1 | 2024

SLÉVÁRENSKÉ LISTY®

e-časopis České slévárenské společnosti, z.s.

Czech & Slovak Foundry e-Magazine

VÝZVA K AKTIVNÍ ÚČASTI

60. slévárenské dny®

Brno, hotel Avanti | 12.–13.11.2024

VÝZVA K AKTIVNÍ ÚČASTI

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

KONTAKT

Odborný garant 60. 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. 1/2024
na www ČSS: 05.04.2024
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. Dana 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.
Ing. Ladislav Tomek
doc. Ing. Iveta Vasková, Ph.D.
předseda: Ing. Ludvík Martínek, Ph.D.

© Česká slévárenská společnost, z.s.

OBSAH 1/2024

Úvodní slovo

4 BOLIBRUCHOVÁ, D.

Odborné články

5 SÝKOROVÁ, M., BOLIBRUCHOVÁ, D.:
Vplyv tepelného spracovania T6 na zliatinu AlSi5Cu2Mg legovanú Mo, Zr a Sr | Effect of T6 heat treatment on AlSi5Cu2Mg alloy alloyed with Mo, Zr and Sr

13 PASTIRČÁK, R.:
Fragmentácia dendritov alfa fázy zliatiny AlSi7Mg0,3 vo vtokovej sústave pri technológii semi solid squeeze casting | Fragmentation of alpha phase dendrites of AlSi7Mg0.3 alloy in the gating system in semi solid squeeze casting technology

22 AMBOS, E. a kol.: **Aspekty dalšího vývoje slévárenství** | Aspects of further development of the foundry industry

Z činnosti ČSS

29 BALCAR, M.: 178. zasedání Odborné komise Výroba oceli na ingoty a odlitky, Kopřivnice

30 KRŇÁVEK, V.: Zpráva z jarního zasedání OK06 pro lití pod tlakem při ČSS

31 JELÍNKOVÁ, H.: 71. zasedání Odborné komise ekonomické při ČSS

33 Představení jednotlivých OK

39 Otázky členství – odpovědi na náměty z č. 4/2023

Slévárenské akce

41 LUŇÁK, M.: Ohlédnutí za veletrhem EUROGUSS 2024 s mottem Casting Your Future

44 Akce, veletrhy a kongresy 2024 pořádané, spolupořádané nebo s významnou účastí členských společností WFO

Blahopřejeme

50 KROUŽIL, M.: Muzejník Martin Mrázek slaví kulatiny

Představujeme

51 LUŇÁK, M.: Thein Industry rozšiřuje své portfolio o slévárenskou společnost Top Alulit s.r.o.

53 BRŮŽA, F.; TURČAN, J.: Kelímky MAMMUT-WETRO pro slévárny neželezných kovů

Z historie

56 VALDŠTÝN, F.; DULAVA, M.: Obrana Československé republiky v roce 1938 – I. část

Reklama

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

Pozvánky na akce

2 60. slévárenské dny®
38 Zasedání OK07 na téma slitiny hliníku
38 Workshop OK06, podskupiny nízkotlakého lití
46 Seminář Metalurgie moderních typů litin
47 Oceláři – 38. ročník konference Teorie a praxe výroby a zpracování oceli
48 Technické muzeum v Brně
50 Konference Spolupráce 2024

prof. Ing. Dana Bolibruchová, Ph.D.
vedúca Katedry technologického inžinierstva
Žilinská univerzita v Žiline

Vážené čitateľky a čitatelia, milé zlievačky, zlievači, milí priatelia,

v úvode mi dovoľte všetkým popriať krásny a úspešný nový rok 2024 v osobnom tak i pracovnom živote. Prajem všetkým pevné zdravie, povestné šťastie, bez ktorého je život fádnejší, firmám hodne zákaziek, firemného optimizmu, šikovných a erudovaných zamestnancov, vedeniam správne vizionárske rozhodnutia. Aby pre vás všetkých bol rok 2024 rokom úspešným.

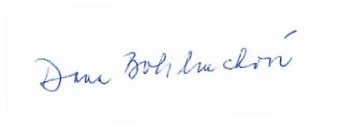
Dostáva sa vám prvé číslo časopisu Slévárenské listy® roku 2024. Odborne-vedecké články sú orientované na metalurgiu a technológiu hliníkových zliatin.

Prvý článok sa venuje materiálovým trendom vo výrobe hliníkových odliatkov pre automobilový priemysel s dôrazom na zvýšenie špecifického výkonu spaľovacích motorov a súčastí elektromobilov v súvislosti s vývojom vysokopevných zliatin hliníka. Možno sa čitatelia budú pýtať, prečo spaľovacie motory, keď dnešné trendy v zlievarenstve hliníkových odliatkov sú súčasti pre elektromobilitu? Je nutné konštatovať, že aj keď počet elektromobilov v Českej a Slovenskej republike rastie, oproti ďalším európskym štátom výrazne zaostávame.

Dôvody zaostávania nie sú obsahom článkov. Takže napriek snahám Európskej únie nás ešte niekoľko rokov čaká používanie spaľovacích motorov. A tých rokov, napriek trendom, nemusí byť málo... Hľadanie vyvážených vlastností hliníkových materiálov, zvyšovanie mechanických charakteristík s dôrazom na vysokú pevnosť, tvrdosť a vysokú ťažnosť, ale aj iných požadovaných vlastností, hlavne fyzikálnych, nás núti vo výskume hľadať neštandardné prvky, ktoré by vytvárali podmienky na splnenie požiadaviek zákazníkov, predovšetkým v automobilovom priemysle.

Druhý článok pojednáva o technológii spracovania materiálov v polotuhom stave, ktoré patria k nekonvenčným spôsobom spracovania materiálov. Inovovaním technologických postupov je možné aj pri konvenčných materiáloch dosiahnuť atypické štruktúry so špecifickými mechanickými a fyzikálnymi vlastnosťami. Rozvíjajúcou sa technológiou spracovania materiálu v polotuhom stave je technológia semi solid squeeze casting. Pri tejto technológii je polotovar s dendritickou štruktúrou vtlačený pomocou piestu do dutiny formy. Príspevok sa zaoberá eliminovaním nepriaznivých účinkov dendritickej štruktúry fragmentáciou dendritov alfa fázy hliníkovej zliatiny. Pomocou tohto princípu bol navrhnutý vtokový systém. Vplyv geometrie vtokových kanálov bol overený spracovaním hliníkovej zliatiny AlSi7Mg0,3 s dendritickou štruktúrou technológiou semi solid squeeze casting.

Všetkým prajem zaujímavé a obohacujúce čítanie.



Vplyv tepelného spracovania T6 na zliatinu AlSi5Cu2Mg legovanú Mo, Zr a Sr

Effect of T6 heat treatment on AlSi5Cu2Mg alloy alloyed with Mo, Zr and Sr

Ing. Martina Sýkorová, PhD.
Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra technologického inžinierstva, Žilina, Slovenská republika

prof. Ing. Dana Bolibruchová, PhD.
Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra technologického inžinierstva, Žilina, Slovenská republika

Kľúčové slová

tepelné spracovanie, molybdén, zirkónium, stroncium

Key words

heat treatment, molybdenum, zirconium, strontium

Abstrakt

Článok skúma vplyv tepelného spracovania na vybrané vlastnosti zliatiny AlSi5Cu2Mg legovanej Sr, Zr a Mo. Zaoberá sa taktiež hodnotením vybraných legujúcich prvkov na výsledné mechanické a fyzikálne vlastnosti podeutektickej zliatiny AlSi5Cu2Mg. Výsledky preukázali, že prítomnosť Mo a Sr v zliatine AlSi5Cu2Mg viedla v liatom stave k miernemu zvýšeniu mechanických vlastností. Zr má negatívny vplyv na výsledné mechanické vlastnosti experimentálnych zliatin. Fyzikálne vlastnosti experimentálnych zliatin klesli v dôsledku vylučovania intermetalických fáz na báze Mo, Zr a Sr. Fyzikálne a mechanické vlastnosti vzrástli vplyvom tepelného spracovania T6. Najvýhodnejšia kombinácia fyzikálnych a mechanických vlastností bola dosiahnutá experimentálnou zliatinou s prídavkom Sr.

Abstract

The paper examines the effect of heat treatment on selected properties of AlSi5Cu2Mg alloy alloyed by Sr, Zr and Mo. The article also deals with the evaluation of selected elements on the resulting mechanical and physical properties of the studied hypoeutectic alloy AlSi5Cu2Mg. The results showed that the presence of Mo and Sr in the AlSi5Cu2Mg alloy in the as-cast state led to a slight increase in the mechanical properties. Zr had negative impact on the resulting mechanical properties of experimental cast alloys. Physical properties of experimental alloys decrease due to the formation of intermetallic phases on the base Mo, Zr, and Sr. Physical and mechanical properties noted positive increase due to the effect of heat treatment T6. The best combination of physical and mechanical properties was achieved by casting the alloy with the addition of Sr element.

Úvod

Napriek tomu, že súčasným trendom v automobilovom priemysle je prechod k elektromobilite, svet nie je pripravený na túto zmenu. Nedostatok elektrických nabíjacích staníc, vysoké obstarávacie ceny elektromobilov, ktoré súvisia s nedostatkom vzácnych kovov pre výrobu batérií a problematika ich recyklácie, sú hlavné atribúty, v dôsledku ktorých sa elektromobily stávajú nedostupné pre mnohých užívateľov. Súčasný výskum sa preto taktiež zameriava na vývoj spaľovacích motorov s nízkou produkciou emisií [1].

Automobilový priemysel podlieha v dôsledku legislatívneho tlaku v oblasti znižovania emisií a spotreby paliva novému trendu s názvom downsizing. Downsizing spočíva v zmenšovaní objemu spaľovacieho motora alebo

znižovaní počtu valcov pri súčasnom zachovaní alebo zvýšení výkonu spaľovacieho motora. Približne 10% pokles hmotnosti automobilu vedie k účinnému poklesu spotrebovaného paliva o 8 % a vyprodukovaných emisií o 4 %. Downsizing je sprevádzaný zvyšovaním teplôt spaľovacieho procesu. V dôsledku zvyšovania teplôt spaľovacieho procesu dochádza k nárastu prevádzkových teplôt vysokonamáhaných komponentov. Tepelná stabilita je preto kľúčovou konštrukčnou vlastnosťou, ktorá určuje vhodnosť konštrukčných materiálov pre konkrétne aplikácie [1], [2].

Al-Si-Cu-Mg zliatiny tvoria takmer 90 % z celkového množstva odliatkov používaných v automobilovom priemysle. Špecifická pevnosť, dobré zlievarenské vlastnosti a výhodná kombinácia mechanických a fyzikálnych vlastností umožňujú ich rozsiahle použitie v automobilovom priemysle. Významné uplatnenie nachádzajú v oblasti produkcie odliatkov hláv valcov. Hliníkové zliatiny na báze Al-Si-Cu-Mg, ktoré sú konvenčne používané pre výrobu vysokonamáhaných odliatkov pre automobilový priemysel sú však výrazne limitované prevádzkovou teplotou 200 °C [2]. Vo všeobecnosti sú mechanické a fyzikálne vlastnosti Al-Si-Cu-Mg zliatin limitované tepelnou stabilitou fáz bohatých na Cu a Mg. V dôsledku prítomnosti Cu a Mg dochádza účinkom tepelného spracovania precipitačným vytvrdzovaním k vylučovaniu spevňujúcich precipitátov θ-Al_2Cu a β-Mg_2Si. Spevňujúce precipitáty θ-Al_2Cu a β-Mg_2Si disponujú tepelnou stabilitou do teploty približne 200 °C. Prekročením tejto teploty dochádza k poklesu mechanických a fyzikálnych vlastností v dôsledku zhrubnutia a následného rozpustenia spevňujúcich fáz bohatých na Cu a Mg. Z tohto hľadiska je nutné sa zamerať na vývoj nových tepelne stabilných Al-Si-Cu-Mg zliatin, ktoré by disponovali optimálnou kombináciou mechanických a fyzikálnych vlastností. Fyzikálne a mechanické vlastnosti Al-Si-Cu-Mg zliatin môžu byť v širokom rozsahu ovplyvnené výberom vhodného postupu tepelného spracovania. Ďalšou z možností, ako efektívne zvýšiť fyzikálne a mechanické vlastnosti Al-Si-Cu-Mg zliatin, je použitie legujúcich prvkov. Literárnym prieskumom bolo preukázané, že súčasný vývoj Al-Si-Cu-Mg zliatin sa sústredí na možnosti využitia prechodných kovov ako legujúcich prvkov [2], [3].

Molybdén nachádza významné uplatnenie v oblasti zvyšovania tepelnej stability hliníkových zliatin na báze Al-Si. Mo vnášaný do taveniny hliníkovej zliatiny vo forme predzliatin (AlMo10, AlMo20 atď.) má tendenciu vytvárať tepelne stabilné disperzoidy s vysokou koncentráciou Mo. Prítomnosť tepelne stabilných disperzoidov na báze Mo vedie k zvýšeniu tepelnej stability hliníkových zliatin nad 300 °C. Mo pôsobí ako korektor intermetalických fáz na báze Fe a má priaznivý vplyv na výsledné mechanické vlastnosti a korozivzdornosť Al-Si-Cu-Mg zliatin [4].

Zirkónium je zaradené do skupiny prechodných kovov a podobne ako molybdén priaznivo vplýva na výslednú tepelnú stabilitu hliníkových zliatin. Zr sa prednostne vylučuje vo forme intermetalických fáz AlSiZr a Al3Zr. Práve intermetalické fázy Al3Zr disponujú vysokou tepelnou stabilitou a odolnosťou voči rozpúšťaniu. Zr je špecifické očkujúcim účinkom na Al-Si-Cu-Mg zliatiny. Efektivita očkujúceho účinku Zr je vo významnej miere ovplyvnená prítomnosťou legujúcich prvkov Li a Zn, ktoré potláčajú kryštalizáciu Al3Zr intermetalických fáz [5].

Stroncium má významný modifikačný účinok na eutektický Si v podeutektických a eutektických zliatinách na báze Al-Si. Modifikačný účinok Sr sa zvyšuje so zvyšujúcou sa teplotou taveniny a súčasne zvyšujúcou sa rýchlosťou rozpúšťania predzliatiny na báze Sr. Optimálny modifikačný účinok Sr je dosiahnutý pridaním 150 až 200 ppm. Premodifikovaním zliatin na báze Al-Si dochádza ku kryštalizácii hrubých častíc na báze Al_4SrSi_2. Prítomnosť Al_4SrSi_2 spôsobuje negatívny pokles mechanických vlastností [6].

Mechanické vlastnosti Al-Si-Cu-Mg zliatin v liatom stave závisia od chemického zloženia, množstva prítomných intermetalických fáz na báze Fe, parametrov odlievania, rýchlosti tuhnutia a technológie odlievania. Tepelným spracovaním hliníkových zliatin možno dosiahnuť zvýšenie mechanických vlastností, zníženie vnútorných napätí či zabezpečenie rozmerovej stability odliatkov. Al-Si-Cu-Mg zliatiny sú najčastejšie podrobené tepelnému spracovaniu precipitačným vytvrdzovaním T6, kedy dochádza k nárastu mechanických vlastností v dôsledku precipitácie spevňujúcich fáz θ-Al_2Cu a β-Mg_2Si. Vytvr-

dzovanie Al-Si-Cu-Mg zliatin pozostáva z rozpúšťacieho žíhania, rýchleho ochladzovania a starnutia. [7]

Článok analyzuje vplyv tepelného spracovania T6 a prítomnosti legujúcich prvkov Mo, Sr a Zr na výsledné mechanické a fyzikálne vlastnosti a štruktúru podeutektickej hliníkovej zliatiny AlSi5Cu2Mg. Zvýšenie tepelnej stability Al-Si-Cu-Mg zliatin určených na odliatky hláv valcov prostredníctvom tepelného spracovania T6 a účinkom legujúcich prvkov by vo významnej miere mohlo rozšíriť oblasť ich použitia v dôsledku zvýšenia výkonu a životnosti komponentov pracujúcich pri zvýšených prevádzkových podmienkach.

Metodika a realizácia experimentov

Experimenty boli vykonané v zlievarenskom laboratóriu Katedry technologického inžinierstva Žilinskej univerzity. Na experimentálnu prácu bola zvolená podeutektická hliníková zliatina AlSi5Cu2Mg. Nenormalizovaná AlSi5Cu2Mg zliatina nachádza významné uplatnenie v oblasti produkcie odliatkov hláv valcov. V porovnaní s konvenčne používanými zliatinami Al-Si-Cu-Mg na odliatky hláv valcov je AlSi5Cu2Mg významná nízkym hm. % Si a Ti. Pre efektívne očkovanie podeutektických hliníkových zliatin je nutné pridať 0,04 až 0,1 hm. % Ti. V dôsledku limitovaného obsah Ti (max. 0,03 hm. % Ti) nedochádza k dostatočnému očkovaciemu účinku. Z tohto hľadiska nemožno použiť konvenčne dostupné očkovadlá typu AlTi5B1. AlSi5Cu2Mg zliatina bola označená ako referenčná zliatina R. Chemické zloženie referenčnej zliatiny R sa nachádza v **tab. 1**.

Podeutektická hliníková zliatina AlSi5Cu2Mg bola roztavená v elektrickej odporovej peci. Experimentálne zliatiny boli získané pridaním 0,15 hm. % Mo, 0,20 hm. % Zr alebo 0,12 hm. % Sr vo forme predzliatin (AlMo10, AlZr20, a AlSr10) do taveniny pri teplote 770 °C ± 5 °C. Vyššia teplota tavenia bola zvolená s cieľom zabezpečiť úplné roztavenie predzliatin AlZr20 a AlMo10, ktoré majú vysokú teplotu tavenia. Koncentrácie legujúcich prvkov boli zvolené na základe literárneho prieskumu a nášho predchádzajúceho výskumu [8], [9]. Experimentálne zliatiny boli označené v závislosti od legujúceho prvku R-Mo, R-Zr a R-Sr. Chemické zloženie experimentálnych zliatin je uvedené v **tab. 2**.

V metalurgickom procese prípravy taveniny neboli experimentálne zliatiny zámerne odplynené. Vzorky boli pripravené technológiou gravitačného odlievania do kovovej formy. Teplota odlievania bola 745 °C ± 5 °C a teplota kovovej formy bola udržiavaná v teplotnom intervale 180 °C – 200 °C. Pre každý experimentálny variant bola vyhotovená sada 10 skúšobných vzoriek. Polovica vzoriek bola použitá na hodnotenie vybraných vlastností v liatom stave a druhá polovica experimentálnych vzoriek bola podrobená tepelnému spracovaniu precipitačným vytvrdzovaním T6. Tepelný režim T6 pozostával z rozpúšťacieho žíhania (520 °C ± 5 °C / 5,5 h), rýchleho ochladzovania (ochladzovacie médium – voda 70 °C ± 5 °C) a precipitačného vytvrdzovania (240 °C ± 5 °C / 5 h). Vyššia teplota precipitačného vytvrdzovania bola zvolená na základe predošlého výskumu, ktorý analyzoval vplyv teploty precipitačného vytvrdzovania na výsledné mechanické a fyzikálne vlastnosti AlSi5Cu2Mg zliatiny legovanej Zr. Výskum preukázal, že najvýhodnejšia kombinácia mechanických a fyzikálnych vlastností bola dosiahnutá aplikovaním tepelného spracovania T6 s teplotou precipitačného vytvrdzovania 240 °C ± 5 °C.

Tab. 1. Chemické zloženie zliatiny AlSi5Cu2Mg [hm. %]

Si	Mg	Cu	Sr	Mo	Ti	Mn/Fe	Al
5,412	0,292	1,859	0,008	0,006	0,011	0,092	zvyšok

Tab. 2. Chemické zloženie experimentálnych zliatin [hm. %]

	Si	Fe	Cu	Sr	Zr	Mo	Ti	Al
R-Mo	5,742	0,123	1,991	0,007	0,0006	0,119	0,011	zvyšok
R-Zr	5,432	0,133	1,889	0,009	0,198	0,0007	0,011	zvyšok
R-Sr	5,762	0,113	1,893	0,112	0,0006	0,0006	0,011	zvyšok

Mechanické vlastnosti experimentálnych zliatin boli určené statickou skúškou ťahom. Skúška ťahom bola vykonaná univerzálnym trhacím zariadením Inspekt desk 50 kN podľa normy EN ISO 6892-1. Pre každý experimentálny variant bola vyhotovená sada 10 skúšobných kruhových tyčí s priemerom drieku 8 mm. Polovica skúšobných tyčí bola hodnotená v liatom stave a druhá polovica po tepelnom spracovaní T6.

Tvrdosť experimentálnych zliatin bola stanovená skúškou tvrdosti podľa Brinella podľa normy STN EN ISO 6506-1. Tvrdosť bola meraná tvrdomerom Brinell Innovatest Nexus 3000 podľa predpisu HBW 5/250/10 (vtláčacie teliesko – guľôčka z tvrdokovu o priemere 5 mm / veľkosť zaťaženia 250 kp / doba zaťaženia 10 s). Pre každý experimentálny variant bolo vykonaných 5 meraní.

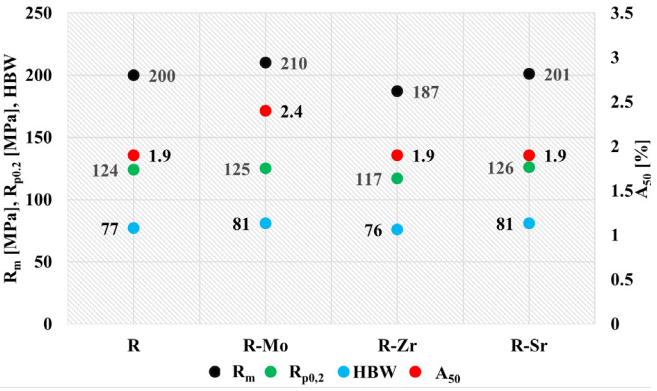
Pri vývoji nových Al-Si-Cu-Mg zliatin určených pre oblasť automobilového priemyslu je nutné klásť dôraz nielen na mechanické a chemické vlastnosti, ale aj na fyzikálne vlastnosti, ako je tepelná a elektrická vodivosť. Tepelná vodivosť je jeden zo základných parametrov hodnotených na odliatkoch hláv valcov moderných spaľovacích motorov. Tieto odliatky, resp. ich časti (napr. miesta v okolí výfukových ventilov), môžu byť počas prevádzky vystavené teplotám výrazne presahujúcim 200 °C. Na zabezpečenie bezproblémovej prevádzky odliatku aj pri takýchto teplotách je preto nutné voliť chemické zloženie novo vyvíjaných hliníkových zliatin s ohľadom na zabezpečenie optimálnej kombinácie mechanických a fyzikálnych vlastností. Metodika stanovenia tepelnej vodivosti experimentálnych vzoriek bola založená na hodnotení konduktivity experimentálnych vzoriek prostredníctvom meracieho zariadenia Sigma Check 2. Výpočet tepelnej vodivosti (λ) experimentálnych vzoriek bol uskutočnený dosadením hodnôt elektrickej vodivosti (σ) do empirického vzorca (1):

$$\lambda = 4{,}29 \cdot \sigma - 13{,}321 \left[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1} \right] \quad (1)$$

Mikroštruktúra experimentálnych zliatin bola hodnotená riadkovým elektrónovým mikroskopom TESCAN LMU II s BRUKER EDX analyzátorom. Mikroštruktúrna analýza bola vykonaná na vzorkách s najvýhodnejšou kombináciou mechanických vlastností.

Hodnotenie mechanických vlastností

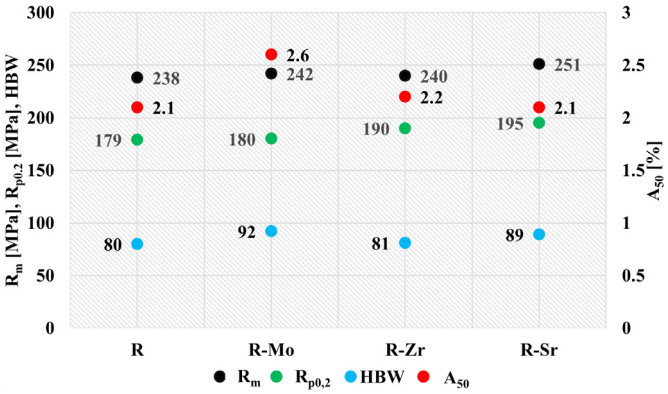
Mechanické vlastnosti experimentálnych zliatin R, R-Mo, R-Sr a R-Zr v liatom stave sú na **obr. 1**. Výsledné mechanické vlastnosti predstavujú priemerné hodnoty z 5 meraní. Zliatina R-Mo vykazovala najlepšie mechanické vlastnosti zo sledovaného súboru experimentálnych zliatin. R_m zliatiny R-Mo vzrástla v porovnaní s referenčnou zliatinou o 5 %. Ťažnosť experimentálnej zliatiny s prídavkom Mo vzrástla v porovnaní s referenčnou zliatinou o 26 %. Zliatina R-Sr nevykazovala v porovnaní so zliatinou R významné zmeny mechanických vlastností. Tvrdosť zliatin R-Mo a R-Sr vzrástla v porovnaní s R zliatinou o 5 %. Prídavok Zr do referenčnej zliatiny zapríčinil negatívny pokles R_m a $R_{p0,2}$ približne o 6 % v porovnaní s referenčnou zliatinou R. Zliatiny R-Zr a R-Sr vykazovali rovnaké hodnoty ťažnosti ako referenčná zliatina R. Najlepšia kombinácia mechanických vlastností bola v liatom stave dosiahnutá zliatinou R-Mo.



Obr. 1. Mechanické vlastnosti experimentálnych zliatin v liatom stave

Hodnoty mechanických vlastností experimentálnych zliatin po tepelnom spracovaní T6 sú spracované do grafickej závislosti **obr. 2**. Účinkom tepelného spracovania T6 bol zaznamenaný výrazný nárast mechanických vlastností R_m a $R_{p0,2}$. Zliatina R vykazovala v porovnaní s liatym stavom 44 % nárast $R_{p0,2}$ a 19 % nárast R_m. Tvrdosť a ťažnosť zliatiny R nevykazovala účinkom tepelného spracovania T6 podstatný nárast. Najvyššie hodnoty R_m a $R_{p0,2}$ boli dosiahnuté zliatinou s prídavkom Sr. R_m zliatiny R-Sr vzrástla o 5 % a $R_{p0,2}$ vzrástla o 8 % v porovnaní s referenčnou zliatinou po T6. Ťažnosť R-Sr vykazovala vplyvom T6 rovnaké hodnoty ako zliatina R.

Najvýznamnejší nárast ťažnosti a tvrdosti bol naopak zaznamenaný experimentálnou zliatinou s prídavkom Mo. V porovnaní s referenčnou zliatinou R vzrástla vplyvom tepelného spracovania T6 ťažnosť o 23 % a tvrdosť o 15 %. Zliatinou R-Mo nebol zaznamenaný podstatný nárastu $R_{p0,2}$ v porovnaní so zliatinou R. Zliatinou s prídavkom Zr bol zaznamenaný účinkom T6 významný nárast R_m o 28 % a $R_{p0,2}$ o 62 % v porovnaní s liatym stavom. Hodnoty ťažnosti a tvrdosti nezaznamenali významný nárast v porovnaní s referenčnou zliatinou.



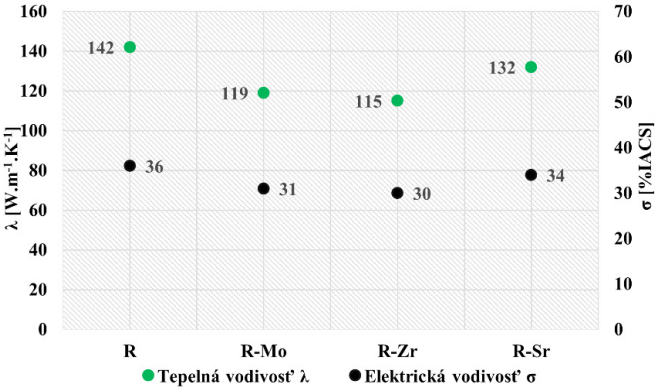
Obr. 2. Mechanické vlastnosti experimentálnych zliatin po T6

Mechanické vlastnosti experimentálnych zliatin vzrástli vplyvom tepelného spracovania T6 v dôsledku:

- sféroidizácie eutektického Si na energeticky výhodnejší stav zaoblených zŕn,
- prítomnosti spevňujúcich precipitátov Cu a Mg, ktoré účinkom T6 vytvárajú spevňujúce precipitáty Al_2Cu a Mg_2Si.

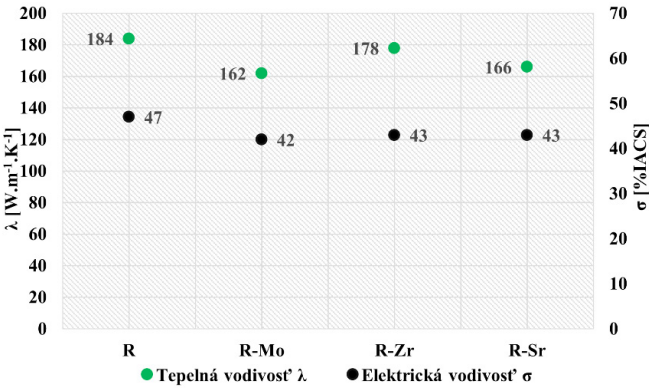
Hodnotenie fyzikálnych vlastností

Fyzikálne vlastnosti experimentálnych zliatin R, R-Mo, R-Sr a R-Zr v liatom stave sú spracované na **obr. 3**. Tepelná a elektrická vodivosť experimentálnych zliatin s prídavkom Sr, Mo a Zr v liatom stave podstatne klesla v porovnaní s referenčnou zliatinou R. V porovnaní so zliatinou R bol zaznamenaný pokles fyzikálnych vlastností v priemere o 15 % zliatinou s prídavkom Mo. Zliatina R-Sr vykazovala v porovnaní so zliatinou R najmenší pokles fyzikálnych vlastností v priemere 7 %. Najväčší pokles fyzikálnych vlastností bol zaznamenaný zliatinou R-Zr. Predpokladá sa, že výrazný pokles fyzikálnych vlastností R-Zr zliatiny bol zapríčinený morfológiou intermetalických fáz na báze Zr. Fázy bohaté na Zr majú tendenciu vylučovať sa vo forme hrubších ihlíc s rozštiepeným zakončením alebo vo forme dvoch prekrížených ihlíc. Takto vylúčené fázy Zr blokujú prenos voľných elektrónov prostredím, čo vedie k poklesu fyzikálnych vlastností. Vo všeobecnosti každý legujúci prvok pridaný do hliníkovej zliatiny pôsobí ako bariéra pre pohyb voľných elektrónov.



Obr. 3. Fyzikálne vlastnosti experimentálnych zliatin v liatom stave

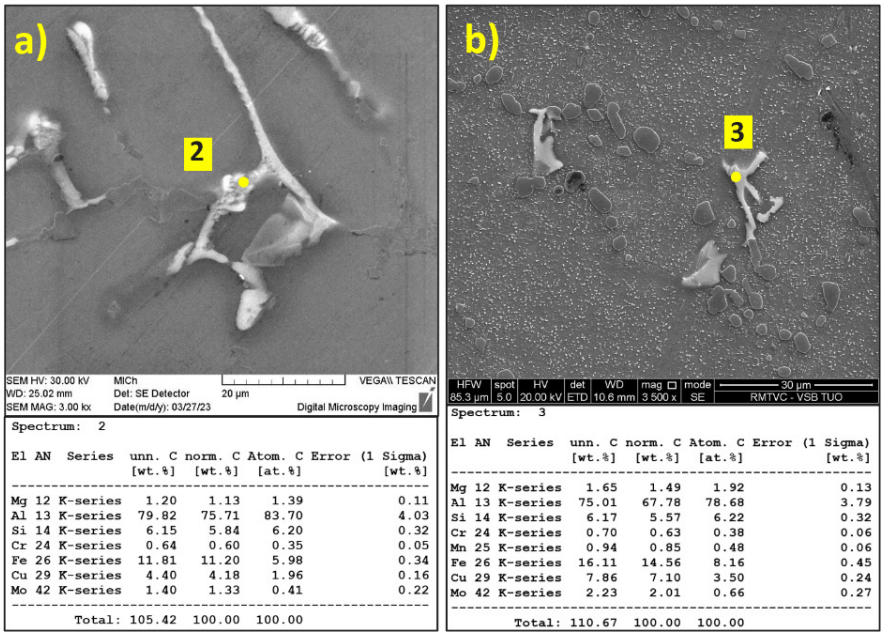
Fyzikálne vlastnosti experimentálnych zliatin po tepelnom spracovaní T6 v závislosti od legujúceho prvku sú spracované do grafickej závislosti na **obr. 4**. Vplyvom tepelného spracovania T6 bol zaznamenaný nárast fyzikálnych vlastností v porovnaní s liatym stavom. Fyzikálne vlastnosti referenčnej zliatiny R vzrástli priemerne o 22 %. Najvýraznejší nárast fyzikálnych vlastností účinkom T6 bol zaznamenaný experimentálnou zliatinou R-Zr. V porovnaní s liatym stavom vzrástla tepelná vodivosť R-Zr zliatiny o 35 % a elektrická vodivosť o 30 %.



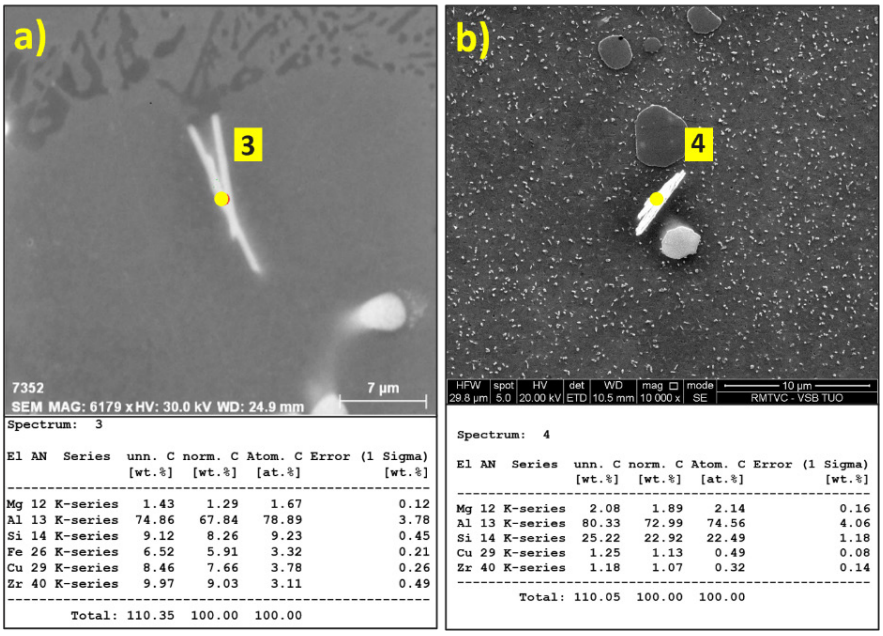
Obr. 4. Fyzikálne vlastnosti experimentálnych zliatin po T6

Vplyvom T6 dosiahla zliatina R-Zr porovnateľné hodnoty fyzikálnych vlastností so zliatinou R. V porovnaní s liatym stavom vzrástli fyzikálne vlastnosti R-Mo zliatiny o 25 % a R-Sr zliatiny o 20 %.

Timpel vo svojich štúdiach uvádza, že fyzikálne vlastnosti Al-Si zliatin vo významnej miere ovplyvňuje tvar a veľkosť eutektického Si [10]. Preukázal, že fyzikálne vlastnosti Al-Si zliatin sa zvyšujú so zvyšujúcim sa pomerom P/S, kde P charakterizuje obvod sekundárnej fázy a S označuje plochu prierezu sekundárnej fázy. Timpel vychádzal z teórie, že pomer P/S eutektického Si v liatom stave je nižší ako pomer P/S eutektického Si po tepelnom spracovaní. Na základe zosumarizovaných výsledkov a uskutočnených štúdií možno skonštatovať, že zvýšenie fyzikálnych vlastností po T6 bolo spôsobené v dôsledku zmeny morfológie eutektického Si. V liatom stave sa eutektický Si vylučuje vo forme dosiek, ktoré blokujú prechod elektrónov prostredím. Vplyvom tepelného spracovania T6 dochádza k zmene morfológie eutektického Si na energeticky výhodnejší stav zaoblených zŕn. Eutektický Si vylúčený vo forme zaoblených zŕn zabezpečuje priaznivejší prenos voľných elektrónov, čo vedie k zvýšeniu fyzikálnych vlastností hliníkových zliatin [10].



Obr. 5. EDX analýza experimentálnej zliatiny R-Mo: a) liaty stav, b) po T6



Obr. 6. EDX analýza experimentálnej zliatiny R-Zr: a) liaty stav, b) po T6

EDX analýza

EDX analýza bola uskutočnená na vzorkách s najvýhodnejšou kombináciou mechanických vlastností. Na základe EDX analýzy boli v zliatine R-Mo v liatom stave detegované intermetalické fázy bohaté na Mo **(obr. 5a)**. V okolí fáz bohatých na Mo bola preukázaná zvýšená koncentrácia Fe. V hliníkových zliatinách pôsobí Mo ako korektor železitých fáz, čo prispieva k pozitívnemu nárastu mechanických vlastností. Vplyvom Mo dochádza k transformácii ihlicovitých železitých β-fáz na železité α-fázy vylúčené vo forme kostrových útvarov. Tvarovo kompaktné častice α-fázy majú menší škodlivý účinok na výsledné mechanické vlastnosti hliníkových

zliatin v porovnaní s ihlicovitými železitými β-fázami, ktoré pôsobia ako koncentrátory napätia. Intermetalické fázy na báze Mo bolo možné pozorovať vo forme kostrových útvarov. Vplyvom tepelného spracovania T6 nebola zaznamenaná významná zmena morfológie intermetalických fáz so zvýšenou koncentráciou Mo (**obr. 5b**).

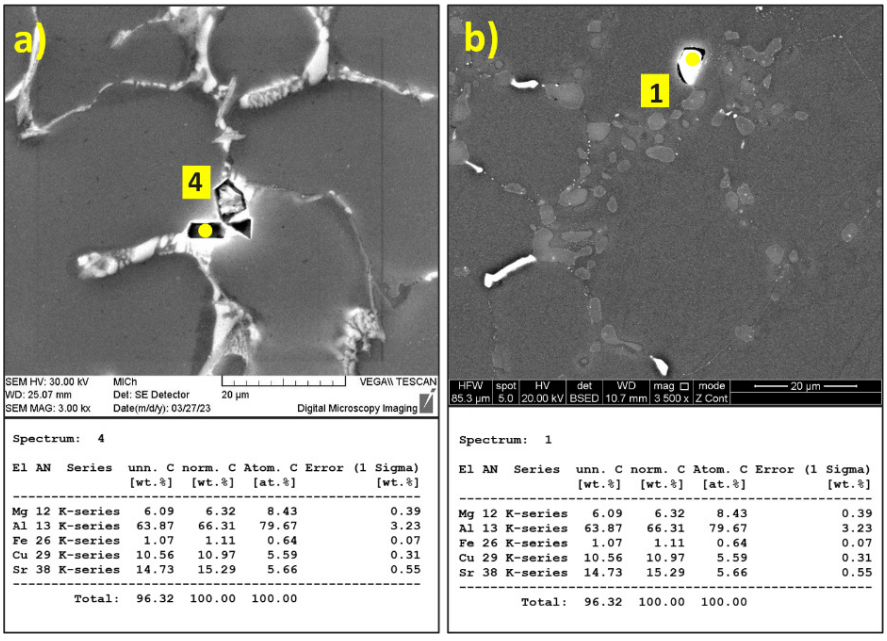
EDX analýza experimentálnych zliatin s prídavkom Zr preukázala prítomnosť fáz bohatých na Zr, ktoré boli identifikované ako fázy typu AlSiZr a Al_3Zr. Intermetalické fázy na báze Zr boli v liatom stave (**obr. 6a**) vylúčené vo forme dvoch prekrížených ihlíc. V okolí Zr fáz bola detegovaná zvýšená koncentrácia Cu a Fe. Vplyvom tepelného spracovania T6 neboli zaznamenané zmeny morfológie intermetalických fáz na báze Zr v porovnaní s liatym stavom (**obr. 6b**).

V matrici experimentálnej zliatiny R-Sr v liatom stave bola detegovaná prítomnosť ostrohranných útvarov (**obr. 7a**). EDX analýzou boli tieto častice identifikované ako častice s vysokou koncentráciou Sr. V prípade R-Sr zliatiny možno konštatovať, že nedošlo k úplnému rozpusteniu predzliatiny AlSr10 v tavenine. V okolí ostrohranných častíc s vysokou koncentráciou Sr bola preukázaná zvýšená koncentrácia Cu. V dôsledku tepelného spracovania T6 nedošlo k zmene tvaru a veľkosti ostrohranných útvarov na báze Sr (**obr. 7b**).

Záver

Cieľom práce bolo analyzovať vplyv vybraných legujúcich prvkov a tepelného spracovania T6 na vybrané vlastnosti a štruktúru podeutektickej zliatiny AlSi5Cu2Mg a ich použitie v praxi. Na základe nadobudnutých výsledkov možno skonštatovať že:

- účinkom legujúcich prvkov Mo a Sr bol zaznamenaný nárast mechanických vlastností v porovnaní s AlSi5Cu2Mg zliatinou bez legúr;
- zliatinou R-Mo bola v liatom stave zaznamenaná najvyššia hodnota ťažnosti (2,4 %) a R_m (210 MPa);
- zliatina s prídavkom Zr vykazovala v liatom stave najnižšie mechanické vlastnosti zo sledovaného súboru experimentálnych zliatin;
- účinkom tepelného spracovania T6 bol zaznamenaný nárast mechanických vlastností v dôsledku sféroidizácie eutektického Si a prítomnosti spevňujúcich precipitátov Mg_2Si a Al_2Cu;
- najvyššiu hodnotu ťažnosti dosiahla zliatina R-Mo (2,4 %) a najvyššie hodnoty R_m (251 MPa) a $R_{p0,2}$ (195 %) dosiahla zliatina R-Sr;
- legujúce prvky pôsobia ako bariéra pre pohyb elektrónov prostredím, čo vedie k negatívnemu poklesu fyzikálnych vlastností zliatin s prídavkom Zr, Sr a Mo;
- vplyvom tepelného spracovania T6 bol zaznamenaný nárast fyzikálnych vlastností v dôsledku sféroidizácie eutektického Si;
- EDX analýza preukázala v zliatine R-Mo prítomnosť intermetalických fáz na báze Mo. V zliatine R-Zr bola preukázaná prítomnosť fáz bohatých na Zr vylúčených vo forme typických prekrížených ihlíc. Morfológia intermetalických fáz na báze Zr a Mo nebola vplyvom tepelného spracovania T6 ovplyvnená;



Obr. 7. EDX analýza experimentálnej zliatiny R-Sr: a) liaty stav, b) po T6

- v zliatine R-Sr bola preukázaná prítomnosť ostrohranných častíc s vysokou koncentráciou Sr. Tieto častice vznikli v dôsledku neúplného rozpustenia predzliatiny AlSr10 v tavenine. Prítomnosť ostrohranných útvarov mohla negatívne ovplyvniť fyzikálne a mechanické vlastnosti zliatiny R-Sr.

Najvýhodnejšiu kombináciu mechanických a fyzikálnych vlastností dosiahla aj napriek neúplnému rozpusteniu predzliatiny AlSr10 v tavenine zliatina R-Sr. Zabezpečením úplného rozpustenia predzliatiny AlSr10 v tavenine AlSi5Cu2Mg sa predpokladá nárast skúmaných mechanických a fyzikálnych vlastností.

Poďakovanie

Tento článok bol vytvorený s podporu projektu VEGA 1/0160/22.

Literatúra

[1] CZERWINSKI, F. (2021) Current trends in automotive lightweighting strategies and materials. *Materials*. Vol. 14, 27 s., DOI: 10.3390/ma14216631.

[2] CZERWINSKI, F. (2020) Thermal stability of aluminum alloys, *Materials*. Vol. 13, 49 s., DOI: 10.3390/ma13153441.

[3] BOLIBRUCHOVÁ, D., PASTIRČÁK, R. (2018) *Zlievarenská metalurgia neželezných kovov*. EDIS, 167 s., ISBN 978-80-554-1463-8.

[4] MORRI, A., CESCHINI, L., MESSIERI, S., CERRI, E., TOSCHI, S. (2018) Mo Addition to the A354 (Al-Si-Cu-Mg) Casting Alloy: Effect on Microstructure and Mechanical Properties at Room and High Temperature. *Metals*. Vol. 8(6). DOI: 10.3390/met8060393.

[5] BOLIBRUCHOVÁ, D., SÝKOROVÁ, M., ŠIRANEC, L., BRŮNA, M., MATEJKA, M. (2023) Effect of Zr addition on selected properties and microstructure of aluminum alloy AlSi5Cu2Mg. *International Journal of Metalcasting*. Vol. 17(4), DOI: 10.1007/s40962-023-01048-z.

[6] GAN, J., HUANG, Y., WEN, CH., DU, J. (2020) Effect of Sr Modification on Microstructure and Thermal Conductivity of Hypoeutectic Al-Si Alloys. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. Vol. 30(11), 2879-2890, DOI: 10.1016/S1003-6326(20)65428-0.

[7] SJÖLANDER, E., SEIFEDDINE, S. (2010) The heat treatment of Al-Si-Cu-Mg casting alloys. *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 210, 1249-1259, DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2010.03.020.

[8] BOLIBRUCHOVÁ, D., KURIŠ, M., MATEJKA, M., KASIŃSKA, J. (2022) Study of the Influence of Zirconium, Titanium and Strontium on the Properties and Microstructure of AlSi7Mg0.3Cu0.5 Alloy. *Materials*. Vol. 15(10). DOI: 10.3390/ma15103709.

[9] HAJDÚCH, P., BOLIBRUCHOVÁ, D. & DJURDJEVIC, M. B. (2018) Influence of Molybdenum on the Thermal, Structural Properties and Micro Hardness of AlSi10Mg(Cu) Alloy. *Archives of Foundry Engineering*. 18(3), 19–24. DOI: 10.24425/123595.

[10] TIMPEL, M., WANDERKA, N., SCHLESIGER, R., YAMAMOTO, T. (2012) The Role of Strontium in Modifying AluminumSilicon Alloys. *Acta Materialia*. Vol. 60(9), 3920–3928, DOI: 10.1016/j.actamat.2012.03.031.

Fragmentácia dendritov alfa fázy zliatiny AlSi7Mg0,3 vo vtokovej sústave pri technológii semi solid squeeze casting

Fragmentation of alpha phase dendrites of AlSi7Mg0.3 alloy in the gating system in semi solid squeeze casting technology

doc. Ing. Richard Pastirčák, PhD.
Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra technologického inžinierstva, Žilina, Slovenská republika

Klíčová slova

nekonvenčné technológie, squeeze casting, polotuhý stav, zliatina Al-Si

Keywords

unconventional technologies, squeeze casting, semi-solid state, Al-Si alloy

Abstrakt

Technológie spracovania v polotuhom stave patria k nekonvenčným spôsobom spracovania materiálov. Inovovaním technologických postupov je možné aj pri konvenčných materiáloch dosiahnuť atypické štruktúry so špecifickými mechanickými a fyzikálnymi vlastnosťami. Rozvíjajúcou sa technológiou spracovania materiálu v polotuhom stave je technológia semi solid squeeze casting. Pri tejto technológii je polotovar s dendritickou štruktúrou vtlačený pomocou piestu do dutiny formy. Štandardne sa používajú vtokové sústavy jednoduchého tvaru s výdatne dimenzovanými zárezmi. Príspevok sa zaoberá eliminovaním nepriaznivých účinkov dendritickej štruktúry fragmentáciou a globulizáciou dendritov alfa fázy vo vtokovej sústave. Zjemňovanie a globulizáciu štruktúry je možné dosiahnúť veľkými plastickými deformáciami, charakteristickými pre metódu bezkontrakčného pretlačovania. Pomocou tohto princípu bol navrhnutý vtokový systém pre technológiu semi solid squeeze casting. Prejavil sa pozitívny vplyv navrhnutého postupu na štruktúru materiálu. Bola dosiahnutá fragmentácia a čiastočná globulizácia dendritickej štruktúry po prvej transformácii vo vtokovom kanáli. Nasledujúce pretváranie štruktúry viedlo k rovnomernejšiemu rozloženiu jednotlivých fáz.

Abstract

Semi-solid state processing technologies are one of the most unconventional ways of processing materials. By innovating technological processes, atypical structures with specific mechanical and physical properties can be achieved even in conventional materials. A developing technology for processing materials in a semi-solid state is semi-solid squeeze casting technology. In this technology, a semi-finished product with a dendritic structure is pressed into the die cavity by means of a piston. Simple gating systems with generously dimensioned notches are used as standard. The paper deals with the elimination of the adverse effects of the dendritic structure by fragmentation and globulization of the alpha phase dendrites in the sprue system. The refinement and globulization of the structure can be achieved by large plastic deformations, characteristic of the non-contractive extrusion method. Using this principle, a gating system for semi-solid squeeze casting technology was designed. A positive effect of the proposed procedure on the material structure was demonstrated. Fragmentation and partial globulization of the dendritic structure after the first transformation in the gate channel was achieved. Subsequent reshap-

ing of the structure led to a more uniform distribution of the individual phases.

Úvod

Neustále sa zvyšujúce požiadavky na zlepšovania vlastnosti materiálov vedú k vývoju nových technológií a skúšaniu nových výrobných postupov pre ich spracovanie. Pomocou inovatívnych technologických postupov je možné aj pri konvenčných a roky používaných materiáloch dosiahnuť atypické štruktúry so špecifickými mechanickými a fyzikálnymi vlastnosťami. Ešte nevyčerpanú perspektívu v inovatívnych postupoch ponúka metóda spracovania v semi solid stave. Ako každá z inovatívnych metód aj pri tejto je snaha vyvinúť kvalitnejší produkt využiteľný pre trh. Spracovanie materiálu v polotuhom stave patrí medzi nekonvenčné metódy, pri ktorých sa vytvárajú nové typy štruktúr. Technológie spracovania v polotuhom stave zahŕňajú širokú skupinu metód so súhrnným názvom semi solid metals SSM. Z hľadiska tepelnej histórie je ich možné rozdeliť na tixo procesy a rheoprocesy. Technológie s vysokým podielom natavenej fázy semi solid casting majú mnoho výhod. Veľká časť tepla je zo vsádzky odvedená ešte pred odlievaním. Kokily sú zaťažené menším tepelným šokom v porovnaní s odlievaním z plne roztaveného kovu. Predlžuje sa životnosť kokily. Chladnutie odliatkov je rýchlejšie, čo zvyšuje produktivitu. Ďalšou z výhod je zníženie pórovitosti, pretože prevažná časť materiálu stuhla ešte pred odlievaním. Celkovo sa zlepšujú mechanické vlastnosti odliatkov. Nevýhodou semi solid casting sú vyššie výrobné náklady, v niektorých prípadoch potreba náročnejšej regulácie procesu odlievania [1], [2], [3].

Hlavným predpokladom pre spracovanie zliatin v polotuhom stave je použitie vstupného materiálu, ktorý vykazuje tixotropné vlastnosti. Pre technológie SSM sa teda používajú materiály s nedendritickou (globulárnou) štruktúrou primárnej fázy, ktorá je rovnomerne rozložená v matrici roztaveného kovu [4], [5], [6]. V súčasnej dobe existuje niekoľko postupov, ktorými je možno pripraviť tixotrópne polotovary. Zliatinu, ktorá je čiastočne tuhá a má nedendritickú štruktúru, je možné pripraviť napríklad chemicky – očkovaním, mechanicky – miešaním, rozstrekom, vplyvom ultrazvuku alebo magnetického poľa, prípadne aj vhodným nastavením technologických parametrov liatia. M. N. Mohammed a kol. kategorizovali technológie prípravy polotuhých kovov na kvapalné cesty a cesty v tuhom stave. Popísali hlavné problémy pri navrhovaní metód s ohľadom na výkon, jednoduchosť a náklady [7].

Výnimku v spracovaní materiálov v polotuhom stave predstavuje technológia semi solid squeeze casting SSSC. Jedná sa o novú rozvíjajúcu sa technológiou, ktorá vychádza z technológie squeeze casting, avšak s použitím materiálu v polotuhom stave. Z technológií využívajúcich kryštalizáciu pod tlakom je táto pomerne jednoduchá s nižšími finančnými nárokmi. Oproti tradičným metódam spracovania kovov v semi solid stave nevyužíva vstupný materiál s globulárnou štruktúrou. Pri ohreve dendritickej štruktúry do polotuhého stavu dochádza najprv k nataveniu fáz, ktoré vypĺňajú medzidendritický priestor. Dendritické útvary zostávajú zachované a vytvárajú komplexné útvary, ktoré obmedzujú tixotropné správanie materiálu [8], [9].

Pri technológií SSSC je ohriaty polotovar s dendritickou štruktúrou vtlačený pomocou piestu do dutiny formy. Z uvedených dôvodov sú mechanické vlastnosti a zabiehavosť odliatkov nižšie ako pri metódach s vstupným materiálom s globulárnou štruktúrou. Pre eliminovanie alebo obmedzenie popísaných nepriaznivých javov je potrebné dosiahnuť fragmentáciu dendritických útvarov. Materiál vstupujúci do dutiny formy by mal mať jemnozrnnú globulárnu štruktúru s homogénnym rozložením jednotlivých fáz [10], [11].

Jemnozrnnú štruktúru je možné okrem ovplyvňovania rýchlosti ochladzovania dosiahnuť aj použitím plastických deformácií. V súčasnosti je vyvinuté a využívané veľké množstvo metód zjemňovania štruktúry pomocou deformácie. Je to napr. metóda bezkontrakčného pretlačovania ECAP, krut za vysokého tlaku, TE twist extrusion, repetitive corrugation and straighteninig, cylinder covered compression CCC apod. [12], [13], [14].

Zo študovaných metód je s ohľadom na spracovanie polotovaru technológiou SSSC najvhodnejší princíp metódy bezkontrakčného pretláčania. Jedná sa o pomerne jednoduchú metódu s možnosťou spracovania širokého

spektra materiálov s rôznymi kryštalickými štruktúrami. Metóda využíva na zjemnenie štruktúry veľké plastické deformácie. Polotovar je pretláčaný cez vstupný a výstupný kanál, ktoré sa pretínajú pod uhlom, obvykle 90° [15]. Medzi hlavné faktory ovplyvňujúce plastickú deformáciu patrí okrem geometrie režim spracovania a kryštalografické vlastnosti materiálu. Vplyv pretláčacej rýchlosti na vlastnosti čistého hliníka a zliatiny Al1%Mg skúmal Berbon a kol. [16]. Zistili, že pri nižších rýchlostiach vzniká rovnomernejšia štruktúra ako pri rýchlostiach vyšších. Vplyvom vysokej rýchlosti môže dochádzať k vzniku mŕtvej zóny. Rýchlosť pretláčania je v súlade so spracovaním materiálu pomocou metódy semi solid squeeze casting SSSC, kde by rýchlosť počas plnenia dutiny formy mala byť čo najnižšia s lamelárnym prúdením. Šmykové napätia využívané pri metóde ECAP na zjemnenie štruktúry je možné využiť na fragmentáciu dendritov [17], [18], [19]. Šmykové napätia sú nevyhnutné aj pre dosiahnutie tixotropných vlastností materiálu. Z týchto dôvodov sme sa snažili využiť túto technológiu pri návrhu vtokového systému pre zjemnenie a globulizáciu pôvodnej dendritickej štruktúry pri spracovaní polotuhého polotovaru technológiou semi solid squeeze casting.

Tab. 1. Chemické zloženie zliatiny AlSi7Mg0,3

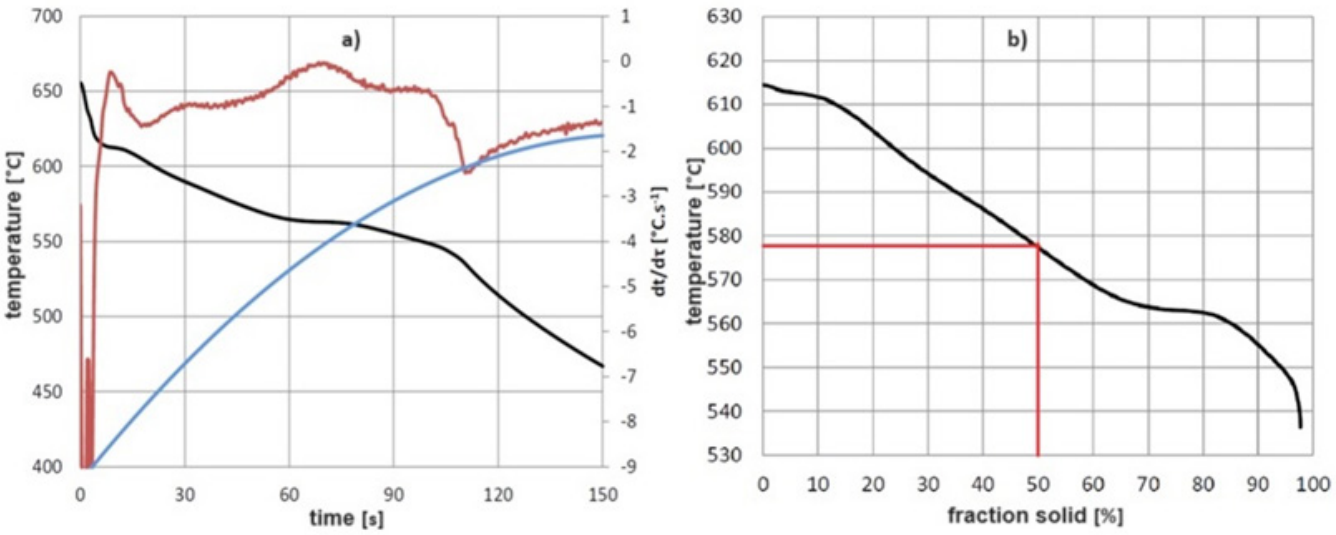
Chemické zloženie [hm.%]				
Si	Fe	Mn	Mg	Na
7,18	0,12	0,002	0,29	0,001
Zn	Sr	Sn	Ti	V
0,01	0,04	0,001	0,096	0,001

Metodika experitmentu

Experimentálny materiál

Pre experimenty bola zvolená zliatina AlSi7Mg0,3 so širokým intervalom tuhnutia. Zliatina má univerzálne použitie a používa sa v rôznych priemyselných odvetviach. Zliatina sa vyznačuje dobrými mechanickými vlastnosťami, dobrými zlievarenskými vlastnosťami, dobrou obrobiteľnosťou, zvárateľnosťou, možnosťou tepelného spracovania a výbornou odolnosťou proti korózii. Zliatina je vhodná na spracovanie v polotuhom stave a patrí k najčastejšie skúmaným materiálom z hliníkových zliatin. Chemické zloženie zliatiny AlSi7Mg0,3 (EN 1706) je uvedené v **tab. 1**.

Pri ohreve polotovaru zo zliatiny hliníka do polotuhého stavu sa na povrchu vytvorí vrstva oxidov. Plnenie dutiny formy pri technológii SSSC je pomalé. Oxidy na povrchu sa pri stúpaní taveniny vytláčajú na povrch formy a chránia tak formu pred priamym kontaktom s kovom. Z uvedeného dôvodu nebol obsah železa v zliati-

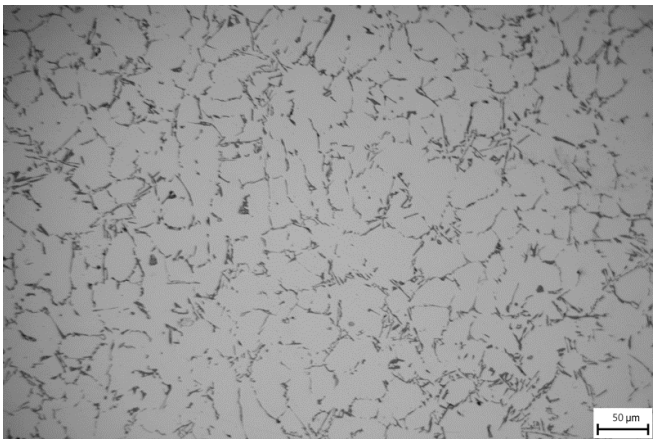


Obr. 1. Termická analýza zliatinyAlSi7Mg0,3 a) priebeh teploty a prvej derivácie, b) tuhá fáza vs. teplota.

ne zvýšený. Štruktúra aj mechanické vlastnosti nebudú ovplyvnené nežiadúcimi fázami.

Pre spracovanie materiálu v semisolid stave je najdôležitejšia šírka intervalu medzi likvidom a solidom a podiel kvapalnej a tuhej fázy v závislosti od teploty. Termická analýza sa vykonala na objeme 50 cm^3 taveniny v oceľovom tégliku (**obr. 1a**). Podiel tuhej fázy bol určený z rozboru termickej analýzy (**obr. 1b**). Pre experimentálne overenie bol zvolený 50% podiel tuhej fázy.

Pre experimenty boli pripravené polotovary gravitačným odlievaním do kokilovej formy s priemerom dutiny 55 mm a výškou 100 mm. Teplota odlievania bola 710 °C, teplota kokily 250 °C. Mikroštruktúra východiskového materiálu je zobrazená na **obr. 2**. Mikroštruktúra má dendritický charakter.

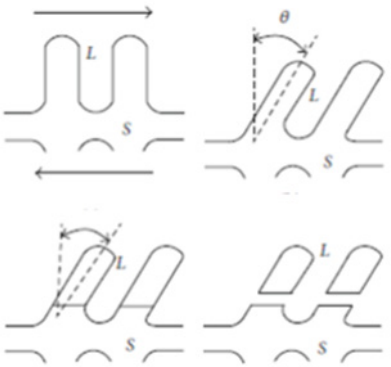


Obr. 2. Mikroštruktúra polotovaru pripraveného gravitačným odlievaním

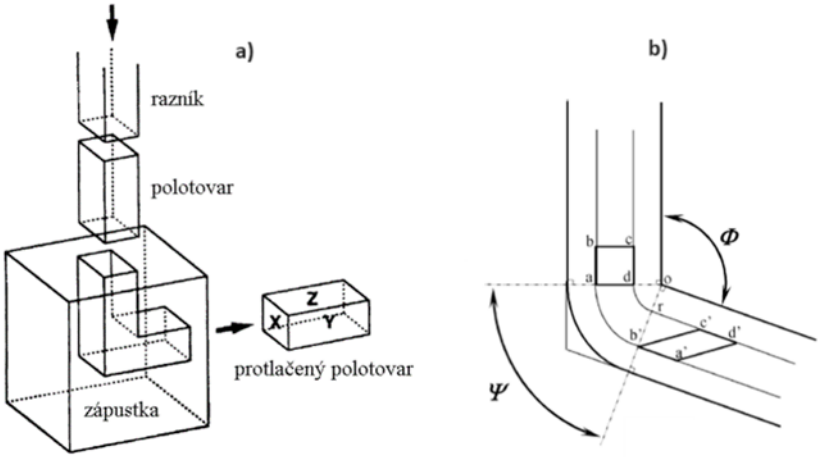
Návrh experimentálnej formy

Hlavným kritériom pri návrhu vtokového systému bolo dosiahnuť fragmentáciu dendritov v etape plnenia dutiny formy. V literatúre sú popísané viaceré mechanizmy premeny dendritickej štruktúry na globulárnu. Popísané mechanizmy zahŕňajú fragmentáciu ramien dendritov, pretavenie koreňa ramena dendritu, príp. mechanizmy kontroly rastu. Presný mechanizmus fragmentácie dendritov nie je jednoznačný. Jeden z možných mechanizmov popisuje Vogel a kol. [20]. V princípe vplyvom pôsobenia strihových síl a plasticity ramien dendritov dochádza k ich ohýbaniu. Ak je uhol ohybu väčší ako 20°, dochádza k preskupovaniu dislokácií za vzniku hraníc zŕn. Zvýšením medzifázovej energie na rozhraní tuhá fáza / tavenina vedie k zmáčaniu hraníc zŕn taveninou a nakoniec k oddeleniu ramien dendritov (**obr. 3**).

Aby sme podporili fragmentáciu dendritov, vplyvom pôsobenia strihových síl sme použili princíp technológií získavania ultra-fine grained structure. Tento prístup zahŕňa použitie veľkých plastických deformácií. Pri návrhu geometrie plniacich kanálov vo forme sme využili princíp metódy bezkontrakčného pretláčania (ECAP). Táto metóda zaisťuje vysokú homogenitu spracovaného materiálu s vysokou koncentráciou veľkouhlových hraníc zŕn. Na **obr. 4a** je znázornený princíp bezkontrakčného pretláčania. Na stupeň pretvorenia materiálu má vplyv spôsob napojenia kanálov v závislosti na voľbe uhlov Φ a Ψ. Poloha uhlov Φ a Ψ je znázornená na **obr. 4b**.



Obr. 3. Fragmentácia dendritov pôsobením strihových síl



Obr. 4. ECAP a) princíp metódy, b) napojenie pretlačovacích kanálov

Prechodom kanálmi je materiál vystavený pretvoreniu. Veľkosť pretvorenia môžeme vypočítať pomocou vzťahu (1) pre kanály s rôznymi hodnotami uhlov Φ a Ψ nasledovne:

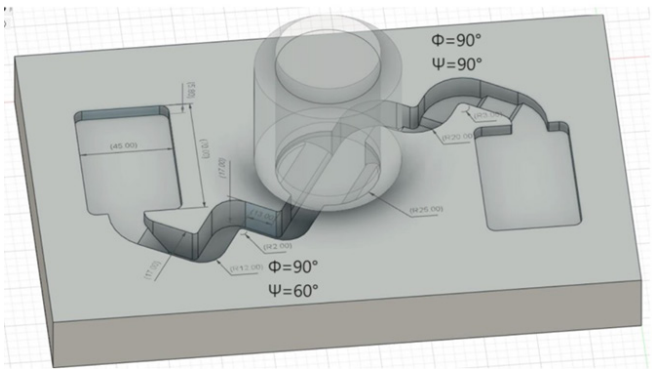
$$\varepsilon_N = \frac{N}{\sqrt{3}}\left[2\cot\left(\frac{\Phi}{2}+\frac{\Psi}{2}\right)+\Psi\,\mathrm{cosec}\left(\frac{\Phi}{2}+\frac{\Psi}{2}\right)\right] \qquad (1)$$

kde: ε_N – veľkosť pretvorenia,

N – počet prechodov [21].

Zo vzťahu vyplýva, že s rastúcim uhlom Φ klesá veľkosť pretvorenia, a naopak pri malých uhloch Φ a Ψ môžeme dosiahnuť veľmi vysoké pretvorenie.

Pre experimenty bola navrhnutá forma s geometriou podľa **obr. 5**. Dutina formy je tvorená dvoma odliatkami s rozmermi 45 × 75 × 5,8 mm, aby sme zabezpečili rovnomerné zaťaženie v deliacej ploche. Boli navrhnuté dva nezávisle plniace kanály. Pre sledovanie vplyvu šmykových napätí a rozdielnej rýchlosti plnenia formy bola zvolená rozdielna geometria plniacich kanálov. Jeden odliatok bol plnený kanálmi s uhlom napojenia Φ = 90°. Uhol zakrivenia vonkajšieho oblúka bol zvolený Ψ = 60°. Pre pozorovanie vývoja štruktúry bola zvolená trojprechodová sústava kanálov. Prierez kanálov sa nemenil. Pre pozorovanie vplyvu pretvorenia a zmien plniacich tlakov bola upravená geometria druhej časti formy. Za druhým a tretím prechodom bol prierez kanála zmenšený, aby sa zvýšila rýchlosť prúdiacej kaše pri predpokladanom znížení pôsobiaceho tlaku. Uhol napojenia kanálov bol Φ = 90° a uhol zakrivenia vonkajšieho oblúka bol zvolený Ψ = 90°.



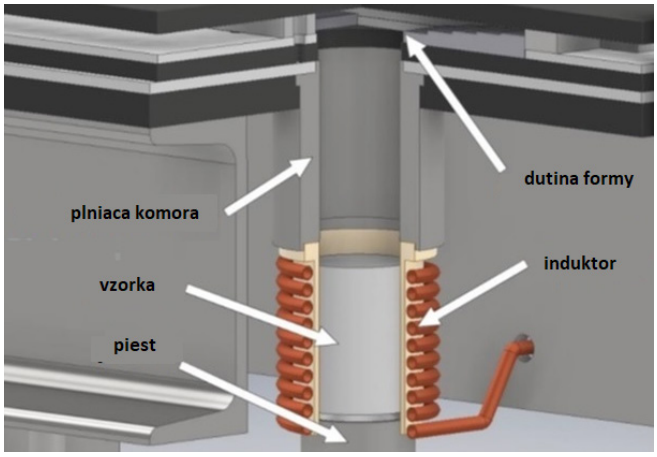
Obr. 5. Geometria formy

Experimentálne zariadenie

Experimentálne práce boli vykonané na zariadení, ktoré bolo navrhnuté a skonštruované na našom pracovisku. Zariadenie pre technológiu squeeze castingu bolo konštruované pre využitie vstupného materiálu v úplne roztavenom stave, ako aj v polotuhom stave. Pri technológii squeeze casting sa na ohrev taveniny bežne využívajú odporové pece, ktoré sú umiestnené v tesnej blízkosti zariadenia, alebo sú vyhotovené ako spojené pracovisko s automatickým dávkovaním taveniny, napríklad pomocou predhrievaných kanálov. Spracovanie technológiou semi solid squeeze casting je možné len z úplne roztaveného materiálu riadeným chladením počas dávkovania taveniny. Priebeh kryštalizačných procesov pri odlievaní z polotuhého stavu materiálu je rýchly, z tohoto dôvodu je potrebné ovplyvniť kryštalizáciu vo veľmi krátkom čase. Na základe posúdenia všetkých týchto faktorov bol zvolený indukčný ohrev materiálu. Indukčný ohrev je umiestnený pred plniacou komorou. Na **obr. 6** je usporiadanie zariadenia s využitím indukčného ohrevu vstupného materiálu. Parametre zariadenia sú uvedené v **tab. 2**.

Tab. 2. Parametre zariadenia

Parameter	Hodnota
Tlak	1,4 10^5 N
Rýchlosť piestu	20 mm . s^{-1}
Výkon indukčného ohrevu	5 kW
Frekvencia indukčného ohrevu	3,3 10^4 Hz
Objem materiálu	20 cm^3
Max. rozmery formy	350 × 250 × 70 mm



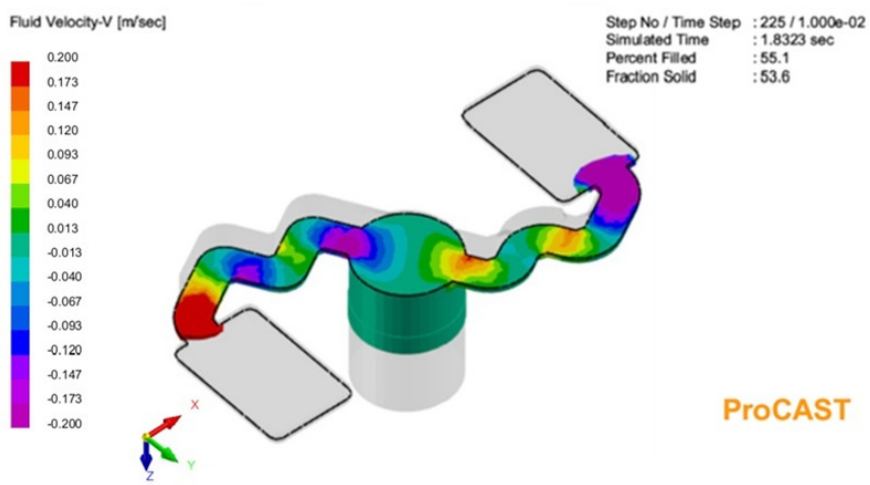
Obr. 6. Experimentálne zariadenie s indukčným ohrevom

Výsledky a hodnotenie

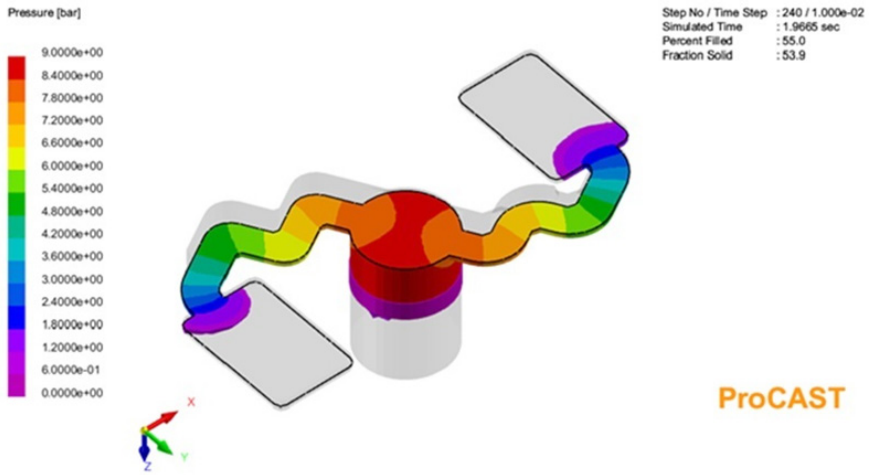
Za účelom overenia prúdenia v plniacich kanáloch bola vykonaná simulácia prúdenia v simulačnom programe ProCast2023. Bol sledovaný priebeh tlaku a rýchlosti plnenia v kanáloch. Vnútorný polomer pri napojení kanálov je pomerne malý (2, resp. 3 mm). Náhla zmena smeru prúdenia môže spôsobovať vznik tzv. mŕtvych zón [22]. Mŕtve zóny by nepriaznivo ovplyvnili výsledné pretvorenie materiálu. Z rozboru výsledkov neboli v procese plnenia pozorované žiadne mŕtve zóny. Pri rýchlostiach prúdenia do 0,2 m/s nedochádza k ich vzniku (**obr. 7**).

Z výsledkov simulačného výpočtu je možné pozorovať rozdielne prúdenie v kanáloch s rôznou geometriou. V časti odliatku s vrcholovým uhlom 60° je prúdenie v miestach napojenia kanálov s výraznejšie ohraničenými zónami s rovnakou rýchlosťou. Tento charakter by mal podporovať vznik šmykových napätí v materiáli. V časti odliatku s vrcholovým uhlom 90° je prúdenie v priamych a zaoblených častiach kanálov rovnomernejšie.

Priebeh tlaku v procese plnenia je charakteristický pozvoľným stúpaním so zväčšujúcim sa podielom zaplnenia dutiny formy (**obr. 8**). Zmenšovanie prierezov za jednotlivými pretvoreniami materiálu v kanáloch s napojením pri 90° uhle sa výrazne neprejavil. Plnenie nie je tak výrazne dotované vstupujúcim materiálom na úkor pretvorenia so 60° uhlom. Napriek uvedenému dochádza k približne 10% zmene tlaku a rýchlostí.



Obr. 7. Rýchlostný profil v etape plnenia



Obr. 8. Priebeh tlaku pri plnení dutiny formy

Hodnotenie mikroštruktúry

V experimente bolo overené použitie zliatiny AlSi7Mg0,3 lisovaním z polotuhého stavu materiálu. Teplota polotuhého stavu materiálu bola dosiahnutá pomocou indukčného ohrevu. Ohrievaný vstupný materiál mal podobu vopred odliatych tabliet, ktoré boli opracované podľa rozmeru a tvaru použitého induktora. Plniaca komora s piestom boli predhriate na teplotu 370 °C ± 20 °C a forma na teplotu 170 °C ± 20 °C. Pôsobiaci tlak bol 70 MPa.

Pre hodnotenie mikroštruktúry boli odobraté vzorky z vtokovej sústavy za každou transformáciou ohybom a z odliatku platne.

Štruktúra materiálu po prvom prechode kanálom s vonkajším uhlom pripojenia 60° je znázornená na **obr. 9**. Štruktúru tvoria útvary fázy alfa vylúčené v nedokonale oblej forme. Priemerná veľkosť týchto útvarov je 61,4 µm. Eutektikum tvorí alfa fáza a eutektický kremík vylúčený v la-

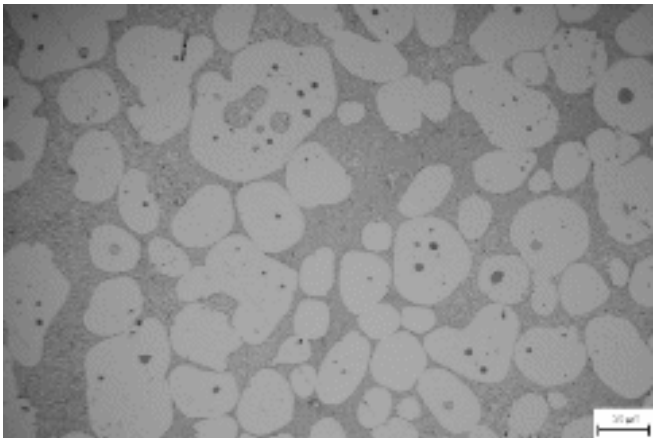
melárnej forme. V eutektiku možno pozorovať aj oddelene vylúčené častice kremíka.

Štruktúra po dvojitej transformácii (**obr. 10**) vykazuje podobný charakter. Útvary alfa fázy sú vylúčené v nedokonale oblej forme s veľkosťou 72,9 µm s malým podielom dokonale oblých zŕn. Eutektický kremík je vylúčený v lamelárnej a tyčinkovej forme. V eutektiku sa vyskytujú aj častice kremíka do veľkosti 8 µm.

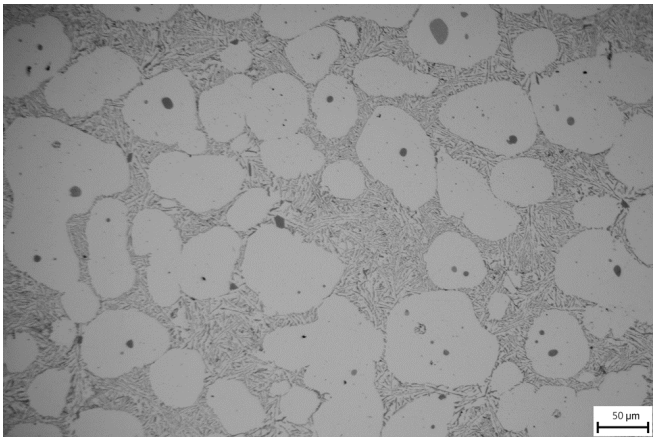
Po trojnásobnej transformácii bolo v štruktúre pozorované väčšie zastúpenie dokonale oblých útvarov alfa fázy s veľkosťou do 50 µm (**obr. 11**). Štruktúra obsahuje aj nedokonalé oblé a rozetové zrná s priemernou veľkosťou 67,9 µm. Malá časť taveniny stuhla vo forme jemných dendritov umiestnených medzi väčšími nedokonale zaoblenými zrnami. Eutektický kremík je vylúčený hlavne v lamelárnej forme a vo forme jemných tyčiniek. Výnimočne je možné pozorovať aj oddelene vylúčené častice kremíka. Distribúcia eutektika v štruktúre je rovnomernejšia.

Štruktúra odliatku v porovnaní s trojnásobne transformovanou štruktúrou vykazuje podobné charakteristiky (**obr. 12**). Priemerná veľkosť nedokonale oblých útvarov je 71,1 µm. V týchto útvaroch možno pozorovať uzavreté objemy taveniny. V štruktúre môžeme pozorovať aj dokonale oblé útvary s veľkosťou do 50 µm v menšom počte ako po trojnásobnej transformácií. Eutektický kremík je vylúčený hlavne v jemnej tyčinkovej forme s malým podielom jemných lamiel.

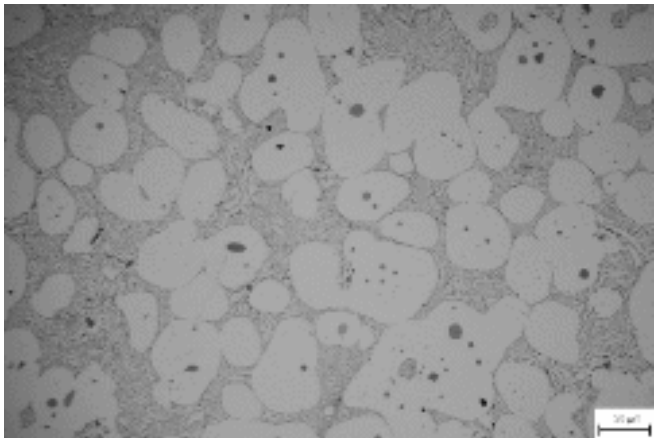
Na základe pozorovania štruktúr v jednotlivých štádiách premeny a odliatku možno usúdiť, že stupeň globulizá-



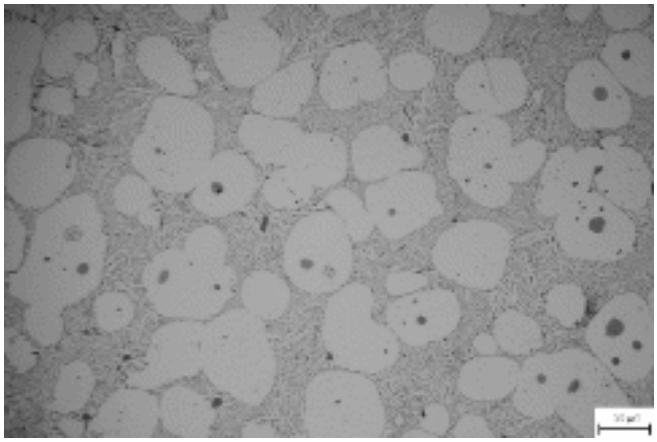
Obr. 9. Štruktúra po prvej transformácii v kanáloch s Φ = 90°, Ψ = 60°



Obr. 10. Štruktúra po druhej transformácii v kanáloch s Φ = 90°, Ψ = 60°



Obr. 11. Štruktúra po tretej transformácii v kanáloch s Φ = 90°, Ψ = 60°



Obr. 12. Štruktúra odliatku platne

cie je významný. Opätovný ohrev vsádzkového materiálu na teplotu polotuhého stavu bol spolu s udržiavaním na teplote 8 až 10 minút. Relatívne dlhý čas ohrevu materiálu vsádzky spôsobil nielen zhrubnutie štruktúry, ale pravdepodobne aj čiastočnú globuláciu [23–27]. Túto skutočnosť možno pozorovať uzatváraním taveniny v útvaroch fázy alfa, čo je typické pri spracovaní globulárnej štruktúry.

Záver

Článok sa zaoberal vplyvom viacnásobnej premeny materiálu v polotuhom stave pomocou šmykových napätí vyvolaných v uhlových kanáloch. Skúmaným materiálom bola zliatina AlSi7Mg0,3. Pozorovali sa účinky na počiatočnú morfológiu alfa fázy v dendritickej forme. Zo získaných výsledkov možno vyvodiť tieto závery:

- Použitie vtokového systému na princípe technológie ECAP umožňuje ovplyvnenie pôvodnej štruktúry pred vstupom do dutiny formy.

- Vyvolané šmykové napätia pri plnení dutiny formy spôsobujú fragmentáciu dendritov a čiastočnú globulizáciu útvarov alfa, ku ktorej dochádza pri prvej transformácii.

- Najvýraznejší vplyv sa prejavil v rovnomernejšom rozložení štruktúrnych zložiek. Keďže sa jedná o prvotnú štúdiu, v ďalšom skúmaní bude testovaný vplyv zmenšenia uhlov spojenia kanálov v prvej fáze pretvarovania. Okrem vplyvu na štruktúru a mechanické vlastnosti sa výskum zameria aj na hodnotenie tekutosti materiálu. Ďalším faktorom pre výskum je zmena parametrov procesu, napr. rýchlosť plnenia, teplota formy, aplikovaný tlak a ich vplyv na vlastnosti odliatkov.

Literatúra

[1] NATRAYAN, L., KUMAR, M. S.: Study on Squeeze Casting of Aluminum Matrix Composites—A Review. In book *Advanced Manufacturing and Materials Science*. 1st ed.; Publisher: Springer Nature, 2018, pp. 75–83.

[2] SRIVASTAVA, N., ANAS, M.: An investigative review of squeeze casting: processing effects &impact on properties. *Materials Today: Proceedings*, 2020, 26, 2, 1914–1920.

[3] FLEMINGS, M. C.: Behavior of metal alloys in the semisolid state. *Metall. Trans. B.* 1991, 22, 269–293.

[4] PAN, Q.Y., APELIAN, D., JORSTAD, J.: Semisolid Casting—Introduction and Fundamentals. *ASM Handbook*. 2008, 15, Casting, 761–763.

[5] CAGALA, M., BRUSKA, M., LICHÝ, P., BEŇO, J., ŠPIRUTOVÁ, N.: Influence of Aluminium-Alloy Remelting on the Structure and Mechanical Properties. *Materiali in Technologije*. 2013, 47, 2, 239–243.

[6] JIANG, H., ZHANG, L., ZHAO, B., SUN, M., HE, M.: Microstructure and Mechanical Properties of ZL205A Aluminum Alloy Produced by Squeeze Casting after Heat Treatment. *Metals*. 2022, 12(12), 2037.

[7] MOHAMMED, M. N., OMAR, M. Z., SALLEH, M. S., ALHAWARI, K. S., KAPRANOS P.: Semisolid Metal Processing Techniques for Nondendritic Feedstock Production. *The Scientific World Journal*. 2013, 752175.

[8] GUO, Y., WANG, Y., ZHAO, S.: Experimental Investigation and Optimization of the Semisolid Multicavity Squeeze Casting Process for Wrought Aluminum Alloy Scroll. *Materials*. 2020, 13(22), 5278.

[9] MEDŇANSKÝ, M., BRŮNA, M., MATEJKA, M.: Hodnotenie vplyvu technologických parametrov na mikroštrutúru vysokotlakových odliatkov. In: *Technológ*. 2023, vol. 15, 2, s. 36–41.

[10] KURIŠ, M., BOLIBRUCHOVÁ, D., MATEJKA, M., KANTORÍKOVÁ, E.: Effect of the precipitation hardening on the structure of AlSi7Mg0.3Cu0.5 alloy with addition of Zr and combination of Zr and Ti. *Archives of Foundry Engineering*. 2021, 21, 1, 95–100.

[11] GHOMASHCHI, M. R., VIKHROV, A.: Squeeze casting: An Overview. *Journal of Material Processing Technology*. 2000, 101, 1–3, 1–9.

[12] ZU-JIAN YANG, KAI-KUN WANG, YAN YANG: Optimization of ECAP–RAP process for preparing semisolid billet of 6061 aluminum alloy, *Int. J. Miner. Metall. Mater.* 2020, 27, 6, pp. 792–800.

[13] BAYSAL, E., KOÇAR, O., KOCAMAN, E., KÖKLÜ, U.: An Overview of Deformation Path Shapes on Equal Channel Angular Pressing. *Metals*, 2022, 12(11), 1800.

[14] VALIEV, R. Z., LANGDON, T. G.: Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement. *Progress in Materials Science*. 2006, 51, 881–981.

[15] KIM, H. S., HONG, S. I., SEO, M. H.: Effects of strain hardenability and strain-rate sensitivity on the plastic flow and deformation homogeneity during equal channel angular pressing. *Journal of Materials Research*. 2001,16, 3, 856–864.

[16] BERBON, P.B., FURUKAWA, M., HORITA, Z., NEMOTO, M., LANGDON, T.G.: Influence of Pressing Speed on Microstructural Development in Equal-Channel Angular Pressing *Metall. Mater. Trans. A*, 1999, 30, p. 1989.

[17] ATKINSON, H.V.: Modelling the semisolid processing of metallic alloys. *Progress in Materials Science*. 2005, 50, 3, 341-412.

[18] MOTEGI, T., TANABE, F., SUGIURA, E.: Continuous casting of Semi-solid Aluminum alloys. *Materials Science forum*, 2002, vol. 396–402, pp. 203–208.

[19] TAGHAVI, F., SAGHAFIAN, H., KHARRAZI, Y. H. K.: Study on the effect of prolonged mechanical vibration on the grain refinement and density of A356 aluminum alloy. *Materials and Design*, 2009, 30, pp. 1604–1611.

[20] VOGEL, A., CANTOR, B.: Stability of a spherical particle growing from a stirred melt. *Journal of Crystal Growth*. 1977, 37, 3, pp. s 309-316.

[21] Y. IWAHASHI, WANG, J., HORITA, Z., NEMOTO, M., LANGDON, T.G.: Principle of equal-channel angular pressing for the processing of ultra-fine grained materials. *Scripta Mater*, 1996, 35(2), pp. 143–146.

[22] JIANG, J.; YAN, J.; LIU, Y.; HU, G.; WANG, Y.; DING, C.; ZOU, D.: Numerical Simulation and Experimental Validation of Squeeze Casting of Al-Si9Mg Aluminum Alloy Component with a Large Size. *Materials*, 2022, 15, 4334.

[23] LUIS, C. J., LURI, R., LEÓN, J., PUERTAS, I., SALCEDO, D., PÉREZ, I.: Development of Nanostructured AA3103 by Equal Channel Angular Pressing and Thermal Treatments. *Journal of Nanomaterials*. 2014, 953717.

[24] LEE, J.H., KIM, H.S., WON, C.W., CANTOR, B.: Effect of the gap distance on the cooling behavior and the microstructure of indirect squeeze cast and gravity die cast 5083 wrought Al alloy. *Materials Science and Engineering: A*. 2002, 338, 182–190.

[25] GAO, W.J.; XING, S.M.; YAN, G.Y.; ZHAO, B.W.: Effect of oscillation frequency on microstructure of A356 slurry prepared by semi-solid metal forming with flow. *J. Mater. Process. Technol*. 2023, 311, 13.

[26] SCHWAM, D. et al.: Microstructure & Mechanical Properties of Squeeze cast & Permanent Mold Cast A356 Aluminium alloy-A comparative Study. In *Die Casting Engineer*. 2006, pp. 18–27.

[27] LIN, C., CHEN, H., ZENG, L., WU, S., FANG, X.: Microstructures and properties of v-modified a380 aluminum alloy produced by high pressure rheo-squeeze casting with compound field treatment. *Metals*. 2021, 11, 4, 587.

Aspekty dalšího vývoje slévárenství

Aspects of further development of the foundry industry

Prof. Dr. Eberhard Ambos
Otto-Guericke-Universität Magdeburg, Německo

Prof. Dr. Ulrich Gabbert
Otto-Guericke-Universität Magdeburg, Německo

Dr. Dan Dragulin
Hanomag Hannover, Německo

Prof. Dr. Christian Heikel
Hochschule Ostfalia Wolfenbüttel, Německo

Andreas Angermeier
Karl Zeiss Oberkochen, Německo

Dr. Peter Katuch
Karl Zeiss Oberkochen, Německo

Dr. Christian Wojtek
Karl Zeiss Oberkochen, Německo

Úvod

Německý automobilový průmysl s hrubou přidanou hodnotou přibližně 4,7 % průmyslu a cca 880 000 zaměstnanci je jedním z hlavních odběratelů odlitků, a má proto rozhodující vliv na budoucnost slévárenství. V roce 2021 bylo v silničních vozidlech z celkových 3,962 milionů t odlitků více než 800 000 t z hliníkových slitin; 76 % odlitků z neželezných slitin se použilo v konstrukci silničních vozidel.

Do čela prognóz o budoucím vývoji slévárenství proto patří úvaha o budoucnosti a vývoji výroby dopravních prostředků. Současný pohled na tento vývoj lze označit jako „zmatený“. Týká se to zejména pohonu vozidel:

Snahou EU je zákaz výroby vozidel se spalovacími motory po roce 2035. Otázkou ovšem je, jak se k tomu staví většina světa. Je obecně známo, že odbyt aut, pocházejících z produkce zemí EU, se neomezuje pouze na země EU a kromě toho vyrábí producenti EU ve velkém rozsahu vozidla i v jiných částech světa.

V současnosti se řeší mnoho dodavatelských řetězců s důrazem na zmenšování vzdáleností mezi subdodavateli a odběrateli.

Extrémní trendy, jako téměř protekcionistické návrhy USA na nové uspořádání dodavatelských vztahů, vyvolávají četnou kritiku a negativně do budoucna ovlivní dodavatelské vztahy.

Otevřeným problémem, a to rozhodně již ve stadiu zkoušek, je pohon vozidel pomocí vodíkové technologie.

Vývoj použití e-pohonů se s mimořádnou intenzitou provádí ve Švýcarsku. Tam se současně zpochybňuje efektivnost současných e-pohonů a žádá se dokonce zákaz používání e-mobilů v situacích, kdy je nedostatek elektrické energie.

Ve vývoji jsou také jiné směry, jako je použití ekologických paliv a také nové uspořádání vztahů mezi výrobci motorových vozidel, obchodníky a zákazníky.

Důležité tendence vývoje strojů a vozidel

Ve snaze o ochranu životního prostředí pokračuje, zejména u motorových vozidel, tlak na snižování hmotnosti a spotřeby energií. V rámci tohoto trendu probíhá přechod na e-pohon aut. Kromě toho ale existuje celá řada vývojových směrů, jejichž reálnost ještě musí být objektivně posouzena.

Ve snahách o zkrácení vzdáleností mezi výrobou a spotřebou je nutno, kromě současných dodavatelsko-odběratelských řetězců, vzít v úvahu i obchodně-politická a bezpečnostní hlediska.

Pro snížení výrobních a montážních nákladů stále více dochází k integraci více malých součástí do větších celků. Současně se také zkoumají a testují hranice tohoto trendu. Při posuzování tohoto problému mohou vznikat zcela různorodé potíže, související např. s přesunem velkých odlitých částí karoserie nebo celé karoserie na jiné výrobní místo, s čímž souvisí požadavek na speciální transportní prostředky, které zabrání poškození polo-

tovarů a tím nutnosti oprav.
Velkým přínosem k úspoře energetických nákladů je omezení použití primárních slitin hliníku. Se zvýšeným používáním sekundárních slitin jsou však spojeny vyšší požadavky na metalurgické zpracování taveniny.
Zajímavým příspěvkem při vývoji slitin je dosažení požadovaných vlastností v litém stavu bez nutného tepelného zpracování.
Rostoucí význam má možnost zalévání nebo přilévání funkčních elementů ze stejného nebo odlišného materiálu, např. zalévání nebo přilévání topných nebo chladicích trubek. Mnoho návrhů, výsledků vědeckých prací a praktických zkušeností se týká rovněž zalévání čidel do odlitků pro získání různých informací, např. informace o životnosti dílů, o řízení optimálních parametrů součástek atd.
Pro mnoho případů použití vysoce namáhaných odlitků má také velký význam rychlá dosažitelnost a připravenost náhradních součástek. V tomto směru existuje mnoho řešení, z nichž je nutno jmenovat zejména aditivní technologie, které umožňují problém řešit v extrémně krátkých časech. Jejich přednosti vynikají zejména v případech, kdy místo jejich výroby nebo zpracování je velmi vzdálené od místa používání, jako například ve stavitelství lodí.
Pomocí aditivních technologií je v současné době možno vyrobit součásti různých velikostí v krátké době bez nutnosti použití příslušných výrobních strojů a nástrojů.
Rovněž je nutno zdůraznit, že vzhledem k rostoucím požadavkům na kvalitu odlitých součástek a na jejich výrobní proces vznikají také nové požadavky na garanci jejich kvality. Tyto nové požadavky se musí zohledňovat jak ve vývoji měřicích zařízení, tak při jejich použití.

Příklady komplexního vývoje

Integrace několika součástek do jednoho velkého výrobku

Již po řadu let je ve strojírenství a v konstrukci automobilů zjevná tendence vyrábět větší součástky integrací z menších dílů s cílem snížit náklady na jejich výrobu a montáž. Pro jejich realizaci je nutná intenzivní inženýrsko-technická příprava, neboť vedle získaných výhod vznikají často i technologické problémy. K nim patří např. delší dráha tekutého kovu ve formách, změny tloušťek stěn uvnitř některých tenkostěnných oblastí apod. [1].
Vývoj nových integrálních součástek posuzovatelé při hodnocení vynikajících sléváren obzvláště oceňují. Tak mohly firma Albert Handtmann za nový integrální odlitek „nosič zadní osy“ a firma Alupress z Brixenu za odlitek „nosiče nástrojů“, který se původně vyráběl ze 16 jednotlivých součástek, získat cenu v evropské soutěži tlakových odlitků [2].
Výrobci vozidel a slévárny věnují zvláštní pozornost vývojovým produktům amerického vizionáře Elona Muska [3], jehož patenty jsou zaměřeny na výrobu kompletní karoserie osobních vozů jako jednoho dílu. Problémy a názory spojené s realizací takového giga-odlitku jsou nyní předmětem široké diskuze odborníků [4–8].
Autoři tohoto článku v odborné diskuzi s vývojáři karoserií pro špičkové vozy nejvýznamnějších automobilních producentů diskutovali o přednostech a limitech vývojových směrů navrhovaných Muskem [1]. Výstupem je kritické posouzení výhod a nevýhod zamýšleného směru. Rovněž je nutno poukázat na související zvláštnosti této investiční akce v podnicích.
O úspěšné cestě k vývoji velkého tlakového stroje („mega-zařízení“) pro výrobu dílů karoserií informují autoři z pohledu renomovaných výrobců tlakových licích strojů [5]. Ve firemních zprávách se hovoří o získání a přípravách k nasazení velkých tlakových licích strojů v podniku Handtmann v Biberachu a ve firmě Volvo Cars v Torsland ve Švédsku [6].
O odmítavých názorech mezi slévárenskými odborníky informuje článek [7]. Zatímco příznivci uvádějí výhody (jako malý počet konstrukčních dílů a úspora investic), skeptici poukazují na nepřehlédnutelné problémy, jako náročné temperování a chlazení velkých tlakových forem s hmotností až 200 t. Vyskytují se rovněž obavy, že při ukončení výroby modelu aut dojde ke znehodnocení drahých forem, které již nadále nebudou potřebné.
Zástupce jedné slévárny se vyjádřil k naznačeným problémům následovně [8]: „Vývoj je bezesporu technicky zajímavý. Konstrukční díly jsou ale velké, logisticky náročné a jejich výroba proto musí být v blízkosti zákazníků. Takovou závislost ale nechceme.“
Celkově je tedy vývoj karoserií osobních aut a jejich výroba s použitím tlakově litých komponent předmětem velkého zájmu výrobců zařízení, výrobců forem, sléváren tlakového lití a rovněž výrobců měřicích přístrojů

pro zajištění vysokých kvalitativních požadavků. Je tedy předmětem intenzivního výzkumu.

Hliníkové slitiny s dobrými slévárenskými a vynikajícími mechanickými vlastnostmi

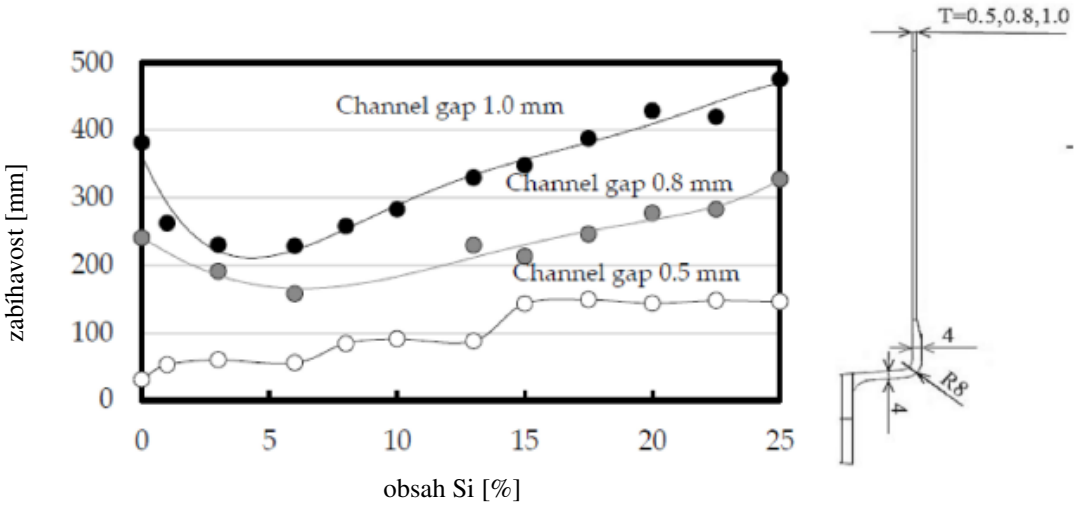
Hliníkové slitiny jsou preferovaným typem slitin pro stavební a dopravní stroje díky jejich nízké hustotě a středně dobrým mechanickým vlastnostem [9], [10]. Výroba primárního hliníku je však energeticky velmi nákladný proces. Proto mají stále rostoucí význam sekundární slitiny a s tím souvisí i zvyšující se požadavky na recyklaci hliníkových výrobků. Současně vznikají i přísnější nároky na metalurgické procesy, které musí slévárny splňovat. Těmi jsou zejména požadavky na chemické složení, které je nutno dodržet, a také požadavky na metalurgické zpracování kovu. Nutné je rovněž exaktní třídění recyklovaných součástí podle chemického složení. Metalurgické zpracování musí respektovat zvýšený obsah nekovových vměstků a obsahu plynů v sekundárních surovinách. Na trhu jsou k dispozici zařízení pro metalurgické zpracování tavenin např. od firem Foseco a firmy Tenova LOI Thermoprocess. Uvádí se také, že propal kovu je možné snížit pomocí nových dvoukomorových nebo recyklačních pecí [11]. Dosažení nejlepší kombinace vlastností (např. vysoká pevnost při vysoké tažnosti) předpokládá úzké rozmezí chemického složení (výzkumy Giesserei Institutu v Leobenu).

Zabíhavost hliníkových slitin je jednou vlastností, které je nutno věnovat velkou pozornost. Zabíhavost je ovlivněna zejména obsahem křemíku. S vysokým obsahem křemíku však lze očekávat pokles mechanických vlastností, zejména tažnosti. Tyto vlastnosti limitují použití odlitků, které je nutno někdy nahradit jinými produkty, např. plechy nebo profily [12]. „Cesta křemíku" je ovšem nejjednodušším způsobem dosažení požadované zabíhavosti. Použití jiných metod, jako odlévání v magnetickém poli, lití při velmi vysokých teplotách, lití za vibrací apod., je možné jen v individuálních případech.

Vliv křemíku na zabíhavost byl studován v rozsáhlých studiích. Na **obr. 1** je závislost zabíhavosti na obsahu křemíku v různě tlustých stěnách. Bylo rovněž zjištěno, že také rychlost plnění vede současně i ke zvýšení zabíhavosti [13].

Proto je nutné přizpůsobit technologické podmínky lití skutečným tloušťkám stěn, resp. reagovat na změny tlouštěk. Důležitým kritériem je rovněž teplota forem. Znalost vlivu technologických parametrů je důležitá zejména u odlitků pro karoserie osobních aut [1], [12].

V praxi se stále objevují informace o nových slitinách se zlepšenými vlastnostmi. Tak např. pro výrobu dveří aut se uvádí použití nové slitiny Trimal 37 od firmy Trimet Essen [14]. Tato slitina je typem slitin AlSiMn a označuje se jako AlSi9Mn. Obsah hořčíku je u této slitiny



Obr. 1. Vliv obsahu křemíku a tloušťky stěny odlitků na zabíhavost [13]

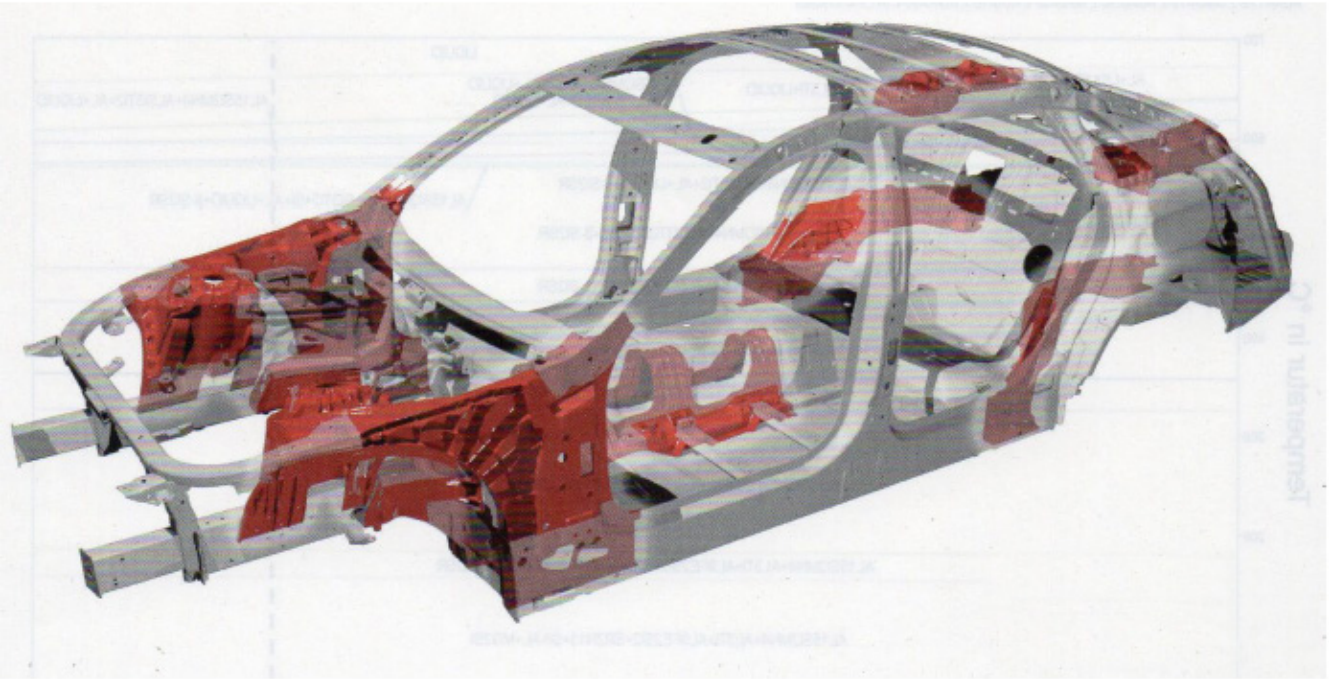
limitován hodnotou 0,01 % Mg. Odlitky se používají v litém stavu. Použití je vhodné zejména pro skříně baterií v elektromobilech.

V jiné publikaci [15] se uvádí použití optimalizované slitiny Aural 5 s obsahem 6–8 % Si, max. 0,25 % Fe, 0,3 % Cu, 0,2–0,6 % Mn a 0,1–0,6 % Mg. Mezi výhodami této slitiny autoři uvádí např. stejnoměrnou pevnost po žíhání po lakování a snížení nákladů. Slitina je vhodná zejména pro odlévání rozlehlých tlakových odlitků pro karoserie osobních aut (**obr. 2**). Některé součástky nemusí být vyrobeny z jediného materiálu, ale kombinací lehkých slitin s ocelovými nebo titanovými komponentami lze vyrábět hybridní díly podle lokálních požadavků na vlastnosti v různých částech výrobku.

Přilévání a zalévání funkčních elementů

Nové produkty pro strojírenství a stavbu strojů se stále častěji konstruují ze součástek, do jejichž struktury je integrována řada dalších funkcí. Takovými funkcemi mohou být např. integrované detektory, pomocí nichž je součástka permanentně monitorována. Tak je možné kontinuálně sledovat mechanické, tepelné nebo jiné namáhání, zavčas zjišťovat poškození nebo sledovat údaje o životnosti a jiná data. Tyto kontrolní funkce jsou důležité zejména u bezpečnostních prvků. Integrované funkční detektory lze rovněž využívat v oblasti recyklací při získávání drahých komponent ze součástek po skončení jejich životnosti pomocí integrovaných funkčních elementů. Součástky, které jsou charakterizovány vysokou komplexností materiálů, z nichž se skládají, mohou obsahovat silové nebo deformační spoje mezi komponentami, které mohou aktivně usnadňovat oddělování jednotlivých částí při recyklaci výrobků po ukončení jejich životnosti. Tato funkce může být vyvolána pomocí aktivních (smart, inteligentních) materiálů.

Smart materiály tvoří základ pro vývoj speciálních senzorů a aktorů, které jsou integrovány do struktury, a tvoří tak smart (chytrou) strukturu, která se může samostatně přizpůsobovat měnícím se podmínkám. Obor, který se zabývá vývojem a použitím aktivních strukturních konceptů, se označuje jako adaptronika. Velmi dobrý přehled o aktuálním stavu tohoto oboru najde čtenář v učebnici od M. Sinapiuse, vydané v roce 2021 [17]. Základem pro vývoj aktivních strukturních konceptů je soubor aktivních materiálů, které jsou charakteri-



Obr. 2. Příklad použití strukturních odlitků vyrobených ze slitiny Aural 5 [15]

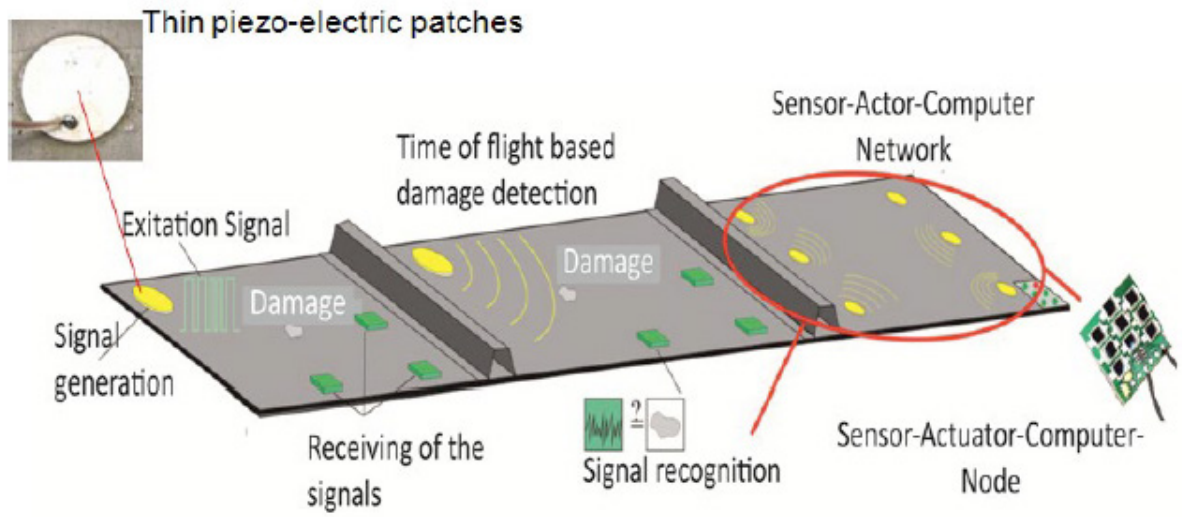
zovány proměnnými účinky různých fyzikálních polí. Příkladem takových materiálů jsou slitiny s tvarovou pamětí (spojení tepelných a mechanických polí), piezoelektrické materiály (spojení elektrických a mechanických polí), magnetostriktivní materiály (spojení magnetických a mechanických polí) atd. Piezokeramické moduly jsou vhodné zejména pro aktivní regulaci vysokofrekvenčních kmitajících struktur [18], a tím k aktivní redukci vyzařovaného hluku [19], [20] nebo ke kontrole struktur. Tato oblast se označuje jako „strukturní monitoring zdraví" (Structural Health Monitoring – SHM) [21], [22]. Pro použití SHM budou využity vlastnosti ultrazvukových vln, které při prostupu místy poruch, např. přes trhliny v materiálu, změní svůj vlnový mód. Zkoumané struktury budou ozařovány ultrazvukovými vlnami pomocí piezoelektrických čidel a přitom budou zjišťovány změny vlnové frekvence v závislosti na detekované vadě. Signály budou zaznamenávány a vyhodnoceny pomocí senzorů, které jsou zpravidla založeny také na piezoelektrickém principu. Změny zaznamenaných signálů poskytují vzhledem ke vstupním signálům informace o místě a velikosti existujících vad. Strukturní součástka bude opatřena sítí senzorů a aktorů, které analogicky k lidskému nervovému systému umožní kontrolu struktur (**obr. 3**).

Pomocí piezoelektrických snímačů, integrovaných do struktury je možno sledovat rovněž procesy stárnutí materiálů a takto získávat informace, které při dosažení kritických hodnot upozorňují na nutnost opravy nebo výměny součástky.

Alternativní metoda kontroly struktury spočívá v použití senzorů ze skelných vláken, které pomocí optického měření poskytují informace o lokálních deformacích. Čidla ze skelných vláken se mohou do tlakového odlitku zalévat v podobě Faser-Braggovy mřížky (FBG) a z jejich deformace určit velikost napětí v součástce. Čidla FBG je možné nasadit až do teplot kolem 1000 °C. To umožňuje určit lokální napětí jak při tuhnutí, tak během chladnutí a za provozního použití [23], [24]. FBG je možno použít také pro detekci vad [25].

Při integraci piezoelektrické senzor-aktor sítě (PZT) a Faser-Bragovy mřížky (FBG) pro sledování struktury hliníkových odlitků komplexních tvarů, vyráběných metodou tlakového lití, by senzory měly být umístěny do součástky již během výroby. Důležitým požadavkem při integraci PZT čidel je zvládnutí termo-mechanického namáhání během lití a ochlazování.

Speciální výzkumný program Transregio 39, podporovaný německou výzkumnou organizací Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), na téma „Výrobní technologie vhodné pro velkosériovou výrobu komponentů z lehkých slitin a komponentů na bázi vláknitých mate-



Obr. 3. Metodika ultrazvukového testování struktur pomocí ultrazvuku [22]

riálů s integrovanými piezo-senzory“ (PT-PIESA), který byl realizován v letech 2006–2018, měl významný přínos k integraci PZT do tlakově litých odlitků. Cíl PT-PIESA spočíval v použití piezoelektrických čidel a senzorů k aktivnímu snížení smršťovacího napětí v součástkách vyráběných metodou tlakového lití. Aby se zabránilo poškození senzorů, bylo v projektu PT-PIESA navrženo obalení měřicích modů speciální vysokoporézní strukturou (**obr. 4**) [26]. Řešení je blíže popsáno v literatuře [27], [28].

Překlad části článku „Aspekte der Weiterentwicklung des Giessens“. Giesserei-Rundschau, 2023, č. 2, s. 6–23, s laskavým svolením redakce časopisu Giesserei-Rundschau.

Překlad: doc. Ing. Jaromír Roučka, CSc.

Literatura

[1] AMBOS, E.; GABBERT, U.; DRAGULIN, D.; JUNG, B.: Der nächste Evolutionsschritt in der Druckgieß-technik, *GIESSEREI-RUNDSCHAU*, Wien, 69, 2022, 01, S. 6–16.

[2] KRETZMANN, J.: Ausgezeichnet und preisgekrönt: Die Sieger-Produkte, *GIESSEREI,* 109, 2022, 03, S. 15–21.

[3] STAHL, T.: Unzerstörbar und viel billiger: Tesla patentiert High-Tech-Material fürs E-Auto, ERFA-H-RER.com vom 30.07.2021.

[4] FEHLBIER, M.: Musk will maximale Effizienz und setzt daher bewusst auf Guss, *GIESSEREI,* 107, 2020, 07/08, S. 32–33.

[5] JORDI, N., LAGLER, M.: Druckgießen als Wegbereiter für die Karosserie von morgen, *GIESSEREI,* 109, 2022, 09, S. 60–64.

[6] Nachrichten der Firmen Handtmann/ Bühler, GIESSEREI 109(2022), 07, S. 26.

[7] KRETZMANN, J.: Eine Branche in Bewegung, *GIESSEREI* 109, 2022, 06, S. 24–25.

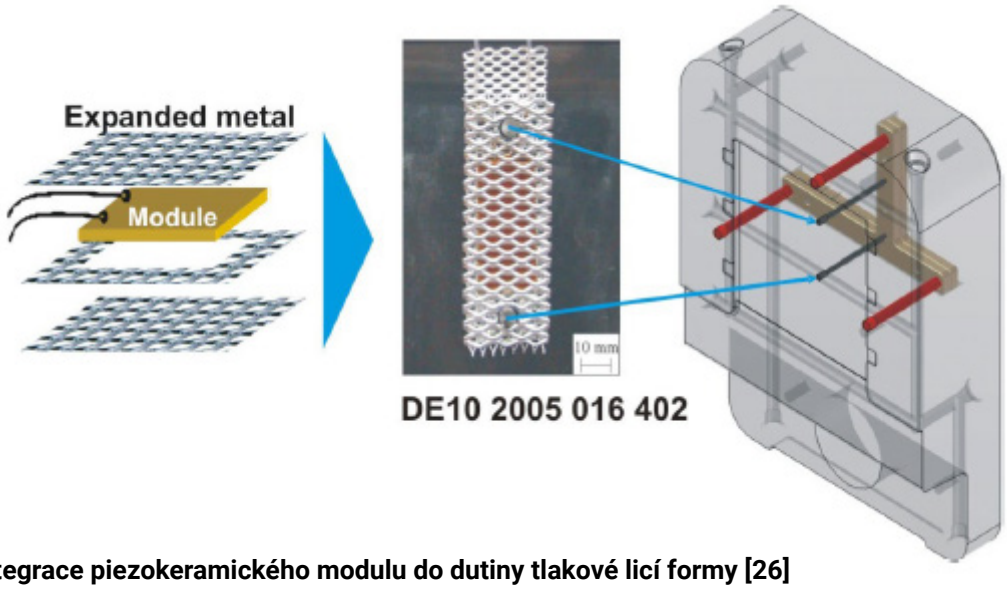
[8] Interview mit A. Sach: China hat Malus mit Geschäftsführer, 595° Solutions GmbH, *GIESSREI*, 109, 2022, 07, S. 16–17.

[9] AMBOS, E.; GABBERT, U.: Leichtbau im Automobilbau – eine komplexe Aufgabe für Konstrukteure, Technologen und Werkstoffspezialisten. GIESSEREI-RUNDSCHAU, Wien (2018)3, S. 18–26.

[10] AMBOS, E.; GABBERT, U.; HALLE, T. UND HEIKEL, C.: Quo vadis PKW. GIESSEREI-RUNDSCHAU, Wien 67(2020) 02, S. 6–18.

[11] THIE, HARTWIG; WUPPERMANN, C.: Reduzierter Metallabbrand im Zweikammer-Schmelz- und Recyclingofen*, GIESSEREI,* 109, 2022, 10, S. 54–57.

[12] KRAUSE, G.: Stahl und Aluminium im intelligenten Materialmix, *GIESSEREI*, 110, 2023, 01, S. 22–27.



Obr. 4. Integrace piezokeramického modulu do dutiny tlakové licí formy [26]

[13] TOSHIO HAGA, SHINJIRO IMAMURA AND HIROSHI FUSE: Fluidity Investigation of Pure Al and Al-Si Al-loys, *Materials*, 2021, 14, 5372, https://doi.org/10.3390/ma14185372.

[14] https://alumobility.com vom 29.11.2022.

[15] NIU, X., BEALS, R.: Optimierte Al-Legierung für die Automobilindustrie, *GIESSEREI,* 109, 2022, 10, S. 61–65.

[16] LIEPFERT, P., SCHINDELBACHER, G., SCHUMACHER, P.: Qualitätsbeurteilung von Fügezonen metallischer Hybridbauteile, *GIESSEREI*, 109, 2022, 09, S. 26–33.

[17] SINAPIUS, J.M.: Adaptronics – Smart Structures and Materials, Springer Vieweg; 1st ed. 2021, ISBN-10: 3662613980.

[18] PREUMONT, A.: Vibration Control of Active Structures, Kluwer Academic Publishers Dordrecht, 1997.

[19] KAJIKAWA, Y., GAN, W.-S., KUO, S.M.: Recent advances on active noise control: open issues and in-novative applications, SIP (2012), vol. 1, e3, pp. 1-21, doi:10.1017/ATSIP.2012.4.

[20] RĄCZKA, W., SIBIELAK, M. (Eds.): Active Noise and Vibration Control, 2016.

[21] BELAGEAS, D., FRITZEN, C.-P., GÜEMES, A. (Eds.): Structural Health Monitoring, ISTE Ltd. London, 2006, ISBN-13: 978-1-905209-01-9.

[22] LAMMERING, R., GABBERT, U., SINAPIUS, M., SCHUSTER, T., WIERACH, P. (Eds.): Lamb-Wave Based Structural Health Monitoring in Polymer Composites, Springer International Publishing, 2018,doi 10.1007/978-3-319-49715-0.

[23] HEILMEIER, F., KOOS, R.., HORNBERGER, P., HILLER, J., WERANECK, K., JAKOBI, M., KOCH, A. W., VOLK, W.: Calibration of cast-in fibre Bragg gratings for internal strain measurements in cast aluminium by using neutron diffraction, in Measurement, Volume 163, 15 October 2020, 107939,https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107939.

[24] BIAN, QIANG; BAUER, CONSTANTIN; STADLER, ANDREA; BUCHFELLNER, FABIAN; JAKOBI, MARTIN; VOLK, WOLF-RAM; KOCH, ALEXANDERW.; ROTHS, JOHANNES: Monitoring strain evolution and distribution during the casting processof AlSi9Cu3 alloy with optical fiber sensors, *Journal of Alloys and Com-pounds,* 2023, Volume: 935, 168146, doi:10.1016/j.jallcom.2022.168146.

[25] DU, Y., SUN, B., LI, J.: Optical Fiber Sensing and Structural Health Monitoring Technology, Springer 2019, https://doi.org/10.1007/978-981-13-2865-7.

[26] KLASSEN, A., RÜBNER, M., ILG, J., RUPITSCH, S.J., LERCH, R., SINGER, R.F., KÖRNER, C.: Influence of fabrication processon the functionality of piezoceramic patch transducers embedded inaluminumdie castings, *SmartMaterials and Structures*, 21:115014,2014, 11 pages.

[27] STEIN, S., WEDLER, J., RHEIN, S., SCHMIDT, M., KÖRNER, C., MICHAELIS, A., GEBHARDT, S.: A process chain for integrating piezoelectric transducers intoaluminum die castings to generate smart lightweight structures, *Results in Physics*, Vol. 7 (2017), pp. 2534–2539, https://doi.org/10.1016/j.rinp.2017.07.034.

[28] WINKLER, A., MODLER, N., DROSSEL, W.-G., MÄDER, T., KÖRNER, C.: High-volume production-compatible technologies for lightmetal and fiber composite-based components with integrated piezoceramic sensors and actuators, *Advanced Engineering Materials*, 2018,20, 1801001, 6 pages, doi: 10.1002/adem.201801001.

178. zasedání OK 04 Výroba oceli na ingoty a odlitky

Ing. Martin Balcar, Ph.D.
předseda OK04

Ve dnech 7. a 8. března 2024 se v Kopřivnici konalo 178. zasedání Odborné komise 04 při ČSS, z.s. V rámci dvoudenního programu jsme navštívili českou automobilku TATRA TRUCKS, která se řadí mezi nejstarší automobilky světa, a Muzeum nákladních automobilů Tatra Kopřivnice. Při návštěvě automobilky jsme se seznámili s provozem na moderní montážní lince nákladních vozů TATRA a nahlédli jsme do výroby odlitků a výkovků dceřiné společnosti TATRA METALURGIE a.s.

Odpolední technické jednání OK 04 probíhalo nedaleko Kopřivnice v hotelu Hukvaldy. Komise tradičně připravuje pro letošní rok již XXVI. celostátní konferenci Výroba a vlastnosti oceli na ingoty a odlitky a aktivně se také zapojíme do organizace 60. slévárenských dnů® v Brně.

178. zasedání bylo pro účastníky velmi atraktivní a za organizační podporu náleží poděkování české automobilce TATRA TRUCKS a dlouholetému členu naší odborné komise Ing. Petru Palánovi ze společnosti TATRA METALURGIE a.s. Děkujeme a přejeme mnoho úspěchů v další práci při výrobě vozidel pod značkou TATRA.

OK 04 v Muzeu nákladních automobilů Tatra Kopřivnice

Návštěva OK 04 ve společnosti TATRA TRUCKS

OK 04 v Muzeu nákladních automobilů Tatra Kopřivnice

Jednání OK 04 v hotelu Hukvaldy

Zpráva z jarního zasedání OK06 pro lití pod tlakem při ČSS

Ing. Václav Krňávek
předseda OK06

Každoročně v tomto jarním období organizujeme zasedání OK06 pro lití pod tlakem. Tentokrát proběhlo toto zasedání v Hotelu Mědínek v Kutné Hoře 19. a 20. března. Jako nosné téma jsme zvolili Sběr a analýzu dat. Jde o hodně diskutované téma nejen ve slévárnách využívajících technologii tlakového lití. Kutnou Horu jsme pro zasedání zvolili z důvodu krásného, historického prostředí, a hlavně pro dobrou dojezdovou vzdálenost do slévárny Kovolis Hedvikov, kde se na závěr zasedání uskutečnila exkurze slévárny. Tímto jsme navázali na již dříve vyzkoušenou a slévači kladně hodnocenou organizaci zasedání.

O zasedání byl velký zájem jak z řad slévačů, tak také z řad dodavatelských firem. Vzhledem ke kapacitám hotelu jsme museli 14 dnů před konáním akce uzavřít přihlášky. I tak se zasedání zúčastnilo 120 účastníků. Velký zájem byl také o možnost prezentace dodavatelských firem prostřednictvím reklamních stolků. Tuto možnost využilo již 10 firem.

Zasedání bylo zahájeno v předvečer 19. března zajímavou, komentovanou prohlídkou Chrámu svaté Barbory. Prohlídky se zúčastnilo více než 50 účastníků. Po této kulturní akci byl zahájen společenský večer v hotelu Mědínek. Zde si všichni zúčastnění vyměnili mnoho zkušeností a prodiskutovali problémy, které přináší dnešní výroba odlitků.

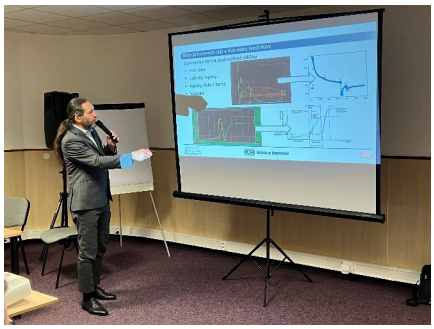
Druhý den, 20. března, byla zahájena samotná konference. Účastníci byli seznámeni s připravovanými akcemi a byli vyzváni k členství v ČSS, aktivní účasti na workshopech a také na připravovaném jarním zasedání, které se uskuteční v dubnu příštího roku a bude zaměřeno na dokončovací operace tlakových odlitků. V úvodním slově byla také zmíněna připravovaná užší spolupráce naší OK06 s OK07 po neželezné kovy. Nová předsedkyně OK07 Ing. Barbora Bryksí Stunová, Ph.D., krátce představila program a pozvala přítomné na jejich nejbližší zasedání.

První přednáškou bylo vystoupení předsedy představenstva Kovolisu Hedvikov, a.s., Ing. Pavlase, který představil firmu a pozval zúčastněné na odpolední exkurzi do jejich slévárny. Dále následovaly přednášky zabývající se sběrem technických a technologických dat a jejich následného využití při řízení sléváren. Po ukončení přednáškového bloku se účastníci přemístili do prostor firmy Kovolis Hedvikov, a.s., kde proběhla již výše zmiňovaná exkurze slévárny.

Chtěl bych touto cestou poděkovat managmentu Kovolisu Hedvikov, a.s,. za umožnění velmi zajímavé a pro mnoho účastníků podnětné návštěvy slévárny.

Exkurze v předvečer zasedání v Chrámu sv. Barbory v Kutné Hoře

Účastníci jarního zasedání OK06 v konferenčním sále hotelu Mědínek



Přednáška Ing. Vlastimila Bryksího ze společnosti Kovolis Hedvikov, a.s., na téma Optimalizace procesu na základě analýzy dat

71. zasedání Odborné komise ekonomické

Hana Jelínková
vedení OK14

Datum a místo konání: 20.–21.03.2024 ve firmě Destro Kladno s.r.o., a hotelu Hejtmanský dvůr ve Slaném.

Exkurze: Jednání předcházela jako již tradičně zajímavá exkurze. Sešli jsme se uprostřed firmy, doslova na „haldě“, kde nás přivítal jednatel společnosti Zbyněk Karas. Seznámil nás s náplní a procesem výroby. Jedná se o zpracování oceláren-ských, slévárenských a stavebních odpadů. Množstevně se zpracuje nejvíce strusky, a to na kamenivo, betony, betonové bloky a také na surovinu pro výrobu cementu. Mezi ostatní materiály patří také např žá-ruvzdorné vyzdívky a použité slévá-renské písky.

Setkání účastníků OK ekonomické pokračovalo v Hotelu Hejtmanský dvůr ve Slaném, kde jsme měli od hostitelské firmy připraveno milé prostředí. Celé zasedání se konalo pod patronací společnosti Destro Kladno, jednatele společnosti Zbyň-ka Karase.

Jednání OK ekonomické:

1) Odpolední jednání bylo zahájeno doplněnou diskuzí v návaznosti na dopolední exkurzi.
2) Následovala přednáška Mgr. Pavla Sobíška, hlavního ekono-ma Finanční divize UniCredit Bank Czech Republic and Slo-vakia, a.s., s názvem: „Česká ekonomika v roce 2024 – Příběh o dvou dějstvích“.
3) Ing. Martina Závrbská představi-la problematiku v další přednáš-ce: „Udržitelnost odpadového hospodářství a ESG – Mechani-smus uhlíkového vyrovnání na hranicích“.
4) Ing. Jan Kocian nás seznámil s výsledky ankety o výkonnosti, investiční činnosti a zaměstna-nosti sléváren v letech 2021–2024.
5) S další přednáškou pak pokra-čovali Ing. Jan Kocian, ředitel UXA spol. s r. o. a Dr. Ing. Marko Grzinčič, jednatel DETYCON So-lutions s.r.o., pod názvem „Proč nám (z)mizí zakázky, aniž by nám to řekli?“ Příčiny nepružné poptávky po našich produktech a její krátkodobé a dlouhodobé řešení.
6) Na závěr programu proběhla „Moderovaná diskuze účastníků na probírané téma“.
7) Následující, 72. zasedání OKE při ČSS proběhne ve dnech 18.–19.06.2024 pod patronací ZLH Plus, a.s. Hronec, Slovensko.

Na závěr zasedání jsme srdečně poděkovali hostitelské organizaci, panu Zbyňku Karasovi, za skvělou přípravu, prohlídky výrobních prostor a vstřícné pojetí celého zasedání.

Účastníci zasedání OK ekonomické na exkurzi v prostorách hostitelské organizace Destro Kladno

VÝZVA K AKTIVNÍ ÚČASTI

60. slévárenské dny®

Brno, hotel Avanti | 12.–13.11.2024

VÝZVA K AKTIVNÍ ÚČASTI

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

KONTAKT

Odborný garant 60. 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

Odborné komise při České slévárenské společnosti, z. s.

01 | OK pro formovací materiály

Předseda	**Ing. Jiří Pazderka** +420 607 133 664 pazderka@keramost.cz
Zaměření komise, hlavní předmět činnosti, cíle	Odborné přednášky ohledně problematiky formovacích směsí, jádrových směsí, strojních zařízení na přípravu obou. Další témata, která se problematiky „pískařů" dotýkají. Výměna zkušeností. Představení používaných technologií a systémů řízení.
Frekvence zasedání	Dvakrát ročně – jaro, podzim
Poznámky	Setkání odborných pracovníků z České i Slovenské republiky, ze sléváren, vysokých škol i dodavatelů, sdílná a tvůrčí atmosféra. Exkurze do sléváren a výrobních provozoven.
LinkedIn	@KOFOLA – Odborná komise pro formovací materiály při České slévárenské společnosti

03 | OK pro litinu s kuličkovým grafitem

Předseda	**doc. Ing. Antonín Mores, CSc.** +420 602 658 082 antonin.mores@seznam.cz
Zaměření komise, hlavní předmět činnosti, cíle	Členy komise jsou metalurgové, technologové, pracovníci z oblasti řízení kvality a další techničtí pracovníci. V ČR je v současnosti 45 sléváren, které vyrábějí odlitky z litiny s kuličkovým grafitem současně s odlitky z litiny s lupínkovým grafitem, z toho 8 sléváren se současnou výrobou s ocelovými odlitky. Členy komise jsou rovněž pracovníci z vysokých škol, aktivními členy jsou zástupci společností, které dodávají vsázkové suroviny, předslitiny pro modifikaci kovu a očkovadla. Do odborné činnosti patří i řešení vlastní technologie výroby odlitků, nálitkování a způsoby odstraňování nálitků, využití tekutého kovu a také jednotné formovací směsi. V komisi se řeší také opravy odlitků svařováním. V oblasti kontroly odlitků je řešena kontrola procesu tuhnutí a prověrka tvaru grafitu v průběhu výroby. Na zasedáních komise mají příspěvky i zahraniční odborníci.
Frekvence zasedání	1–2× ročně, navíc průběžně řešíme rychlé rozšiřování modifikace metodou plněného profilu (v současnosti v ČR 21 sléváren).
Další aktivity	Členové komise již více než 10 let vedou sekci „Metalurgie litin" na Slévárenských dnech pořádaných Českou slévárenskou společností a sdělují ve svých příspěvcích nové poznatky z oboru.
Poznámky	Na jednání odborné komise zveme nejen členy, ale také další odborné pracovníky. Častými návštěvníky, i aktivními, jsou studenti a doktorandi z našeho oboru.

04 | OK výroba oceli na ingoty a odlitky

Předseda	**Ing. Martin Balcar, Ph.D.** +420 725 813 193 martin.balcar@zdas.cz
Zaměření komise, hlavní předmět činnosti, cíle	Komise sdružuje vedoucí a řídící pracovníky, technology a specialisty výrobních podniků oboru výroby oceli a litiny. Aktivními členy jsou rovněž akademičtí pracovníci, studenti vysokých škol a pracovníci předních národních výzkumných a vývojových center. Předmětem činnosti je rozvoj spolupráce, sdílení odborných znalostí a vytváření profesních vazeb mezi praktiky, akademiky a výzkumnými pracovníky oboru výroby oceli a litiny. Do odborné činnosti komise jsou zapojeni zástupci souvisejících oborů výroby a dodávek surovin pro ocelárny a slévárny, ekologie a zpracování hutních odpadů a dalších navazujících odvětví. Cílem činnosti je společná snaha o neustálý rozvoj oboru po teoretické i praktické stránce, sledování moderních světových trendů v technologii a technice výroby a zpracování železných slitin a podpora jejich aplikace v českých ocelárnách a slévárnách.
Frekvence zasedání	4× ročně
Další aktivity	• Sudé kalendářní roky: pořádání konference Výroba a vlastnosti oceli na ingoty a odlitky • Liché kalendářní roky: pořádání Celostátního školení tavičů a mistrů oboru elektrooceli a litiny s kuličkovým grafitem • Exkurze do výrobních závodů
Poznámky	Členství v odborné komisi je závazek podpory a společného úsilí o rozvoj činnosti všech aktivních členů.

05 | OK technologická

Předseda	**Ing. Vladimír Krutiš, Ph.D.** +420 721 271 564 krutis@fme.vutbr.cz
Zaměření komise, hlavní předmět činnosti, cíle	Komise je zaměřená na technologii gravitačního odlévání ocelí a litin do pískových forem. Hlavním předmětem činnosti komise jsou technologické aspekty výroby odlitků od technologičnosti konstrukce odlitků, tvorby postupových výkresů, numerické simulace vtokových a nálitkových soustav až po vyhodnocení kvality odlitků včetně analýzy vzniku vad a možnosti jejich oprav a prevence. Hlavním cílem Odborné komise je setkávání pracovníků TPV a prohlubování znalostí v oblasti výrobní technologie odlévání ocelových a litinových odlitků.
Frekvence zasedání	1–2× ročně
Další aktivity	• Odborné přednášky při každém zasedání • Seminář proudění taveniny a návrhu vtokových soustav • Seminář filtrace kovu • Seminář tuhnutí a návrhu nálitkových soustav • Exkurze do jednotlivých sléváren s pevně stanoveným tématem zasedání • Diskuze nad vadami odlitků
Poznámky	Zveme všechny zájemce nejen z řad vedoucích TPV a technologů, ale rovněž pískaře a metalurgy a každého, koho zajímá proudění taveniny, tuhnutí, chladnutí odlitků a vliv zvolené technologie na kvalitu odlitků.

06 | OK pro lití pod tlakem

Předseda	**Ing. Václav Krňávek** +420 739 385 143 vaclav.krnavek@innomotics.cz
Zaměření komise, hlavní předmět činnosti, cíle	Hlavním cílem odborné komise je neustálý rozvoj v oboru slévárenství zaměřený na technologii lití pod tlakem odlitků z neželezných kovů. Sdružuje ve svém kolektivu majitele, manažery, technology sléváren, pracovníky vysokých škol a také odborné pracovníky dodavatelských firem. Pečlivě vybrané informace jsou sdělovány nejen našim členům, ale také všem pracovníkům sléváren, kteří o tyto informace projeví zájem prostřednictvím pravidelně organizovaných zasedání, školení a workshopů. Nově OK zajišťuje podskupinu řešící problematiku nízkotlakého lití zaměřenou na rozvoj oboru slévárenství ve slévárnách používajících tuto technologii výroby odlitků z neželezných kovů. OK také spravuje své webové stránky https://www.podtlakem.cz/, kde sdílí aktuální informace a zkušenosti plynoucí z obou technologií. OK je řízena předsedou a organizačním týmem.
Frekvence zasedání	OK pravidelně pořádá každoročně dvoudenní zasedání cílené na manažery a ostatní pracovníky sléváren. Jednou až dvakrát ročně pořádá odborný jednodenní seminář zaměřený na řešení konkrétních technických problémů ve slévárnách tlakového lití AlSi odlitků.
Další aktivity	Součástí jarních zasedání bývají exkurze do sléváren vyrábějících hliníkové odlitky technologií lití pod tlakem, dále jsou organizovány návštěvy kulturních památek.
Poznámky	Členové OK06 mají možnost spoluorganizovat činnost OK.

06 | OK pro lití pod tlakem – podskupina pro nízkotlaké lití

Předseda	**Ing. Milan Luňák, Ph.D., MBA.** +420 736 654 195 lunak@topalulit.com
Zaměření komise, hlavní předmět činnosti, cíle	Podskupina pro nízkotlaké lití má za cíl shromažďovat, sdílet a transferovat informace z oblasti nízkotlakého lití a zajistit přímou komunikaci odborníků z této specifické oblasti slévárenství.
Frekvence zasedání	1× ročně
Další aktivity	Workshop NTL + další akce budou průběžně uveřejňovány na webových stránkách.
Poznámky	Naše podskupina je v činnosti prozatím krátce, ale věříme, že si v budoucnu získá tradici a uznání. Zástupci sléváren, studenti, dodavatelé a slévárenští nadšenci… neváhejte se připojit a zúčastnit se našeho setkání nebo nás kontaktovat.
WWW	https://www.podtlakem.cz/podskupina-nizkotlake-liti/

07 | OK pro neželezné kovy

Předseda	**Ing. Bc. Barbora Bryksí Stunová, Ph.D.** +420 776 217 047 barbora.stunova@fs.cvut.cz
Zaměření komise, hlavní předmět činnosti, cíle	Metalurgie a další aspekty výroby odlitků ze slitin neželezných kovů. Setkávání pracovníků sléváren vyrábějících odlitky ze slitin neželezných kovů a dalších odborníků z univerzit a dodavatelských firem. Podpora sléváren, informační servis a transfer znalostí. Školení.
Frekvence zasedání	Každý sudý kalendářní rok na jaře pořádáme zasedání odborné komise.
Další aktivity	Každý lichý kalendářní rok v březnu pořádáme Holečkovu konferenci. Školení v oblasti metalurgie a tepelného zpracování, která více či méně pravidelně pořádáme pro různé cílové skupiny.
Poznámky	Informace o komisi a o akcích, které pořádá, jsou na webových stránkách www.ok07.cz.

10 | OK pro životní prostředí

Předseda	**Ing. Vladimír Bláha** +420 606 069 930 blaha@empla.cz
Zaměření komise, hlavní předmět činnosti, cíle	Problematika změn v požadavcích legislativy pro podniky v oblasti slévárenství z oblasti životního prostředí a obecně ekologie. Cílem je poukázat na probíhající a plánované změny
Frekvence zasedání	Elektronicky průběžně dle zájmu členů, jinak 1× za rok po semináři osobně.
Další aktivity	Ekologie a slévárenství v Hradci Králové, v květnu; účast zástupce komise s přednáškou na Slévárenských dnech® v Brně
Poznámky	Oblast ochrany zdraví a životního prostředí je velmi dynamická a často se mění. Vyžaduje opravdu celoživotní vzdělávání a aktivní zájem. Je zřejmé, že ochrana životního prostředí získává dekarbonizací nový význam, což bude velmi důležité i pro slévárny jako energeticky náročné provozy. Slévačská základna stárne, tak velmi rádi přivítáme nové členy naší komise.

11 | OK pro přesné lití

Předseda	**Ing. Boris Láník** +420 516 428 486 boris.lanik@lanik.eu **Ing. Ladislav Tomek** +420 604 221 200 ladislav.tomek@lanik.eu
Zaměření komise, hlavní předmět činnosti, cíle	Komise sdružuje vedoucí pracovníky a technology sléváren, zástupce dodavatelů, akademické pracovníky univerzit a výzkumných organizací i další odborníky oboru lití na vytavitelný model. Předmětem činnosti je prohlubování znalostí a dovedností, rozvoj spolupráce výše uvedených subjektů a vytváření profesních i lidských vazeb mezi jednotlivými členy komise. Cílem činnosti je společná snaha o neustálý rozvoj oboru po teoretické i praktické stránce, sledování moderních evropských i světových trendů a rozvoj spolupráce se zahraničními organizacemi uvedeného oboru lití na vytavitelný model (EICF a ICI).
Frekvence zasedání	2× ročně – jaro a podzim
Další aktivity	Záměrem vedení komise je minimálně 1–2× ročně uspořádat zasedání s odborným seminářem na vybrané technické téma. Výběr témat je založen na diskuzi a dle zájmu členů komise.
Poznámky	Vedení nově založené komise uvítá zájemce o členství v komisi a aktivní účast nových členů.

14 | OK ekonomická

Předseda	**Ing. Jan Kocian** +420 777 182 212 kocian@uxa.cz **Hana Jelínková** +420 777 122 687 hana.jelinkova@metos.cz
Zaměření komise, hlavní předmět činnosti, cíle	Propojujeme top managementy a ekonomická oddělení napříč slévárnami za účelem sdílení informací o slévárenském trhu, řízení firem a ekonomickém rozvoji sléváren. Cílem je poskytovat odborné informace potřebné pro řízení a konkurenceschopnost firem.
Frekvence zasedání	3× ročně
Další aktivity	Odborné články do Slévárenských listů a Slévárenství. Příprava přednášek pro Slévárenské dny.
Poznámky	Zasedání ekonomické komise jsou otevřená členům i nečlenům ČSS a jsou téměř vždy zdarma. Pro majitele firem, obchodní a ekonomické ředitele, HR manažery, nákupčí.
www	https://www.okeko.cz/

V případě zájmu o členství a aktivní činnost v ČSS klikněte na: https://ceskaslevarenska.cz/prihlaska/
Těšíme se na spolupráci!

Z činnosti ČSS

OK07

Odborná komise pro neželezné kovy

vás srdečně zve na své zasedání se zaměřením na **slitiny hliníku, jejich tavení, metalurgické zpracování a termickou analýzu**

pod záštitou společností MAMMUT-WETRO a ŠEBESTA-služby slévárnám s.r.o.,

které se bude konat 17.–18.04.2024 v německém Puschwitzu

Součástí zasedání je i prohlídka výroby kelímků ve společnosti MAMMUT-WETRO a školení na téma zásady práce s kelímky a prodloužení životnosti tavicích kelímků.

Program, bližší informace a přihlášky na
https://www.ok07.cz/akce/zasedani-ok07-na-tema-slitiny-hliniku/

Odborná komise 06 pro lití pod tlakem, podskupina nízkotlakého lití

vás srdečně zve na

3. workshop nízkotlakařů,

který se bude konat 16.05.2024

v kongresovém centru hotelu Tři Věžičky u Jihlavy

https://www.podtlakem.cz/podskupina-nizkotlake-liti/

Otázky členství – odpovědi na náměty z č. 4/2023

Během Slévárenských dnů® 2023 jsme oslovili několik členů České slévárenské společnosti, z.s., a položili jim otázky týkající se jejich členství (Slévárenské listy 4/2023, s. 38–40). Na jejich náměty odpovídají níže členové výkonného výboru ČSS.

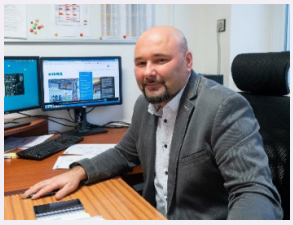
Ing. Miroslav Chmiel
ředitel slévárny
KOVOSVIT MAS
Foundry, a.s.

Měl byste nějaké tipy na vylepšení činnosti ČSS?

Činnost ČSS je v odborných kruzích hodnocena jako výjimečná. Přesto bych viděl prostor ke zlepšení v oblasti hájení zájmů sléváren ve vztahu ke státní a veřejné správě – životní prostředí, energetika, pracovní a pracovně právní prostředí, tlak na udržení konkurenceschopnosti sektoru.

Odpovídá:

Hájení zájmů ve státní a veřejné správě je úkolem a posláním odvětvových svazů, které jsou součástí struktury Svazu průmyslu a dopravy ČR. Poslání ČSS, z.s., je definováno ve stanovách v článku 2 „Účel spolku" a v rámci stanovami definovaných oblastí činnosti a cílů spolku není účel hájení zájmů odvětví ve státní a veřejné správě deklarován. ČSS, z.s., může zvážit změnu stanov a navrhnout deklaraci hájení zájmů našeho odvětví ve spolupráci s odvětvovými svazy, které jsou v Radě členů Svazu průmyslu a dopravy České republiky. Naše snaha v rámci posledních společných jednání se zástupci Svazu sléváren byla směřována k přijetí ČSS, z.s., za čestného člena Svazu sléváren, tak aby se mohla ČSS, z.s., aktivně spolupodílet na strategii a v rámci účasti našich představitelů na pravidelných svazových jednáních prezentovala zájmy našeho odvětví. Tyto naše představy a snahy však nebyly ze strany Svazu sléváren vyslyšeny a další společná jednání nejsou aktuálně plánována. Osobně však nevidím poslání a fungování ČSS, z.s., ve sféře přímého politického vlivu a považuji stávající rozsah činností za adekvátní finančním a personálním zdrojům.



Ing. Martin Balcar, Ph.D.
2. místopředseda
České slévárenské
společnosti, z. s.

Ing. Barbora Ostrézí
realizační technoložka
SAND TEAM, spol. s r.o.

Měla bys nějaké tipy na vylepšení činnosti ČSS?

Ještě více se zapojit na sociálních sítích, jako je Facebook, kde se mohou přidávat aktivity a novinky ČSS. Nalákat tak nové členy a zasvětit mladé lidi do tajů slévárenství.

Odpovídá:

Před třemi lety jsme České slévárenské společnosti založili profil na profesní síti LinkedIn, kde zveřejňujeme novinky z činnosti ČSS, program nadcházejících akcí a stručné zprávy z již proběhlých událostí. Založení profilu na síti Facebook se nebráníme, vytížení aktivních a angažujících se členů ČSS jim bohužel již další takovou aktivitu neumožňuje – uvítali bychom proto, pokud by se někdo, v případě Facebooku nejlépe z mladší generace členů společnosti, tohoto úkolu zhostil.

Ing. Bc. Barbora Bryksí Stunová, Ph.D.
členka předsednictva výkonného výboru ČSS

Ing. René Malysz
oddělení výzkumu
Slévárny Třinec, a.s.

Měl byste nějaké tipy na vylepšení činnosti ČSS?

Dle mého názoru činnost ČSS je na vysoké úrovni, ale doporučil bych, aby Slévárenské listy, které ČSS vydává, byly zasílány všem členům ČSS.
Aktivně nabídnout slévárnám možnost proškolení nových technologií středního managementu sléváren a případně i vrcholového managementu o světových trendech ve slévárenství.

Odpovídá:

Ing. Vladimír Krutiš, Ph.D.
1. místopředseda
České slévárenské
společnosti, z. s.

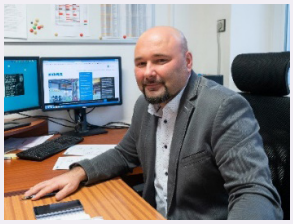
Možnost zasílání pdf souboru s aktuálně vydanými čísly Slévárenských listů® e-mailem všem členům ČSS jsme sice zvažovali, ovšem vzhledem ke ztrátě kvality kvůli zmenšení pdf souboru jsme od této myšlenky upustili. Nicméně informace o vydání každého čísla našeho elektronického periodika je vždy po zveřejnění časopisu na stránkách ČSS zasílána e-mailem všem členům ČSS, a to včetně odkazu k jeho stažení. Na profesní sociální síti LinkedIn je rovněž vždy zveřejněn stručný příspěvek o vydání nového čísla, takže všichni naši sledující jsou průběžně informováni.
Školení středního, případně vrcholového managementu ohledně světových trendů nepřipravujeme. Tento úkol necháváme na bedrech naší zastřešující organizace WFO (World Foundry Organization), která pořádá světové kongresy a technická fóra, na nichž jsou tyto trendy prezentovány a diskutovány. Každý z členů se těchto akcí může aktivně účastnit. Na lokální úrovni je naší snahou zvát na Slévárenské dny® (SD) osobnosti, které mají k těmto trendům co říci. Zveme tedy management našich firem k účasti na SD, a to minimálně na plenární sekci, kde je prezentována řada zajímavých informací ze světového dění v našem oboru.

Ing. Nicole Kyncl, Ph.D.
CFO / ekonomka
společnosti Komerční
slévárna Turnov, s.r.o.

Měla bys nějaké tipy na vylepšení činnosti ČSS?

Nenapadá mne nic zásadního. Možná by bylo dobré propojit činnost se Svazem sléváren ČR, aby obě organizace více spolupracovaly.

Odpovídá:



Ing. Martin Balcar, Ph.D.
2. místopředseda
České slévárenské
společnosti, z. s.

Rozsah možného propojení činnosti ČSS, z.s. se Svazem sléváren ČR je přirozeně dán podstatou jednotlivých organizací. Skutečnost, že stanovy ČSS, z.s., nedeklarují účel spolku, který by byl v některém ze svých bodů blízký nebo společný s posláním Svazu sléváren, umožňuje spolupráci jen ve velmi omezené míře. V rámci společných jednání se Svazem sléváren ČR přesto bylo naší snahou propojit obě organizace a jejich činnosti alespoň na úrovni zastupování slévačů České republiky ve WFO (The World Foundry Organization). Svaz sléváren k návrhu společného působení ve WFO, k naší lítosti, však nepřistoupil aktivně a zastupování českého slévárenství ve Světové slévárenské organizaci tak zůstává zájmem a otázkou prestiže pouze pro naši společnost. I přes zmíněný neúspěch v hledání oblastí společného zájmu a možné spolupráce zůstáváme otevřeni všem tématům dalšího rozvoje a podpory českého slévárenství v součinnosti se Slévárenskou společností ČR.

Ohlédnutí za veletrhem EUROGUSS 2024 s mottem Casting Your Future

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

I letos v lednu jsme s kolegy ze slévárny TOP Alulit s.r.o. nemohli opomenout návštěvu významného mezinárodního slévárenského veletrhu. Ano, řeč je o akci, která se pořádá každé dva roky na norimberském výstavišti. Tento poslední ročník byla pomyslná laťka představující počet vystavovatelů i návštěvníků posunuta opět o trochu výše. Během třídenní události dorazilo na německé výstaviště více než 14 tisíc návštěvníků a bezesporu bylo co obdivovat. Vystavovatelé přijeli z 33 zemí světa a bylo jich úctyhodných 643.

Jako v minulých ročnících byly hlavní náplní výstavních expozic vystavovatelů odlitky z hliníkových slitin. V této souvislosti si dovolím parafrázovat známou českou „hlášku" – Hliník se přestěhoval z Humpolce do Norimberku. Na tyto 3 dny konání veletrhu rozhodně ano.

Nepřehlédnutelná a všude přítomná byla opět hesla *udržitelnost, recyklace a zelená výroba*. Stejně jako v minulém ročníku nejpřitaž-

Expozice poukazující na recyklovatelnost a udržitelnost

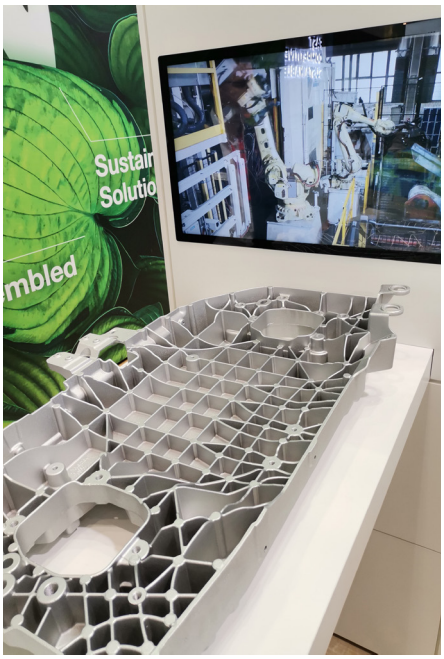
Jedna z mnoha všudypřítomných ukázek strukturálních odlitků pro automotive

Rovněž velmi často zastoupený odlitek – skříň pro baterii do elektromobilu

Al odlitků v elektromobilu je opravdu hodně

livější expozice jasně dokladovaly, že prim ve výrobě odlitků z Al slitin hraje vysokotlaké lití. I když letos více než kdy předtím prosvítaly střípky poutavých Mg odlitků. To však nic nemění na faktu, že nejvíce zastoupenou výrobní technologií bylo vysokotlaké lití, a to skutečně s majoritním podílem. Několik zmínek a ukázek nízkotlakého odlévání či např. lití s protitlakem bylo také ke zhlédnutí, ale byla to úplná kapka v moři při porovnání s bohatě nazdobenými demonstracemi automobilových dílů strukturálního charakteru. Chvílemi měl návštěvník až pocit, že novinky a možnosti ve výrobách se řídí heslem… větší, větší až úplně největší. Tím bych rád vypíchl filozofii výrobců automobilových dílů nejen pro elektromobilitu, jež směřuje stále dále a výše. Tímto mám na mysli odlévání obrovských odlitků na strojích typu Giga Press s uzavírací silou přes 5 až 6 tis. tun. Licí stroj s uzavírací silou např. 9 tis. tun je již opravdu gigantický a odlitky z něho vycházející jsou rozsáhlé a působivé. Subjektivně musím konstatovat, že pokleslo zastoupení asijských vystavovatelů a řekl bych, že i návštěvníků. Avšak nemyslím si, že je to způsobeno poklesem vý-

Nechyběly ani elektromotocykly a bezmotorová jednostopá vozidla



Více žeber snad už není ani možné odlít

Ukázky obrovských odlitků ze strojů typu Giga Press

roby na tomto kontinentu či přibrzděním vývoje, ale přisuzuji to faktu, že v Asii se koná obdobný veletrh CHINA DIECASTING. Domnívám se, že na veletrhu nebyl prezentován úplně revoluční objev či novinka. Samozřejmě jsme se setkali s mnoha inovativními a progresivními nápady, řešeními či aplikacemi, ale úplný milník jsem neobjevil. K vidění byly společnosti zabývající se prototypováním, 3D tiskem a také třeba vývojem nových slitin či recyklačních technologií. Jak jsem již uvedl na začátku, na eko barvu, tedy zelenou, je kladen velký důraz.

Celkově vzato jasný trend je výroba velkých, skutečně velkých a složitých odlitků pro automobilový průmysl. Pro milovníka techniky a slévárenství především bylo k mání mnoho nejrůznějších detailů, z nichž alespoň některé dokládají pořízené fotografie. Jeden obrázek či fotka zajisté vydá za desítky slov. Jen zřídka byly k vidění neotřelé technologie a speciality, jako je rheocasting či thixoforming, prozatím se zdá, že tyto směry se mezi produkční slévárny ve větší míře nerozšiřují. Ani konformního chlazení částí tlakových licích forem nebylo příliš mnoho. To samé platí pro 3D tisk obecně. Sice bylo vystaveno několik exemplářů, ale z širšího hlediska vzato se jednalo o úplnou minoritu. Nelze opomenout také zástupce reprezentující Českou slévárenskou scénu.

Společnost Remet s.r.o., resp. Kovolit a.s. měla svůj vlastní stánek. Ostatní čeští vystavovatelé byli sdruženi pod hlavičkou Ministerstva průmyslu a obchodu ČR, resp. Svazu slévárenství ČR. Nechyběly přední české slévárny, strojírenské firmy i někteří dodavatelé. Nezbývá než dodat – hliník žije a budoucnost patří aluminiu.

Těšíme se na další EUROGUSS 2026. Rozhodně doporučuji navštívení všem, kteří letos váhali nebo z jakéhokoliv důvodu nebyli na místě.

Velmi zajímavé použití pískového jádra při vysokotlakém lití

Vývojová slitina Al s vynikajícími mechanickými vlastnostmi

Nechybělo zastoupení simulačních SW

Česká stopa v podobě sdruženého stánku pod MPO ČR

Poutavý exponát z Indie

Akce, veletrhy a kongresy 2024 pořádané, spolupořádané nebo s významnou účastí členských společností WFO

Main 2024 events, fairs and congresses organized, co-hosted or with a significant participation of WFO Member Associations (updated December 2023)

16.–17.04.2024
Online
WFO 2nd Foundry Young Researchers and Early Career Professionals Conference
10 best speakers will be invited to IdeenExpo in Hannover, Germany in June 2024 - Live presentation and Competition. 3 winners will be invited to 75th World Foundry Congress in Deyang, China in October 2024 – Live presentation and Awards.
Information: https://wfoyrc24.com
Organizers: WFO

23.–25.04.2024
Milwaukee, Wisconsin, United States
Metalcasting Congress
Organizers: American Foundry Society AFS

24.04.2024
CH-Kallnach, Switzerland
ERFA conference for safety officers
Official language: German
Gasthof Weisses Kreuz & Eisengiesserei Mezger AG
Organizers: Giesserei-Verband der Schweiz

13.–15.05.2024
Poznań, Poland
International Scientific Conference "Innovations in die casting"
Organizers: Polish Foundrymen's Association

15.–16.05.2024
Schaumburg, Illinois, United States
Advanced Waste Seminar
Organizers: American Foundry Society AFS

18.05.2024
Moor Hall Hotel, Sutton Coldfield, UK
ICME National Banquet
Full details and tickets available from ICME
Organizers: ICME Ě

24.–27.05.2024
Waseda University, Tokyo, Japan
183rd JFS Meeting
Organizers: Japan Foundry Engineering Society

31.05.–01.06.2024
Hamar, Norway
Annual Congress
Official language: Norwegian
Organizers: Norwegian Foundry Technical Association

04.–06.06.2024
Stuttgart, Germany
CASTFORGE Trade Fair for Castings and Forgings with Processing
Organizers: Messe Stuttgart

06.06.2024
Hotel und Naturresort Handeck, CH-Guttannen, Switzerland
General Assembly GVS
Organizers: Giesserei-Verband der Schweiz

11.–12.06.2024
Washington, DC, United States
Government Affairs Fly-In
Organizers: American Foundry Society AFS

17.–18.06.2024
Kielce, Poland
11th Polish Foundries' CEOs FORUM
Organizers: Polish Foundrymen's Association

12.06.2024
British Motor Museum, Gaydon, Nr Warwick, UK
ICME Annual Awards Lunch
Full details and tickets available from ICME
Organizers: ICME

04.07.2024
Winterthur, Switzerland
Graduation ceremony GVS
Organizers: Giesserei-Verband der Schweiz

10.–12.07.2024
Shanghai New International Expo Centre, China
CHINA DIECASTING & CHINA NONFERROUS 2024
www.diecastexpo.cn
Organizers: Foundry Institution of Chinese Mechanical

Engineering Society, National Key Laboratory of Advanced Casting Technologies
Contact: Gillian Li (Ms.), Tel: +86 24 25852311-203, Email: lmt@foundrynations.com

30.–31.07.2024
Milwaukee, Wisconsin, United States
Foundry Industry 4.0 Conference
Organizers: American Foundry Society AFS

12.–16.08.2024
CH-Uzwil, Switzerland
Apprentice induction course part 1
Bühler AG
Organizers: Giesserei-Verband der Schweiz

29.08.–01.09.2024
CH-St. Gallen, Switzerland
GVS exhibition stand at the Eastern Switzerland Education Exhibition OBA
Organizers: Giesserei-Verband der Schweiz

11.–12.09.2024
NEC Near Birmingham
UK Metals Expo
https://ukmetalsexpo.com/
Organizers: ICME

18.09.2024
Venue to be announced
Non-ferrous metals group conference
Organizers: Giesserei-Verband der Schweiz

18.–20.09.2024
Portoroz, Slovenia
64TH IFC PORTOROZ 2024
Organizers: Slovenian Foundrymen Society

19.–21.09.2024
Istanbul, Turkey
12th International Foundry Congress (concurrent with Ankiros & Turkcast fairs)
Organizers: Turkish Foundry Association (Fair: Hannover Messe Ankiros Fairs)

22.–24.09.2024
Colorado Springs, CO, United States
The Foundry Leadership Summit
Organizers: American Foundry Society AFS

22.–25.09.2024
Sergiu T. Chiriacescu Aula of Transilvania University – Brasov, Romania
The 3rd Carl R. Loper Conference on Processing of Metallic Materials through Casting and Solidification
Organizers: Romanian Technical Foundry Association

15.–16.10.2024
Mars, PA, United States
Aluminum Specialty Conference
Organizers: American Foundry Society AFS

17.–18.10.2024
CENTRO CITY BANAMEX, Mexico City, Mexico
FUNDIEXPO GIFA MEXICO 2024 – International Foundry Trade Fair and Forum for Latin America
Organizers: Sociedad Mexicana de Fundidores with Messe Düsseldorf

25.–28.10.2024
Toyama International Conference Center, Toyama, Japan
184th JFS Meeting
Organizers: Japan Foundry Engineering Society

25.–30.10.2024
Deyang Wende International Convention and Exhibition Center, Deyang, China
The 75th World Foundry Congress
www.75wfc.com
Concurrent events:
- 2024 WFO International Forum on Cast Iron and Cast Steel Technologies, organized by WFO Ferrous Metals Commission
- 2024 WFO International Forum on Molding Materials Technologies, organized by WFO Molding Materials Commission
- 2024 WFO International Forum on Non-Ferrous Alloys and Special Casting Technologies, organized by WFO Non-Ferrous Alloys Commission
- 2024 WFO International Forum on Die Casting Technologies, organized by WFO Die Casting Commission

Organizers: Foundry Institution of Chinese Mechanical Engineering Society (FICMES), Deyang Municipal People's Government
Contact: Liu Hongchao (Mr.), Tel: +86 24 25852311-232, Email: lhc@foundrynations.com

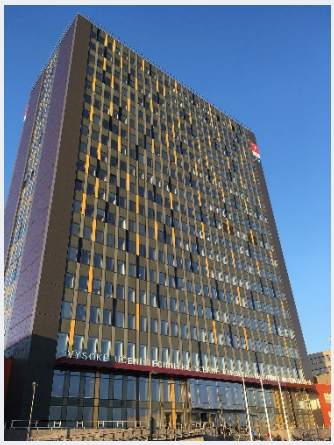
05.11.2024
D-Singen, Germany
Conference for the cast iron materials group
Organizers: Giesserei-Verband der Schweiz

06.–07.11.2024
Louisville, KY, United States
Melting Conference
Organizers: American Foundry Society AFS

13.12.2024
Poland
Polish Foundryman's Day 2024
Organizers: Polish Foundrymen's Association

POZVÁNKA na seminář

Metalurgie moderních typů litin



úterý 21. 5. 2024

Místo konání:

VUT – Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně,
Ústav strojírenské technologie, Odbor slévárenství
Brno, Technická 2, budova A1, 17. poschodí, místnost č. 1736

Program:

8.30–9.00	Prezence, zahájení
9.00–15.00	Přednášky:
	Krystalizace litin
	Druhy litin a jejich důležité vlastnosti
	Chemické složení litin, vliv jednotlivých prvků
	Metalurgie vermikulární litiny, ADI litin a litin se zvýšeným obsahem křemíku
15.00–15.30	Diskuze a zakončení školení

Účastnický poplatek za osobu:

1800 Kč – nečlen ČSS
1500 Kč – člen ČSS
500 Kč – studenti, důchodci

Příjemce není plátcem DPH

Účastnický poplatek zahrnuje organizační náklady, oběd a občerstvení během školení.
Vložné se hradí předem nebo na místě. Daňový doklad bude vydán během školení.
Vložné uhraďte převodem na účet pobočky č.ú. 68131621/0100, v.s. 210524 nejpozději do 15. 5. 2024.
Adresa příjemce: Technická 2896/2, Královo Pole, 616 00 Brno, IČ: 00210188

Přihlášky zasílejte na adresu roucka@fme.vutbr.cz.
V případě potřeby vystavení faktury předem kontaktujte tajemníka pobočky ČSS na pernica@fme.vutbr.cz.
Pokud se přihlášený nebude moci zúčastnit, lze poslat náhradníka. Při neúčasti se vložné nevrací.

Pořadatel: Česká slévárenská společnost, pobočka VUT katedra slévárenství Brno
Kontaktní osoby:
doc. Jaromír Roučka, roucka@fme.vutbr.cz
dr. Vítězslav Pernica, pernica@fme.vutbr.cz

Maximální počet účastníků je omezen na 40 osob.

Oceláři

38. ROČNÍK KONFERENCE TEORIE A PRAXE VÝROBY A ZPRACOVÁNÍ OCELI

25. - 26.4. 2024

Hotel Energetic, Rožnov pod Radhoštěm, Česká Republika

Tanger

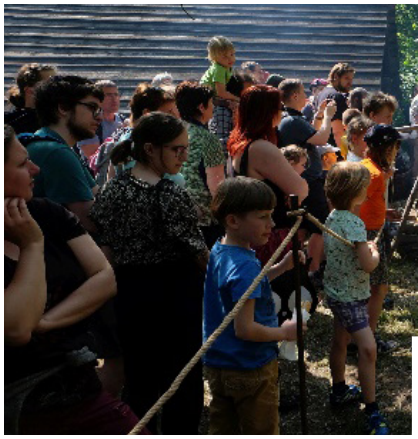
TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA MATERIÁLOVĚ TECHNOLOGICKÁ

- Teoretické základy metalurgických procesů
- Technologie výroby oceli v primárních agregátech
- Zpracování oceli na zařízeních sekundární metalurgie
- Problematika zvyšování čistoty oceli
- Fyzikální a numerické modelování metalurgických pochodů
- Odlévání oceli do kokil a na zařízení plynulého odlévání
- Žárovzdorné materiály a vyzdívky metalurgických agregátů
- Řešení technologických, ekonomických a ekologických problémů při výrobě oceli
- European Green Deal, Green Steel, Cirkulární ekonomika v metalurgii oceli
- Možnosti zpracování druhotných surovin vznikajících při výrobě oceli
- Průmysl 4.0

www.OCELARI.cz

TECHNICKÉ MUZEUM V BRNĚ



MUZEJNÍ NOC

sobota 18. května 2024, 18–24 hod.

https://www.tmbrno.cz/akce/brnenska-muzejni-noc-2024/

V sobotu 25. května 2024 proběhne další z akcí **Setkání ve střední části Moravského krasu / Slované na huti,** během kterého bude možné vidět tavby v replikách raně středověkých železářských kusových pecí, kovářské zpracování získané železné lupy i ukázky dalších dobových či regionálně typických řemesel – výpal vápna ve vápence, rozebírání milíře, destilaci dehtu v dehtové peci. Součástí je i představení raně středověkého života skupinou living history DAGA.

V předchozích dnech (22.–24. května 2024) proběhne **Workshop starého železářství** určený odborné veřejnosti, který je současně i přípravou pro sobotní veřejnou akci. Jeho obsahem jsou také tavby v kusových pecích a kovářská práce. V těchto dnech se děje i příprava selské vápenky a vlastní výpal vápna i „pálení" dřevěného uhlí v milíři postaveného a zapáleného ještě o několik dní předem.

Na sobotu 14. září 2024 je naplánována **„podzimní" tavba** – tedy opět tavba v replice či replikách raně středověkých železářských pecí. Ve stejný termín by měl před nedalekou Býčí skálou proběhnout Halštatský den pořádaný blanenským muzeem.

Podrobnosti o chystaných akcích bude možno nalézt na webech: **www.tmbrno.cz** a **www.starahut.com**, kde budou i texty a fotografie z již proběhlých akcí.

TECHNICKÉ MUZEUM V BRNĚ

DALŠÍ AKCE TMB V KOVÁRNĚ V TĚŠANECH

22.–23. červen 2024
Workshop Damask XX. – Tradiční setkání kovářů damascenské oceli

Již podvacáté se v Kovárně v Těšanech rozezní kovadliny, aby zde špičkoví profesionální kováři z České republiky vykovali repliku damasku podle předem vybraného historického vzoru. Návštěvníci můžou sledovat jejich práci první den od 9.00 hod. do 17.00 hod., druhý den od 9.00 hod. do 13.00 hod.

20. červenec 2024
Kovárna ve stínu Napoleona – akce pro rodiny s dětmi

Přijďte se podívat na Kovárnu v Těšanech, která v tento den ožije prací různých řemeslníků. Poklidnou atmosféru však náhle naruší nečekaný příchod vojáků. Je rok 1805 a již brzy se nedaleko odsud uskuteční bitva, která vejde do dějin jako Bitva u Slavkova či Bitva tří císařů.

7. září 2024
Mladý těšanský kovář – přehlídka mladých kovářů

Tradičně na počátku září se v rámci Národopisných slavností koná soutěž určená začínajícím kovářům s názvem Mladý těšanský kovář. Kovárna v Těšanech tak znovu po roce přivítá soutěžící z několika středních škol, kteří budou bojovat o nejlepší umístění zhotovením plastiky na zadané téma.

Muzejník Martin Mrázek slaví kulatiny

Ing. Martin Kroužil
za kolektiv kolegů z TMB a přátele

V těchto dnech se dožívá bezvýznamného životního jubilea 60 let náš kamarád a dobrý člověk, otec, syn, strýc, švagr, bratr, děda, manžel a muž inženýr Martin Mrázek, doktor.

Kdo ho neznáte, tak je to ten modrooký nehustovlasý Kloboučák rozený bohužel v Praze, který pracoval krátce v Zetoru, déleji ve slévárně v PBS ve Velké Bíteši (1987–1990) a nejdéleji od roku 1990 je věrný kovolitecké dílně Technického muzea v Brně, nejprve na Orlí ulici a od roku 2000 na nové adrese TMB v KrPoli.

Je to člověk pracovitý, veselé povahy, kovolitec, kovozemědělec, formíř a metalurg, technický muzejník, sportsman (hokejový brankář, badmintonista, potápěč), cestovatel po celém světě, znalec skoro všeho druhu, veterániste auto/moto, válečník z války třicetileté a napoleonské, četník první republiky, rybář, sběratel, věčný budovatel, funkcionář Spolku přesného lití, teoretický hasič kulturních památek, humorista, tanečník, zpěvák, kuchař, co neudělá jedno jídlo 2× stejně, chytrák v dobrém slova smyslu a z toho plynoucí rádce, přítel a kamarád, pamětník, kochatel života a strůjce příjemných chvil, náš Marťa, staré Mrázkové syn.

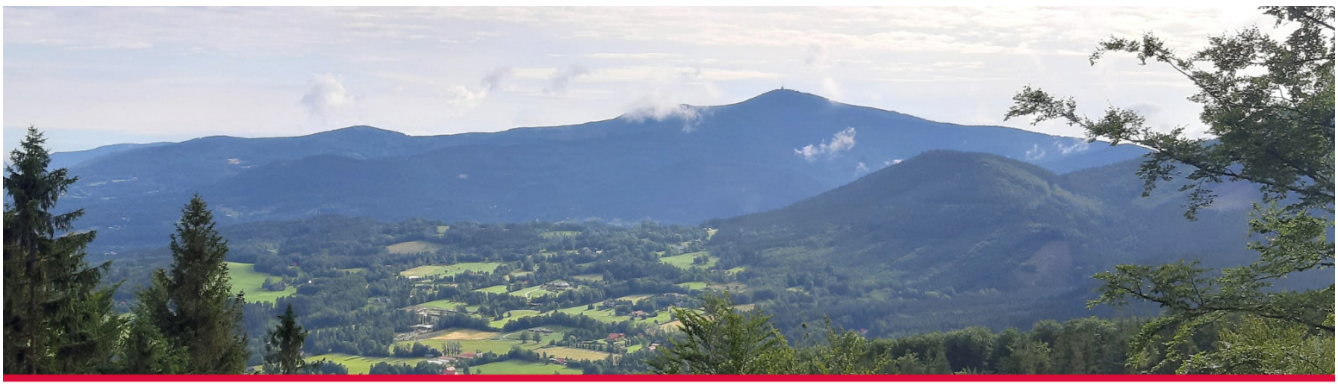
Rád bych mu popřál ještě hodně veselých zážitků, pocitů z dobře vykonané hokny a dobrodružství vždy se zdárným průběhem a hlavně koncem.

Ing. Martin Mrázek, Ph.D.

No, kdo z nás toto o někom může napsat, že se s takovým borcem kamarádí?

Ke hromadnému virtuálnímu přípitku bylo možné se připojiti i individuálně dne 28. března t.r. přesně v 10 hodin.

Na zdraví Marťovi!



SRDEČNĚ VÁS ZVEME NA XXX. ROČNÍK KONFERENCE ČESKÝCH, SLOVENSKÝCH A POLSKÝCH SLÉVAČŮ

SPOLUPRÁCE

24. - 26. 4. 2024

HOTEL SEPETNÁ OSTRAVICE 0956, 739 14 OSTRAVICE

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA MATERIÁLOVĚ TECHNOLOGICKÁ | KATEDRA METALURGICKÝCH TECHNOLOGIÍ

SPOLUPRÁCE · SPOLUPRÁCA · WSPÓŁPRACA · 2024

Thein Industry rozšiřuje své portfolio o slévárenskou společnost Top Alulit s.r.o.

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

Thein Private Equity SICAV, podfond Industry, průmyslově zaměřená odnož investiční skupiny Thein, úspěšně dokončila akvizici české společnosti Top Alulit s.r.o. Tato strategická transakce posiluje portfolio skupiny o společnost s obratem více než 400 milionů korun a s přibližně 180 zaměstnanci. Thein Industry tak rozšiřuje své služby v oblasti výroby hliníkových odlitků a inteligentního obrábění s cílem efektivněji sloužit svým stávajícím i novým klientům. Tato expanze přináší navýšení kapacit i posílení odbornosti v oblasti výroby a zpracování.

Top Alulit s.r.o. se sídlem v Benešově u Prahy je profesionální slévárna hliníkových slitin, která již od roku 2005 poskytuje komplexní služby výroby hliníkových odlitků od projekce a výroby licích forem a pískových jader přes samotné lití hliníku až po finální apretace kovů a další dokončovací práce.

Akvizicí Thein Industry posiluje portfolio svých služeb a současně zefektivňuje obsluhu stávajících zákazníků a otevírá dveře novým obchodním partnerstvím. Top Alulit po-

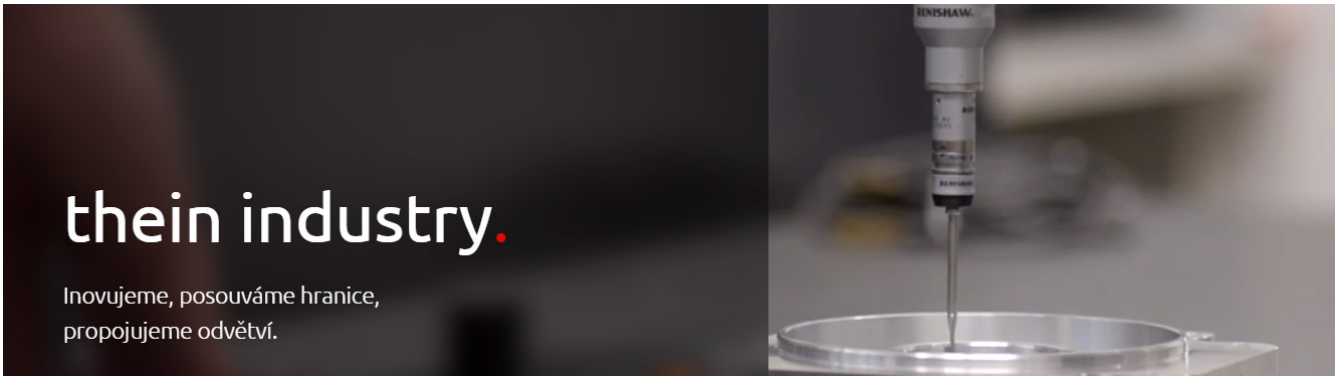
užívá k výrobě gravitační a nízkotlaké lití. Navíc jako jediná společnost v České republice využívá také technologii přímého a nepřímého squeeze castingu, což je pokročilý proces slévání kovů, který kombinuje prvky klasického odlévání pod tlakem s výhodami nízké rychlosti velmi vysokého tlaku. Výsledkem jsou vysoce kvalitní a přesné součástky, které jsou velmi pevné, přitom lehké a spolehlivé.

Top Alulit se zaměřuje na výrobu odlitků pro automobilový, letecký, elektrotechnický a strojírenský průmysl a další průmyslová odvětví. Zhruba 75 % produkce je pak určeno pro export. Integrace firmy do skupiny Thein Industry podpoří synergii ve skupině a umožní optimalizaci firemních i výrobních procesů. Spojením značek navíc vzniká ještě silnější a důvěryhodnější firemní identita a vytváří se tak prostor pro budoucí růst a inovace.

„Akvizice Top Alulit nám umožňuje zvýšit naši kapacitu a kompetence pro výrobu a zpracování, což pro nás spolu s pevným základem v oboru strojírenství a inovativním přístupem k vývoji produktů znamená, že získáme přístup k novým zákazníkům i trhům. Zvyšujeme tím i celkový obchodní potenciál Thein Industry," uvedl Tomáš Budník, zakladatel investiční skupiny Thein. „Jsme tak zase o krok blíž naší vizi být významnou strojírenskou skupinou v Evropě," dodává.

O Thein Industry

Thein Industry je průmyslově zaměřená odnož investiční skupiny Thein, která buduje své portfolio ze vzájemně se doplňujících strojírenských společností a vytváří tak bezkonkurenční škálovatelnost projektů a služeb v průmyslovém prostředí. Zaměřuje se především na investice v oblasti železniční dopravy, energetiky a chemického a zpracovatelského průmyslu.
Mezi specializace Thein Industry se řadí také vývoj vlastních vodíkových technologií využívaných v oblasti kolejové i silniční dopravy. Do portfolia skupiny patří české společnosti Ponec, Cotring, Železniční dodavatelská, Hydrogenic Technology a Lokorent Services.



Kelímky MAMMUT-WETRO pro slévárny neželezných kovů

Ing. František Brůža
obchodní manažer pro ČR
ŠEBESTA-služby slévárnám s.r.o.
+420 737 241 211
bruza@sebestasro.cz

Ing. Jaroslav Turčan
obchodní manažer pro SR
ŠEBESTA-služby slévárnám s.r.o.
+421 948 143 376
turcan@sebestasro.cz

Společnost MAMMUT-WETRO se od svého založení v roce 1875 rozvinula v uznávaného výrobce a celosvětového dodavatele tavicích kelímků a příslušenství pro slévárny neželezných kovů. Vývoj surovin, výroba, zajištění kvality a posuzování chování při odlišných slévárenských aplikacích – to vše získává zákazník od jednoho dodavatele. MAMMUT vyrábí kompletní sortiment izostaticky lisovaných kelímků z obou nejpoužívanějších směsí, tedy jílo-grafitových a SiC-grafitových. Kelímky SiC-grafitové jsou pojeny uhlíkovou vazbou karbidu křemíku a grafitu a jsou ve zkratce označované SiC.
Kelímky jsou ve slévárnách používány pro tavení a udržování neželezných kovů a jejich nejrůznějších slitin. To jsou především lehké neželezné kovy (hliník a jeho slitiny), barevné kovy (měď a slitiny mědi).

K tavení kovů máme ve slévárnách k dispozici hlavní zdroje tepla:

- plyn (zemní nebo zkapalněný plyn);
- elektrický proud (odporový nebo indukční ohřev).

V závislosti na zdroji tepla jsou v prostoru pece dosahovány teploty v rozmezí 500–1500 °C. Vysoké teploty, které jsou pro tavení kovů potřebné, rozdílné způsoby ohřevu, částečně i vysoké mechanické zatížení při vsázení vstupního materiálu, popř. při přepravě kelímku, a v neposlední řadě vysoké zatížení častou změnou teploty kladou mimořádně vysoké nároky na samotné vlastnosti kelímku. Těmto nárokům odolávají pouze speciální suroviny s vysokým obsahem uhlíkatých látek. V závislosti na použitém zdroji tepla jsou na kelímky kladeny nebývale vysoké nároky:

- vysoké teploty, které jsou pro tavení kovů potřebné;
- rozdílné způsoby ohřevu;
- vysoké mechanické zatížení při vsazení vstupního materiálu, popř. při přepravě kelímku;
- vysoké zatížení častou změnou teploty;
- chemická odolnost vůči metalurgickým přípravkům.

Vlastnosti a rozdělení kelímků dle složení materiálu

V některých slévárnách se stále setkáváme s nepřesným názvoslovím označením kelímků SiC. Proto bychom se měli pokusit o jejich upřesnění a vysvětlení hlavních rozdílů.

Jílové kelímky

Někdy nazývané jako šamotové jsou nejstaršími používanými kelímky ve slévárnách. Snadno je poznáme podle jejich cihlové barvy, která je dána vysokým obsahem jílu. Malá tepelná vodivost jílových kelímků na jednu stranu prodlužuje dobu tavení a zvyšuje spotřebu energie, na druhou stranu umožňuje vytažení kelímku z pece a rozlévání kovu na licím poli. Tento systém je zastaralý, ale pro menší slévárny díky své jednoduchosti a nízké ceně přijatelný. Tento druh kelímků se ve společnosti MAMMUT-WETRO již nevyrábí.

Jílo-grafitové kelímky

Tradiční technologie známá již déle než 100 let. Pokud do jílové směsi přimícháme 30–50 % grafitu a 10–20 % SiC (v závislosti na výrobci kelímku), dostaneme surovinu pro výrobu kelímku jílo-grafitového. Mezi jílem a grafitem ale nevzniká žádná vazba, grafit je ve směsi pouze volně uložen. Aby byla směs formovatelná a dostatečně tekoucí pro izostatické lisování, přimíchává se určité procento vody. Izostatické lisování probíhá za velmi vysokého tlaku k potlačení nižší tepelné vodivosti jílu. Po izostatickém lisování je nanášena první povrchová glazura a kelímek je vypalován po dobu přibližně jednoho dne. Následně je opět povrchově glazurován a opět vypálen pro stabilizaci glazury. Závěrečným krokem je nanesení poslední, třetí vrstvy glazury. Výhodou těchto kelímků je nižší cena díky nízké ceně jílu a krátké době vypalování. Nevýhodou je rychlé snížení tepelné vodivosti po vyhoření grafitu, protože grafit není v jílu vázán a glazura je pouze povrchová a na kelímku nemá dlouhou životnost. Pokud glazura přestane chránit povrch kelímku nebo dojde k poškození glazury, urychlí se proces vyhořívání grafitu. Tím se výrazně sníží tepelná vodivost kelímku, prodlouží se doba tavby a zvýší se náklady na tavení. Po vyhoření grafitu je kelímek křehčí a citlivější na teplotní šoky.

SiC-grafitové kelímky

Je nutné zdůraznit, že SiC-grafitové kelímky neobsahují žádný jíl. Směs grafitu (30–45 %), SiC (karbid křemíku neboli karborundum, 40–60 %) a syntetické pryskyřice je míchána a formována za zvýšené teploty bez příměsi vody. Po izostatickém lisování následuje 20denní proces karbonizace v redukční atmosféře, kdy se vytváří uhlíková vazba mezi grafitem a SiC. Grafit již není ve struktuře volně uložen, ale je pevně vázán na SiC. Po karbonizaci je kelímek hloubkově impregnován v autoklávu a znovu vypálen pro stabilizaci glazury. Tento způsob impregnování umožňuje při teplotách povrchu kelímku nad 750 °C samoobnovování glazury.

Nevýhodou kelímku je o 20–30 % vyšší cena z důvodu energetické náročnosti při 20denním tepelném zpracování a výrazně vyšší cena vstupních surovin. Získáváme ale výrazně vyšší tepelnou vodivost, která je po celou dobu životnosti relativně stejná právě díky pevné uhlíkové vazbě a díky hloubkové impregnaci. Vysoká tepelná vodivost surovin nevyžaduje tak vysoké lisovací tlaky. Kelímek není křehký a má výbornou houževnatost i za vysokých teplot.

Díky nepřítomnosti vody nevznikají při tepelném zpracování mikrotrhliny. V oblasti SiC-grafitových kelímků jsou nabízeny tři různé varianty. Kvalita označovaná „X“ je vhodná obzvláště pro teplotní rozpětí 750–1050 °C, to znamená pro tavení a udržování hliníku a jeho nejrůznějších slitin. Kvalita „XO“ je optimalizována pro

teplotní rozmezí 1000–1400 °C, tedy pro tavení a udržování mědi a všech jejích známých slitin. Tavicí kelímky, které jsou vyráběny ve kvalitě „XY“, dosahují vyššího obsahu uhlíku a díky tomu nabízejí ještě vyšší tepelnou vodivost a zlepšenou pevnost. Na základě uvedených vlastností doporučujeme použití kelímků „XY“ obzvláště ve vysokoteplotních oblastech tavení neželezných kovů. V případě kelímků kvality "XY" se jedná o výrobu na míru.

Vývoj a výzkum

Díky úzké spolupráci s institutem pro keramiku, sklo a stavební materiály v německém Freibergu byly materiály kelímků nadále zdokonaleny. Výsledkem společných výzkumných prací je materiál SiCarbon. Na základě materiálových poznatků se v praxi potvrdilo, že materiál SiCarbon je díky svým vlastnostem vhodný pro výrobu rotorů pro odplyňování taveniny:

- nízká smáčivost materiálu SiCarbon taveninami hliníku a jeho slitin,
- velmi nízká eroze,
- odolnost proti teplotním šokům.

Novinka – kvalita kelímků GB

Nové kelímky GB spojují přednosti obou typů kelímků:

- mají až dvakrát vyšší podíl SiC než tradiční jílo-grafitové kelímky, což má za následek výrazně vyšší mechanickou odolnost,
- jsou podobně odolné při používání rafinačních a modifikačních přípravků jako jílo-grafitové kelímky,
- kromě upraveného chemického složení mají kelímky GB i vylepšenou vnitřní a vnější glazuru, která je déle chrání před oxidací a v neposlední řadě tím zvyšuje životnost kelímku.

Kelímky GB jsou speciálně navrženy pro udržování Al v elektrických odporových pecích.

Závěr

Společnost ŠEBESTA-služby slévárnám s.r.o. zastupuje MAMMUT-WETRO na českém i slovenském trhu již 20 let. Za tu dobu se kelímky ve slévárnách staly oblíbené díky dlouhé životnosti a tepelné vodivosti v tavicích pecích. Abychom našim zákazníkům mohli co nejlépe vyjít vstříc a dodávat kelímky v co nejkratší možné době, disponujeme skladovacími prostory v Brně a v Žiaru nad Hronom. Zákazníkům rovněž poskytujeme školení týkající se správného zacházení s kelímky, tak aby v náročném slévárenském provozu vydržely opravdu co nejdéle.

POZVÁNKA

Pokud byste se chtěli o jednotlivých typech kelímků a o jejich výrobě dozvědět více, jste srdečně zváni na **zasedání Odborné komise pro neželezné kovy,** která se bude konat **17.–18.04.2024** a jejíž součástí bude mj. i **exkurze ve výrobním závodě MAMMUT-WETRO v německém Puschwitzu.**

Více informací a přihláška na: https://www.ok07.cz/akce/zasedani-ok07-na-tema-slitiny-hliniku/

Obrana Československé republiky v roce 1938 – I. část

plk. v.v. Ing. František Valdštýn
Ing. Martin Dulava, Ph.D.

Úvod

Vznik společného státu Čechů a Slováků v r. 1918, dodnes spojovaný s protirakouskými spontánními demonstracemi v Praze dne 28. října 1918, byl očima české veřejnosti vnímán jako věc samozřejmá a bezproblémová. Rychlý rozpad Lotrinsko-Habsburského soustátí, který 21. října 1918 vedl Němce z alpských a českých zemí k vytvoření „Prozatímního národního shromáždění státu Německé Rakousko“ a zpráva o domnělé kapitulaci Rakousko-Uherska (ve skutečnosti se jednalo pouze o vstřícnou nótu rakouského ministra zahraničí Andrássyho prezidentu USA Wilsonovi) vedl zástupce českého Národního výboru – Dr. Aloise Rašína, Dr. Františka Soukupa, Jiřího Stříbrného a Antonína Švehlu – k převzetí moci v Praze a s účastí slovenského politika Dr. Vavro Šrobára k neprodlenému vydání zákona „O zřízení samostatného státu československého“.

Původně riskantní revoluční převrat byl ve srovnání s jinými středoevropskými regiony proveden poměrně klidně. Snadný průběh prvních dnů však ukončila nezbytná potřeba prosazování nové státnosti na vlastním území (ne všude a všemi byla akceptována), v zahraniční diplomacii (přednostně soustředěné na otázky právě kapitulujících ústředních mocností) i vůči územním nárokům sousedních zemí. Bez ohledu na spojenectví s Francií musela teprve formující se republika obhajovat svou existenci i vojensky – s německými separatisty v pohraničí Čech a Moravy, ve sporu s Polskem o Těšínsko a s Maďarskem jak o dodatečně připojené území Podkarpatské Rusi, tak především o jím opakovaně obsazované Slovensko.

Podpis mírové smlouvy s Německem proběhl ve Versailles 28. 6. 1919 (vstoupila v platnost 10. 1. 1920), s Rakouskem v Saint-Germain-en Laye 10. 9. 1919 (s platností od 9. 8. 1920) a s Maďarskem v Trianonu 4. 6. 1920 (s platností od 26. 7. 1921).

Vleklý, osmnáctiměsíční spor o československo-polskou hranici na Těšínsku rozhodla až spojenecká konference 28. 7. 1920 arbitráží, 6. 11. 1920 uzavřela ČSR s Polskem politickou smlouvu, která však nikdy nenabyla platnosti (polský sejm ji odmítl ratifikovat) a nakonec, po státním převratu maršála Józefa Pilsudského 14. 5. 1926, nehledala již Varšava spojenectví s Prahou, ale spíše s Berlínem a Budapeští.

Poválečná situace v Evropě

Vznik Československé republiky, nového státního útvaru, který se opíral o české historické nároky, nemohl sice zcela vyřešit složitou situaci česko-slovenského bytí v exponovaném středoevropském prostoru, navíc s nezanedbatelnými vlastními etnickými menšinami, ale určitě dokázal zabezpečit národní existenci Čechů a Slováků. Jako jejich národní stát jim konečně zajistil podmínky pro rozvoj jejich kultury, vzdělanosti a mj. i vysoké technické tvořivosti, protože na jeho území se nyní nacházela většina průmyslové základny bývalé Rakousko-Uherské říše, zhruba její tři pětiny. Tento „zděděný“ průmysl však vzhledem k tomu, že ČSR získala jen čtvrtinu obyvatelstva a pětinu rozlohy bývalé monarchie, přinášel i množství ekonomických problémů, jako byly potřeba nezbytného získávání dalších exportních trhů, zavádění velkosériové výroby, zvyšovaní relativně nízké produktivity práce, perspektivní zabezpečování surovin pro výrobu, nezbytný další rozvoj výrobních inovací, terciálního sektoru aj.

Navzdory všem potížím (ke stabilizaci ekonomiky došlo v roce 1924) pokračovalo budování státu ve všech jeho resortech natolik úspěšně, že se Československo postupně začalo zařazovat do celosvětového dění coby moderní země. Přitom však muselo, a to v neposlední řadě, nadále věnovat pozornost i otázkám své bezpečnosti.

Poválečný mír totiž nikomu nepřinášel skutečný pocit ulehčení. Jednoznačným vítězem byly jen Spojené státy americké, které dohodovým mocnostem pomohly vyhrát „Velkou válku“, vydobyly si mezi nimi první místo, přisvojily si roli uznávaného mírotvůrce a současně se staly také finančním věřitelem všech účastníků na obou stranách proběhnuvšího globálního konfliktu. Zadlužená Velká Británie s nabouranou ekonomikou přišla jako velmoc o světové prvenství a její, před válkou ještě neotřesené impérium, vykazovalo nyní již první známky rozkladu. Všestranně vyčerpaná Francie, která válku málem prohrála, utrpěla nenahraditelné lidské ztráty. Získala sice nazpět Alsasko a Lotrinsko, musela ale neprodleně začít s obnovou svých zpustošených území a velmi těžce se vzpamatovávala z válečných ran, které jí byly zasazeny. Nespokojenost tedy pociťovali nejen poražení, ale i mnozí z vítězného tábora. Zejména Itálie jako jeden z vítězů očekávala ještě větší zisky všeho druhu, a dokonce i Polsko, dohodovými mocnostmi obnovené, snažilo se neustále o rozšiřování svého území vznášením svérázných požadavků.

Československá republika měla státní hranici s poraženým Německem, které jí vydalo území Hlučínska, pak s Polskem, Maďarskem a s Rakouskem, od kterého získala část Vitorazska, Valticka a pravobřežní předměstí Bratislavy. Nejvíce ukřivděným se cítilo Maďarsko, které porážkou Rakousko-Uherska přišlo v důsledku své šovinistické vnitřní politiky o téměř tři čtvrtiny svého území (Rakousku muselo vydat Burgenland, ČSR Slovensko a Podkarpatskou Rus, Rumunsku Sedmihradsko s částí Banátu a Jugoslávii Chorvatsko se Slavonií, Bačkou a zbývající částí Banátu). Maďarsko zaujalo vůči Československu, Jugoslávii a Rumunsku trvale vyhraněný nepřátelský postoj, který vedl tyto země k založení tzv. Malé dohody coby obranného společenství (14. 8. 1920 jako úmluva o ochranném spolku, která byla 31. 8. 1922 nahrazena spojeneckou smlouvou). V roce 1922 začala Maďarsko podporovat zfašizovaná Itálie – od diplomatické podpory až po dodávky zbraní – a držela nad ním ochrannou ruku po celé meziválečné období. V této situaci se snažili českoslovenští představitelé pojišťovat politické jistoty státu ještě větší závislostí na Francii, bez ohledu na projevující se první varovné změny v celém versailleském systému, zejména s jeho nedořešeným německým problémem.

Mírem ve Versailles bylo Německo odsouzeno k reparacím, k podstatnému odzbrojení a ke snížení armády na minimum, ne však k rozpuštění svého generálního štábu a k jednoznačným přímým zárukám o budoucím neútočení. Reparace platilo jen po krátkou dobu (navíc z amerických půjček) a v rámci utajení se zabývalo dalším vývojem smlouvou omezovaného válečného loďstva stejně jako zapovězeného tankového vojska a vojenského letectva. Francie však jako hlavní garant evropské bezpečnosti nenacházela vůči takovému dění sílu k rozhodnému vystoupení a od počátku hodlala zajišťovat svou bezpečnost převážně defenzivním způsobem. Novému německému útoku chtěla čelit opevněným pohraničním pásmem v délce přes 400 km, na jehož koncepci se pracovalo již v letech 1920 až 1925; základní koncepce byla schválena r. 1926 a jeho výstavba proběhla v letech 1929–1939 (tzv. Maginotova linie). Po odzbrojovací konferenci v r. 1932, (na níž si Německo vynutilo rovnoprávnost ve zbrojení), uzavřela Francie 29. 11. 1932 se Sovětským svazem smlouvu o neútočení a 2. 5. 1935 došlo v Paříži k podpisu Smlouvy o spojenectví a vzájemné pomoci mezi Francií a SSSR. V důsledku toho se Polsko již v lednu 1934 odpoutalo od Paříže a podepsalo s Německem desetiletou smlouvu o neútočení.

Velká Británie, snažící se za každou cenu udržet své impérium, zprvu naznačovala Německu svůj nezájem o vývoj politické situace ve střední i východní Evropě; na sklonku dvacátých let mu to dávala již zcela nepokrytě najevo. Měla hlavní podíl na výsledku odzbrojovací konference v r. 1932 stejně jako na podepsání Paktu čtyř, tj. Francie, Británie, Německa a Itálie v červnu 1933. V rámci této politické hry „rozděl a panuj" připouštěla možnost změny mírových smluv arbitráží – k uspokojení německých představ o revizi Versailleské smlouvy. Současně věnovala zvýšenou péči i vystrašené Francii a ujišťovala ji o své podpoře, tak aby ji co nejvíce dostala do sféry svého vlivu.

Hitlerův nástup k moci byl za tohoto politického vývoje rychlý a od r. 1933 bylo Německo v evropském povědomí opět znovu vnímáno jako skutečná válečná hrozba.

Československá politická reprezentace vzala sice na vědomí, že vážným nepřítelem republiky již není pouze Maďarsko, avšak dlouho nic proti tomu konkrétně nepodnikala. Politicky zcela ve vleku Francie spoléhala na její záruky, podle jejího vzoru přistupovala k budování svých ozbrojených sil a nevytvářela svou vlastní vojenskou doktrínu. V rámci toho rovněž došlo 16. 5. 1935 k uzavření československo-sovětské smlouvy, rozšiřující pařížskou spojeneckou smlouvu z 2. 5. 1935 o ustanovení 2. článku podpisového protokolu, že závazek vzájemné pomoci se stane účinným, jen „pokud bude oběti útoku poskytnuta pomoc ze strany Francie" (toto spojenectví se SSSR namířené proti Německu v reakci na polsko-německý pakt z r. 1934 uzavřela ČSR především ve francouzském zájmu bít nepřítele cizími silami mimo Francii). Bohužel, i tato smlouva zůstala pouhou smlouvou, bez dalšího konkrétního rozpracování, bez stanovení potřebného, zabezpečovacího strategického manévru, bez pokusů o společná vojenská cvičení (zatímco např. na základě tajné německo-sovětské vojenské smlouvy z r. 1926 vysílalo Německo své budoucí letce a tankisty na cvičení do speciálních středisek v SSSR a recipročně školilo vybrané sovětské generály v německé akademii generálního štábu).

Nejvyšší rada obrany státu byla vytvořena 24. 10. 1933. Po likvidaci demilitarizovaného porýnského pásma 7. 3. 1936 došlo k tak závažnému zhoršení mezinárodního postavení Československa, že již nemohlo být pochyb o jeho válečném ohrožení. Republika se musela urychleně připravovat na bezprostřední obranu (s více než čtyřletým zpožděním) aktivací všech svých sil a dostupných prostředků. Navzdory všem potížím a nedostatkům se situace nejevila jako zcela beznadějná.

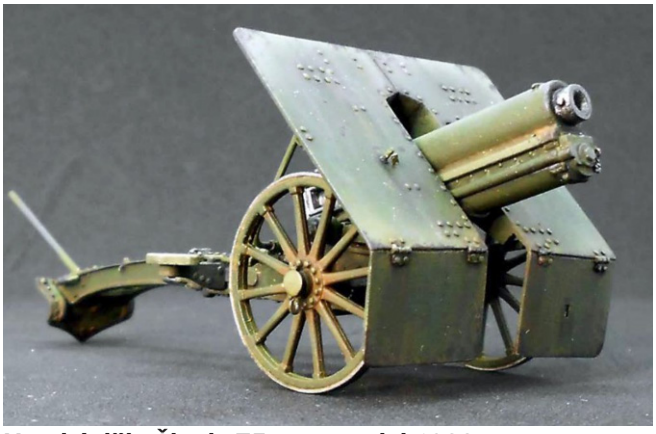
Podle pozdějších údajů, vztažených k roku 1937, dosahovala v Československu těžba černého uhlí asi 17 mil. tun, těžba hnědého uhlí a lignitu asi 18 mil. tun, instalované výkony elektráren kolem 2500 MW a výroba samotné elektřiny pak přesahovala 4000 GWh. Délka železniční sítě přesáhla 13 500 km. ČSR ve své bance shromáždila rezervu dosahující téměř 100 tun zlata. Značná část průmyslu byla v rámci autarkie vyčleněna pro zbrojní výrobu. Škodovy závody v Plzni byly již před vznikem republiky tradičním vývozcem dělostřelecké techniky především do evropských států a nyní se taktéž věnovaly i vývoji a výrobě obrněné

techniky, podobně jako ČKD Praha. Letňanská Avie, továrny Letov a Aero vyvíjely a sériově vyráběly vojenské letouny. Československé zbrojovky prosluly vývojem, výrobou i vývozem kvalitních pěchotních zbraní. Veškeré zbrojní programy mohly se opírat o prosperující tuzemskou hutní výrobu.

Vojenské kapacity Československa

Ke své obraně mohla republika povolat až 1 400 000 mužů (v mobilizaci 23. 9. 1938 nastoupilo do zbraně 18 ročníků první a náhradní služby s částí druhé zálohy v počtu kolem 1 250 000 mužů). Československá armáda přitom disponovala:

- dělostřelectvem s celkovým počtem 2288 děl a 1389 minometů; lehké dělostřelectvo sestávalo z 1533 lehkých 8cm kanónů vz. 5/8 a vz. 30 s dostřelem 9,3–13,5 km, lehkých 10cm houfnic vz. 14/19 a vz. 30 o dostřelu 9,8–10,6 km, hrubé dělostřelectvo z 660 hrubých 10,5cm kanónů vz. 35 s dostřelem 18,4 km, hrubých 15cm houfnic vz. 14/16 s dostřelem 8,5–11,8 km a těžké dělostřelectvo z 95 15cm těžkých kanónů vz. 15/16 s dostřelem 11,8 km a 24cm houfnic vz. 16 s dostřelem 12,3 km (poněkud zastaralými);
- protitankovým dělostřelectvem s 1052 kanóny; tzv. kanóny KPÚV (proti útočné vozbě) ráže 37 mm vz. 34 a vz. 37 (kanón na vzdálenost 1100 m probíjel pancéřování všech soudobých německých tanků; nový KPÚV vz. 38, probíjející na vzdálenost 1500 m 32mm pancíř, se k útvarům již nedostal);
- protivzdušnou obranou (bohužel nedostačující) s 240 protiletadlovými kanóny ráže 7,5–9 cm (7,5cm kanóny vz. 37-R-3 byly na výši doby) a s 227 protiletadlovými kulomety ráže 20 mm;
- útočnou vozbou a obrněnou technikou s 348 lehkými tanky (50 vz. 34 a 298 vz. 35), 70 tan-



Horské dělo Škoda 75 mm, model 1928

Protiletadlový kanón 7,5 cm vz. 37-R-3

Lehký tank vz. 35

Lehký tank vz. 38

číky (vz. 33 a vz. 51), 51 lehkými obrněnými auty vz. 30, 24 těžkými obrněnými automobily vz. 27 a 5 soupravami obrněných vlaků; nejpočetnějším tankem v době mobilizace byl lehký tank vz. 35 (později používaný na počátku 2. světové války) s 37mm kanónem, motorem o výkonu 88 kW a s 8–2 mm pancéřováním; k sériové výrobě středního tanku V-8-H se 47mm kanónem a motorem o výkonu 177 kW již nedošlo, stejně jako u lehkého tanku TNH z ČKD Praha (výjimečného, světově proslulého LT-38, navazujícího na sérii mezinárodně komerčně úspěšných TNP, TNL);

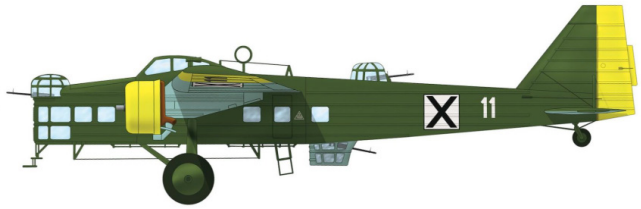
– vojenským letectvem s 1115 bojovými a 399 školními letadly; 433 stíhacích letadel, sestávajících převážně z dvouplošníků AVIA B-534 s dosahovanou rychlostí 375 km/h a dostupem 9500 m, doplňovaných na válečný stav vylepšenými AVIA B-534 s rychlostí až 400 km/h a dostupem 10 600 m, zatímco se již připravovala sériová výroba nové stíhačky, dolnoplošníku AVIA B-135 s rychlostí 535, příp. až 570 km/h (srovnatelná s německými Messerschmitt Bf 109); 127 bombardérů sestávalo ze standardních AERO MB-200 s rychlostí 280 km/h

AVIA B-534

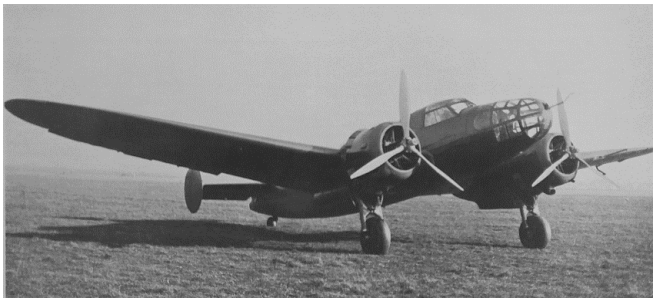
AVIA B-135

AVIA B-135

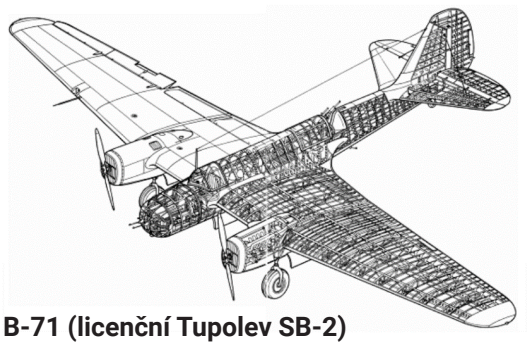
AVIA B-71 (licenční Tupolev SB-2)



AERO MB-200



AERO A-300

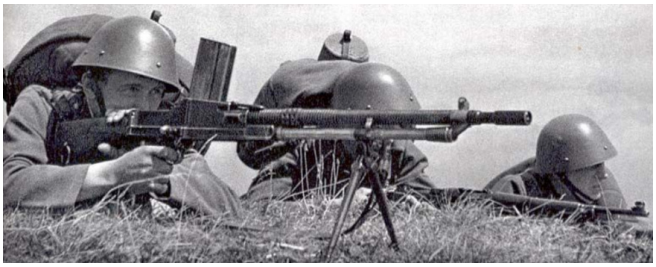


AVIA B-71 (licenční Tupolev SB-2)

při nosnosti 1400 kg pum, s dostupem 6500 m a doletem 1000 km, které měly být nahrazeny novým, úspěšně zkoušeným letounem AERO A-300 s rychlostí 456 km/h při nosnosti 1000 kg pum, s dostupem 9400 m a doletem až 2200 km; v roce 1937 bylo zakoupeno 30 sovětských lehkých bombardérů SB-2 (v čs. označení B-71) s rychlostí 430 km/h při nosnosti 600 kg pum, s dostupem 9000 m a doletem 1000 km, které pak byly našimi leteckými závody licenčně vyráběny jako AVIA B-71 (do března 1939 jich bylo vyrobeno v sublicenci s továrnami Avia, Aero a Letov v počtu ~ 80 letounů);

– pěchotními zbraněmi, vyráběPuška Mauser vz.24, výrobce Zbrojovka Brno

Puška Mauser vz.24, výrobce Zbrojovka Brno



Lehký kulomet vz.26

Lehký kulomet vz.26

Lehký kulomet vz.30 BREN (vyráběn v anglické licenci)

Těžký kulomet vz.37 na podstavci ZB 309

Puška Mauser vz.24, výrobce Zbrojovka Brno

Kulometná pistole ZK-383

nými domácími zbrojovkami ve vysokém počtu, kvalitě a spolehlivosti, které se taktéž úspěšně prosazovaly na mezinárodním trhu; puška MAUSER vz. 24, ráže 7,92 mm (včetně karabiny vz. 33), výrobek zbrojovky v Brně, patřila k nejmodernějším, byla exportována do více než desíti zemí světa a její počet přesáhl nakonec milion kusů; stejně úspěšně si vedl lehký kulomet vz. 26 a na něj navazující verze ZB vz. 27 a ZB vz. 30 (licenčně vyráběn v anglickém provedení coby „Bren"); těžký kulomet vz. 37 (licenčně vyráběn v anglickém Birminghamu pod značkou „BESA"); v brněnské zbrojovce byl rovněž jako univerzální doplněk kulometů zejména pro obranu opevněných objektů vyvinut a sestrojen zvlášť účinný univerzální samopal – „kulometná pistole" ZK-383 ráže 9 mm (s kapacitou bubnového zásobníku na 92 nábojů a účinným dostřelem 300 m; za války používán v Bulharsku, na Slovensku a pak v jižní Americe) aj.

Literatura

[1] BOCHENEK, R.: *Od palisád k podzemním pevnostem*, Naše vojsko, Praha 1972.

[2] DURČÁK, J.: *Opevňování Ostravska v l. 1935–1938*, AVE – Informační centrum Opavska, Opava 1995.

[3] HASKEW, M. E.: *Zbraně druhé světové války*, Ottovo nakladatelství, Praha 2016.

[4] HERYNK, J.: *Objekty stálého opevnění*, Vysoká vojenská škola pozemního vojska, I. díl, Vyškov 1997.

[5] HOOGG, I.: *Dělostřelectvo dvacátého století*, Svojtka & Co., Praha 2001.

[6] HOŘÁK, J.: *Darkovičky – areál čs. opevnění*, Společnost přátel čs. opevnění, Břeclav 1995.

[7] KAPLAN, V.: *Pevnost Dobrošov*, Nakladatelství Kruh, Hradec Králové 1977.

[8] KLUČINA, P.: *Války světa, novověk*, Ottovo nakladatelství, Praha 2018.

[9] KURAL, V. a kol.: *Rok 1938 – Mohli jsme se bránit?* Naše vojsko, Praha 1992.

[10] MCNAB Ch.: *Ruční palné zbraně dvacátého století*, Svojtka & Co., Praha 2002.

[11] RÁBOŇ, M. a kol.: *Československá zeď*, Fort print, Brno 1993.

[12] RÁBOŇ, M. a kol.: *Dělostřelecká tvrz Hanička*, Společnost přátel čs. opevnění, Brno 1996.

[13] ŠOREL, V.: *Letadla československých pilotů*, Albatros, Praha 1986.

[14] TREWHITT, P.: *Obrněná bojová vozidla*, Svojtka & Co., Praha 2000.

[15] HAVELKOVÁ, M.; SEMOTANOVÁ, E.: Mapa Československo po mnichovském diktátu, Akademie Věd.

Přednáška na zasedání Odborné komise pro výrobu oceli na ingoty a odlitky.

Druhá část bude zveřejněna ve Slévárenských listech 2/2024.

Kolektivní členové České slévárenské společnosti, z.s., v roce 2024

ALUPRESSING

IEE

30 KERAMOST!

Komerční Slévárna Turnov

LANIK

ŠEBESTA
služby slévárnám s.r.o.

Linde
Making our world more productive

METALURGIE RUMBURK

VUHZ | ADVANCED METAL TECHNOLOGIES

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

https://ceskaslevarenska.cz/prihlaska/

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