, D., SAHA, P., FERRERO, J., LEE, B., TAN, Z., DONG, Z., KUMTA, P. N. (2013) In vitro and in vivo corrosion, cytocompatibility and mechanical properties of biodegradable Mg–Y–Ca–Zr alloys as implant materials. In: *Acta Biomaterialia*, Vol. 9, No. 10, s. 8518–8533, https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.06.025.

[25] SOCJUSZ-PODOSEK, M., LITYŃSKA, L. (2003). Effect of yttrium on structure and mechanical properties of Mg alloys. In: *Materials Chemistry and Physics*, Vol. 80, No. 2, s. 472–475, DOI: 10.1016/S0254-0584(02)00549-7.

[26] NINOMIYA, R., OJIRO, T., KUBOTA, K. (1995). Improved heat resistance of Mg-Al alloys by the Ca addition. In: *Acta Metallurgica et Materialia*, Vol. 43, No. 2, s. 669–674, https://doi.org/10.1016/0956-7151(94)00269-N.

[27] GANDEL, D. S., EASTON, M., GIBSON, M., ABBOTT, T., BIRBILIS, N. (2014). The influence of zirconium additions on the corrosion of magnesium. In: *Corrosion Science*, No. 81, s. 27-35. DOI: 10.1016/j.corsci.2013.11.051.

[28] LIU, H., NING, Z., CAO, F., ZHANG, Y., SUN, J. (2011). Effect of Melting Process on Zr Content and Grain Refinement in ZE41A Alloy. In: *Advanced Materials Research*, No. 284–286, s. 1651–1655. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.284-286.1651.

[29] QIAN, M., JOHN, D., FROST, M. (2003). Effect of Soluble and Insoluble Zirconium on the Grain Refinement of Magnesium Alloys. In: *Materials Science Forum*, s. 419–422. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.419-422.593.

[30] QIAN, M., DAS, A. (2006) Grain refinement of magnesium alloys by zirconium: Formation of equiaxed grains. In: *Scripta Materialia,* Vol. 5, No. 54, s. 881–886. DOI: 10.1016/j.scriptamat.2005.11.002.

[31] QIAN, M., STJOHN, D., FROST, M. (2011). Zirconium alloying and grain refinement of magnesium alloys. In: *TMS Annual Meeting 2011*.

[32] SERAK, J., VODEROVA, M., VOJTECH, D., NOVAK, P. (2014). Microstructure and Properties of Magnesium Alloys Working at Elevated Temperatures. In: *Manufacturing Technology*, Vol. 14, No. 2, s. 238–244. DOI:10.21062/ujep/x.2014/a/1213-2489/MT/14/2/238.

[33] PEKGULERYUZ, O., KAYA, A. (2003). Creep Resistant Magnesium Alloys for Powertrain Applications. In: *Advanced Engineering Materials*, Vol. 5, No. 2, s. 866–878. DOI: 10.1002/adem.200300403.

[34] DONG, X., FENG, L., WANG, S., NYBERG, A., JI, S. (2021). A new die-cast magnesium alloy for applications at higher elevated temperatures of 200–300 °C. In: *Journal of Magnesium Alloys*, Vol. 9, s. 90–101, https://doi.org/10.1016/j.jma.2020.09.012.

[35] SERAK, J., VOJTECH, D., REISER, M. (2019). Influence of Sn, Pb, Bi and Sb on the Microstructure and Mechanical Properties of Commercial AlSi8Cu2 Alloy. *Manufacturing Technology*, Vol. 18, No. 5, 2019, s. 658–691, DOI: 10.21062/ujep/356.2019/a/1213-2489/MT/19/4/685.

[36] SERAK, J., VOJTECH, D. (2017). Dispersion of Mechanical Properties of Commercial Aluminium Alloys within Their Material Standards. *Manufacturing Technology*, Vol. 17, No. 5, 2017, s. 831–837, DOI: 10.21062/ujep/x.2017/a/1213-2489/MT/17/5/831.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány v rámci výzkumného záměru A1_FCHT_2022_007.

Recenzentka | Peer-reviewer

Ing. Bc. Barbora Bryksí Stunová, Ph.D.

Výzkum vlivu vápníku na vybrané vlastnosti a strukturu odlitků z Al-Si-Ca slitiny – 1. část

Research on the effect of calcium on selected properties and structure of castings from Al-Si-Ca alloy – 1st part

Ing. Milan Luňák, Ph.D.
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,
TOP Alulit s.r.o., Benešov

Klíčová slova

hliníková slitina, modifikace, mikrostruktura, mechanické vlastnosti, koroze, stěry

Key words

aluminium alloy, modification, microstructure, mechanical properties, corrosion, smears

Abstrakt

Tento článek se zabývá hlubším výzkumem vápníku a navazuje tak na dosavadní poznatky získané z oblasti modifikace Al-Si slitin, obzvláště na případné použití slitin Al-Si-Ca pro průmyslovou praxi. Cílem bylo posoudit aplikovatelnost vápníkem modifikované slitiny AlSi7Mg0,3 do slévárenského provozu pomocí hodnotících kritérií a výsledků experimentů se zahrnutím nově získaných poznatků z výzkumné činnosti. Rovněž shrnout doporučení pro oblast využití v různých odvětvích průmyslu, automotive segmentu výsostně. V neposlední řadě popsat a definovat doporučené technologické aspekty a podmínky pro výrobní procesy sléváren.

Abstract

This article deals with deeper research of calcium and thus builds on the existing knowledge gained from the modification of Al-Si alloys, especially on the possible use of Al-Si-Ca alloys for industrial practice. The aim was to assess the applicability of the calcium-modified alloy AlSi7Mg0.3 to the foundry plant using the above evaluation criterias and the results of experiments with the inclusion newly acquired knowledge from research activities. Also summarize the recommendations for the field of application in various branches of industry, automotive segment sovereignly. Last but not least, describe and define the recommended technological aspects and conditions for foundry production processes.

Úvod

Jelikož jsou slitiny hliníku na bázi Al-Si hojně využívány pro nejrůznější oblasti průmyslové výroby včetně klíčových odvětví jako automotive, letectví a energetiky, je velmi důležitým tématem zvyšování mechanických a dalších užitných vlastností těchto slitin. Hledání potenciálních optimalizací ve výrobním procesu sléváren Al slitin je stále velmi aktuální a v posledních letech toto téma rezonuje průmyslovou obcí stále zřetelněji. Bezesporu jedním z důvodů je jak narůstající tlak na redukci výrobních nákladů, tak snižování tzv. uhlíkové stopy a s tím spojené veškeré ekologické a environmentální aspekty. Typickým důkazem této filozofie je prudký nárůst produkce vozidel na elektrický pohon včetně dalších alternativ, jako je např. vodíkový pohon.

Nejen z těchto důvodů je velmi vhodné se intenzivně věnovat výzkumu a vývoji v oblasti metalurgie hliníkových slitin na bázi křemíku a hledat neustálé zjednodušování jak výrobního procesu, tak zefektivňování vlastností vyrobených odlitků. Je více než jisté, že hliníkové slitiny budou hrát při výrobě odlitků pro tato nová odvětví automotive stále prim. V souladu s těmito trendy je kon-

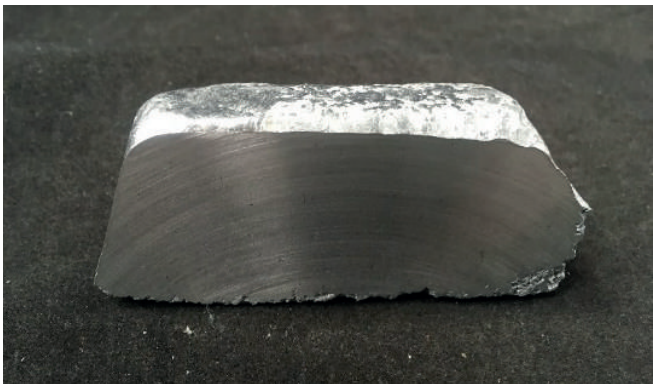
cipováno zaměření této práce, kde nosným tématem je zefektivňování modifikace slitiny AlSi7Mg0,3, která je zpravidla využívána pro výrobu mnoha komponent do automobilového průmyslu včetně masivní celosvětové produkce litých kol k silničním vozidlům. Výzkumná činnost zahrnující laboratorní analýzy byla vykonána na pracovištích UJEP v Ústí nad Labem a TU v Liberci, resp. VŠCHT v Praze. Hlubší zaměření na mechanické vlastnosti, především tažnost těchto slitin, je více než logickým vyústěním poptávaných požadavků na odolnost konstruovaných, vyrobených a posléze aplikovaných dílů v reálném průmyslovém uplatnění. Potřeba je však řešit nejen konečný stav, tj. samotný výrobek, neméně důležitá témata jsou právě uvnitř výrobního procesu sléváren, kde je zapotřebí zlepšovat např. zabíhavost těchto slitin s cílem snazšího vyplnění složitějších tvarů odlitků. Dále je na snaze výrazně redukovat přidávané legury či modifikační činidla do slévárenských slitin hliníku kvůli finančním úsporám nejen v nakupovaném množství materiálu, ale především ve výrobních prostojích a technologicky vynucených prodlevách.

A proto je nutné sledovat a vyhodnocovat i tento vliv na finální výrobek a rovněž se těmito problematikami zabývat ve výzkumné činnosti. Při tvorbě této práce byla korozní odolnost vyhodnocena na reálně odlitých vzorcích dílů do kovové permanentní formy gravitační technologií z taveniny s přídavky různých množství vápníku jako modifikátoru. Pokud jde o vyhodnocení vlivu vápníku na tvorbu a strukturu stěrů, tak ty byly odebrány z udržovací kelímkové pece a následně podrobeny EDS analýze, rovněž pro různá množství aditiva vápníku. Vše výše uvedené zahrnuje úspěšně obhájená dizertační práce s názvem shodným jako nese tento článek.

Analýza použitého modifikačního prostředku

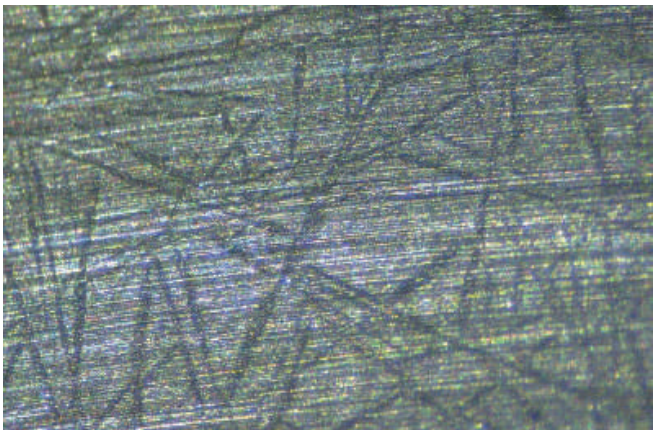
Makroskopické vyhodnocení struktury slitiny AlCa10

Makroskopické hodnocení bylo provedeno na stereomikroskopu ZEISS Stemi 305. Výsledek v podobě porovnání obou vzorků je velmi prokazatelný a jasně určuje diametrální rozdíl ve vnitřní struktuře na úrovni makro-

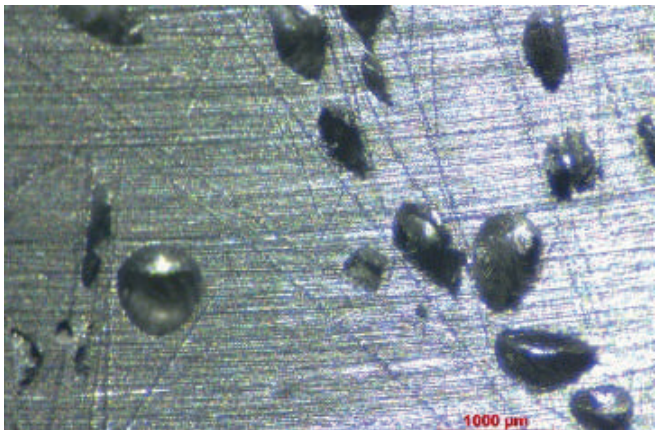


Obr. 1. Řez vzorkem A, bez zvětšení

Obr. 2. Řez vzorkem B, bez zvětšení



Obr. 3. Řez vzorkem A, zvětšení 2×

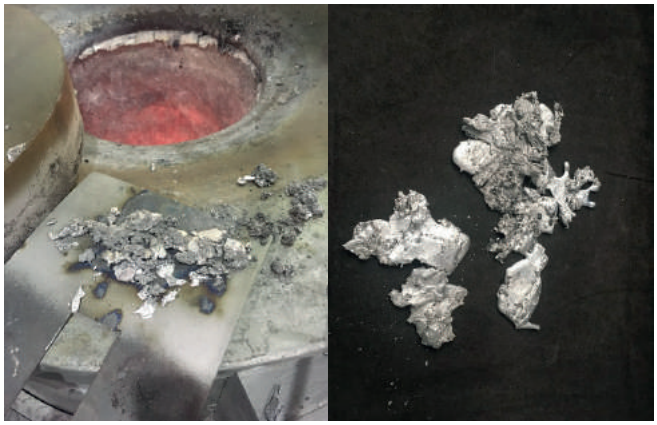


Obr. 4. Řez vzorkem B, zvětšení 2×

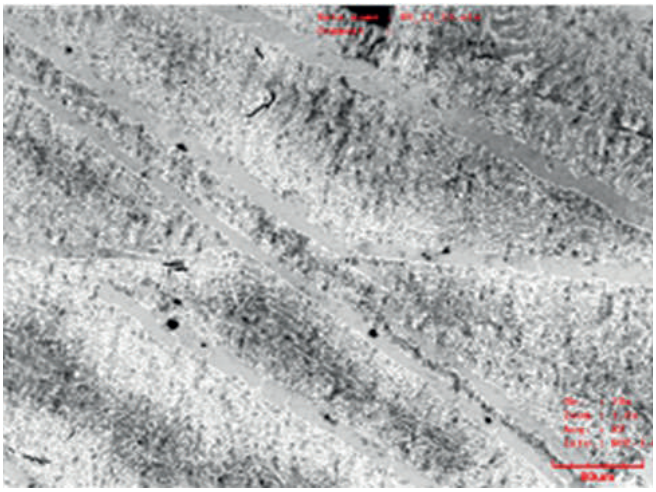
skopického sledování vybroušeného povrchu příčným řezem vzorků. U vzorku A je pórovitost na této úrovni sledování téměř neznatelná, a naopak u vzorku B je na první pohled významná. Oba vzorky jsou uvedeny na **obr. 1–4**, a to jak bez zvětšení, tak se zvětšením 2×. Na vzorku B jsou viditelné póry o velikosti až cca 1 mm.

Mikroskopické vyhodnocení struktury slitiny AlCa10

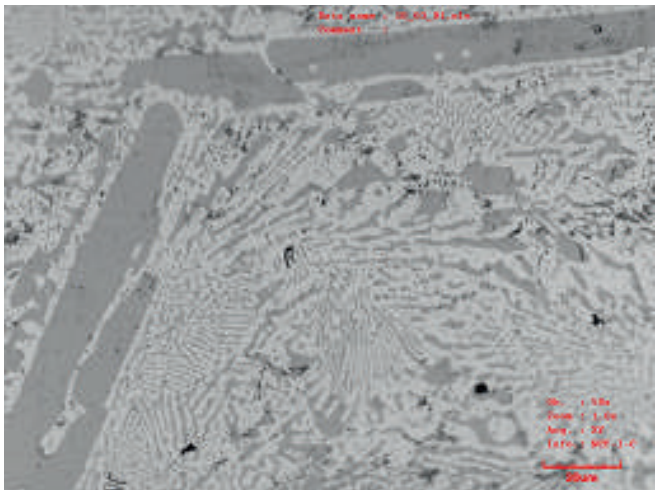
Mikroskopické vyhodnocení struktury vzorků bylo realizováno na Fakultě strojního inženýrství UJEP. Pro vyhodnocení byl použit konfokální laserový mikroskop Olympus LEXT OLS 5000. Analýze byly podrobeny oba vzorky A i B a tentokrát byly vyhodnoceny při zvětšeních 200× a 500×. I v tomto případě jsou výsledky dokladovány na **obr. 5–8**. Při zhodnocení není již rozdíl natolik zřetelný. V obou případech je ve slitině obsaženo značné množství nečistot, pórů a samozřejmě intermetalických fází $CaAl_4$.



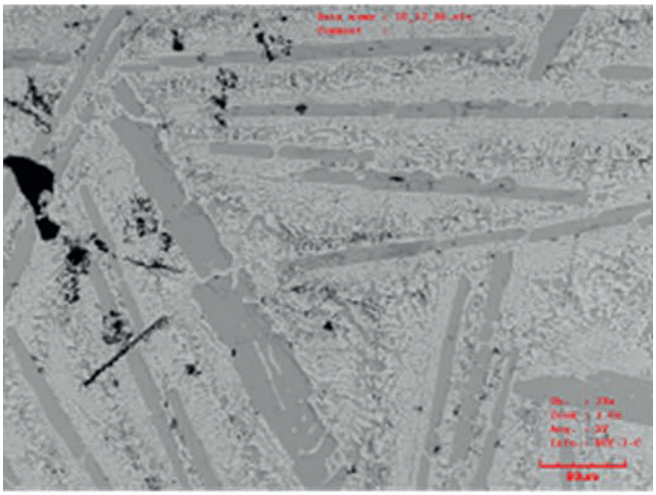
Obr. 9. Ukázka odebraného vzorku stěru



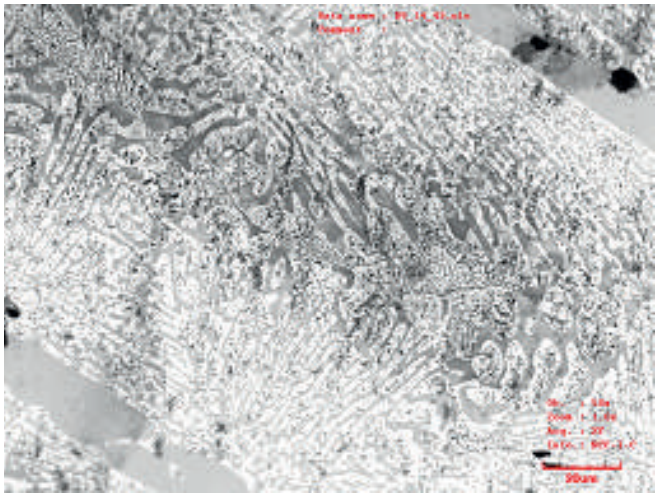
Obr. 5. Mikrostruktura vzorku A, zvětšení 200×



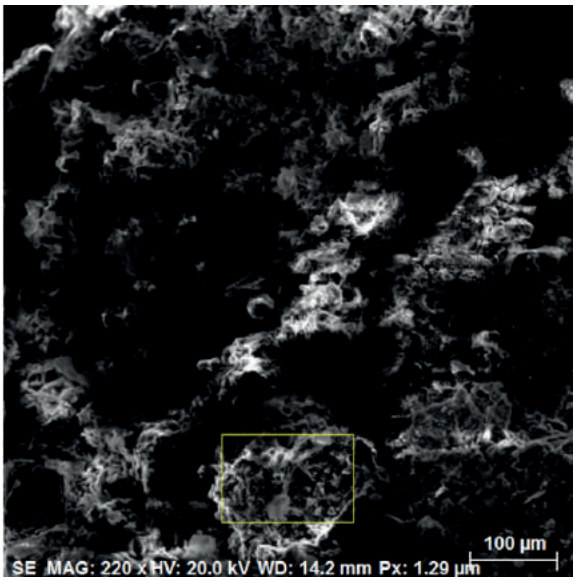
Obr. 6. Mikrostruktura vzorku B, zvětšení 200×



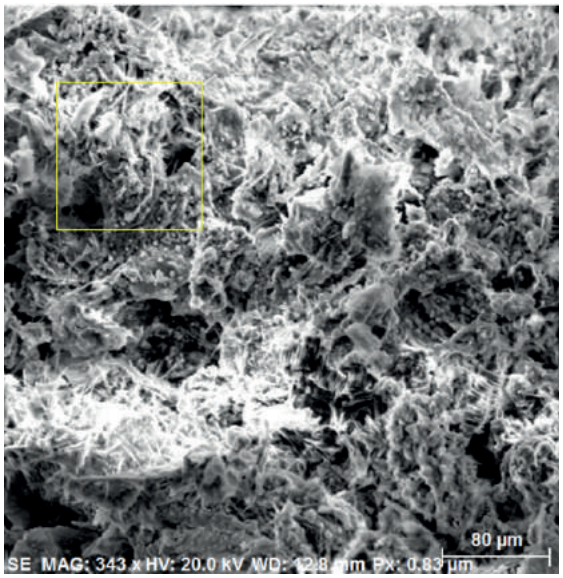
Obr. 7. Mikrostruktura vzorku A, zvětšení 500×



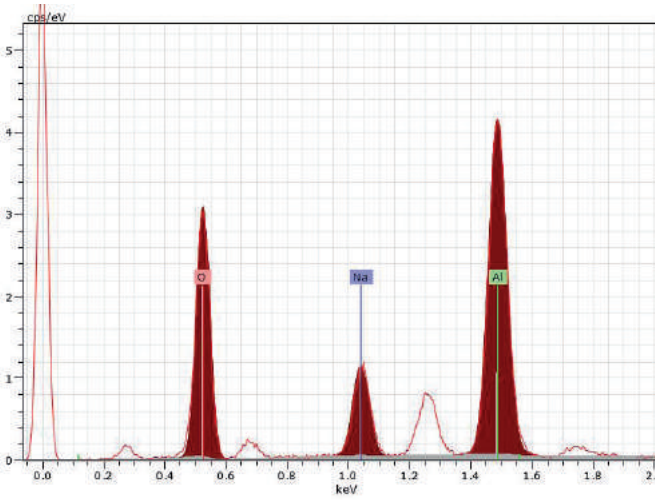
Obr. 8. Mikrostruktura vzorku B, zvětšení 500×



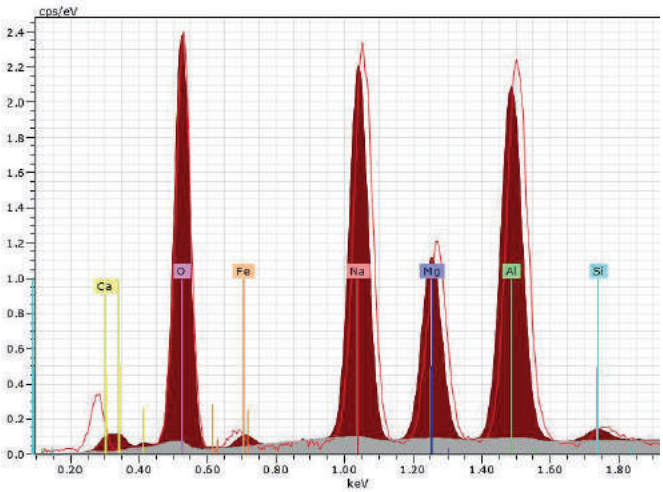
Obr. 10. Výběr oblasti I pro EDS analýzu, stěry s modifikací Na



Obr. 12. Výběr oblasti I pro EDS analýzu, stěry s modifikací Na + Ca



Obr. 11. Grafický výstup z EDS analýzy oblasti I, stěry s modifikací Na



Obr. 13. Grafický výstup z EDS analýzy oblasti I, stěry s modifikací Na + Ca

Tab. 1. Procentuální výstup z EDS analýzy oblasti I, stěry s modifikací Na

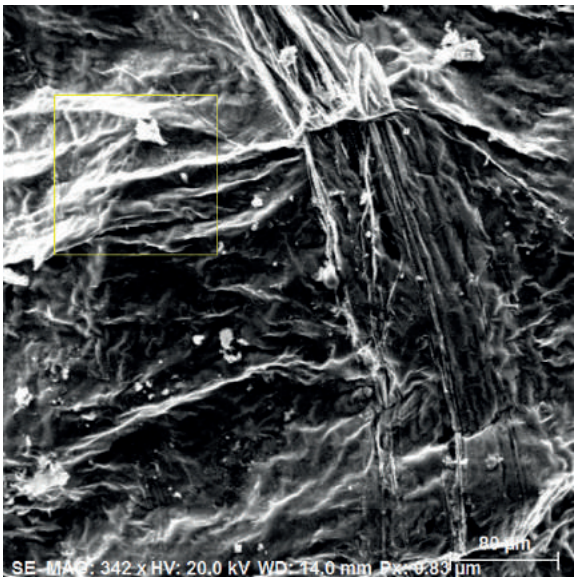
Spectrum:

Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	K-series	35.68	52.79	64.32	14.64
Aluminium	K-series	23.44	34.68	25.06	3.50
Sodium	K-series	8.47	12.53	10.63	1.81
	Total:	67.60	100.00	100.00	

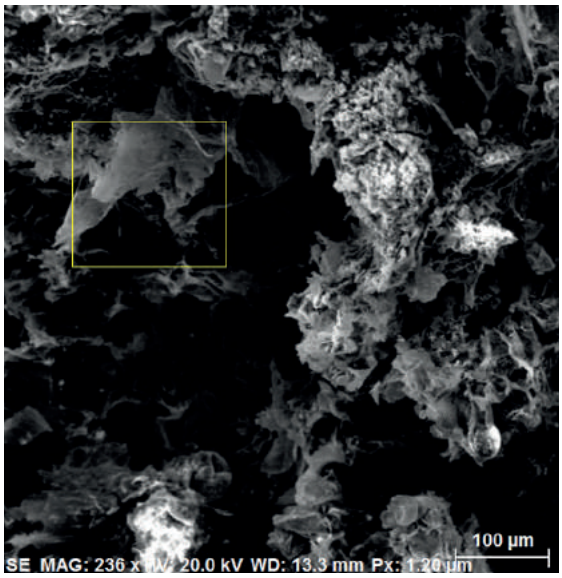
Tab. 2. Procentuální výstup z EDS analýzy oblasti I, stěry s modifikací Na + Ca

Spectrum:

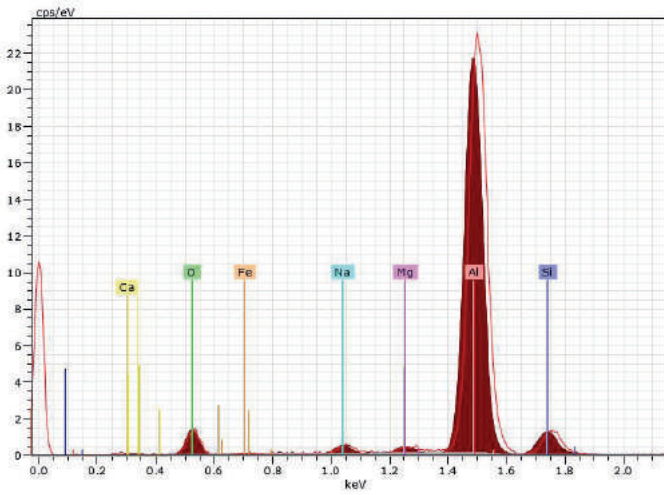
Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Sodium	K-series	8.53	22.35	19.51	1.74
Aluminium	K-series	8.24	21.59	16.06	1.28
Magnesium	K-series	4.34	11.37	9.39	0.81
Silicon	K-series	0.25	0.67	0.48	0.12
Oxygen	K-series	16.49	43.19	54.16	6.31
Calcium	K-series	0.30	0.79	0.39	0.12
Iron	K-series	0.02	0.05	0.02	0.09
	Total:	38.18	100.00	100.00	



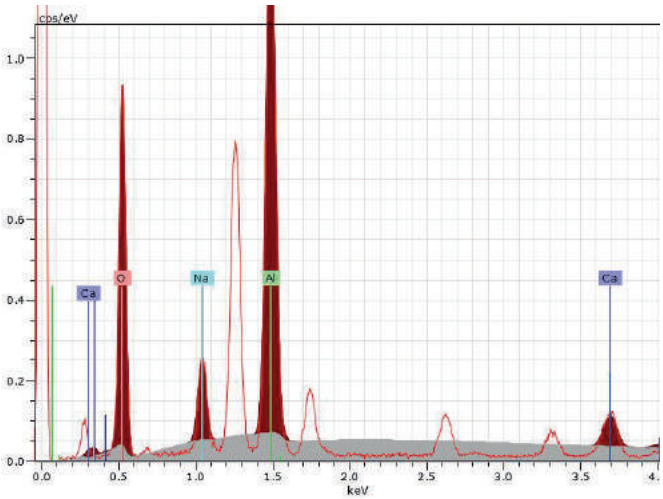
Obr. 14. Výběr oblasti I pro EDS analýzu, stěry bez modifikace



Obr. 16. Výběr oblasti I pro EDS analýzu, stěry s modifikací Ca



Obr. 15. Grafický výstup z EDS analýzy oblasti I, stěry bez modifikace



Obr. 17. Grafický výstup z EDS analýzy oblasti I, stěry s modifikací Ca

Tab. 3. Procentuální výstup z EDS analýzy oblasti I, stěry bez modifikace

Spectrum:

Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Aluminium	K-series	79.65	70.09	61.91	11.57
Oxygen	K-series	21.84	19.22	28.63	11.76
Silicon	K-series	8.23	7.25	6.15	1.28
Sodium	K-series	2.13	1.87	1.94	0.59
Magnesium	K-series	1.43	1.26	1.23	0.39
Calcium	K-series	0.03	0.03	0.02	0.10
Iron	K-series	0.32	0.28	0.12	0.20
	Total:	113.63	100.00	100.00	

Tab. 4. Procentuální výstup z EDS analýzy oblasti I, stěry s modifikací Ca

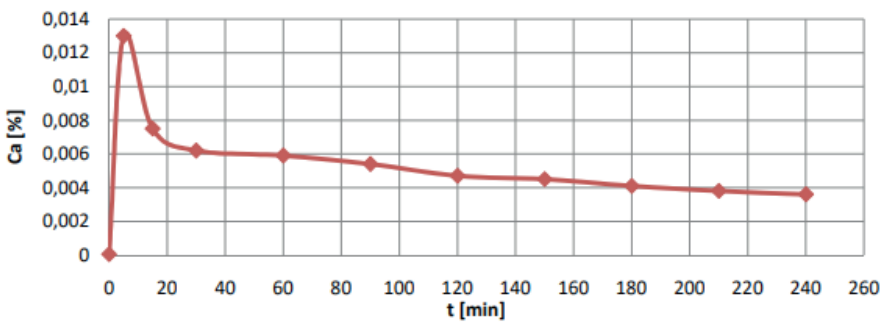
Spectrum:

Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	K-series	11.54	55.77	68.03	4.56
Aluminium	K-series	6.79	32.81	23.73	1.06
Calcium	K-series	0.83	4.02	1.96	0.16
Sodium	K-series	1.53	7.40	6.28	0.39
	Total:	20.69	100.00	100.00	

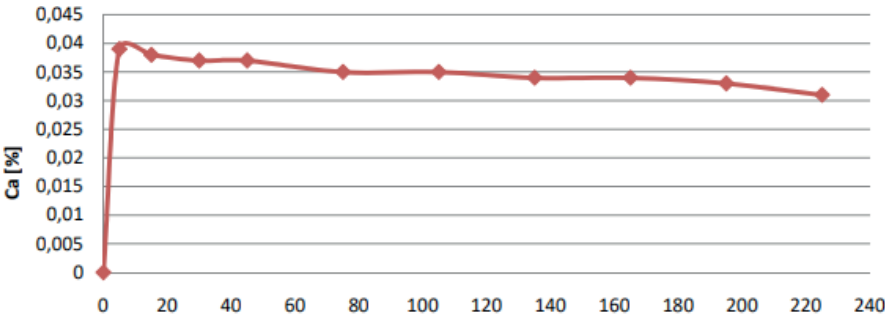
Vyhodnocení stěrů

Při vyhodnocení stěrů z hladiny taveniny udržované v provozní elektrické udržovací kelímkové peci byla použita EDS analýza na FSI UJEP. Všechny vzorky byly velmi pečlivě odebrány a vyhodnoceny zvlášť. Podoba vzorku je zachycena na **obr. 9**. V této podobě byly postupně odebrány vzorky jako zástupci stavů bez modifikace, modifikace sodíkem, modifikace vápníkem a kombinace obou modifikátorů, tedy modifikace Na + Ca (**obr. 10–17**). Pro všechny skupiny vzorků bylo detailně pozorováno a analyzováno hned několik lokací a ty dále monitorovány pomocí grafického i číselného vyjádření podílů jednotlivých chemických prvků. Vyhodnocení stěrů bylo do této práce zahrnuto především z praktického dopadu na aplikovatelnost Ca jako modifikátoru. Není zde očekávána nijak zásadní přidaná hodnota od varianty modifikace pomocí vápníku, ale jde o zhodnocení praktických slévárenských aspektů, s nimiž by byl modifikátor AlCa10 při provozním užití běžně konfrontován.

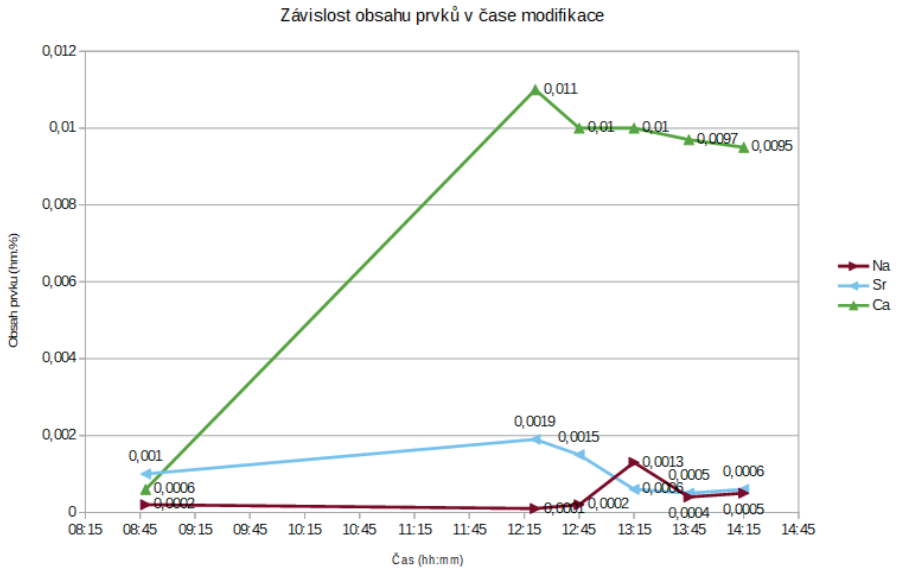
Z výstupů z jednotlivých EDS analýz (**tab. 1–4**) je možno sumarizovat získané výsledky. Ve výsledcích první skupiny vycházejících z odebraného vzorku stěru z taveniny s modifikací sodíkem lze vyvodit dle předpokladu stanovisko, že EDS analýza jasně potvrzuje přítomnost značného obsahu sodíku. Procentuální zastoupení Na je v určitých lokalitách až přes 10 hm. %. Další prvky kromě vždy většinově zastoupeného kyslíku a hliníkové matrice nebyly odhaleny ve významných množstvích. V druhé skupině analýz z EDS je výrazný projev obou modifikačních prvků, avšak jako dominantní prvek jednoznačně převažuje sodík. Dále jsou zde patrné další zastoupené prvky, jako hořčík a železo, které se projevují do výsledků pravděpodobně vlivem existence různých intermetalik v modifikované struktuře po vzájemné interakci sodíku a vápníku. Jako v prvním případě je samozřejmě významně zastoupena nejvýraznější složka v podobě kyslíku a Al. Kyslík je ve všech uvedených případech jednoznačně zastoupen a reprezentuje oxidickou vrstvu Al_2O_3. Třetí skupina zastupuje výsledky získané ze stěru z taveniny bez jakékoliv modifikace. EDS analýza je v souladu s tímto faktem a na spektru chemických prvků vyskytujících se ve vzorku jako nejvýznamněji zastoupené se kromě matrice Al nevyskytují žádná větší procentuální zastoupení. Zajímavé je zjištění, že kyslík není zastoupen v tak vysokých procentních množstvích. To lze přisoudit faktu, že tavenina bez modifikace neprošla žádnou z výrazně exotermických reakcí, které zpravidla aplikaci modifikátoru doprovázejí, a proto byla neporušena oxidická vrstva o jednotné tloušťce. Poslední čtvrtou skupinou je, z titulu tématu této práce, představitel modifikace vápníkem. Především z analýz provedených na vzorku odebraném úplně stejným způsobem, jako tomu bylo u předchozích skupin, se objevil neočekávaně sodík, který značně omezil projev vápníku. Kyslíku bylo ve srovnání s předešlými vzorky více a další chemické prvky, opět samozřejmě kromě hlavní matriční složky hliníku. Nesporné však přesto zůstává, že vápník i přes nežádoucí redukci způsobenou zbytkovým sodíkem byl jasně zastoupen a na prvkovém spektru mu patřila ihned po hliníku a kyslíku třetí pozice.



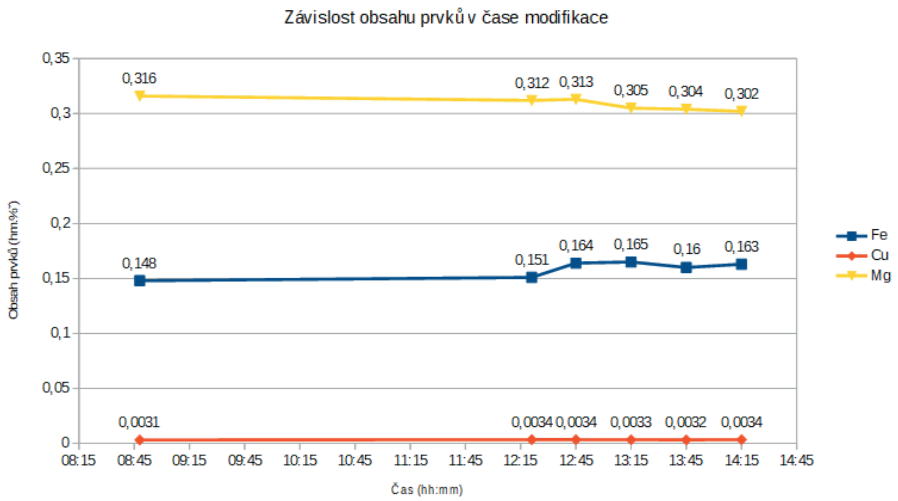
Obr. 18. Závislost úbytku obsahu Ca na čase – modifikace na 130 ppm



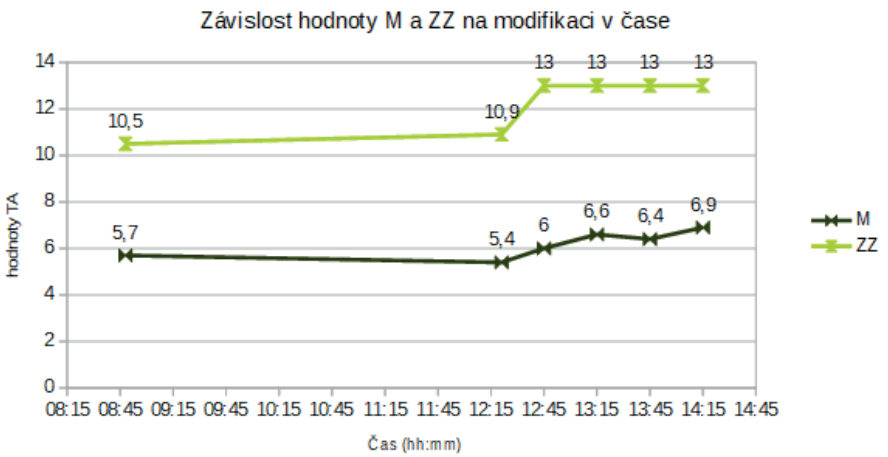
Obr. 19. Závislost úbytku obsahu Ca na čase – modifikace na 390 ppm



Obr. 20. Závislost obsahu modifikačních prvků Na, Sr a Ca na čase



Obr. 21. Závislost obsahu klíčových prvků Fe, Cu a Mg na čase



Obr. 22. Závislost stupně modifikace a zjemnění zrna na čase

Odeznívání účinku modifikace

Závislost modifikace na čase – vyhodnocení spektrální analýzou

Ze získaných výsledků a zobrazených závislostí je patrné, že v případě modifikace taveniny na hodnotu 130 ppm došlo v prvních 20 min odeznívání k poklesu obsahu Ca až o cca 50 % (**obr. 18**). Poté až do uplynutí stanového časového intervalu sledování, tj. 4 h, byl úbytek pozvolný dle očekávání, což koresponduje s předpoklady z odborné literatury. V druhém případě tento skokový jev nebyl pozorován a pokles obsahu Ca v čase byl rovnoměrný, pozvolný a dle předpokladů (**obr. 19**). Zde se lze bavit o poklesu o cca 100 ppm za 3,5–4 h od provedené modifikace. Sodík má poměrně rychlý nárůst obsahu, tedy rychlé rozpouštění a reagování s taveninou. A dále lze z křivky vypozorovat krátkodobý efekt modifikace v podobě rychlého nárůstu a zrovna tak rychlého poklesu na bezmála původní iniciační hodnoty. To jsou hodnoty, které jsou stopové a již neodpovídají množství dostatečnému pro modifikaci slitiny. V porovnání s tím se závislost pro průběh obsahu Sr v tavenině odvíjí úplně jinak (**obr. 20**). Náběh je pozvolnější, zde rozhodně hraje i svoji roli forma modifikátoru, který byl v případě stroncia předslitina v podobě tyčí AlSr10. To samé platí o poklesu modifikačního efektu, který má úplně jiný progres a vykazuje podstatně delší čas odeznívání a to přesto, že zrovna tak hm. % klesne až k iniciačním hodnotám. A konečně zhodnocení závislosti obsahu prvku v tavenině na čase. Nárůst efektu modifikace podle křivky z grafu se

jeví jako rychlý, srovnatelně se sodíkem, ale je značně nižší pokles. Jinými slovy dostatečně vysoká hm. % se drží minimálně po dobu 2,5 h.

Závislost modifikace na čase – vyhodnocení termickou analýzou

Z **obr. 21** a **22** a rovněž ze všech obsažených křivek lze vyvodit následující stanoviska a závěry. Obsahy všech tří sledovaných prvků jsou bez výrazné změny. Jejich mírné změny jsou v souladu s předpoklady. Hořčíku ubývá kvůli známému efektu vyhořívání v čase a železo mírně navyšuje svoje hm. % z důvodu rozpouštění kontaminovaných částí pece nedostatečně ošetřených proti agresivnímu „leptání“ hliníkové matrice ocelových komponent. Stupeň modifikace dle termické analýzy vykazuje jasnou stabilitu min. po dobu 2 h, což ukazuje na dlouhodobý účinek modifikace vápníkem, minimálně srovnatelný s délkou trvání pozitivního modifikačního vlivu stroncia.

Pozn.:
Výše uvedená data a informace vycházejí z úspěšně obhájené dizertační práce, která byla realizována v rámci FSI UJEP v Ústí nad Labem. Druhá část příspěvku bude zveřejněna ve Slévárenských listech 3/2023 a bude obsahovat výsledky a závěry z vyhodnocení vlivu modifikace vápníkem na zabíhavost, mechanické vlastnosti a korozní odolnost.

Vedoucí dizertační práce:
prof. Ing. Štefan Michna, PhD.

Začleň se 😉

Odborné komise při České slévárenské společnosti, z. s.

Č.	Odborná komise	Předseda
01	OK pro formovací materiály	Ing. Jiří Pazderka
02	OK pro litinu s lupínkovým grafitem	Ing. Marco Kyncl
03	OK pro litinu s kuličkovým grafitem	doc. Ing. Antonín Mores, CSc.
04	OK výroba oceli na ingoty a odlitky	Ing. Martin Balcar, Ph.D.
05	OK technologická	Ing. Vladimír Krutiš, Ph.D.
06	OK pro lití pod tlakem	Ing. Václav Krňávek
07	OK pro neželezné kovy	doc. Ing. Petr Lichý, Ph.D.
10	OK pro životní prostředí	Ing. Vladimír Bláha
11	OK pro přesné lití	funkce neobsazena
13	OK pro historii slévárenství a umělecké lití	Ing. Martin Mrázek, Ph.D.
14	OK ekonomická	funkce neobsazena
15	OK pro informatiku a automatizaci	doc. Ing. Ivo Špička, Ph.D.

68. zasedání OK ekonomické v Třinci

Hana Jelínková
tajemnice OK ekonomické

Datum a místo konání:
21.–22.03.2023 ve firmě FOSECO, Slévárenská divize VESUVIUS MORAVIA, s.r.o., Třinec, a hotel Vitality Vendryně.

Exkurze: Jako již tradičně předcházela celému jednání v dopoledních hodinách zajímavá exkurze ve firmě FOSECO, Slévárenská divize VESUVIUS MORAVIA, s.r.o., kde nás velice vstřícně přivítal Sales manager Ing. Jiří Duda společně s Ing. Václavem Jackem, Business Unit Manager Foundry CEME.

Jednání OK ekonomické: Odpolední jednání zahájil Ing. Jiří Duda, Sales Manager CZ, SK, HU představením firmy Foseco, VESUVIUS MORAVIA, s.r.o., kdy nás seznámil s historií a výrobním programem společnosti.

Následovalo vystoupení hejtmana Moravskoslezského kraje prof. Ing. Ivo Vondráka, CSc., s přednáškou na téma *Proměna kraje a tradičního průmyslu*.

Dalším bodem jednání byla přednáška Ing. Nicole Kyncl, Ph.D., Komerční slévárna Turnov a.s. na téma *Zvýšení výkonnosti (zisku) sléváren podle Teorie omezení* s konkrétní aplikací v jejich slévárně.

Se svými přednáškami pak pokračovali Dr. Ing. Marko Grzinčič, jednatel DETYCON Solutions s.r.o. – *Krize je bolest i příležitost* – a Ing. Vilém Patloka, jednatel SC&C Partner, spol. s r.o., *Zvyšování kompetencí a konkurenceschopnosti firem*.

Ing. Jan Kocian uspořádal anketu na téma predikce nákladového trendu.

Na závěr zasedání jsme srdečně poděkovali hostitelské organizaci, Ing. Jiřímu Dudovi společně s Ing. Václavem Jackem a jeho týmu za skvělou přípravu, náročnou organizaci, dopravu na prohlídky výrobních prostor a vstřícné pojetí celého zasedání. Při následujícím společenském večeru jsme jako vždy neformálně diskutovali a řešili otevřené otázky z celodenního jednání.

Plné znění zápisu: www.okeko.cz.

Více fotografií na:
Česká slévárenská společnost

Účastníci 68. zasedání OK ekonomické v konferenční místnosti hotelu Vitality Vendryně

9. Holečkova konference v Libverdě

Ing. Bc. Barbora Bryksí Stunová, Ph.D.
ČVUT Praha

Ve dnech 23.–24. 3. 2023 uspořádala Odborná komise pro neželezné kovy při České slévárenské společnosti, z. s., v příjemném prostředí resortu Lázně Libverda již 9. ročník Holečkovy konference. Po covidové pauze v roce 2021 jsme se sešli ve zhruba třetinovém počtu (na 8. ročníku v roce 2019 nás bylo přes 90). O to bylo ale setkání komornější a přátelštější a byl dostatek prostoru k diskuzi a konzultacím.

Během 2 dnů jsme vyslechli 15 velmi zajímavých příspěvků z různých oblastí slévárenství neželezných kovů. Součástí akce byla i exkurze v řemeslném pivovaru Albrecht ve Frýdlantu. Večer pak proběhlo kromě přátelského posezení i vyhlášení soutěže „O nejzajímavější vadu odlitku“, o které mohli účastníci celý den hlasovat v rámci výstavy.

Všem účastníkům děkujeme za účast, plodnou diskuzi a přátelské naladění a těšíme se na jubilejním, 10. ročníku v roce 2025 snad ve větším počtu na shledanou!

Více informací: www.holeckovakonference.cz.

Více fotografií na Česká slévárenská společnost

Zahájení 9. Holečkovy konference

Exkurze do frýdlantského pivovaru Albrecht

Účastníci letošní Holečkovy konference v Libverdě

82. zasedání OK pro litinu s kuličkovým grafitem

Ing. Bc. Barbora Bryksí Stunová, Ph.D.
ČVUT Praha

Dne 29. 3. 2023 se na Ústavu strojírenské technologie FS ČVUT v Praze konalo již 82. jednání Odborné komise pro litinu s kuličkovým grafitem a zároveň 56. setkání slévačů ČSS středních Čech pod patronací společnosti Elkem ASA. Zajímavý program nalákal rekordní počet účastníků, kteří vyslechli celkem 11 přednášek zejména o modifikaci a ověřování její účinnosti. Nechyběla ani odborná diskuze.

Z 82. zasedání OK pro LKG na ČVUT v Praze

Více fotografií na Česká slévárenská společnost

Jednání volební valné hromady České slévárenské společnosti, z.s., 13. dubna 2023 na VUT v Brně

doc. Ing. Petr Lichý, Ph.D.
předseda návrhové komise

Přípravu valné hromady řídil předseda ČSS Ing. Ludvík Martínek, Ph.D. Všem členům ČSS bylo umožněno volit nejvyšší orgány ČSS, a tak se aktivně podílet na její činnosti. Za tímto účelem byl aktualizován volební řád, který určuje postup voleb.

1. Zahájení a schválení programu jednání

Volební valnou hromadu ČSS řídil emeritní 1. místopředseda ČSS Ing. Tolar. Přivítal přítomné členy ČSS, představil předsednictvo valné hromady a seznámil přítomné členy ČSS s návrhem programu jednání valné hromady, který byl bez připomínek schválen. V úvodu jednání volební valné hromady také vystoupil předseda ČSS Ing. Martínek a gratuloval hospodářce ČSS Ing. Kroupové k čerstvě absolvované habilitaci a získání titulu docent.

2. Volba mandátové, volební a návrhové komise, schválení volebního řádu ČSS, zpráva mandátové komise

Valná hromada zvolila jednotlivé pracovní komise ve složení:

- **mandátová:** Mgr. Urbánek – předseda, Ing. Ptáček, Ing. Skoumal – členové;
- **volební:** Ing. Ondráček – předseda, Jelínková, Ing. Krňávek, Ing. Pernica – členové;
- **návrhová:** doc. Lichý – předseda, Ing. Fila, Ing. Pernica – členové.

Předseda volební komise Ing. Ondráček seznámil přítomné s volebním řádem ČSS, který valná hromada schválila. Zprávu mandátové komise přednesl její předseda Mgr.

Urbánek a konstatoval, že na valné hromadě je přítomno 35 individuálních členů ČSS s právem hlasovacím, z nichž někteří u prezence odevzdali pověření k zastupování od dalších 15 členů společnosti a 1 zástupce kolektivního člena ČSS. Celkem tedy mohlo volit 51 členů ČSS. Podle stanov ČSS je valná hromada usnášeníschopná při účasti nejméně 10 % všech členů ČSS. Předseda mandátové komise Mgr. Urbánek konstatoval, že tato podmínka je splněna.

3. Volba výkonného výboru a dozorčí rady ČSS

Před vlastními volbami podal informaci o průběhu voleb předseda volební komise Ing. Ondráček, který představil účastníkům valné hromady kandidáty do výkonného výboru a dozorčí rady v abecedním pořadí. Poté proběhly tajné volby. Po jejich ukončení převzala volební urnu volební komise a ujala se zpracování volebních výsledků. Po předběžném vyhodnocení volebních lístků se přistoupilo ke sčítání hlasů.

4. Zprávy:

- o činnosti VV za období od poslední valné hromady ČSS v roce 2022
- o hospodaření ČSS v roce 2022 a návrh rozpočtu na rok 2023
- dozorčí rady za období od poslední valné hromady ČSS v roce 2022

5. Úpravy stanov ČSS

Návrhy na úpravu stanov ČSS přednesl tajemník ČSS Mgr. Urbánek, který upozornil na nesrovnalost mezi stanovami ČSS a usnesením nevolební valné hromady ČSS ze dne 21. 4. 2022 týkající se výše členských příspěvků.

6. Diskuze k předneseným zprávám, zprávy předsedů OK a OO o činnosti jejich komisí a organizací, informace o přípravě 59. slévárenských dnů® v roce 2023

7. Zpráva volební komise – vyhlášení výsledků 1. kola voleb

Předseda volební komise Ing. Ondráček konstatoval, že volební řád byl dodržen a volby řádně proběhly. Z maximálně možných 51 hlasovacích lístků bylo odevzdáno všech 51 a všechny byly platné. Do výkonného výboru ČSS na volební období 2023–2025 bylo zvoleno všech 15 kandidátů a stejně tak všichni 3 kandidáti do dozorčí rady ČSS.

Výkonný výbor:
Ing. Martin Balcar, Ph.D.
Ing. Bc. Barbora Bryksí Stunová, Ph.D.
Ing. Jan Čech, Ph.D.
Ing. Pavel Fila, Ph.D.
Ing. Josef Havrda
doc. Ing. Ivana Kroupová, Ph.D.
Ing. Vladimír Krutiš, Ph.D.
doc. Ing. Petr Lichý, Ph.D.
Ing. Milan Luňák
Ing. Ludvík Martínek, Ph.D.
doc. Ing. Antonín Mores, CSc.
Petr Rohrer
Ing. Jan Šlajs
Ing. Jan Tolar
doc. Ing. Antonín Záděra, Ph.D.

Dozorčí rada:
Ing. Jan Kocian
Ing. Zdeněk Ondráček
Ing. Vítězslav Pernica, Ph.D.

Ing. Tolar, který valnou hromadu řídil, upozornil přítomné delegáty, že v letošních volbách z osobních důvodů nekandidoval dlouholetý člen výkonného výboru Ing. Ivo Lána, Ph.D. Za jeho obětavou práci po dobu mnoha let mu proto poděkoval a přítomní se k němu připojili potleskem.

8. Přestávka a první zasedání nového výkonného výboru a dozorčí rady

Ing. Tolar informoval přítomné delegáty, že o přestávce proběhlo jednání nově zvoleného výkonného výboru i nově zvolené dozorčí rady k posouzení kandidatur na předsedy obou těchto nejvyšších orgánů ČSS. O funkci předsedy výkonného výboru ČSS se ucházel jediný kandidát – dosavadní předseda ČSS Ing. Ludvík Martínek, Ph.D. Na funkci předsedy dozorčí rady ČSS kandidoval pouze dosavadní předseda tohoto orgánu Ing. Zdeněk Ondráček.

9. Pokračování diskuze, vystoupení kandidátů na předsedu ČSS a předsedu dozorčí rady ČSS

Dosavadní předseda ČSS Ing. Martínek uvedl, že pokud bude znovu zvolen předsedou ČSS na další dvouleté funkční období, bude plně respektovat rozhodnutí nově zvoleného výkonného výboru, který o přestávce zvolil za 1. místopředsedu ČSS Ing. Vladimíra Krutiše, Ph.D., a za 2. místopředsedu Ing. Martina Balcara, Ph.D. Dalšími členy předsednictva ČSS pak byly zvoleny: doc. Ing. Ivana Kroupová, Ph.D., jako hospodářka ČSS a Ing. Bc. Barbora Bryksí Stunová, Ph.D., jako členka předsednictva ČSS.

10. Volba předsedy ČSS a předsedy dozorčí rady

Přítomní jednomyslně zvolili za předsedu ČSS jejího dosavadního předsedu Ing. Ludvíka Martínka, Ph.D. Do funkce předsedy dozorčí rady pak také jednomyslně zvolili jejího dosavadního předsedu Ing. Zdeňka Ondráčka.

11. Zpráva volební komise – vyhlášení výsledků 2. kola voleb

Vzhledem k tomu, že valná hromada schválila volbu předsedy ČSS i předsedy dozorčí rady ČSS aklamací, byl tento bod jednání zrušen.

12. Zpráva návrhové komise, návrh usnesení valné hromady, jeho schválení a závěr jednání

Návrh usnesení volební valné hromady ČSS přednesl předseda návrhové komise doc. Lichý. Po drobných úpravách a doplnění předneseného návrhu volební valná hromada usnesení jednomyslně schválila. Poté předsedající Ing. Tolar poděkoval přítomným za účast na jednání volební valné hromady ČSS a za její důstojný průběh a rozloučil se s nimi.

Plné znění zápisu z jednání valné hromady je k dispozici na sekretariátě ČSS.

Gratulace Ing. Ivaně Kroupové, Ph.D., nejen k úspěšné habilitaci

Zahájení jednání valné hromady ČSS, zleva: Ing. Jan Tolar, emeritní 1. místopředseda ČSS, a Ing. Ludvík Martínek, Ph.D., předseda ČSS

Přítomní jednání VH ČSS na VUT v Brně dne 13.04.2023

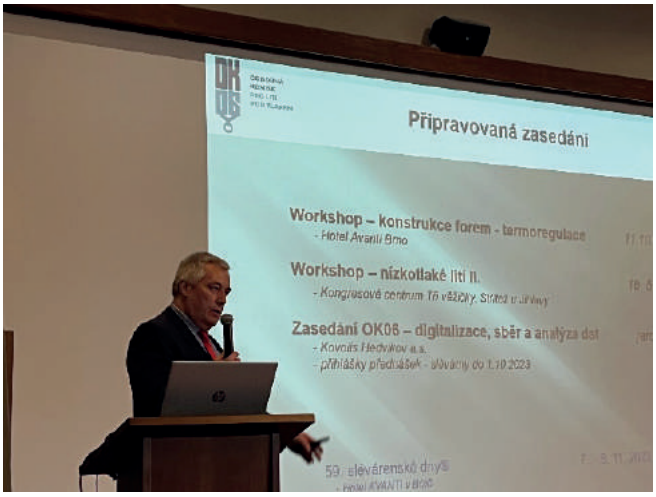
Zpráva z jarního zasedání Odborné komise 06 pro lití pod tlakem při ČSS

Ing. Václav Krňávek
předseda OK06

Jako již tradičně se v jarních dnech 18. a 19. dubna 2023 uskutečnilo zasedání naší Odborné komise pro lití pod tlakem. Zasedání proběhlo ve velice krásných a reprezentativních prostorách Resortu Sobotín v podhůří Jeseníků. Zasedání bylo tentokrát zaměřeno na více než aktuální téma energie a snižování nákladů spojených s energií potřebnou pro odlévání vysokotlakých odlitků. V předvečer zasedání jsme zorganizovali exkurzi do prostor Přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé stráně. Technicky zajímavé exkurze do jednoho ze sedmi divů České republiky se zúčastnilo 48 účastníků. Exkurze příjemně doplnila energetické téma zasedání. V podvečer zasedání proběhlo přátelské posezení doplněné o turnaj v bowlingu. Také díky sponzoringu firem: SHM, s.r.o., Tiesse Praha s.r.o., ŠEBESTA-služby slévárnám s.r.o., Pyrotek CZ s.r.o. a Centra HiLASE Fyzikálního ústavu

Účastníci exkurze do PVE Dlouhé stráně

Bowlingový turnaj v předvečer zasedání



Ing. Václav Krňávek při zahájení jarního zasedání OK06

Kongresový sál Resortu Sobotín zaplněný účastníky zasedání

AV ČR, v.v.i., proběhlo jak zasedání, tak i společenské setkání účastníků ve velkém stylu.

Samotné zasedání bylo v předsálí Slavnostního sálu doplněno o sedm výstavních stánků některých dodavatelských firem. V úvodu zasedání obdrželi účastníci zasedání informace o plánovaných workshopech naší OK a mimo jiné bylo také vzpomenuto na dlouholetého a významného člena ČSS Ing. Jindřicha Šustra. V průběhu zasedání bylo odprezentováno šest odborných přednášek týkajících se optimalizací a změn na zařízeních v procesech tavení a následného odlévání tlakově litých odlitků spojených se snižováním energetické náročnosti.

Po ukončení zasedání umožnila firma SHM, s.r.o., exkurzi do svých výrobních prostor v Šumperku. Exkurzi, kde byla představena výroba unikátních povlaků využitelná nejen při výrobě tlakových licích forem, se zúčastnilo více než 50 účastníků.

Jsem rád, že vás již nyní mohu pozvat na další odborné workshopy naší OK06 lití pod tlakem, a především na jarní zasedání, které se uskuteční v roce 2024, tentokrát ve spolupráci se slévárnou Kovolis Hedvikov a.s.

Více fotografií: Česká slévárenská společnost a na https://www.podtlakem.cz/akce/jarni-zasedani-na-tema-energie/.

Workshop nízkotlakařů aneb 2. setkání podskupiny NTL při OK06 ČSS

Ing. Milan Luňák, Ph.D.
TOP Alulit s.r.o.

S velkou radostí bych rád informoval všechny sympatizanty slévárenského oboru a obzvláště slévače hliníkových slitin, že se uskutečnilo další setkání odborníků na nízkotlaké lití. Jednalo se o druhé setkání podskupiny zařazené pod hlavičku Odborné komise lití pod tlakem při ČSS. Stejně jako v roce loňském byla akce uskutečněna ve strategicky zvolené lokaci poblíž Jihlavy, opět Hotel-Restaurant Tři Věžičky. Tentokrát jsme se sešli 18.05.2023, a to v počtu dávajícím příslib budoucím konáním těchto akcí – přihlášených bylo 35 účastníků jak ze sléváren, tak dodavatelských firem a samozřejmě nechyběli ani zástupci z akademické půdy.

Úvodní slovo koordinátora akce Ing. Milana Luňáka, Ph.D.

Hlavním partnerem této akce se stala firma ELAP, v.d., za dodavatele pak dále MAGMA GmbH, Realistic a.s., ŠEBESTA-služby slévárnám s.r.o., microPEL s.r.o., VESUVIUS MORAVIA s.r.o., PYROTEK CZ s.r.o. a Tiesse Praha s.r.o.

Workshop nízkotlakařů aneb 2. setkání podskupiny NTL při OK06 ČSS

Program pro tuto jednodenní akci byl značně „našlapaný“, obsahoval 7 přednášek zahrnujících jak příspěvky z komerčních sléváren, tak dodavatelské společnosti. V rámci detailnějšího přehledu musí být uvedeny firmy TOPAlulit s.r.o., Unitherm s.r.o. a Ing. Jan Habart. Obě uvedené slévárny hliníkových slitin prezentovaly své případové studie a p. Habart uvedl přednášku na velmi neokoukané téma, kterým bezpochyby jsou slitiny hořčíkové. Bylo více než zajímavé vyslechnout jeho příběh založení výroby hořčíkových odlitků, jeho myšlenky a především spatřit reálné důkazy, kterými byly odlitky komponent pro jízdní kola a které mnohým účastníkům bez nadsázky vyrazily dech.

Prezentace dodavatelů byly neméně zajímavé i přínosné. Firmy ELAP, v.d., microPEL, s.r.o., PYROTEK CZ s.r.o. či Tiesse Praha s.r.o. nabídly mnoho různých řešení i novinek uchopitelných ve slévárenských provozech NTL technologie.

Fotografie z akce snad plně vystihují atmosféru proběhlého workshopu a mohou být lákadlem pro nové potenciální účastníky. Již nyní se těšíme opět za rok na další setkání, u nichž předpokládáme vzrůstající tendenci.

Všem slévačům přeji za sebe i organizační tým úspěšné léto.

Více fotografií: Česká slévárenská společnost.

Přednáška Ing. Pavla Matochy, Unitherm, včetně ukázek odlitků

Přednáška Romana Rešky a Milana Luňáka ze slévárny TOP Alulit s.r.o.

Začleň se 😉

Kolektivní členové ČSS, z.s., v roce 2023

ŠEBESTA služby slévárnám s.r.o.

LANIK

ALUPRESSING

IEE

KERAMOST akciová společnost

METALURGIE RUMBURK

Komerční Slévárna Turnov

Linde Making our world more productive

VUHZ ADVANCED METAL TECHNOLOGIES

Děkujeme individuálním i kolektivním členům za podporu naší činnosti pro vás!

Ekologický seminář v Hradci Králové

Ing. Bc. Barbora Bryksí Stunová, Ph.D.
ČVUT Praha

Ing. Vladimír Bláha
EMPLA, a. s., Hradec Králové

Odborná komise ekologická a Oblastní výbor východočeského regionu při České slévárenské společnosti, z. s., ve čtvrtek 25. 5. 2023 zorganizovaly již 31. ročník semináře Ekologie a slévárenství.

Tématem dopolední části byla „voda" z pohledu krizových plánů, taxonomie či značky šetrného hospodaření s vodou od MŽP, dále pak legislativní změny a odpadové hospodářství. V odpolední odborné části byly diskutovány samotvrdnoucí formovací směsi pro 3D tisk a bentonity bez uhlíkaté přísady.

Na 20 účastníků v sále a 2 připojení účastníci on-line přes stream MS Teams vyslechli celkem 8 příspěvků. Sborník ze semináře s velmi zajímavým obsahem přednášek je k dispozici on-line na stránkách http://ceskaslevarenska.cz/publikace/ po zakoupení přístupového kódu. V případě zájmu prosím kontaktujte tajemníka ČSS na slevarenska@volny.cz.

I přesto, že téma průmyslové ekologie je stále aktuálnější a (nejen) slévárny jsou vystavovány stále přísnějším legislativním opatřením, v posledních letech se seminář bohužel potýká s nízkou účastí. Budeme rádi za jakoukoliv podporu v této oblasti. Kdokoliv by měl zájem se zapojit do aktivit Oblastního výboru východočeského regionu a Odborné komise ekologické při České slévárenské společnosti, z. s., které zasedají společně každý měsíc vždy ve středu v polovině měsíce a pořádají kromě semináře také výjezdní zasedání do sléváren a tematický zájezd, ať se obrátí na předsedy dr. Lánu, lana.i@slevarna.cz, nebo Ing. Bláhu, blaha@empla.cz, budeme rádi, pokud se naše řady rozšíří.

Již 32. ročník semináře Ekologie a slévárenství je plánován na polovinu května 2024.

Přednášející květnového semináře Ekologie a slévárenství v Hradci Králové

Odborné školení „Metalurgie slitin hliníku“ s praktickými tipy v rámci slévárny TOP Alulit s.r.o.

Ing. Milan Luňák, Ph.D.
TOP Alulit s.r.o., Benešov

Ačkoliv by se mohlo zdát, že školení pracovníků komerční slévárny hliníku na téma metalurgie slitin Al je nošením dříví do lesa, opak je pravdou. O tom ostatně svědčí i přísloví „Opakování je matka moudrosti“.

Přesně tak tomu bylo i při školení pracovníků slévárny TOP Alulit s.r.o., které proběhlo 3. července 2023 v sídle společnosti v Benešově u Prahy. Školením nás provázel Ing. Václav Kaňa, Ph.D., z FSI VUT Brno. Na několikahodinové školení byly velmi pozitivní ohlasy od kolegů z oddělení technologie, kvality i výroby naší slévárny.

V kostce byly prezentovány hlavní milníky celého procesu metalurgie slévárny Al od nákupu hliníkových slitin přes tavení, přípravu taveniny včetně odplynění, legování, očkování a modifikace. Diskutováno bylo také téma řízeného naplynění. Nebyly opomenuty oblasti jako filtrace taveniny, identifikace typů vad hliníkových odlitků a jejich možné příčiny. Komplexní „průlet“ nejzásadnějšími otázkami této problematiky.

Rádi bychom byli tímto přístupem vzorem také ostatním slévárnám nejen hliníkových slitin a všichni společně mějme stále na paměti, že opakování znalostí a dovedností je nutné. Buďme si jisti tím, že i na tématech mnohokrát opakovaných se vždy najdou nové nebo alespoň jinak interpretované informace a každá vzdělávací aktivita má smysl!

Přestože proběhlé školení nebylo realizováno pod záštitou ČSS či jiné organizace a jednalo se přímo o vzdělávací záměr společnosti TOP Alulit s.r.o., dovolím si volně navázat na plánovanou akci Metalurgie slitin hliníku II, která je organizována v rámci přípravného týmu složeného z členů ČSS. Termín je stanoven na 12.09.2023 a místo konání opět FSI VUT Brno. Více informací na https://www.podtlakem.cz/akce/skoleni-metalurgie-slitin-hliniku-ii/

Konference Współpraca/Spolupráce/ Spolupráca 2023

doc. Ing. Ivana Lichá, Ph.D.

doc. Ing. Petr Lichý, Ph.D.

VŠB TUO, FMMT, katedra metalurgických technologií

Zdroj fotografií: archiv Fakulty slévárenství, AGH

Již XXIX. ročník konference polských, českých a slovenských slévačů – Współpraca/Spolupráce/Spolupráca – se v tomto roce uskutečnil v termínu 26.–28. 4. v kouzelných prostorách na zámku v polských Niepołomicach. Zámecká prostředí jsou pro ročníky konference pořádané na území Polska již tradiční a zámek v Niepołomicach, jehož historie sahá až do 14. století, byl v této řadě dalším krásným objektem, se kterým jsme se mohli seznámit. Jako spoluorganizátoři jsme si navíc nemohli ani lepší místo přát, jelikož městečko Niepołomice leží asi jen 20 km od centra Krakowa. Kromě samotných pořadatelů a několika polských účastníků jsme tak měli z Ostravy snad nejrychlejší a nejpohodlnější dojezd.

Hlavními organizátory konference byli v letošním roce kolegové z AGH v Krakowě v čele s Dr hab. inż. Katarzynou Major-Gabryś, prof. AGH. Program konference sliboval 3 dny naplněné odbornými přednáškami i společenskými zážitky. Účastníci měli možnost si vyslechnout celkem 31 odborných a 5 komerčních přednášek z nejrůznějších oblastí technologií výroby odlitků. Zazněly příspěvky o technologii přesného lití

Vystoupení děkana Fakulty slévárenství, AGH, prof. dr hab. inż. Marcina Górneho

Slavnostní zahájení konference

Účastníci konference v přednáškovém sále

s využitím vytavitelných modelů; tlakovém lití; vlivu přísadových prvků či designu vtokové soustavy na výslednou kvalitu odlitků ze slitin Al; slévárenství ocelových odlitků; formovacích směsích, ale třeba i o geometrii a odlévání zvonu.

Z České republiky se kromě nás – spoluorganizátorů z VŠB-TUO, Fakulty materiálově-technologické – konference účastnili i kolegové z VUT v Brně a zástupci společnosti Foseco, kteří byli současně jedním ze sponzorů akce. Slovensko pak bylo zastoupeno početnou výpravou zástupců ŽU v Žilině, která je rovněž spoluorganizátorem konference. Nechyběli samozřejmě ani kolegové z TUKE v Košicích. Nejsilnější zastoupení bylo bezesporu ze strany polských kolegů – na konferenci se setkali pracovníci i studenti AGH v Krakowě, Politechniky Śląske Gliwice, Politechniky Świętokrzyske v Kielcach nebo Uniwersytetu Wrocławskiego. Samozřejmostí byla i účast zástupců společností, mimo již zmíněného Foseca i dalších sponzorů za Hüttenes-Albertus či Hermex.

Kromě odborného programu již tradičně nechyběl ani ten volnočasový. Ve čtvrtek odpoledne vyrazili účastníci konference na vyjížďku vozy taženými koňmi po Niepołomickém lese a rozlehlých loukách. Výletníci tak měli čas příjemně se pobavit, užít si krásy okolní přírody a dopřát si chvilku bezstarostné idyly.

Atmosféra tří konferenčních dní byla jen podtržena výbornou společností, jídlem a malebným prostředím zámku a jeho okolí.

Děkujeme tímto organizátorům tohoto ročníku konference Współpraca/Spolupráce/Spolupráca a těšíme se na příští, jubilejní, XXX. ročník, jehož jsme pořadateli. **Při této příležitosti si dovolujeme pozvat všechny čtenáře Slévárenských listů, přátele a kolegy za námi do Beskyd. Těšíme se na viděnou v termínu 24.–26. 4. 2024 v Hotelu Sepetná v Ostravici situované pod Lysou horou!**

Reportáž ze slévárenské „olympiády“ – veletrh GIFA 2023

Ing. Milan Luňák, Ph.D.
TOP Alulit s.r.o.

Na tradiční mezinárodní slévárenský veletrh GIFA, který se konal v Düsseldorfu od 12. do 16. června, letos přijelo 63 300 návštěvníků ze 114 zemí a účastnilo se ho přibližně 2 200 vystavovatelů z 56 zemí.

Jedná se pravděpodobně o největší slévárenský veletrh na světě a pro každého slévače je tato týdenní akce určitým svátkem. Ani letos tomu nebylo jinak a k vidění bylo skutečně mnoho. Od velkých expozic zaujímajících značnou část výstavní haly přes dynamické expozice s reálnou výrobou např. tlakových licích strojů či demonstrace robotické apretace, odjádrování nebo 3D optického skenování.

Veletrh se rozprostíral ve 12 výstavních halách a měl několik pod částí, jimiž byly METEC, THERMPROCESS a NEWCAST. Hliníkáře muselo fascinovat nejen množství, ale především neuvěřitelná pestrost vystavovaných odlitků nejen z Al slitin u výrobců v sekci NEWCAST. Nešlo přitom pouze o slévárny z Asie, které měly hodně co ukázat a čím zaujmout. Pokud jde o zmíněné nejlidnatější země, zde byla vidět jasná podpora tamější vlády jak Číny, tak Indie.

Setkání s mnoha dodavateli byla protkána setkáními s našimi současnými zákazníky z odvětví vakuové techniky či tolik rozšířené automotive branže.

Škála uplatnění odlitků je neskutečně široká, co se týče velikostí, materiálů nebo složitosti. Obrovským tématem mnoha dodavatelů či samotných výrobních společností je udržitelnost a neutrální uhlíková stopa a také na veletrhu byl velice znát pohled na šetrný přístup k naší planetě

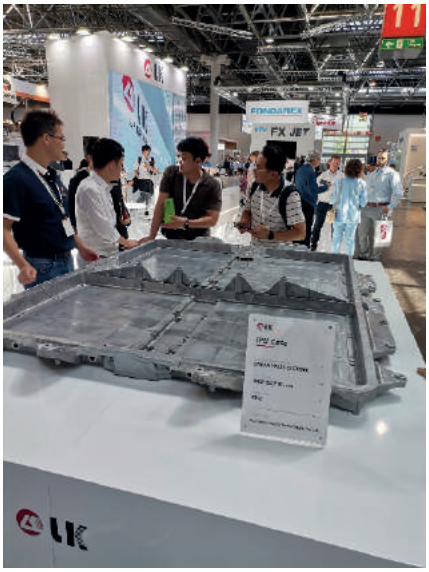
a přetavení těchto myšlenek a slov ve skutečné činy.

Neméně zajímavé byly prezentace různých ekvivalentů České slévárenské společnosti ze světa – jednalo se o společnosti z Turecka, Polska, Maďarska, Indie nebo také např. Ameriky. Nemohlo samozřejmě chybět ani zastoupení WFO. Potěšující bylo také české zastoupení v podobě komerčních sléváren.

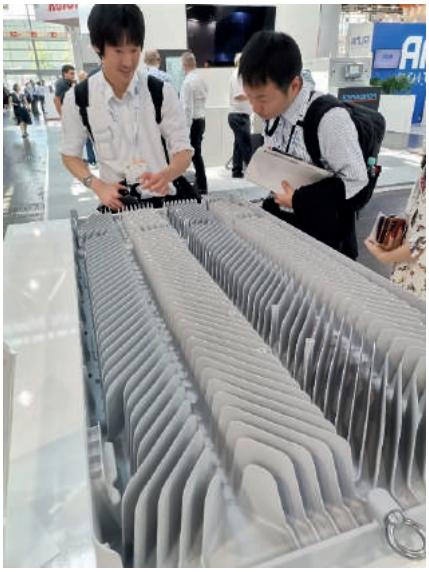
Nadšení vzbuzovala praktická ukázka studentské výrobní dílny – prostory pro výuku základů slévárenství. To jsou jasné důkazy o tom, že naše řemeslo má své pokračovatele. Fraunhofer Institut dokáže při svém aplikovaném vývoji více než nevšední řešení. Za zmínku rozhodně stojí solná jádra, kombinace více různých materiálů a využití jejich vzájemné synergie.

Pokud jde o oblast nízkotlakého lití, na trhu se kromě tradičních výrobců nízkotlakých licích strojů z Německa a Itálie objevilo i několik dalších z Číny.

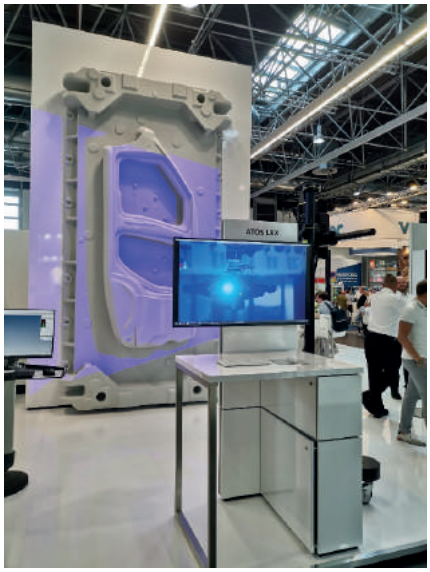
Již nyní se můžeme těšit na pokračování tradice a příští účast na veletrhu GIFA po uplynutí dalšího „olympijského“ čtyřletého cyklu, tedy v roce 2027 opět v Düsseldorfu.



Velký rozměrný hliníkový tlakový odlitek pro elektromobilitu



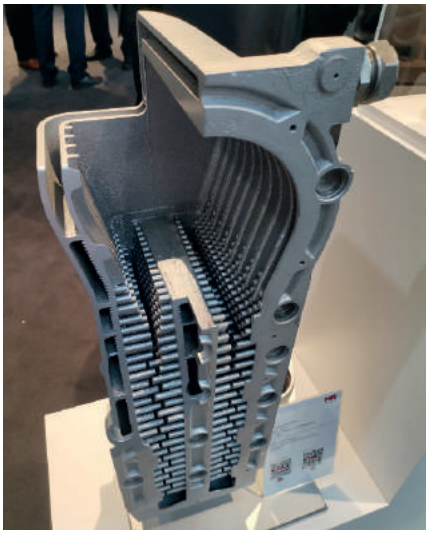
Al odlitek z HPDC technologie – tenkých žeber nespočet



Demonstrace 3D optického skenování

Reálné pracoviště praktického odlévání nejen pro studenty

Solné jádro z produkce Fraunhoferova institutu



Tvarově velmi komplikovaný odlitek

Tento volant musí zaujmout nejen automobilové nadšence

Využití robotiky už i při 3D tisku pískových forem a jader

Rám elektromotocyklu poskládaný jen z odlitků

Česká stopa na veletrhu

Některé exponáty skutečně nešlo přehlédnout

Odlitek o hmotnosti bezmála 12 tun pro větrné elektrárny

Praktická slévárenská příručka

formát: A5

počet stran: 750

jazyk publikace: čeština

vydavatel: SCHIELE & SCHÖN

ISBN 978-3-7949-0972-8

název originálu: Taschenbuch der Giesserei Praxis

Obsah a ukázka:
https://www.metos.cz/dokumenty/prakticka-slevarenska-prirucka.pdf

Praktická slévárenská příručka je určena pracovníkům, kteří se ve své praxi setkávají s odlitky, technologií výroby odlitků, organizací slévárenské výroby, kontroly odlitků atd.

Příručka se snaží komplexně a přehledně obsáhnout problematiku obecných provozních a bezpečnostních problémů ve slévárnách. Dává přehled o většině odlévaných slévárenských materiálů, informuje o metodách snížení spotřeby energií ve slévárnách, o kontrolních metodách používaných pro zjišťování kvality odlitků. V neposlední řadě dává základní přehled o práci s 3D daty ve slévárenství a konstrukci odlitků.

Příručka se každoročně aktualizuje o nejnovější poznatky v oboru slévárenství a vypouští se kapitoly, které k roku vydání již nejsou aktuální.

Cena: 59,90 € + balné a náklady na dopravu.

Kontakt a objednávky:
Ing. Jan Šlajs
+420 469 669 351, +420 777 122 688
jan.slajs@metos.cz, metos@metos.cz

Giesserei

3D tisk jako alternativa k tlakovému odlévání zinku. Tisknout, nebo odlévat?
3-D Druck als Alternative zum Zinkdruckguss. Drucken statt Gießen?
OHMS, M.
Giesserei, 2022, 109, č. 10, s. 48–51
Po krátkém shrnutí vývoje postupů 3D tisku je popsán proces ZAMAK 5 3D tisku spočívající v selektivním tavení laserem vyvinutý firmou Protiq GmbH. Tento postup 3D tisku umožňuje jak výrobu prototypů, tak malosériovou výrobu součástí i s velmi složitými tvary. Jsou uvedeny rozdíly vyplývající z porovnání obou postupů výroby – 3D tisk vs. tlakové lití.

Tlakově lité konstrukční díly. Optimalizovaná slitina hliníku pro automobilový průmysl
Struktur-Druckgussteile. Optimierte Aluminiumlegierung für die Automobilindustrie
XIAOPING, N.; BEALS, R.
Giesserei, 2022, 109, č. 10, s. 61–65
Společnost Magna R&D vyvinula optimalizovanou hliníkovou slitinu Aural 5 pro tlakové lití automobilových konstrukčních dílů. Slitina nabízí lepší mechanické vlastnosti při optimalizované slévatelnosti a nižších nákladech než dosavadní slitiny tohoto druhu. Uvádí se její chemické složení, výsledky termodynamického modelování, hodnocení vhodnosti pro tlakové lití a dalších zkoušek.

Přesné hliníkové odlitky. Zlepšení odplynění a zjemnění zrna slitin hliníku
Aluminium-Feinguss. Verbesserung bei Entgasung und Kornfeinung von Alu-Schmelzen
ZEBICK, R., BEGAN, B.,
Giesserei, 2022, 109, č. 10, s. 66–73
Příspěvek přináší zkušenosti americké slévárny hliníku Atlantic Casting & Engineering (ACE) s používáním systému na zpracování taveniny – Melt-Treatment-System (MTS) – 1500 (vyvinuté společností FOSECO). Úvodem zevrubně seznamuje se slévárnou, jejím výrobním zařízením, sortimentem vyráběných odlitků a okruhem odběratelů. Pak se věnuje nově pořízenému systému, jeho přednostem a nedostatkům ve srovnání s dosud používanými postupy odplynění a zpracování.

Bezoxidový kompaundní odlitek. Optimální vedení tepla mezi cizorodými sdruženými partnery
Oxidfreier Verbundguss. Optimale Wärmeleitung zwischen artfremden Verbundpartnern
FROMM, A. a kol.
Giesserei, 2022, 109, č. 11, s. 36–40
Popis prací na vývoji postupu sdruženého lití hliníku a mědi, při kterém se eliminuje rušivý vliv kyslíku, aby se docílilo materiálově vázané spojení těchto slitin. Takto je možné zvýšit vodivost tepla, a tím zlepšit účinnost chladičů vysoce výkonné elektroniky.

Technologie přesného lití. Sériová výroba mřížkových konstrukcí z kovové pěny s otevřenými buňkami
Feingießtechnologie. Open Foam Cast – Serienfertigung offenzelliger Gitterstrukturen
RIEDEL, E. a kol.
Giesserei, 2022, 109, č. 11, s. 41–45
Cílem výzkumného projektu INOCEM (červen 2021 – červen 2022) bylo vypracovat hospodárný výrobní postup přesných mřížkových odlitků z kovové pěny s otevřenými buňkami. Tyto odlitky jsou velmi zajímavé např. pro výměníky tepla v automobilech na elektrický pohon nebo pro výrobu vodíku. Jsou popsány dosavadní práce a dosažené výsledky.

Vývoj legované oceli. Vysoce výkonné válcovací kroužky z rychlořezné oceli
Steel Alloy Development. High-performance HSS-roll rings
GORYANY, V. a kol.
Giesserei, 2022, 109, č. 11, s. 46–53
U nově vyvinuté rychlořezné ocele se na odlitcích litých do kovových a do pískových forem zjišťoval vliv podmínek chladnutí na zvláštnosti tvoření struktury. Tento materiál s vazbou na vyvinutý proces odlévání umožnil získat optimální hodnoty užitných vlastností odlitků válcovacích kroužků pro válcovny drátu a tyčí.

Kompetenční centrum pro energetickou efektivnost v průmyslu. Digitalizací k efektivní výrobě ve slévárnách

Kompetenzzentrum für Industrielle Energieeffizienz. Resourceeffiziente Produktion in Gießereien durch Digitalisierung
SCHLÜTER, W., DETTELBACHER, J., ADAMCHUK, N.
Giesserei, 2022, 109, č. 11, s. 54–56
Uvedené centrum (VŠ Ansbach) se zabývá tématy: 1.) možnosti efektivnějšího využívání energie podpořené simulací, 2.) uplatnění numerických simulací ve vývoji a výrobě odlitků velkých rozměrů za optimální dobu a náklady, 3.) využití odpadního tepla v tavírně. Stručný popis témat.

SPECIAL
Speciál: výzkum a inovace / aktuální výzkumné projekty
Special: Forschung und Innovation / aktuelle Forschungsprojekte
Giesserei Special, 2022, 109, č. 11, s. 57–72
Stručné informace o různých projektech německých vysokých škol, institutů, společností a sléváren, např. Rozšíření spektra použití ausferitické litiny s kuličkovým grafitem (ADI), Konzistentní numerický návrh odlévaných dílů v celém procesním řetězci, Hodnocení vlivu nízkých teplot na únavovou pevnost GJS při superponovaném vlivu segregace a řada dalších.

31. Ledebur-Kolloquium Freiberg. Dokážeme skutečně vyvinout udržitelnou techniku?
31. Freiberger Ledebur-Kollokquium. Schaffen wir es, wirklich zukunftsfähige Technik zu entwickeln?
WIRTH, M.
Giesserei, 2022, 109, č. 12
Stručná informace o konání a tématech přednášek, např. problém s řešením ekologických požadavků v souvislosti s ekonomickými možnostmi, výchova slévárenského dorostu apod.

Vývoj slitin v Trimetu. Zvýšit podíl recyklovaného materiálu a zajistit kvalitu slitin
Legierungsentwicklung bei Trimet. Recyclinganteil steigern und Materialqualität sichern
MARQUART, A. a kol.
Giesserei, 2022, 109, č. 12, s. 24–28
Popis zaměření firmy Trimet Aluminium SE, která se věnuje zpracování kovového odpadu a vývoji recyklovatelných variant dnes běžných slitin Al a speciálních slitin. Jsou uvedeny požadavky, které se na ně kladou, hodnotí se účinky cizích prvků, jako je železo, měď a další, obsažené ve směsném šrotu, na jejich vlastnosti. Při výzkumu se využívá simulace.

Model procesu pro adaptivní systémy výroby. Předpověď vlastností u tvárných litinových materiálů
Prozessmodell für adaptive Produktionssysteme. Eigenschaftsvorhersage bei duktilen Gusseisenwerkstoffe
VELOSO Y BURGOS, I.; KAUFMANN, T.; HARTMANN, D.
Giesserei, 2022, 109, č. 12, s. 30–39
Příspěvek má názorně ukázat, jak se na základě dat z výrobního procesu a s využitím strojového učení dají modelovat vlastnosti struktury a také mechanické vlastnosti litých materiálů.

Udržet konkurenceschopnost. Šetřit energií ve slévárně – metodický přístup
Wettbewerbsfähigkeit erhalten. Energiesparen in der Gießerei – ein methodischer Einsatz
DILGER, K. a kol.
Giesserei, 2022, 109, č. 12, 40–45
Opatření, která se v příspěvku uvádějí, mají v podstatě jen ukázat, že i ve zdánlivě optimalizovaných provozech lze mnoha způsoby stále ještě energii ušetřit. Popis opatření vypracovaných G. A. Rödersem – certifikovány podle normy DIN 5000 1. Nástin dalšího vývoje v této oblasti.

Zpracovala:
Edita Bělehradová
VUT v Brně, FSI, odbor slévárenství
Česká slévárenská společnost, z. s.
úterý–čtvrtek,
tel.: +420 541 142 646
infoslevarny@tiscali.cz

Poděkování
Za poskytnutí zahraničních slévárenských časopisů pro zpracování děkujeme společnosti ŠEBESTA-služby slévárnám s.r.o.

https://www.sebestasro.cz/

Ze sbírek Technického muzea v Brně

Ing. Martin Kroužil
Technické muzeum v Brně, Metodické centrum konzervace

František Josef I.
zmenšená busta, mosaz, inv. č. 04.32-415

František Josef I. (1830–1916) byl rakouský císař, český a uherský král z dynastie habsbursko-lotrinské, nastoupil na trůn za revoluce 1848 a zemřel v předvečer revoluce další roku 1916. Vládl dlouhých 68 let.

Bronzová busta byla odlita v TMB, rozměry 43 × 25 × výška 63 mm, hmotnost 112 g, CuSn8.

Napoleon Bonaparte s orlicí
zmenšená busta, bronz, inv. č. 04.32-412

Napoleon Bonaparte (1769–1821) byl francouzský státník, císař a vítězný vojevůdce v řadě bitev, včetně u Slavkova.

Bronzová busta, v dolní části s orlicí, je odlitek vyrobený v TMB odlitím do samonosné keramické skořepiny, rozměry 85 × 55 × výška 153 mm, hmotnost 1434 g, CuSn8.

Michail Illarionovič Kutuzov
zmenšená busta, bronz, inv. č. 04.32-414

Michail Illarionovič kníže Goleniščev-Kutuzov-Smolenskij (1745–1813) byl ruský vojevůdce z období napoleonských válek, účastník bitvy u Slavkova v roce 1805.

Bronzová busta byla odlita v TMB do keramické skořepinové formy metodou přesného lití, rozměry 110 × 70 × výška 140 mm, hmotnost 1058 g, CuSn8.

Kovolitecká experimentální dílna Technického muzea v Brně

Ing. Martin Kroužil

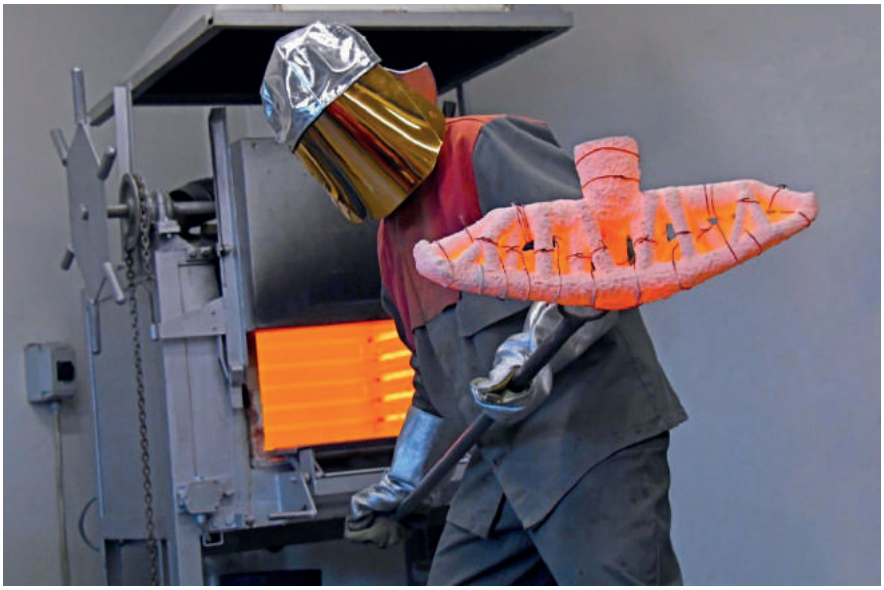
Technické muzeum v Brně, Metodické centrum konzervace

Foto: Eva Řezáčová

Kovolitecká experimentální dílna je speciální konzervátorsko-restaurátorské pracoviště Technického muzea v Brně zařazené do struktury Metodického centra konzervace a zároveň je interaktivní součástí stálé expozice Kovolitectví. Pracoviště je navrženo s ohledem na možnost odlévat všechny obecné kovy pro potřebu vlastních konzervátorsko-restaurátorských zásahů, ale i pro ostatní konzervátorsko-restaurátorská pracoviště v České republice.

Všechny obecné kovy (slitiny mědi, slitiny hliníku, ocel, litinu a další) je zde možno odlévat celou řadou dostupných výrobních technologií. Tradiční je spolupráce s Vysokým učením technickým v Brně i Střední průmyslovou školou a Vyšší odbornou školou technickou v Brně (dříve Střední průmyslová škola slévárenská v Brně) při zajišťování praktické výuky původních i moderních technologií, ročníkových, diplomových a maturitních prací studentů.

Vyráběné odlitky jsou užívány v souladu se sférou památkové péče při záchraně kulturních památek a pro potřeby kompletace muzejních sbírkových předmětů, u kterých se předpokládá částečná nebo úplná funkčnost, např. jako součásti automobilů, parních strojů, tramvají apod. Nové odlitky jsou dále používány jako repliky historicky cenných předmětů, archeologických nálezů apod., které by jinak nebylo možno veřejně prezentovat. Odlitky lze také využít při restaurování nábytku, lustrů, hodin



a podobných umělecko-užitných předmětů. Vlastní výrobní činnost je zabezpečena pomocí následujících slévárenských technologií:

- klasická písková technologie dělených forem;
- přesné lití pomocí vytavitelného voskového modelu – keramická samonosná skořepina;
- Shaw metoda (litá keramická forma);
- lití do silikonových forem apod.

Jedná se o ruční kusovou výrobu ve dvoumužné/čtyřruční dílně. Vyrobené odlitky lze tryskat (různé druhy abraziva), svařovat, cizelovat, patinovat a konzervovat.

Technické vybavení dílny tvoří:

- Středofrekvenční elektrická tavicí pec
  V této indukční středofrekvenční peci lze roztavit až 40 kg kovu. Pec slouží pro výrobu odlitků z litiny a oceli.
- Plynová tavicí pec kelímková
  Pec s plynovým hořákem se používá k tavení slitin neželezných kovů – mosazí, bronzů, slitin hliníku, zinku apod.
- Elektrická odporová pec
  Pec se používá k sušení forem, žíhání forem, tepelnému zpracování kovů či keramiky.

V poslední době se zabýváme využíváním 3D tiskáren, resp. využíváme vytištěné 3D modely (plast, vosk) jako modely k výrobě matečných silikonových forem nebo přímo jako model k výrobě keramické skořepiny. Na pracovišti je k dispozici bezdotykový spektrometr k určení přesného složení vsázky, příp. odlitku. Nově se také zabýváme výrobou odlitků ze slitin stříbra a v budoucnu doufáme i z kovu žlutého, také drahého.

Copromec a ŠEBESTA – distribuce a aplikace inovativních pístů v ČR a SR

Ing. František Brůža

obchodní manažer
ŠEBESTA-služby
slévárnám, s.r.o.

Firma Šebesta coby dlouholetý technický a obchodní partner českých a slovenských sléváren, navázala minulý rok spolupráci s inovativní italskou firmou Copromec.

Firma Copromec byla založena v roce 1999 p. Carlem Schivallocchim po dvaceti letech zkušeností v provozu tlakových sléváren. Jeho myšlenkou je dodávat komponenty lisovacího systému, které umožní zákazníkovi co největší stabilitu procesu, dlouhé životnosti komor a nízké náklady na provoz pístů.

Se svou nyní téměř 25letou praxí a kompletní výrobou v italské Brescii je Copromec v současnosti vedoucí firmou na poli produktů pro lisovací systémy TLS.

Písty

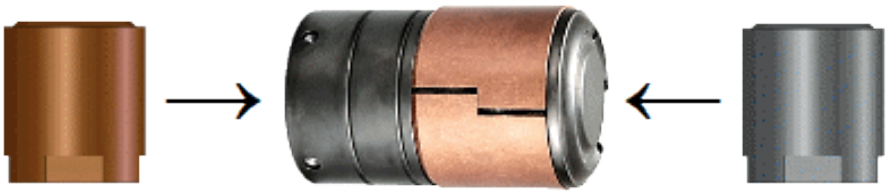
Systém Copromec využívá výhody kombinace těla pístu z vysoce kvalitní nitridované oceli a kroužku ze slitiny mědi.

Kombinuje zde tedy vysokou životnost ocelových pístů s vysokou šetrností k povrchu komory, kterou se vyznačují písty bronzové (**obr. 1**).

Vymezování kroužků pístu

Základním kamenem systému je využití vlastní mechaniky tlakového lití, kdy je hliník velkým tlakem tlačen do formy. Copromec tohoto tlaku využívá ke vtlačení hliníku pod povrch měděného kroužku, čímž dojde během několika prvních vstřelů k dokonalému vymezení kroužku vůči komoře (**obr. 2 vlevo**).

Díky této mechanice zůstává kroužek během své životnosti dokonale přitlačen ke stěnám komory. To



Obr. 1. Kombinace výhod: šetrnost bronzového pístu a životnost ocelového pístu

zajišťuje např. lepší funkci vakua. Výhodou je také kompenzace případných deformací komory, kdy kroužek svou expanzí dokáže vyrovnat i nerovnoměrné opotřebování (**obr. 2 vpravo**). Tím zamezuje prostřikům a díky maximálnímu využití materiálu kroužku účinně zvyšuje jeho životnost.

Inovované chlazení

Copromec používá ke svým pístům adaptéry s nuceným oběhem chladicí vody (**obr. 3**). Díky tomuto oběhu dochází k účinnému chlazení ocelové hlavy a je eliminována tvorba lokálních hotspotů s nedostatečným chlazením.

Jednoduchá údržba

Poslední nespornou výhodou pístů Copromec je poměrně rychlá výměna kroužků. Díky jednoduchosti systému je zkušený seřizovač schopný kroužek vyměnit za přibližně patnáct minut, a to přímo na stroji. V případě dvoudeskových forem pak i bez sundávání táhla pístu.

Systém tedy obecně nabízí stabilitu chování pístu po celou délku životnosti, nižší provozní náklady, kratší prostoje při výměně kroužků a kompenzaci případných nedokonalostí systému lisování.

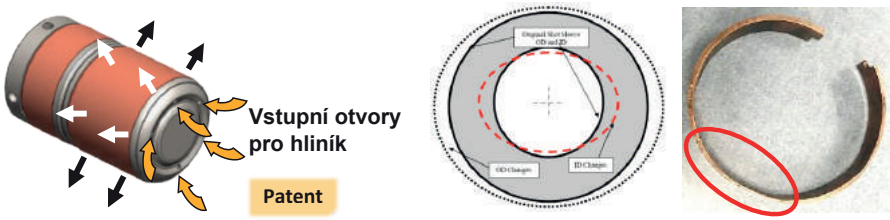
Systém integrovaného mazání pístu

Copromec také vyvinul účinný systém vnitřního mazání pístu. Vyznačuje se vývodem tlakového mazání přímo pod přední kroužek pístu. Díky propojení se softwarem TLS lze mazání synchronizovat s cyklem a mazadlo aplikovat v různých částech cyklu, a to více než pěti impulzy. Díky tomu lze účinně namazat konce i velmi dlouhých komor. Díky kroužku, který kryje výspu mazadla (**obr. 4 vpravo**), které je navíc přiváděno pod tlakem až 200 barů, je systém velmi spolehlivý a nehrozí jeho ucpání.

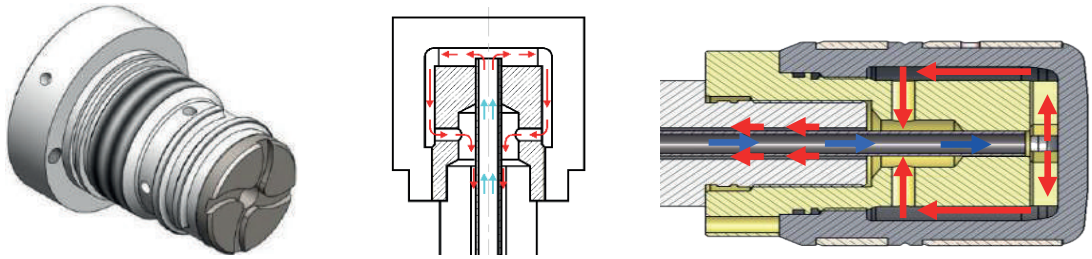
Kloubový systém táhla pístu

Pro písty s průměrem nad 110 mm vyvinul Copromec také táhlo schopné vyrovnávat deformace komory a nesouosé lisování, které má nejmarkantnější vliv na životnost pístů.

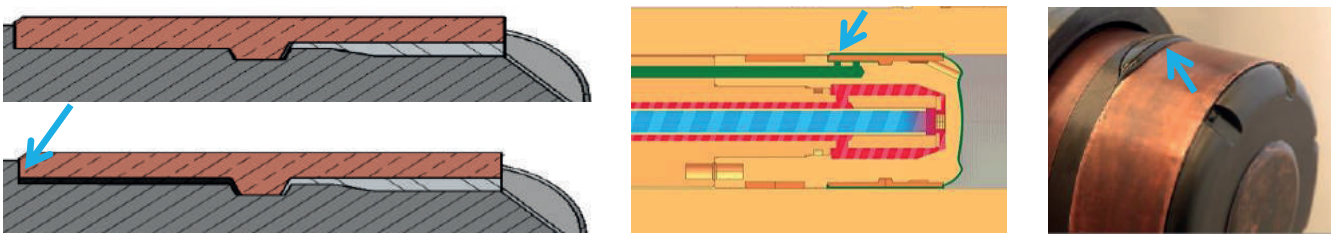
K vyrovnávání deformací/nesouososti dochází díky dvěma kloubům s rozsahem pohybu až 2° v každém směru (**obr. 5**). V případě chronických problémů se seřízením lisování může toto řešení výrazně pomoci ke stabilitě procesu.



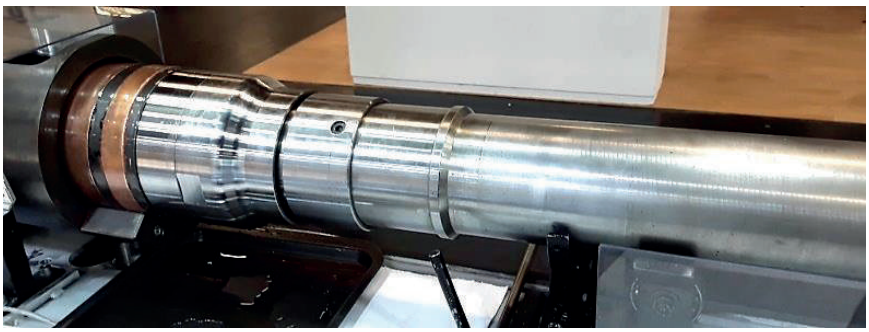
Obr. 2. Zleva: Princip vymezení kroužku vůči komoře; příklad kompenzace ovalizace komory

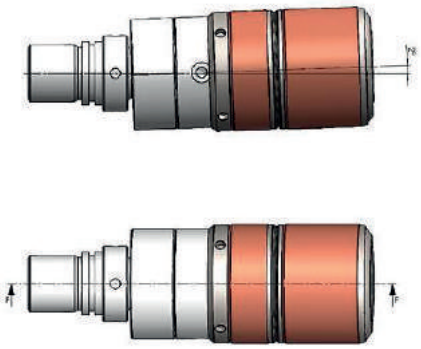


Obr. 3. Adaptér a princip jeho funkce



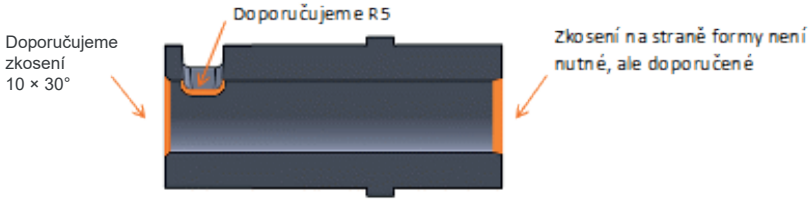
Obr. 4. Systém integrovaného mazání (šipkami označeny výstupy mazadla)





Obr. 5. Zleva: Sestava kloubové pístnice s pístem; rozsah vyosení hlavy pístu

Obr. 6. Zleva: Sestava temperované komory s výměnnou vložkou; chladicí plášť prostoru pod nalévacím otvorem



Obr. 7. Potřebné úpravy komor pro správné fungování systému Copromec

Komory

Firma Copromec se zaměřuje také na výrobu kvalitních komor. Velkou přidanou hodnotu mají zvláště jejich komory s temperačními okruhy **(obr. 6)**, díky kterým se snižuje eroze nalévacího otvoru, ovalizace a tvorba „banánového“ efektu.

Ke komorám pak lze ještě ke zvýšení účinnosti přidat výměnnou vložku oblasti okolo nalévacího otvoru. Tato vložka je vyrobena z kvalitnější oceli (stejná jako materiál pístů) než zbytek komory, má tedy vyšší životnost než běžná komora. Při zhoršení jejího stavu je pak možno ji jednoduše vyměnit a dražší tělo komory nechat zachované.

V případě menších komor, kde není dostatek prostoru pro temperační okruhy ani pro výměnnou vložku, dodává Copromec samostatné nasazovací chladicí pláště, které alespoň pomáhají odvádět teplo z oblasti pod nalévacím otvorem.

V kombinaci s písty Copromec, které obecně snižují opotřebení komor, je možno dosáhnout podstatně vyšších životnostní než se standardními lisovacími systémy.

Požadavky a zkoušky

Pro používání pístů Copromec je nutné zabezpečit dostatečné sražení hran na komorách (optimální 10 × 30°) a zaoblit hrany okolo nalévacího otvoru (optimální R5), **obr. 7**.

Pro zkoušky na jednodušších aplikacích (průměry do 80 mm a kratší komory) je možné pořídit píst ze série LITE, které se vyznačují jednodušší konstrukcí a nižší pořizovací cenou.

Bližší informace:

Ing. František Brůža
obchodní manažer
tel. +420 737 241 211
bruza@sebestasro.cz

Josef Pospíšil
aplikační technik
+420 737 241 560
pospisil@sebestasro.cz

Pavel Zsilay
aplikační technik
+420 605 298 919
zsilay@sebestasro.cz

ŠEBESTA
služby slévárnám s.r.o.

TECHNOLOGIE • INOVACE • OPTIMALIZACE • SERVIS

Žijeme technologiemi a fascinují nás stroje. Nabízíme řešení šitá
na míru vašim odlitkům. Přinášíme servis a péči o vaše stroje a zařízení.
Zajistíme efektivní a stabilní výrobní proces.

ŠEBESTA

linkedin: @sebestasro www.sebestasro.cz

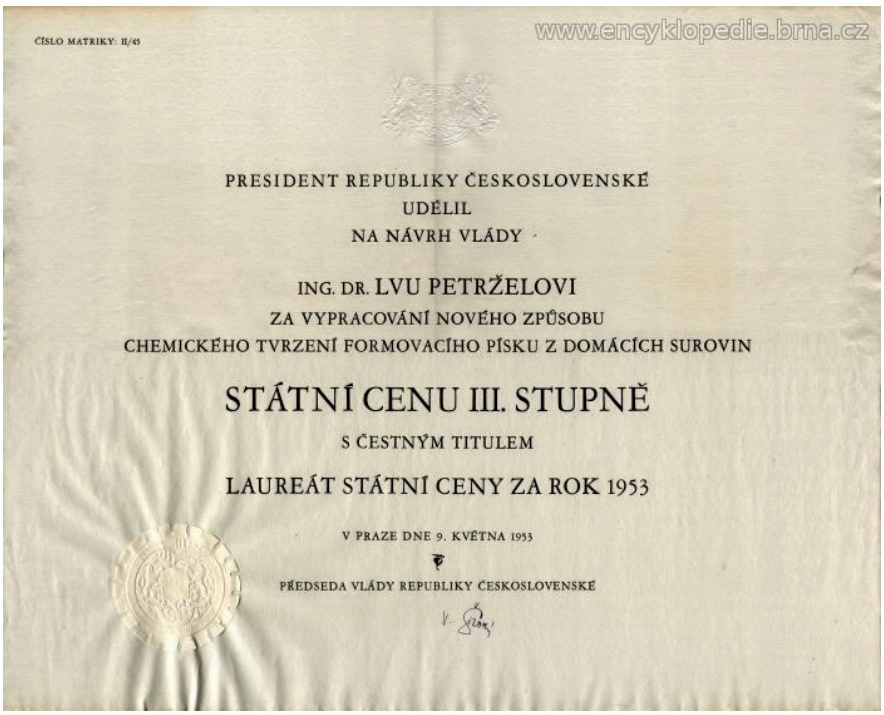
Z historie Československého odborného spolku slévárenského a České slévárenské společnosti – II. část

4. Čs. VTS pro hutnictví a slévárenství

Při rozpuštění odborných spolků se počítalo s tím, že pro vědecko-technické pracovníky budou vytvořeny zvláštní vědecko-technické společnosti, pro zlepšovatele, novátory a středně technické kádry kluby zlepšovatelů a techniků ROH. S budováním klubů bylo poměrně rychle započato při svazech ROH, v organizaci vědecko-technických pracovníků však zůstala citelná mezera. Chyběla organizace, která by seznamovala široký okruh technických pracovníků s nejnovějšími poznatky vědy a s jejich aplikací v praxi. Vládní komise zřízená k vybudování ČSAV se studiem otázky vědecko-technických společností také zabývala. Po založení ČSAV se v technické sekci (jejímž předsedou byl prof. Píšek) pokračovalo ve studiu této otázky. Byla vypracována organizace těchto společností, připraveny jejich organizační řády a vydáno i vládní usnesení o zřízení vědeckých technických společností.

Na ustavujícím valném shromáždění 13. května 1955 v Praze byla zahájena činnost „Československé vědecké technické společnosti pro hutnictví a slévárenství“ při ČSAV, v níž byly vytvořeny dvě skupiny, a to hutnická a slévárenská. Zvolený ústřední výbor vedl předseda prof. Píšek a náměstkové předsedy Ing. Josef Šteffko z Kovohutí Krompachy (hutnictví) a Rudolf Brabenec (slévárenství). Pro konkrétní činnost byly ustaveny odbočky v hlavních průmyslových střediscích a v nich slévárenské skupiny v Praze, Plzni, Brně, Ostravě a Martině. Časopis Slévárenství se stal od roku 1956 také časopisem Čs. VTS pro hutnictví a slévárenství.

Brzy po založení společnosti byla podána žádost, aby vyloučení z mezinárodního výboru CIATF bylo po zaplacení dlužných příspěvků zrušeno. Bylo hájeno stanovisko, že nová společnost rozšířená o hutnictví je právním nástupcem dřívějšího slévárenského spolku. Po dlouhých a složitých jednáních bylo škrtnutí zrušeno a společnost se od roku 1957 stala opět členem mezinárodního výboru CIATF s platností od roku 1926.



Státní cena III. stupně udělená Dr. Ing. Lvu Petrželovi v roce 1953

Zdroj: Encyklopedie Brna, https://encyklopedie.brna.cz/home=-mmb/?acc-profil_osobnosti&load=21085, encyklopedii poskytla paní Milada Lenhartová, dcera Dr. Ing. Petržely

V roce 1958 bylo z oficiálních míst konstatováno, že vědecké technické společnosti přičleněné k ČSAV nejsou vhodným řešením. Byly proto zrušeny a vznikla vrcholová organizace, Čs. vědecká společnost, která se členila na vědecké technické společnosti jako sekce. Protože ve vztahu k mezinárodnímu výboru CIATF jsme byli považováni za samostatný spolek, byli jsme vedeni dále jako členové pod názvem „Vědecká technická společnost pro hutnictví a slévárenství". Na plenárním zasedání ústředního výboru Čs. VTS hutnické a slévárenské sekce 5. října 1960 v Ostravě bylo schváleno rozdělení jednotlivých sekcí. Předsedou slévárenské sekce se sídlem v Brně byl zvolen Dr. Ing. Lev Petržela, vedoucí slévárenského výzkumu SVÚMT Brno.

Ve dnech 8. až 10. listopadu 1961 se v Brně konaly 1. celostátní slévárenské dny, které navázaly na národní valné sjezdy ČOSS, pořádané každoročně v předválečných letech. V časopise Slévárenství, který se stal od roku 1960 časopisem Ministerstva těžkého strojírenství, odstoupil začátkem roku 1962 z funkce vedoucího redaktora prof. Píšek a jeho místo zaujal Dr. Vladislav David, předsedou redakční rady se po R. Brabencovi stal Ing. Josef Hájek, hlavní metalurg MTS.

5. Celostátní odborná skupina pro slévárenství ve strojírenské sekci

V roce 1963 došlo k další nepříznivé změně. Ústřední rada Čs. VTS rozhodla, aby sekce pro hutnictví a slévárenství byla přeměněna v sekci hutnickou a slevači byli přiřazeni ke strojírenské sekci jako celostátní odborná skupina pro slévárenství. Toto

se stalo bez jakéhokoliv jednání se zástupci slevačů. Bylo paradoxní, že slevači, kteří tuto sekci založili jako náhradu za ČOSS, z ní byli vyloučeni. Předsedou odborné skupiny byl zvolen Ing. Miroslav Bednářík, vedoucí slévárenského výzkumu SVÚMT Brno. Toto usnesení vyloučilo ve skutečnosti slevače z mezinárodního výboru CIATF, kde mohou být členy jen samostatné slévárenské spolky, a ne odborné skupiny. Protože však tato změna postavení našich slevačů nebyla v cizině známa, fungovala odborná skupina formálně dále jako samostatná pod dřívějším názvem společnosti, ač tato již neexistovala. V období těchto nepříjemných organizačních změn bylo nejdůležitějším úkolem zabezpečit konání mezinárodního sjezdu. Jubilejní, 30. mezinárodní slévárenský sjezd se konal ve dnech 2. až 6. září 1963 v Praze u příležitosti 40. výročí založení ČOSS.

Činnost Celostátní odborné skupiny pro slévárenství pokračovala vytvářením Celostátních odborných komisí, kam se soustřeďovala převážně odborná práce, jakož i Krajských odborných skupin slévárenských k zabezpečování hlavně organizačních úkolů a metodického řízení vzniklých slévárenských závodních poboček a slévárenských odborných skupin v závodních pobočkách jiného zaměření. Vedle toho se vybraní členové zapojovali do spolupráce v mezinárodních odborných komisích CIATF.

Protože začlenění slevačů jako odborné skupiny do strojírenské sekce se ukázalo jako málo účinné, předsednictvo strojírenské sekce ČsVTS uložilo 12. července 1967 předsedovi COS pro slévárenství Ing. Bednáříkovi zpracovat návrh na ustavení samostatné sekce strojírenské metalurgie. Tato sekce měla zahrnovat vedle slevačů také kováře a pracovníky tepelného zpracování.

Pak přišel rok 1968, kdy v březnu ústřední výbor strojírenské sekce ČsVTS zaslal všem svým orgánům návrh na názor vědecko-technických společností k připomínkám. V tomto návrhu se pro jednotlivé technické a vědní obory ustavují samostatné vědecko-technické společnosti. Podle toho bylo tedy možno ustavit samostatnou slévárenskou společnost v rámci ČsVTS. Slévárenské závodní pobočky a odborné skupiny byly proto požádány o projednání návrhu k založení samostatné Československé slévárenské společnosti a ke zvolení pověřeného delegáta na poradu svolanou na 23. dubna 1968 do Brna při příležitosti 6. celostátních slévárenských dnů. Z přítomných 147 delegátů hlasovalo 142 pro založení samostatné společnosti a ustavení přípravného výboru.

Zdroj: archiv ČSS; původní příspěvek Ing. Jana Hučky z Almanachu k 75. výročí založení Československého odborného slévárenského spolku (1998) upravil a doplnil Mgr. František Urbánek.

Obrázky: archiv ČSS.

I. část zveřejněna ve Slévárenských listech č. 1/2023, http://ceskaslevarenska.cz/wp-content/uploads/2023/03/slevarenske_listy_1_2023.pdf.

Pokračování ve Slévárenských listech č. 3/2023.

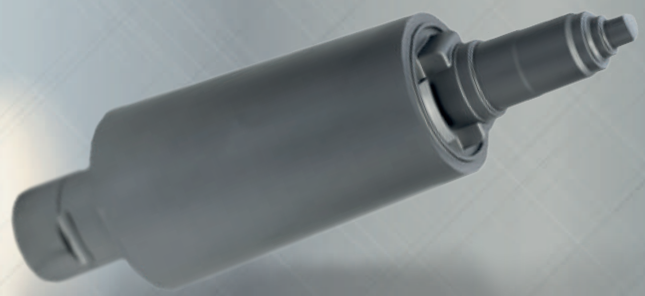
Sledujte Česká slévárenská společnost

PRŮMYSLOVÉ **PVD POVLAKY**

PVD POVLAKY URČENÉ PRO OBLAST TLAKOVÉHO LITÍ HLINÍKU

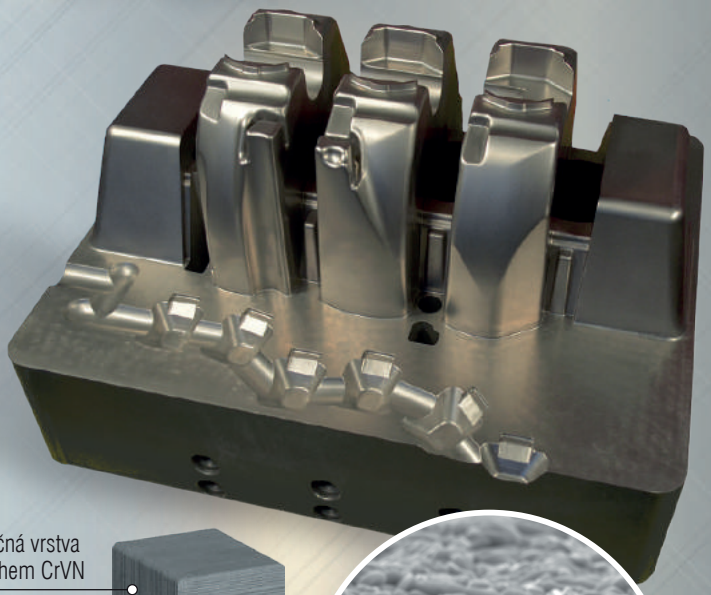
SIGAAN AL

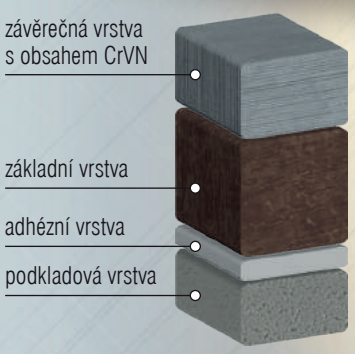
Unikátní keramický povlak na bázi křemíku, který svým mimořádným složením potlačuje nalepování materiálu, eliminuje nutnost průběžného servisu a zvyšuje celkovou životnost nástrojů.
Je vhodný pro extrémně exponované, nedostatečně chlazené nebo mazané části forem a nástrojů.
Povlak vykazuje vysokou tvrdost, výjimečnou otěruvzdornost či tepelnou a chemickou stabilitu.

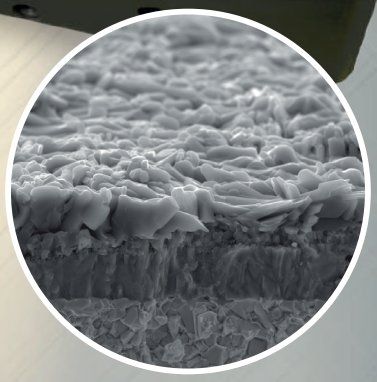


VANADIN

Povlak CrVN, jehož závěrečná vrstva s obsahem vanadu v průběhu nasazení nástroje vytváří tzv. turbooxidací unikátní vysokoteplotní kluznou vrstvu.
Za zvýšených teplot a za přítomnosti vzdušného kyslíku dochází k oxidaci původních nitridů vanadu na tzv. Magnéliho fáze oxidů vanadu. Výsledkem je výrazné potlačení nalepování materiálu a zvýšení životnosti nástrojů.







SHM, s.r.o. Šumperk
www.shm-cz.cz

1993–2023

INVITATION TO THE WEC 2023

The **Czech Association of Scientific and Technical Societies (CSVTS)** in cooperation with the **World Federation of Engineering Organizations (WFEO)** is organizing the **7th World Engineers Convention WEC 2023** which will take place in Prague, the capital of the Czech Republic, between 9– 15 October 2023.

The Czech Republic is a friendly country with a long tradition of science and engineering which has significantly contributed to humanities wisdom and knowledge. We cordially invite all engineers, academics, global thought leaders, educators, students, industry influencers, and professionals from all over the world to share their latest knowledge, research, and experience so that we can present the latest achievements from the engineering world at this magnificent event.

Daniel Hanus
WEC 2023 Chairman

UNDER THE PATRONAGE OF

PETR FIALA
Prime Minister of the Czech Republic

unesco

unesco
Czech Commission for UNESCO

CO-HOSTED BY

THE CZECH ASSOCIATION OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL SOCIETIES

WFEO / FMOI
THE WORLD FEDERATION OF ENGINEERING ORGANIZATIONS

SOCIAL MEDIA / WEBSITE

facebook.com/wec2023

instagram.com/wec2023/

twitter.com/WEC2023

www.wec2023.com

VENUE
Prague Congress Center

WEC 2023

7TH WORLD ENGINEERS CONVENTION
PRAGUE, CZECH REPUBLIC
11 – 13 OCTOBER, 2023

CONVENTION THEME - ENGINEERING FOR LIFE:

BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES AND CAPACITY DEVELOPMENT

www.wec2023.com

WFEO 9 – 15 OCTOBER, 2023