

SLÉVÁRENSTVÍ

since 1953

časopis pro slévárenský průmysl

czech foundry journal

www.casopis-slevarenstvi.czwww.svazslevaren.cz

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.



**TIESSE
PRAHA**

 **Kawasaki Robotics**

KOMPLEXNÍ SLUŽBY A TECHNOLOGIE PRO SLÉVÁRENSTVÍ

TIESSE PRAHA s.r.o. působí na českém a slovenském trhu jako obchodní a technické zastoupení významných společností ze slévárenského oboru a nabízí svým zákazníkům dodávku kompletního automatizovaného pracoviště, instalaci, garanci, servisní služby, dodávky náhradních dílů včetně odborných školení a optimalizací procesů.



**INSTALACE
A SERVIS**



GARANCE



**NÁHRADNÍ
DÍLY**



OPTIMALIZACE



ŠKOLENÍ



stroje tlakového lití



automatická
mazací zařízení



nizkotlaké lící stroje



omílací zařízení



robotizovaná pracoviště



dávkovácí a tavní pece



vstřelovací stroje
pro výrobu pískových jader



hydraulické kapaliny,
separační prostředky



odsávací zařízení



ostříhvací lisy



Robotizovaná pracoviště
broušení a leštění



Lící formy a ostříhvací nástroje



Temperační zařízení a chlazení



**TIESSE
PRAHA**

 **Kawasaki Robotics**

TIESSE PRAHA S.R.O.
ZA ČERNÝM MOSTEM 3/362
PRAHA 9 198 00

www.tiessepraha.cz

LEAP Nová řada strojů

Tlakové lící stroje

(380T - 9000T)



Klíčové funkce

- Yi-Cast TRUE lisovací jednotka s řízením v reálném čase close loop na evropské úrovni výkonu (volně programovatelná křivka zalisování s dobržděním)
- Vysoce dynamické zalisování s rychlostmi více než 10 m/s a s akcelerací do 50 G
- Řízená první fáze zalisování s konstantní rychlostí 0.02 m/s
- YIZUMI Yi-Cast řízené zalisování se samoučícím se algoritmem a 10ti stupňovým programováním pro každou fázi lisování
- Vysoce přesné otevírání a uzavírání lisovací jednotky s přesností +/- 1mm a 7 stupni nastavitelné rychlosti
- YIZUMI ORCA řídicí systém s přehledně strukturovaným a intuitivně ovládaným grafickým menu na velké multidotkové obrazovce
- Moderní systém pohonů hydraulického systému zajišťující vysoký výkon s nízkou spotřebou elektrické energie
- Yizumi flexibilní připojovací platformy na pevné i pohyblivé upínací desce umožňující jednoduchou standardizaci připojení všech energií

*Některé parametry stroje se mohou lišit podle velikosti stroje

Kontakt: Ing. Igor Rosenkranc, Yizumi Germany GmbH, i.rosenkranc@yizumi-germany.de, +420 702 072 077

Obsah 3/2023

Tematické zaměření: Neželezné kovy | topic: Non-ferrous metals
odborná garance | expert guarantee: **Ing. Josef Valenta, Ph.D.**

ZE SVAZU SLÉVÁREN ČR

From the Association of Foundries
of the Czech Rep.

- 111** KOSTELKA, A.
Editorial
- 112** HLAVINKA, J.
O budoucnosti oboru v Evropě
- 113** HLAVINKA, J.
Indikátory slévárenské produkce v zemích EU v červnu 2023
- 114** **Pozvánka na konferenci Svazu sléváren**

GIFA 2023

GIFA 2023

- 115** VALENTA, J.
Slovo garanta čísla
- 116** HLAVINKA, J.
GIFA a Svaz sléváren ČR
- 117-118** MIKULČÁK, K.
Postřehy z veletrhů GIFA, NEWCAST, METEC, THERMPROCESS
- 119** SVADBÍK, M.
RGU a GIFA
- 120** KUBELKOVÁ, I.
Nové světové standardy od Laempe na veletrhu GIFA
- 121** PAVLOVEC, V.
Veletrhy GIFA, NEWCAST, METEC, THERMPROCESS
- 122-123** KACHLÍK, P.
GIFA Düsseldorf 2023 - vidět a být viděn
- 124-126** VONDRÁČEK, R.
ASK CHEMICALS a GIFA
- 127-128** HLAVINKA, J.
INTERVIEW GIFA 2023

TECHNOLOGIE

Technology

- 129-133** KRŇÁVEK, Š.
Způsoby a aplikace mazání pístů ve vysokotlakém lití
- 134-142** NOVÁ, I., JELÍNEK, M., KONEČNÝ, D.
Sledování kvality slitin hliníku a vyrobených pístů spalovacích motorů
- 143-150** MATEJKA, M., BOLIBRUCHOVÁ, D.
Hodnotenie náchylnosti na vznik trhlín zliatiny AlSi5Cu2Mg
- 151-154** KANTORÍKOVÁ, E.
Precipitačné vytvrdzovanie AlSi7Mg0,3 obohatej o zirkónium a titán
- 155-158** AMBROZ, Ľ.
Optimalizácia mechanických vlastností zliatin AlSi u odliekoch odlievajúcich do pieskových foriem

FIREMNÍ PREZENTACE

Presentations of companies

- 159-161** JONEK, M., APPELT, CH.
INOTEC Promotor 6. generace - Anorganické pojivové systémy s vysokou vlhkostní stabilitou
- 162-165** MARES, M.
Čistota půl zdraví pro mašiny za miliony
- 166-167** ANDREJKO, M., VALENTA, J., TURČAN, J., BRŮŽA, F.
ALW Slovakia s.r.o. a ŠEBESTA - služby slévárnám s.r.o.
- 168-169** **Slévárna Kuřim slaví 70 let**

Vydavatel | Publisher
 © Svaz sléváren České republiky
 Technická 2896/2, 606 00 Brno CZ
 Tel. +420 541 142 681
 svaz@svazslevaren.cz
 IČ: 44990863



**SVAZ
SLÉVÁREN**
ČESKÉ REPUBLIKY

Časopis a všechny v něm obsažené příspěvky a obrázky jsou chráněny autorským právem. S výjimkou případů, které zákon připouští, je využití bez svolení vydavatele trestné. Redakce si vyhrazuje právo jazykové úpravy a zkrácení příspěvků v rubrikách. Vydavatel není dle zákona č. 46/2000 Sb. § 5 zodpovědný za pravdivost údajů obsažených v reklamě. Firemní materiály nejsou lektorovány. SDO.

ISSN 0037-6825
 Číslo povolení Ministerstva kultury ČR
 -registrační značka - MK ČR E 4361

Vychází čtyřikrát ročně | 4 issues a year
 Číslo 3-2023 vyšlo 25. 08. 2023
 Náklad 300 ks

Inzerce | Advertisements
 Inzerce vyřizuje redakce.
 Ceník je platný pro rok 2023.

Předplatné | Subscription
 Předplatné vyřizuje redakce.
 Členové Svazu sléváren ČR 750 Kč/rok 2023
 Ostatní 900 Kč/rok 2023
 Cena je uvedena včetně DPH
 Distribuce Česká pošta s.p.

Předplatné je možné zrušit nejpozději měsíc před koncem kalendářního roku, jinak bude automaticky obnoveno na další rok.

PENÍZE

Money

- 170** MIERVA, P.
Peníze pro firmy
- 171** Podpora cen energií pro slévárny v roce 2022
Dotace na praktické vzdělávání

LIDÉ VE SLÉVÁRENSTVÍ

People in foundry

- 172** ŠROMOTA, M.
Ze školy do praxe
- 173** EISMANN, J.
Svěží vítr do slévárenství

OBÁLKA

Cover

ŠEBESTA
TIESSE
ČSOB
ASK CHEMICAS

INZERCE

Advertisements

- 107** Yizumi
- 159** ASK
- 162** Hydac
- 166** Šebesta
- 168** Slévárna Kuřim
- 170** ČSOB
- 174** ČVUT

Příští číslo | next issue: 4/2023

Železné kovy

Ferrous metals

Termín vydání | publication date: 25. 11. 2023

Redakční rada | Editorial board
Ing. Josef Hlavinka
Ing. Aleš Kostelka, CSc. – redaktor
Ing. Karel Mikulčák
Ing. Josef Valenta, Ph.D.

předseda:
Ing. Zdeněk Vladár

Sazba a tisk | Typeset and Printing
Grafotyp s.r.o., Šumperk, www.grafotyp.cz

Sídlo redakce | Editorial office
Technická 2896/2, 606 00 Brno CZ
Tel. + 420 541 142 681, +420 739 665 590
redaktor@svazslevaren.cz
<https://www.casopis-slevarenstvi.cz/>

EDIČNÍ PLÁN SLÉVÁRENSTVÍ 2023 | EDITING PLAN OF SLÉVÁRENSTVÍ 2023

Číslo Issue No	TEMATICKÉ ZAMĚŘENÍ SPECIAL TOPIC	Garant Guarantor	Uzávěrka veškerých příspěvků Deadline all articles	Datum vydání Publication date
1	Pokročilé výrobní technologie Advanced manufacturing technologies	Ing. Josef Hlavinka Bc. Jan Lát	11. 01. 2023	01. 03. 2023
2	Ekonomika a produktivita slévárenské výroby Economy and productivity of foundry manufacturing	Ing. Karel Mikulčák	11. 04. 2023	25. 05. 2023
3	Neželezné kovy Non-ferrous metals	Ing. Josef Valenta, Ph.D.	11. 07. 2023	25. 08. 2023
4	Železné kovy Ferrous metals	Ing. Zdeněk Vladár	11. 10. 2023	25. 11. 2023

Předplatné – ceny včetně DPH

člen SSČR – 750 Kč/rok

nečlen SSČR – 900 Kč/rok

Vydavatel si vyhrazuje případné změny

with the proviso changes

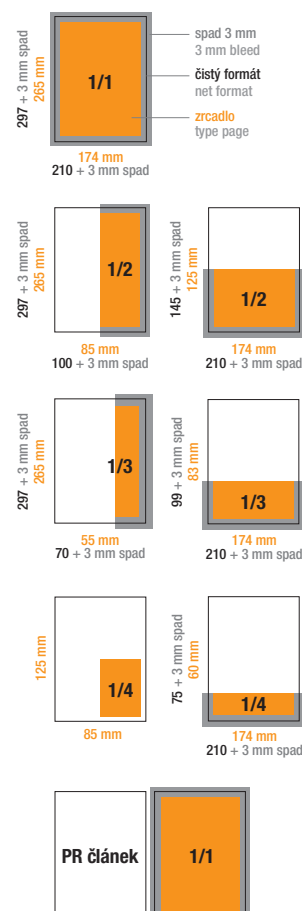
CENÍK INZERCE | RATE CARD OF ADVERTISEMENTS

OBÁLKA COVER			
1. strana 1st page	2. strana 2nd page	3. strana 3rd page	4. strana 4th page
29 000 Kč · 1 650 €	26 000 Kč · 1 350 €	24 000 Kč · 1 300 €	27 000 Kč · 1 450 €
SPECIÁLNÍ NABÍDKA SPECIAL OFFER			
2. s. obálky + 1. s. uvnitř časopisu = celková plocha A3 2nd cover page + 1st page inside = total format A3			37 000 Kč · 1 800 €
3. s. obálky + poslední strana uvnitř časopisu = celková plocha A3 3rd cover page + the last page inside = total format A3			32 000 Kč · 1 600 €
UVNITŘ – celobarevný tisk INSIDE – full colour			
1 A4	17 000 Kč · 950 €	1/3 A4	8 000 Kč · 550 €
1/2 A4	11 000 Kč · 750 €	1/4 A4	6 000 Kč · 400 €
1 A4 před obsahem = 1. s. uvnitř časopisu 1st page inside			22 000 Kč · 1 150 €
1 A4 za obsahem = 4. s. uvnitř časopisu 4th page inside			22 000 Kč · 1 150 €
JINÉ OTHERS			
1 A4 inzerce + 1 A4 PR článek na protilehlých stranách, umístění v sekci Firemní prezentace, sazba PR článku dle layoutu časopisu v grafickém studiu vydavatele 1 A4 advert + 1 A4 advertorial placed on opposite pages in the section Presentations of companies, make up in publisher's DTP studio			22 000 Kč · 1 150 €
1 A4 PR článek – max. 5500 znaků, umístění v sekci Firemní prezentace, sazba dle layoutu časopisu v grafickém studiu vydavatele 1 A4 advertorial – max. 5,500 characters, placed in the section Presentations of companies, make up in publisher's DTP studio			17 000 Kč · 950 €
každá další tisková strana PR článku navíc (max. celkem 3 s.) each extra page of advertorial (max. 3 pages)			7 500 Kč · 520 €
překlad (1 normostrana) translation (1 standard page)			550 Kč · 35 €
grafické zpracování reklamy v DTP studiu vydavatele creation of the advert in publisher's DTP studio			3 500 Kč · 220 €

Ceník SS 2023 (ceny jsou bez DPH), možnost individuálních odchylek

prices without VAT

ROZMĚRY | PARAMETERS



Editorial



Ing. Aleš Kostelka, CSc.,

Redakce Slévárenství,
redaktor@svazslevaren.cz

Milé čtenářky, milí čtenáři,

toto číslo je jako pravidelně věnováno nezelezným kovům, to znamená především hliníku. Kromě toho část plochy věnujeme ohlasům z veletrhu GIFA s přidruženými výstavami NEWCAST, METEC a THERMPROCESS, které se konají pravidelně po čtyřech letech.

Nejprve si dovolím krátkou zprávu o nevelké události, která zapadá do bouřlivých vírů doby strhávajících i slévárenství, zatím bez spolehlivého kormidelního mechanismu:

Zaměstnanci ruku v ruce se zaměstnavateli – to je zřídka a ukazuje to brizanci tématu. Tématem byly vysoké ceny energií pro průmysl, tedy také konkrétně pro slévárny a konkrétně v Německu. 24. května tohoto roku přišlo cca 1 000 lidí ze 34 sléváren do prostor jedné z těchto sléváren, aby vyjádřili svou starost o budoucnost oboru. Shromáždění organizoval mj. odborový svaz IG Metall, pozváni byli představitelé médií. Zástupci shromážděných se ve svých vystoupeních neomezovali jen na prosazování obecných cílů, jako je zachování pracovních míst a rychlé řešení cen energií, ale ptali se vlády, jak mají být slévárny konkurenceschopné, když jejich ceny elektřiny jsou sedmkrát větší než v Číně, čtyřikrát vyšší než v USA a třikrát vyšší než ve Francii. To jsou čísla, data a fakta. Na řadě je vláda – to bylo závěrečné poselství shromáždění.

Nyní k veletrhu GIFA, jak se nám podařilo o něm referovat v našem časopise. Oslovili jsme úspěšně 7 autorů s prosbou o jejich stručnou osobní reflexi. Někteří z nich byli vystavovatelé, jiní se účastnili jako návštěvníci a jeden z autorů měl veletržní povinnosti jako výkonný ředitel Svazu sléváren ČR. Příspěvky jsme nijak neupravovali a neměli jsme ambici vytvořit nějakou souhrnnou zprávu. Tudíž některé texty prezentují, co firma autora sama vystavovala, většina příspěvků se však porozhlédla mimo svůj stánek a sdělila trendy a faktické technické poznatky a rovněž i další, ale přesto důležité postřehy z návštěvy veletrhu.

V každém oboru včetně slévárenství jsou důležité trendy a to zejména v době, kdy končí linearita a nastupuje turbulence. Je cenné odhadnout a rozpoznat směry nové. To ve svém oboru a s přispěním poznatků z veletrhu GIFA činí např. ve svém příspěvku Martin Svadbík ze softwarové firmy RGU.

Z důvodu limitovaného rozsahu časopisu jsme z fotografií uveřejnili jen některé. Ovšem na světě největší jádro zhotovené vstřelovací technologií jsme nemohli vynechat.

Na základě uveřejňovaných článků si dovolím zdůraznit dvě věci:

1. Jednoznačný, masivní a pokračující nástup asijských firem

2. Rozdíly v přístupu k byznysu mezi Evropou a „zbytkem“ světa

charakterizované v jednom z příspěvků takto: Domácí firmy stavěly do popředí technologie pro tzv. „Energiewende“ a „zelené“ technologie, zatímco mezinárodní publikum (dle pořadatelů hlavně podnikatelé z Číny, Indie a USA) hledalo spíše solidní evropskou slévárenskou technologii.

Bylo by jistě zajímavé získat kvantifikovaným způsobem podrobnou analýzu trendů a z toho plynoucích doporučení v jednotlivých výrobních technologiích, informačních technologiích, v marketingových nástrojích, vzdělávacích procesech, měřících technikách atd. Na to kapacita oboru v ČR sice plně nestačí, ale získávání a přenos informací není omezeno geografickými hranicemi. I když současné informační technologie umožňují výměnu informací bez fyzického kontaktu „face to face“, přesto je osobní přítomnost na takovém veletrhu jako je GIFA přínosná. Jeden z příspěvů nazval svůj text „Vidět a být viděn“. Účast českých zástupců z akademické odborné scény nebyla vysoká, ale to nebylo jejich nezájmem.

I na zmíněných veletrzích se zrcadlilo ideové hnutí nazývané všeobecně udržitelnost (*Sustainability*) jako součást „svaté trojice“ ESG (*Environment, Social, Governance*). Myšlenka má několik dimenzí – mj. ekonomickou, environmentální a sociální. Teoreticky se předpokládá jejich kompatibilita, praktické prověření společnosti teprve čeká. To prověřování se týká i oboru slévárenství. Pojem udržitelnost je v podtextu pocíťován jako zachování nebo případně zlepšování výchozího stavu. Tak to však nemusí být stále a v minulosti ani nebylo. Vedle udržitelnosti můžeme postavit pojem *resilience* jako schopnost obnovit stav dané entity po významné negativní změně. Jinak řečeno – v jaké míře jsme zranitelní a jak se chráníme. Firma Porkert (včetně slévárny) vyráběla statisíce kuchyňských strojků ročně, většina šla do světa. Roku 2010 byla tradiční výroba zastavena. Ale nemusíme chodit až tak daleko do minulosti, jsou známy i případy značně čerstvější.

Na závěr událost jednoznačně potěšitelná, o které informujeme v rubrice Lidé. Po dlouhých letech absolvovalo v ČR, a to v Metalurgii Rumburk, prvních šest zájemců (z toho jedna žena) výuční obor slévač. Zasloužili se o to majitel, ředitel slévárny a další osoby. Lídrem této „task force“ byla Bc. Jitka Eismann, vedoucí marketingu a personalistiky. Největší zásluhu ovšem mají „studenti“ samotní. Tento výsledek nevznikl díky externí finanční dotaci (náklady nesl zaměstnavatel), ale díky pocitu, že si musíme a umíme poradit sami. Malá skupina lidí obdařená invencí a vytrvalostí vynaložila mnoho úsilí, obětovala svůj čas a ukázala, že to jde. Počáteční myšlenka vznikla v roce 2016 při zakládání soukromé Střední průmyslové školy TOS Varnsdorf. K výsledku lze blahopřát a popřát další úspěchy v rozvoji lidských zdrojů. V Metalurgii Rumburk se toho za poslední roky děje kladně pozoruhodného více. V minulosti jsme o tom referovali a budeme referovat rádi i nadále.

A ještě něco úplně na konec: Časopis Slévárenství mohl inspirovat i největšího českého génia Járu Cimrmana. Nemáme sice spolehlivě doloženo, že náš časopis četl, ale jeho epitaf „Budoucnost patří aluminu“ je zcela ve shodě s tím, co Slévárenství doporučuje již od momentu svého vzniku.

O budoucnosti oboru v Evropě

Týden intenzivního jednání v Seville on line



Ing. Josef Hlavinka, výkonný ředitel Svazu sléváren České republiky



Od pondělí 26. 6. do pátku 30. 6. jednali zástupci Evropské komise a Evropského IPPC Bureau se zástupci členských zemí EU a Evropské slévárenské asociace CAEF o budoucnosti oboru v Evropě. Oficiální název **SF TWG Final Meeting** k revizi referenčního dokumentu o nejlepších dostupných technikách pro kovářny a slévárny (BREF SF) a především definování návrhu závazných závěrů o BAT. Z těchto jednání vyjdou návrhy ke schválení pro výši emisních limitů pro obory slévárenství a kovárenství závazná pro Integrovaná povolení IPPC všech sléváren v Evropě. Jednání se zúčastnilo:

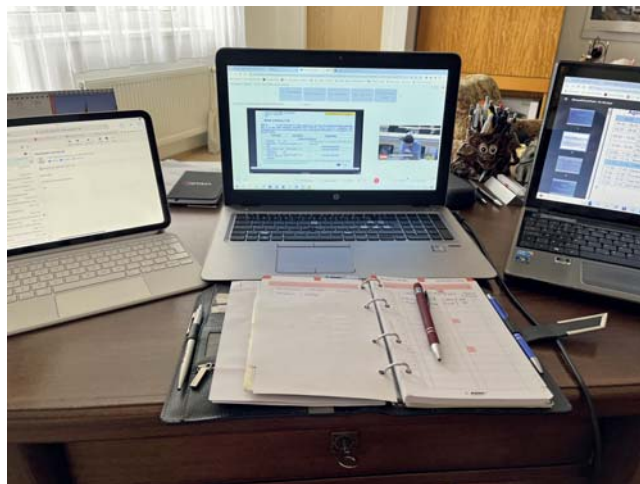
13 členských zemí: AT, BE, CZ, DE, DK, ES, FI, FR, HU, IT, NL, PL, PT a SE.

2 zástupci EEB – nevládní organizace pro ochranu životního prostředí.

14 zástupců podnikatelských sdružení: CAEF, EUROFORGE, ORGALIM a ACEA.



Jednání probíhala hybridně, nemuseli jsme tedy do Španělska, ale byli jsme nepřetržitě účastní jednání.



Vzdálená komunikace při jednání

Za Českou republiku jsou jmenováni zástupci Ing. Pavlína Kulhánková z MPO a Ing. Josef Hlavinka ze Svazu sléváren ČR. Vzájemná komunikace ke konkrétním případům byla operativně konzultována a prosazována na půdě Evropské komise. Nejsilnějším hráčem v poli a tahounem v návrzích reálných hodnot byli zástupci ze zemí Německa, Francie a Itálie velmi silně podporováni odborníky z CAEF, jejichž pozice jsme v našich vystoupeních aktivně podporovali. Naproti tomu se vyprofilovala skupina několika členských států, které podporovaly navržené významné zpřísnění v oblasti emisních limitů především do ovzduší. Velmi silně vystupovali rovněž zástupci EEB (European Environmental Bureau), kteří jako by chtěli tento průmysl v Evropě zcela zastavit. Jednání se opírala o skutečně naměřené hodnoty, které poskytly slévárny z celé Evropy. Data byla sesbírána od roku 2020, bohužel v období Covidové pandemie. Je škoda, že naše slévárny nebyly tolik aktivní jako v jiných zemích, což nám samozřejmě velmi ztížilo pozici pro prosazování našich požadavků.

Jednání byla velmi vyčerpávající, pravidelně končila ve večerních hodinách, ve středu dokonce trvalo neskutečných 14 hodin! Pevně věříme, že výstupem pro IPPC budou akceptovatelné hodnoty pro slévárenský průmysl v Evropě, vycházející z reálných a hlavně dosažitelných hodnot.

Dalšími kroky pro dokončení revize BREF Kovárny a Slévárny bude příprava finálního draftu pro jednání BAT Fóra dle čl. 13 Směrnice o průmyslových emisích, které by finální draft mělo projednat v 1. čtvrtletí 2024. Poté bude následovat konečné schválení ve Výboru dle čl. 75 (2. čtvrtletí 2024) a předpokládaná publikace Závěrů o BAT v Úředním věstníku pak cca ve 3. čtvrtletí 2024.

*Ředitelka odboru průmyslové ekologie na MPO
Pavlína Kulhánková*

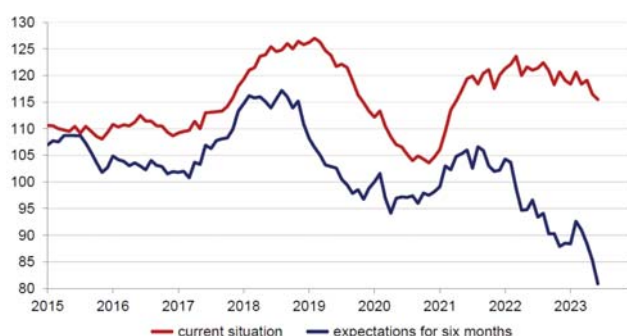
*Výkonný ředitel Svazu sléváren ČR
Josef Hlavinka*

Více na: [Referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách \(BREF\) | MPO](#)

Indikátory slévárenské produkce v zemích EU v červnu 2023

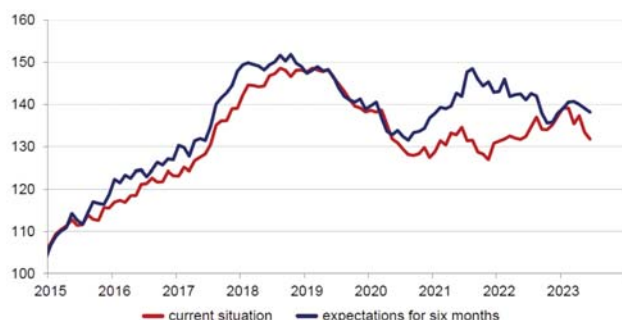
Indikátory slévárenské produkce v zemích EU, známé pod zkratkou FISÍ, které zpracovává Evropská slévárenská asociace CAEF. Následující grafy hodnotí aktuální situaci v měsíci červnu 2023 a očekávaný výhled za 6 měsíců. Základem srovnání je rok 2010, který je roven 100%.

**European Foundry Industry Sentiment Indicator FISÍ
(June 2023)
Ferrous Castings**



Hodnocení aktuální obchodní situace evropských sléváren železa v červnu poklesla. Index vykazuje mínus 1 bod oproti předchozímu měsíci na hodnotu 115,5 bodů. Očekávání pro příštích 6 měsíců, mezitím klesla o 4,4 bodu na 80,9 bodů.

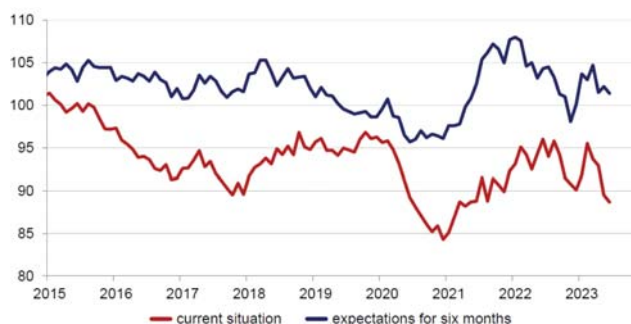
**European Foundry Industry Sentiment Indicator FISÍ
(June 2023)
Non-Ferrous Castings**



V červnu se obchodní situace evropských sléváren ne-železných kovů zhoršila. Nová hodnota indexu je na

131,8 bodu, o 1,6 méně než minulý měsíc. Očekávání pro příštích 6 měsíců se snížil o 0,9 bodu na hodnotu indexu 138,2.

**European Foundry Industry Sentiment Indicator FISÍ
(June 2023)
Steel Castings**



Poklesem o 0,8 bodů se dostává hodnocení současné obchodní situace evropských sléváren oceli v červnu na úroveň 88,7 indexových bodů. Očekávání pro příštích šest měsíců je mírně negativní. Index vykazuje pokles o 0,8 bodu oproti minulému měsíci, na hodnotu 101,4 indexového bodu.

Výkonný ředitel Svazu sléváren ČR
Josef Hlavinka



Svaz sléváren ČR ve spolupráci s ČSOB a SPČR Vás zve
4. října 2023 do Prahy na

Ekonomickou slévárenskou konferenci

Program jednání

Markoeconomická situace (ČR, EU, výhledy)

J. Bureš, ČSOB

Trh práce a jeho budoucnost

M. Jurečka, MPSV

Situace a udržitelnost průmyslu v ČR

E. Muřický, MPO

Budoucnost české ekonomiky, konec levné ekonomiky

R. Špicar, SPČR

Slévárenská produkce EU, ČR

J. Hlavinka, CAEF

Aktuální dotační výzvy pro slévárny

J. Tomašík, ČSOB

Účast je zdarma

**Dotazy na řečníky či témata do diskuse je možné
zasílat na adresu svaz@svazslévaren.cz
nejpozději do 8. září.**

Srdečně Vás zvou:

Jakub Tomašík, M.A.
Ředitel, ČSOB EU Centrum

Ing. Josef Hlavinka
výkonný ředitel Svazu sléváren ČR



Slovo garanta čísla



Ing. Josef Valenta, Ph.D.
ředitel ALW Olomouc
valenta@alw.cz

Vážení čtenáři a čtenářky,

s radostí vás vítám v novém letním vydání časopisu Slévárství, které je tematicky zaměřeno na neželezné kovy. Svou podstatnou částí je věnováno také jedné z největších a nejvýznamnějších událostí v oboru - Mezinárodní slévárenské výstavě GIFA, která proběhla v měsíci červnu v německém městě Düsseldorf. Tato událost byla nejen důležitým setkáním předních odborníků, ale také jedinečnou příležitostí k prezentaci nejnovějších technologií, inovací a trendů v oblasti slévárství.



Obr. 1 1660 x 1370 x 920 mm, 65 kg, zadní část automobilového skeletu

Silící zájem o lehké kovy, zejména o hliník, a rostoucí důraz na udržitelnost a energetickou účinnost ve výrobě, posouvá hranice v oboru a otevírá nové příležitosti. Do-

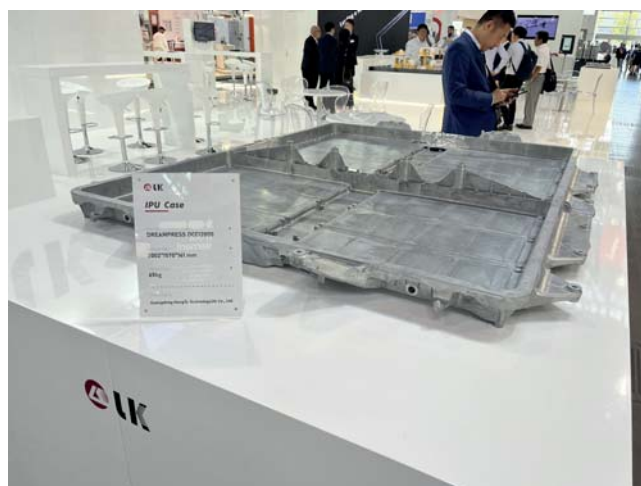
cházel k setkání předních světových výrobců, dodavatelů a odborníků k diskusi o nejnovějších trendech, představení inovativních produktů a technologií.

Tématem letošního ročníku GIFA byla mj. digitální transformace ve slévárství a její dopad na procesy výroby, automatizaci a kvalitu produktů. Nové technologie, jako jsou umělá inteligence, robotika a průmysl 4.0, se stávají nedílnou součástí moderního slévárství. Na výstavě GIFA byly představeny nejnovější systémy a zařízení, které zvyšují efektivitu a přesnost výroby, zlepšují ergonomii pracovního prostředí a minimalizují negativní dopady na životní prostředí.

Z věcí, které mě osobně opravdu zaujaly, byla především prezentace firem na českém stánku, kde mohla být patrná hrdost na um českých firem, které se v konkurenci vystavovatelů z celého světa neztratily a dokázaly, že mají šanci uspět.

Co se týká tlakového lití a neželezných kovů – byla zde vidět snaha výrobců strojního vybavení o dosažení co možná největší uzavírací síly, aby bylo možné nabídnout lisování maximálně velkých a komplexních dílů především pro automobilový průmysl. Také u všech vystavovaných zařízení je cítit snaha výrobců o maximální úspory ve spotřebě energií s důrazem na co největší míru spolehlivosti při samotném procesu. Na spoustě stánků byla vidět také snaha o maximální snížení uhlíkové stopy.

Děkujeme Vám za Vaši přízeň a důvěru v naši publikaci. Doufám, že Vás téma časopisu Slévárství a spousta zajímavého čtení jako vždy zaujme, poskytne Vám tolik potřebné cenné informace pro Váš profesní život a také Vás naladí na příjemné prožití zbytku léta.



Obr. 2 2002 x 1570 x 161 mm, 65 kg, stroj Dreampress DOC 12000, výrobce Guangdong HongTu Technology (H) Co., Ltd.



GIFA a Svaz sléváren ČR



Ing. Josef Hlavinka, výkonný ředitel
Svazu sléváren České republiky

České firmy z oboru slévárenství se za podpory Ministerstva průmyslu a obchodu zúčastnily ve dnech 12. až 16. června 2023 veletrhu Newcast. Veletrhu, který tvoří společně s veletrhy **GIFA, METEC a THERMPROCESS** čtveřici silných mezinárodních metalurgických veletrhů, které pořádá Messe Düsseldorf jednou za 4 roky a který na výstavišti Messe Düsseldorf obsadil téměř všechny haly.

Společná expozice českých firem byla umístěna na ostrovní ploše 140 m² pod označením 14B49.



Tuto událost v oboru slévárenství si nenechalo ujít téměř 63 300 návštěvníků ze 114 zemí. Zahraniční návštěvníci tedy tvořili 69% celkové návštěvnosti (v roce 2015 to bylo 66%). Prezentovalo se zde na 2200 vystavovatelů, z nichž téměř 76% bylo také ze zahraničí (v roce 2019 70%).

„GIFA, METEC, THERMPROCESS a NEWCAST pokrývají téměř celý mezinárodní trh. Poptávka po evropské metalurgické a slévárenské technologii je obzvláště vysoká v zámoří – zejména v Indii, USA a Číně. To se odráží i v mezinárodním žebříčku účastněných zemí, kde je na prvním místě Indie a Turecko – následuje Itálie, Čína a Francie. Na veletrhu se tak setkávají špičky z oborů v oblasti kovů a sléváren z celého světa. GIFA, METEC, THERMPROCESS a NEWCAST jsou tak důležitým nástrojem pro firmy v oboru slévárenství.

Úspěšnost veletrhu a spokojenost potvrzují slova vystavovatelů společné expozice. Některé z nich uvádíme níže:

Za společnost SAND TEAM obchodní ředitel Tomáš Bajer:

„Možnost účastnit se prestižního slévárenského veletrhu GIFA 2023 formou spoluúčasti na stánku MPO ČR jsme uvítali od prvního okamžiku. Tuto možnost vnímáme jako skutečnou podporu malých a středních českých exportérů, kteří se snaží uplatnit na nových zahraničních trzích, popř. rozšířit své působení na již stávajících trzích. Za společnost SAND TEAM, spol. s r. o. mohu potvrdit zájem o naše výrobky, kdy proběhla jednání se zákazníky ze zemí jako Francie, Finsko, Německo, Polsko, Turecko, Indie a mnoha dalších. Za naši společnost tak hodnotíme veletrh velice kladně, a to jak z pohledu získání nových kontaktů a poptávek, tak i z pohledu rozšíření spolupráce s našimi stávajícími partnery. Velmi pozitivně hodnotíme také přípravu a realizaci samotného stánku. V případě, že bude MPO pro příští ročník GMNT opět tuto podporu poskytovat, určitě se za naši společnost znovu takto rádi zúčastníme.“

Za společnost Železářny Štěpánov ing. Robert König:

S účastí na veletrhu jsme velmi spokojeni. Získali jsme celou řadu nových obchodních kontaktů a často i konkrétních poptávek. Proběhla také jednání s našimi současnými zákazníky, kteří využili této příležitosti k osobnímu setkání. Pro tento veletrh byly ale typické i návštěvy stávajících a potenciálních dodavatelů, včetně představení nových materiálů a technologií. Celá akce byla dobře připravena ze strany veletržní správy a naprosto bezchybně od organizátora společného českého stánku. Velkou podporu jsme měli také v průběhu samotného veletrhu.

Za společnost SECO Industries marketingový manažer ing. Daniel Grzych:

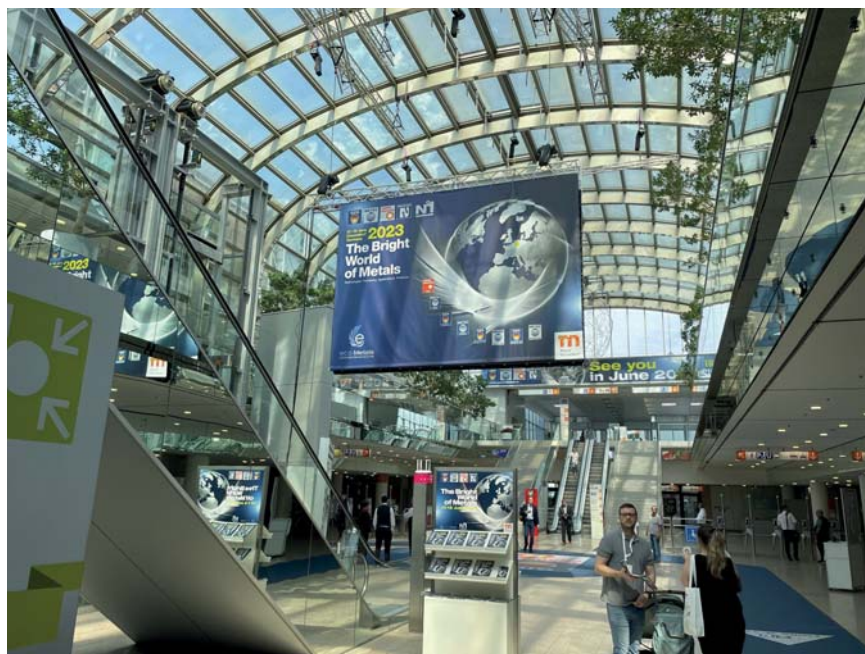
Za společnost SECO Industries hodnotím veletrh velmi pozitivně, a to nejen z hlediska návštěvnosti ale také kvality prezentace všech vystavovatelů. Celá akce pod patronací MPO byl velmi dobrý nápad, který jednoznačně přispěl ke zviditelnění českých slévárenských firem. Velmi rádi se účastníme dalšího ročníku.



Postřehy z veletrhů GIFA, NEWCAST, METEC, THERMPROCESS



Ing. Karel Mikulčák,
ředitel ZPS – SLÉVÁRNA, a.s.
mikulcak.k@sl.zps.cz



Veletrh GIFA zahrnoval ještě tematicky přidružené veletrhy NEWCAST, METEC, THERMPROCESS (dále jen GIFA). Veletrh měl bezesporu velmi vysokou úroveň, to co je však ještě důležitější, je že měl také velmi vysokou návštěvnost. Vystavovalo zde skutečně velké množství dodavatelů surovin, výrobců zařízení pro slévárny, ale také sléváren a to doslova z celého světa. Je potěšitelné, že zde našly své místo také české slévárny, které zde vystavovaly. Patřily mezi ně: ALW INDUSTRY s.r.o., BENEŠ a LÁT a.s., Kdynium a.s., KOVOLIS Česká, spol. s r. o., KOVOSVIT MAS Foundry, a.s., METALURGIE Rumburk s.r.o., RKL Slévárna s.r.o., SECO Industries, s.r.o., Slévárna Kuřim, a.s., SLÉVÁRNY Třinec, a.s., UNEX a.s., VÚHŽ, a.s., ZPA Pečky, a. s., ZPS – SLÉVÁRNA, a.s., Železářny Štěpánov, spol. s r. o., ŽDAS, a.s., a další.

Velké množství vystavovatelů přijelo již tradičně z Asie. Největší nárůst objemu vystavovatelů bylo možno vysledovat u hliníkových odlitků, které začínají postupně nahrazovat plechové výlisky a svařence používané při výrobě automobilů.

Slévárenský veletrh GIFA je místo, kde je možnost se potkat a diskutovat. Jako vystavovatelé pozitivně hodnotíme již zmíněnou velkou návštěvnost, která přinesla řadu příležitostí jednat se zákazníky o nových projektech, což je dnes více než důležité. Už dávno neplatí, že je zde možno najít především partnera pro budoucí investice. Dnes se zde řeší trendy vývoje, kooperace a hlavně přichází sem zákazníci, kteří hledají své nové dodavatele.

Stěžejní body, které byly na veletrhu nejvíce vidět a o kterých se nejvíce diskutovalo:

Digitalizace, 3D tisk, robotizace

Robotizace se stále více rozšiřuje do dříve jen těžko představitelných oblastí. Broušení odlitků a výroba jader a to i v menších sériích se stává vzhledem k nedostatku zaměstnanců v podstatě běžnou záležitostí. Zajímavé jsou však další aplikace, které zde byly prezentovány při výrobě bezrámových forem. Uplatnění opět u malých sérií, kde výroba cold box jader je obsloužena roboticky a to nejen při vyjímání jader, ale také při skládání formy (formu tvoří pouze jádra).

Ekologie, cirkulární ekonomika, udržitelnost

Umělý písek (keramika) zde byl prezentován nejen jako nástroj k řešení lokálních problémů s penetrací, zardobeninami, obecně s povrchovými vadami odlitků (tam se již delší dobu využívá), ale také pro globální (full) využití v celé slévárně.

Na první pohled velmi nákladné řešení, ale na druhý pohled se zde otevírá možnost zvýšení životnosti ostřiva, zvýšení objemu regenerátu (teoreticky až 99%), snížení zmetkovitosti a víceprací. Lze říci, že se jedná o v poslední době velmi diskutovanou cirkulární ekonomiku v praxi. Na širší využití v EU a v ČR se teprve čeká. Asie především pak Japonsko má ve využití náskok již několik desítek let.



Energie

K nejčastěji diskutovaným tématům rozhodně patřily energie, zajištění dostatečného množství energií a dlouhodobé zajištění stabilních cen energií. V této souvislosti se na veletrhu diskutovalo o připravovaných dotačních projektech, které se v Německu rozbíhají. Znovu se jedná o širokou podporu FTV a větrných elektráren pro obce a firmy. Především druhá oblast je pro německý průmysl a slévárny velkou příležitostí. Toto téma je stejně důležité i pro ČR a věřím, že i u nás budou nalezeny možnosti podpory. V Německu se rovněž rozbíhá podpora výměny starých kotlů za tepelná čerpadla a aktu-

álně již mají vyhlášenu podporu na výměnu plynových tavicích pecí za elektrické pece.

Pokud bych měl zhodnotit stav českého slévárenství ve srovnání se zbylou částí EU, případně celosvětově, musím konstatovat, že jsme v mnoha ohledech poněkud konzervativní. Zaostáváme v investicích, např. Polsko využívá mnohem lépe příležitosti, které granty nabízí. Slévárny v Německu jsou obecně cenově pod ČR. Je to opět lepším využitím subvencí na elektroickou energii, plyn, stroje, zařízení, přístroje... Jsme konzervativní, obáváme se inovací a nových cest, kterými však světové slévárenství již kráčí, tak jak to GIFA ukázala.





RGU a GIFA



Ing. Martin Svadbík, Ph.D.
RGU CZ s. r. o. Brno

Letošní GIFA byla z našeho pohledu menší – méně vystavovatelů, méně návštěvníků, a tedy i méně kontaktů. Dřívější hlavní cíl účasti – získat co nejvíce nových zájemců o náš produkt, se tak mění spíše na snahu ukázat současným i případným novým zákazníkům, že jsme stále silným hráčem na trhu a že někam směřujeme. Museli jsme také reagovat na rostoucí náklady na účast – náš stánek byl menší a k účasti jsme přizvali některé naše partnery.

Potenciál růstu na asijském trhu je stále velký, proto jsme také už v roce 2017 vytvořili plnohodnotnou pobočku naší firmy pro oblast APAC. Zejména z jazykových důvodů jsme



se zaměřili nejprve na Indii a Malajsii, ale prosazení se na těchto trzích není jednoduché.

Trendy, kterými se budou do budoucna ubírat informační systémy pro plánování a řízení slévárenské výroby (FRP) jsou podle mne tyto (některé jsou již v německých slévárnách dostupné a některé jsou zatím ve fázi přípravy):

- Z oblasti *Průmyslu 4.0* je to **Digitální dvojče**, konkrétně *DTG* (Digital Twin Generator), který umožní z libovolného zařízení (přes webový prohlížeč) na základě zadání klíčových údajů o novém výrobku vytvořit v FRP systému kompletní *Plán zdrojů* (výrobní postup a kusovník) včetně norem spotřeb časů a množství na základě vzorců a podobnosti s existujícími výrobky v databázi (strojové učení).
- **Integrace se simulačními programy** – stiskem tlačítka v simulačním programu se odešlou klíčová technologická data do FRP systému, který je zpracuje a vrátí zpět cenovou kalkulaci.
- **Integrace s DMS systémy** pro správu dokumentů – uživatelé již nemusejí přepisovat údaje z dokumentů od zákazníka (poptávky, objednávky, reklamace) – DMS systém dokumenty/emaily „přečte“ a automaticky vytvoří příslušné záznamy v FRP systému (nabídky, zakázky, hlášení reklamace) a k nim došlý dokument přiloží.
- **Plánování taveb/druhování vsázky** s ohledem na energetickou náročnost tavení a její rozložení v průběhu směny.
- **„CO2 – stopa“** výpočet uhlíkové stopy s podporou FRP software s využitím metodiky připravované v rámci BDG (svaz německého slévárenského průmyslu).



Nové světové standardy od Laempe na veletrhu GIFA



Ing. Irena Kubelková, Ph.D.

Firma Laempe Mössner Sinto GmbH prezentovala na veletrhu GIFA 2023 mimo svého kompletního portfolia jako jsou vstřelovací stroje, zplyňovače, mísiče, automatizovaná a robotická řešení, systémy automatické vizuální kontroly, kontroly kvality a mnoho jiného, tak i několik jedinečných exponátů: jádro z největšího vstřelovacího stroje na světě a vlastní 3D tiskárnu na jádra.

Pro velkého čínského výrobce motorů vyrobila firma Laempe Mössner Sinto GmbH vstřelovačku, která přesahuje všechny myslitelné rozměry: jádra pro odlévání lodních motorů se budou v budoucnu vyrábět na stroji Laempe LHL250-1700. Tento gigant mezi vstřelovačkami dosahuje impozantních rozměrů: 11 metrů na výšku, 16 metrů na délku, 30 metrů na šířku a váží 300 tun. Objem vstřelu je 1700 litrů při velikosti jaderníku 3x3 metry a o hmotnosti až 30 tun, což představuje rovněž milník ve vstřelování jader. V důsledku toho tak jádra vstřelená na stroji LHL250-1700 určila nové standardy: jádra mohou vážit až 2,5 tuny. A právě jedno z těchto jedinečných jader vystavila firma Laempe Mössner Sinto GmbH na svém stánku na GIFA 2023.



Obr. 2 Jádro vyrobené na 3D tiskárně Laempe, foto Kubelková

Na GIFA 2023 představila firma Laempe Mössner Sinto také svou vlastní 3D tiskárnu, která byla se svými mnoha výhodami speciálně vyvinuta pro aditivní výrobu složitých jader. Nedávno bylo dodáno prvních šest těchto 3D tiskáren, které se nyní používají u jednoho z největších světových výrobců automobilů.

Laempe v posledních letech značně rozšířila oblast aditivní výroby a nyní má produkt z vlastního vývoje na špičce trhu. S 3D tiskárnou rozšiřuje Laempe Mössner Sinto svůj sortiment produktů a nabízí svým zákazníkům inovativní řešení, které pomůže úspěšně utvářet transformaci ve slévárenském průmyslu.



Obr. 1 Jádro vyrobené na největším vstřelovacím stroji na světě LHL250-1700, foto Kubelková



Veletrhy GIFA, NEWCAST, METEC, THERMPROCESS

Václav Pavlovce, JUNKER
Industrial Equipment s.r.o.



Ve dnech 12. 16. 6.2023 se po čtyřech letech uskutečnil stěžejní veletrh GIFA, spolu s trojicí dalších veletrhů, pod souhrnným názvem „Bright World of Metals“. Veletrhy se konaly ve dvanácti výstavních halách.

2200 vystavovatelů z 56 zemí a 63 300 návštěvníků ze 114 zemí představuje jednoznačný úspěch. Statistika hovoří o 69% mezinárodní publika a silné účasti ze zámoří (31%).

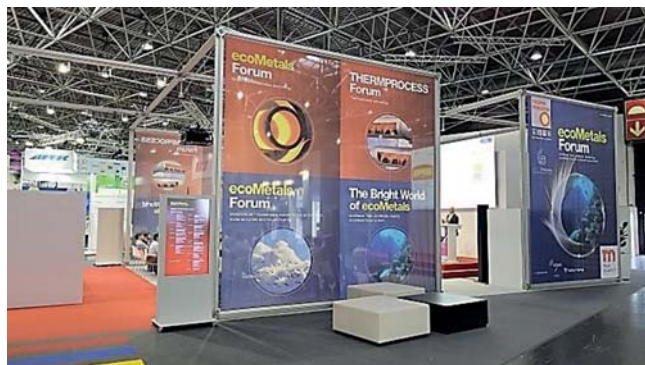
GIFA se tradičně soustřeďuje na technologie pro slévárny a tavírny, žárovzdornou techniku, zařízení a stroje na výrobu forem a jader, formovací hmoty a formovací potřeby, výrobu modelů a forem, řídicí techniku a automatizaci, ochranu životního prostředí, likvidaci odpadu a související informační technologie.

METEC je dle definice pořadatele přední světový veletrh hutní techniky.

THERMPROCESS je platforma pro prezentaci vysoce inovativních technologií a ekologických konceptů pro průmyslové systémy tepelného zpracování.

NEWCAST je přední světový mezinárodní veletrh pro přesné odlitky.

Orientace Bright World of Metals na čtyři hlavní témata udržitelnosti, digitalizace, cirkulární ekonomiky a nových výrobních technologií utvářela dění ve výstavních halách i v doprovodném programu – například na konferencích a četných formátech ecoMetals.



Domácí firmy stavěly do popředí technologie pro tzv. „Energiewende“ a „zelené“ technologie, zatímco mezinárodní publikum (dle pořadatelů hlavně podnikatelé z Číny, Indie a USA) hledalo spíše solidní evropskou slévárenskou technologii.



Zkrátka nepřišly ani nejmodernější digitální technologie, včetně virtuální reality. Na stánku OTTO JUNKER byla například instalována aplikace pro bezpečnostní školení pomocí virtuální reality. Technik si tak může „osahat“ zařízení ve virtuálním prostoru, dávno než dojde k jeho instalaci.



Velkému zájmu se těšil stánek České Republiky.

Další Bright World of Metals s veletrhy GIFA, METEC, THERMPROCESS a NEWCAST je na programu v roce 2027; přesné datum bude zveřejněno v následujících měsících.



GIFA Düsseldorf 2023 - vidět a být viděn



Petr Kachlík,
kachlik.p@centrum.cz

Po obecně kritizovaném loňském slévárenském veletrhu v Brně FondEx 2022, kde se nejenže změnilo po dlouhá léta zaběhnuté a osvědčené prostředí haly Z na halu E (která důstojnou prezentaci prostě nabídnout nemůže), ale i kvůli vysoké cenové hladině výstavy, která jednoduše odradila zájem vystavovatelů se aktivně účastnit, byly zraky naší odborné slévárenské veřejnosti upřeny na dění v Düsseldorfu, kde se již tradičně konal po 4 letech největší evropský slévárenský veletrh GIFA v termínu od 12. do 16. června 2023.

I zde však došlo ke měnám k horšímu, které pocítil každý vystavovatel či návštěvník. Tou hlavní bylo zkrácení veletrhu o jeden den, přičemž odpadla sobota. Zredukována však byla i otevírací doba, neboť se návštěvníkům brány veletrhu otevíraly až v 10 hodin. Dalším negativem bylo, že vstupenka letos už neplatila také jakožto jízdenka do místní MHD, což poněkud narušilo dříve tak oblíbený večerní společenský život ve starém městě. Holt šetřit se musí všude. Další nezanedbatelnou změnou byla nutnost pořídit ekologickou plaketu pro vozidla, která musela například kvůli adrese ubytování zajíždět do centra města. Tato záležitost se naštěstí dala pohodlně zařídit i na českých stanicích technické kontroly, nicméně se jedná o další starost navíc.

Nejdůležitější pozitivní zprávou je skutečnost, že veletrh žije téměř v takových rozměrech, jako jsme byli za poslední ročníky zvyklí. Stále tu panuje téměř sváteční nálada, která nám dává pocit, že slévárenský obor ještě nepatří do starého železa!

Haly byly plné vystavovatelů, jednalo se tedy o zcela odlišnou situaci v porovnání s výše uvedeným FondExem. Nechyběly ani stánky sléváren z České republiky. Co se návštěvníků týče, největší přírůstek oproti poslednímu ročníku jsem zaznamenal z Indie, naopak zklamáním byla nízká návštěvnost od nás i ze Slovenska.

Velmi příjemnou atmosféru vyzařovala expozice boskovické společnosti LANIK Holding [Obr. 1], která zahrnovala vedle firmy LANIK i své sesterské společnosti.



Obr. 1 Pohodová atmosféra na stánku firmy LANIK

Další české firmy a slévárny se až na pár výjimek nacházely na společných stáncích Czech Trade a také Ministerstva průmyslu a obchodu.



Obr. 2 Výstava odlitků radiátorů turecké slévárny Adarad

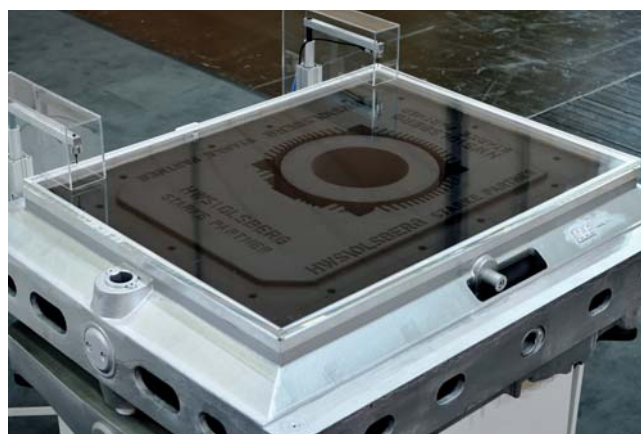
Výstava odlitků litinových radiátorů a kotlů turecké firmy Adarad [Obr. 2] nám připomněla zašlou slávu naší již zrušené slévárny Viadrus z Bohumína. Obecně se na výstavišti nacházelo velké množství dodavatelů z Turecka. Místní slévárenskou komunitou nyní velmi rezonuje další realizovaná investice firmy ATIK, která se stává jedním z největších dodavatelů odlitků v regionu. Strategická poloha pro snadný přístup na východní i západní trhy, pořizování Hi-tech technologií od renomovaných výrobců [Obr. 3] a oproti Evropě nízké ceny energií dávají tureckému slévárenství do rukou trumfy, které těžko přebijeme.



Obr. 3 Vertikální pásová doprava písku firmy VHV Anlagenbau GmbH



Obr. 4 Litinový stator elektromotoru vyráběný na form. stroji HWS



Obr. 5 Bentonitová forma statoru. Kromě svorkovnice nepotřebuje jádra.

Jaký tedy byl veletrh GIFA 2023? Osobně si myslím, že dobrý, protože splnil očekávání vidět a být viděn, potkat se a eventuálně i dohodnout nějaké obchody. Z pohledu českých sléváren by jistě pomohlo snížení tuzemských cen energií, aby dostaly lepší šanci prosadit se na náročných trzích [Obr. 4 a 5].

Hliník je nekonečně recyklovatelný bez straty kvality

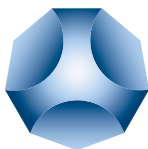


Recyklácia hliníka ušetrí každý rok približne 100 miliónov ton CO₂e, pretože je potrebných iba 5 % energie v porovnaní s výrobou primárneho hliníka zo vstupných surovín. Hliník je perfektný materiál pre obehovú ekonomiku vďaka svojej vysokej trvanlivosti a neobmedzeným možnostiam použitia. Aby sme lepšie porozumeli rýchlosti recyklácie, vezmime si ako príklad hliníkové plechovky v Európe, kde sa recykluje 70 % všetkých hliníkových plechoviek a z použitých plechoviek sa stanú nové za menej ako 60 dní. Hliník je nekonečne recyklovateľný bez toho, aby stratil kvalitu alebo svoje jedinečné vlastnosti. Výrazným znížením spotreby energie vo výrobné fáze sa prispieva k zmierneniu klimatických zmien.



ASK CHEMICALS a GIFA

ASKCHEMICALS



Radek Vondráček

Po čtyřech letech v červnu opět nastal čas veletrhu GIFA! Pět bohatých veletržních dnů čtyř předních světových veletrhů GIFA, METEC, THERMPROCESS a NEWCAST jasně předčilo všechna očekávání. Udržitelnost, digitalizace, analýza a hodnotové řízení výrobního řetězce byly hojně diskutovanými tématy ve dvanácti výstavních halách.

Strategie udržitelnosti

Rozsáhlá expozice skupiny ASK Chemicals se zaměřila na udržitelnost. Nejedná se jen o ledajaké moderní zaklínadlo pro ekologická řešení, ale udržitelnost nabízí také úspory a efektivnější výrobu. Mnoho sléváren dnes čelí otázce, jak mohou zvýšit svou ziskovost a přitom i nadále poskytovat vysokou kvalitu svých výrobků v době, kdy stojí tvář v tvář tenčícím se zdrojům. Chtějí snížit náklady, zvýšit produktivitu, nabízet vysoce kvalitní výrobky a zároveň snížit dopad na životní prostředí. Zde významně přispívá slévárenská chemie se svými inovovanými produkty, které nahrazují omezené a drahé suroviny za jejich výhodnější alternativy. Výzkum ASK Chemicals se zaměřuje na zvýšení účinnosti jednotlivých produktů při současném snižování emisí. Byla představena nová studie zaměřená výhradně na zkoumání vlivu jednotlivých složek, typických pro technologii Cold Box, na tvorbu emisí. Tato studie poskytuje poznatky pro vývoj ekologicky šetrnějších a udržitelnějších pojivových systémů.

Dvěma nežádoucími účinky technologie Cold Box na životní prostředí během procesu odlévání jsou tvorba emisí a hromadění kondenzátu. Na veletrhu GIFA 2023 společnost ASK Chemicals představila ECOCURE BLUE PRO, nejnovější pojivo pro technologii Cold Box s optimalizovanou účinností, které přispívá k řešení uvedených problémů. Slévárnám umožňuje snížit spotřebu, aniž by musely dělat ústupky z hlediska pevnosti, reaktivity nebo kvality odlitků. Snížení obsahu pojiva ve spojení se složením výrobku umožňuje další snížení emisí, zejména těkavých organických látek (VOC), směsi benzenu, toluenu a xylenu (BTX), fenolu a formaldehydu.

Zvyšování efektivity, produktivity a kvalita s vodním nátěrem MIRATEC BD

Klíčovými vlastnostmi máčecích nátěrů řady MIRATEC BD je minimální doba manipulace a schnutí, což vychází vstříc požadavkům na produktivitu sléváren nejen brzdových kotoučů. Díky složení, přesné manipulaci a vysoké přesnosti nanášení nátěru se snadno předchází vadám odlitků. Důležitým krokem pro zvýšení produktivity při sériovém lití je zamezení ulpívání zbytků nátěru na od-

litku. Přidáním speciálních odlupovacích přísad se společností ASK Chemicals podařilo vytvořit nátěr, který se od povrchu odlitku odděluje bez zanechání jakýchkoliv zbytků, čímž se eliminuje nutnost časově náročného čištění. Díky vysoké výtěžnosti materiálu nátěrů MIRATEC mohou slévárny vyrobit více jader než dříve s běžným množstvím nátěru. Nátěry řady MIRATEC rovněž nabízejí možnost snížit emise formaldehydu.

Aditiva VEINO ULTRA nahrazují formovací a pomocné materiály

Písková aditiva jsou obvykle používána k prevenci vad odlitků. Společnost ASK Chemicals jde se svými novými aditivami ještě o krok dál a poskytuje svým výrobkům další cenné výhody, které pomáhají optimalizovat celkové náklady na výrobu. Nové aditivum VEINO ULTRA MBM 2 umožňuje částečně či zcela eliminovat nutnost přidávání drahých speciálních ostřiv do směsí. Tato hybridní přísada, která je složena ze 70 % z anorganických složek, navíc zaujme nižší emisní zátěží.

Patentované aditivum VEINO ULTRA 2000 nabízí jadernám s technologií Cold Box možnost zvýšení produktivity díky čisticímu účinku na jaderníku. Inovativní „čisticí efekt“ vede k výraznému snížení nalepování formovací směsi na stěny jaderníku, a tak lze významně zkrátit dobu přerušení výroby a čištění jaderníku. Tímto je navíc minimalizována nutnost používání separátorů.

Témata a zajímavosti

Vystavené exponáty, každodenní odborné přednášky a prohlídka virtuální slévárny nabídly zájemcům možnost ponořit se ještě hlouběji do světa výrobků společnosti ASK Chemicals.



Obr. 1 K výrobě tohoto odlitku byly použity produkty ECOCURE BLUE, MIRATEC TS a aditivum VEINO ULTRA. Zákazníkovi jsme pomohli snížit emise a zároveň zvýšit produktivitu výroby bloku motoru.



Obr. 2 Pomocný rám elektromobilu vyrobený bezemisní technologií INOTEC.



Obr. 3 Nátěr a aditivum MIRATEC TS používané k výrobě klikové skříň šestiválce pro užitková vozidla.



Obr. 4 ASKURAN 3D – Nová technologie bez obsahu bisfenolu A umožňuje uživatelům přejít na bezpečný systém furanových pryskyřic, aniž by došlo ke snížení kvality procesu nebo odlitků.



Obr. 5 Brzdový kotouč vlaku vyrobený s naším nátěrem, pojivem a aditivem. Díky vysoce účinnému balíčku řešení se snižují emise těkavých organických látek (VOC) a směsi benzenu, toluenu a xylenu (BTX) a zlepšuje se ekologická stopa slévárny.



Obr. 6 ECOCURE SILVER použitý k výrobě průmyslového válce s nejnižší kourivostí.



Obr. 7 Forma vyrobená z MAGNASETU 2.0 – nové netoxické furanové pryskyřice šetrné k pracovnímu prostředí. Zobrazený odlitek je olejová vana pro užitková vozidla.

Kde je ukryt poklad – psáno do mědi

Kumránské svitky (Copper Scroll)

Kdo byl v Izraeli, možná navštívil jeskyni s tak zvanými Kumránskými svitky. Ty, o kterých je psáno níže, jsou z mědi. Nejstarší doklady o tavení tohoto kovu pocházejí z 3. tisíciletí ze severní Mezopotámie. V období Římské říše se měď těžila hlavně na Kypru, proto dostala jméno cyprium (kov Kypru); později se zkrátilo na cuprum.



Měděný svitek (označovaný 3Q15) je jedním ze svitků od Mrtvého moře nalezených v jeskyni 3 poblíž Kumránu Chirbet, ale výrazně se liší od ostatních. Zatímco ostatní svitky jsou psány na pergameni nebo papýru, tento svitek je napsán na kovu: mědi s asi 1 procentem cínu. Takzvané „svitky“ z mědi byly ve skutečnosti dvě oddělené části původně jediného svitku o délce asi 8 stop (240 cm). Na rozdíl od ostatních se nejedná o literární dílo, ale o seznam 64 míst, kde byly pohřbeny nebo ukryty různé předměty ze zlata a stříbra. Od ostatních svitků se liší hebrejštinou, pravopisem, paleografií (tvar písmen) a datem (cca 50–100 n. l., možná překrývající se s nejnovějšími kumránskými rukopisy). Od roku 2013 je měděný svitek vystaven v Jordánském muzeu v Ammánu.

Druhou zvláštností je svitek zhotovený z čisté mědi, který již nebylo

možné rozvinout, a tak byl rozřezán postupně na pláty, které pak byly položeny vedle sebe, takže text bylo možno přečíst.

Pásky měděného svitku od Mrtvého moře v Jordánském muzeu, z Kumránské jeskyně 3, 1. století n. l.

Pás 11 měděného svitku od Mrtvého moře v Jordánském muzeu, z Kumránské jeskyně 3, 1. stol. n. l.



INTERVIEW GIFA 2023

Otázky kladl: **Ing. Josef Hlavinka Managing Director of Foundry Association of the Czech Republic**

Odpovídala: **Mrs. Cherry Wu, Overseas Marketing Department/ Die Casting Division Yizumi Holdings, Co., Ltd.**



Letošní slévárenský veletrh GIFA v Düsseldorfu se v některých aspektech odlišoval od veletrhů, které proběhly v minulosti. Potvrzuje to například masivní účast firem z Asie, kdy počet vystavovatelů například z Číny, převyšoval co do počtu vystavujících, expozice firem z ostatních států včetně domácích, německých společností.

Jednou z vystavujících čínských firem byla společnost YIZUMI Holdings, Co.,Ltd. a její divize tlakového lití, která zaujala návštěvníky velikostí expozice a doprovodným programem.

Pro představení společnosti a jejích cílů do budoucna proběhl rozhovor s paní Cherry Wu, která odpověděla na otázky Ing. Hlavinky během jeho návštěvy expozice.

Otázka: Můžete prosím představit společnost Yizumi Holdings, její historii a nabízené portfolio technologií?

Odpověď: V loňském roce naše společnost oslavila výročí 20 let od jejího založení. Během těchto let prošla velmi rychlým vývojem. V roce 2002 byla společnost založena jako malý startup skupinou nadšených podnikatelů a profilovala se jako dodavatel technologického řešení pro vstřikování plastů v Číně. V roce 2004 byla založena divize tlakového lití, která byla následována v roce 2009 divizí, vyrábějící stroje pro vstřikování pryže a dále v roce 2013 divizí, která dodává rychloobalové systémy. Konečně, v roce 2014 byla doplněna divize robotických automatizovaných systémů, pro navýšení kompletních výrobních řešení pro zákazníky. V současné době máme 5 výrobních závodů v Číně, dva v Indii a další v U.S.A.

Otázka: Co nabízíte zákazníkům na letošním veletrhu GIFA?

Odpověď: Divize tlakového lití nabízí v současné době dvě řady tlakových lících strojů pod označením DM-HIIS a LEAP. Řada strojů LEAP byla vyvinutá ve spolupráci se specialisty z Evropy a je určena pro náročné zákazníky vyžadující stroj na vysoké technické úrovni s rychlou návrat-

ností investice. Proto zde na veletrhu vystavujeme tlakový lící stroj LEAP 840U s řídicím systémem ORCA. Úspěšně jsme také vstoupili do segmentu strojů „GIGAPRESS“ a nabízíme i stroje s uzavírací silou 90.000 kN pro výrobu rozměrných dílů pro automobilový průmysl (obr. 1).



Obr. 1 Tlakový lící stroj LEAP s uzavírací silou 90.000 kN pro výrobu odlitků velkých rozměrů

Ukázka tohoto odlitku o rozměrech 1520 x 1850 x 760 mm je k vidění na našem stánku.

Reagujeme také na rostoucí požadavky trhu na díly z hořčíku, kdy se zvyšuje jejich složitost a velikost.

Nabízíme proto slévárnám řešení s řadou strojů UNMGII s uzavírací silou 300-650-1250 a 1500 tun. Shodou okolností byla právě dnes na veletrhu podepsána Smlouva o strategickém partnerství s čínskou společností SINYU-AN ZM pro dodávku stroje Thixomolding s uzavírací silou 32.000 kN. Je to momentálně největší stroj této kategorie na světě.

Vystavujeme také ukázky dílů vyráběných na našich strojích technologie Thixomolding a některé klíčové komponenty stroje.

Otázka: V čem se liší vaše stroje od Evropské konkurence a jaké jsou jejich výhody?

Odpověď: Stroje Yizumi pro tlakové lití řady LEAP jsou již na obdobné technické úrovni jako stroje od zavedených evropských dodavatelů. Jedná se zde zejména o parametry lisovací jednotky, stabilitu procesu lití a řídicí systém ORCA. Hlavní výhodou je jistě poměr ceny a technické úrovně stroje, který umožňuje zákazníkům rychlou návratnost investice. Další výhodou mohou být i dodací termíny, které se pohybují od 5 do 8 měsíců pro stroje s maximální uzavírací silou do 50.000 kN podle jejich velikosti. Ve spolupráci s evropskými experty nabízíme také podporu při návrhu konceptu lící formy, nebo procesní podporu při rozběhu složitých projektů. Dobře organizovaná síť pro podporu prodeje a servisu v Evropě je pro každého zákazníka velkým přínosem. Yizumi Germany GmbH je určena k zajištění profesionálního servisu pokrývajícímu celou Evropu ve spolupráci se špičkovým servisním partnerem firmou DSD z Německa. Yizumi Germany GmbH zajišťuje rovněž rychlou dodávku náhradních dílů. Díky naší základně v Německu jsme schopni

aplikovat výrobní procesy podle evropských standardů a stejně tak reagovat na náročné požadavky evropského trhu. Oba dva tyto elementy podporují naše úsilí stát se špičkou v oblasti technologií pro slévárny. Tímto se odlišujeme od naší konkurence.

Otázka: Jak vidíte budoucnost společnosti a její další vývoj?

Odpověď: Naše společnost expanduje do zahraničí, během posledních let jsme otevřeli další závody v Indii a v U.S.A. V roce 2017 jsme otevřeli R & D centrum v Německu, kde se zabýváme vývojem projektů aditivních technologií, rozvíjíme technologii thixomolding pro výrobu dílů ze slitin hořčíku i technologii lisování plastů. Otevřeli jsme další technická centra ve Vietnamu, Brazílii nebo Thajsku. Díky velkým investicím do výzkumu a vývoje jsme v loňském roce otevřeli Globální inovační centrum v Číně, které se zabývá vývojem pokročilých technologií. Naším dlouhodobým cílem je pak uspokojit potřeby zákazníků díky vybudování lokálních prodejních a servisních center.

Jak vidíte, od poněkud skromných začátků prošla naše společnost díky práci Yizumi teamu opravdu úžasnou cestou během uplynulých dvaceti let. Yizumi Holdings, Co., Ltd tedy není běžnou čínskou společností, ale díky spolupráci s Evropskými specialisty, velkým investicím do



Obr. 2 Globální inovační centrum otevřené v roce 2022

vývoje, vlastním vývojovým centrem pro tlakové lití a technologii Thixomolding a mezinárodním týmem se již stala významným hráčem v této oblasti v celosvětovém měřítku.

Jako velkou výhodu pro zákazníky vidíme i to, že máme možnost nabídnout technologická řešení nejen pro tlakové lití se stroji se studenou komorou, teplou komorou a Thixomolding ale i stroje pro lisování plastů, stroje na vstřikování pryže a silikonů a aplikace pro aditivní technologie s použitím granulátů. Toto vše umožňuje zákazníkům kombinaci různých materiálů a vývoj nových produktů.

Děkuji za rozhovor.



V roce 1900 bylo v USA vyrobeno pouze 4 192 automobilů, z nichž 1 681 bylo poháněno párou a 1 575 bylo elektrických. Benzín byl s odstupem třetí, s 936 vyrobenými kusy. Parní vůz brzy odpadl jako nepraktický, a přenechal elektromobilům dobrou pozici, zejména když se zlepšily baterie a elektromotory. V dalších letech elektromobily v konkurenci se spalovacími motory již nestačily.

Způsoby a aplikace mazání pístů ve vysokotlakém lití

Methods and applications of piston lubrication in HPDC



Ing. Štěpán Krňávek
TIESSE PRAHA s.r.o.
stepan.krnavek@tiessepraha.cz



Technický úsek
spol. ALW Industry s.r.o.

Klíčová slova: vysokotlaké lití, mazání pístů, aplikace mazadel

Key words: HPDC, piston lubrication, applications of lubricants

Abstrakt: článek zaměřený na metody a způsoby mazání pístů, pojednává o typech používaných mazadel a možných způsobech aplikací těchto mazadel. Jsou uvedeny výhody a nevýhody různých způsobů mazání pístů a na závěr také uveden příklad z praxe, ze slévárny spol. ALW Industry s.r.o.

Abstract: article, aimed on methods and applications of piston lubrication deals about types of lubricants and possible methods of their applications. Advantages and disadvantages of these methods are mentioned and in conclusion is introduced one case from practice, from foundry of company ALW Industry s.r.o.

Úvod

Produktivita, kvalita a ekonomičnost slévárenské výroby při technologii lití slitin hliníku pod tlakem je také do značné míry ovlivněna správnou funkcí komory a licího pístu, což výrazně souvisí s jejich mazáním – **druhem použitého maziva** a také **způsobem jeho aplikace**. Možností, jak písty vhodně mazat existuje více a v podstatě je obtížné až nemožné říci, který z těchto způsobů je tím „nejlepším“. Je ale možné klasifikovat pro jaký proces a jeho podmínky bude onen způsob mazání pístů vhodný. Mezi druhy mazadel pístů stále patří mazání granulové a tekuté ve formě olejů, případně na bázi emulzí. Každé z druhů mazadel představuje určité výhody a nevýhody a také vyžaduje určité způsoby aplikace. Většinou tekutá mazání ve formě olejů umožňují více různých možností aplikace a právě volba způsobu aplikace je stále nekonečným tématem ve slévárnách. Cílem článku je tedy pojednat o těchto způsobech mazání pístů a zmínit vhodnost použití konkrétních aplikací na základě získaných praktických zkušeností.

Druhy mazadel pístů

Mezi dvě základní skupiny mazadel patří pevná maziva ve formě granulí a poté tekutá maziva ve formě olejů. U obou skupin mazadel pístů se může jednat o maziva s obsahem grafitu, nebo bez obsahu grafitu. Grafitová bývají většinou vhodná tam, kde podmínky provozu jsou ztížené – nedostatečně

chlazené písty, dělené komory, opotřebené komory, litinové písty, atd. V dnešní době se již maziva na bázi grafitu vyskytují velmi málo a to díky úspěšnému vývoji maziv bez obsahu grafitu. Oleje jsou zpravidla vhodné pokud je požadavek na dosažení vyššího stupně čistoty na tabletě a vtokové soustavě, a také menší nebo žádné tvorby plamene v oblasti nalévacího otvoru u komory. S granulami je čistota v okolí tablety mírně horší. Pokud jsou ale zvoleny granulace bez grafitu, většinou není problém s výskytem porezity, nebo jiné kontaminace taveniny. Oleje lze také dobře aplikovat v případě použití licích pístů s kroužky, kdy se olej dávkuje např. přes drážku v komoře přímo na kroužek pístu.

Naopak velmi **výraznou výhodou granulí** oproti olejovému mazání je jednodušší a efektivnější aplikace maziva. Granule mají pouze jeden způsob aplikace – dávkováním pomocí tlakového vzduchu z dávkovací trubice přímo do komory na dno, před licí píst. Tím, že je způsob aplikace granulí v podstatě jen jeden, odpadá nekonečná debata jakou zvolit aplikaci mazadla. Pokud je dávkování granulí správně nastaveno (správně seřízen tlak vzduchu, správně nasměrovaná trubice, správně seřízení dávky, atd.), dochází k tomu, že se granule nadávkuje po celé délce komory a po jejich roztavení vzniká mazací film na dně komory včetně odpaření části maziwa a namazání i horní části komory. K tomuto efektu u olejových mazadel nedochází a je obtížné dostatečně namazat konec komory a její horní stěny, což v některých případech či ztížených podmínkách může způsobovat problémy s mazáním pístů a jejich brzkým opotřebením, nebo se zasekáváním tablety na konci komory při jejím vytlačení. Obecně lze říci, že granulové mazání je velmi jednoduché a ve většině případů funkční vždy a to i ve ztížených provozních podmínkách (opotřebená komora, přehřátý píst či komora, a jiné).

Existují ale i inovativní způsoby olejového mazání, které dokáží problematiku aplikace olejů řešit, a o kterých bude v další části článku také pojednáno.

Možnosti aplikace granulového mazání

Jak již bylo uvedeno, aplikace granulí se provádí pouze jedním způsobem – nasměrováním dávkovací trubice do komory před licí píst (obr. 1). U tohoto způsobu aplikace můžeme občas vidět, že je dávkovací trubice umístěna do komory „přes“ dávkovací kanálek z dávkovací pece. Toto řešení není vhodné, jelikož se část granulí vycházejících z dávkovací trubice nalepuje na kanálek a nedostane se kompletní dávka granulí do komory, což obsluhu nutí zvyšovat dávku – tato úprava umístění trubice se provádí tam, kde není prostor v nalévacím otvoru pro dávkovací trubici. Dávkovací trubice může být statická, nebo s pojezdem. Pojezd se používá z toho důvodu, aby trubice nebyla trvale vystavena vysokým teplotám od komory a nedocházelo k ucpávání trubice roztavenými granulemi.



Obr. 1 Aplikace granulového mazání

Pokud je použita statická trubice, jedná se o jednoduché řešení s absencí dalšího zařízení. Zamezení ucpávání trubice je řešeno jejím chlazením pomocí tlakového vzduchu. Pro dosažení správné funkce granulí je pak nutné mimo jiné, dodržet několik hlavních zásad:

- granulě musí být dákovány co nejdříve po návratu pístu pro jejich dostatečné roztavení v komoře,
- ofuk formy ošetrovací hlavou nesmí granulě vyfoukat z komory,
- tlak vzduchu pro unášení granulí musí být správně seřízen tak, aby byla dávka granulí stabilní každý cyklus, ale také aby nedocházelo k znečištění okolí vlivem vysokého tlaku dávkování,
- dodržet co nejkratší délku vedení dávkovací hadice a dodržet shodnou výšku dávkovacího zařízení s komorou.
- správné seřízení množství granulí dle doporučení výrobce, dle vzhledu tablety, nebo velikosti plamene u komory a také dle velikosti dávky kovu či průměru pístu,
- tlakový vzduch zbaven vlhkosti.

Možnosti aplikace olejového mazání

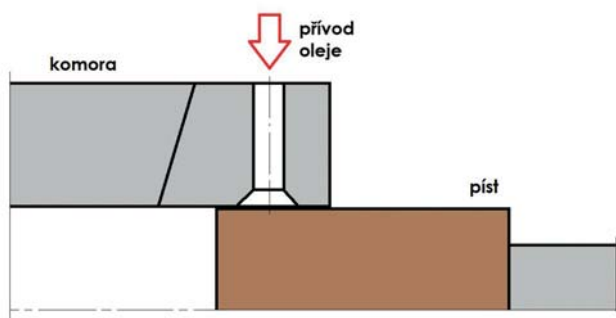
Olejové mazání pístu přináší více možností, jak olej aplikovat. Toto množství aplikací vytváří ve slévárnách otázky o tom, která aplikace je ta nejlepší. Každá aplikace má své výhody a nevýhody, jak bude dále uvedeno. U většiny aplikací olejového mazání je ale obtížné namazat konec komory, což lze řešit pouze speciálním typem aplikace, který bude později uveden.

Aplikace oleje na píst před komorou – tato varianta (obr. 2) je jedna z nejčastějších, kde její předností je menší kontaminace taveniny a tím i dosažení čistější tablety a vtoku, menšího rizika výskytu porezity v odlitku. Dosahuje se také výrazně menšího plamene u nalévacího otvoru, nebo až jeho úplného eliminování. Olej může být na píst aplikován vytékáním, nebo stříkáním, čímž se opět rozšiřují způsoby aplikace – stříkání je častější u větších pístů, tak aby olej obtékal větší část obvodu pístu. Nevýhodou této aplikace na píst před komorou je méně promazaná komora, primárně na jejím vzdálenějším konci, což někdy může způsobit problémy s vytlačováním tablety a přerušování cyklu, nebo s nalepováním slitiny v komoře. Nevýhodou je také částečné stírání oleje o komoru, obzvláště pokud komora nemá potřebné zkosení.



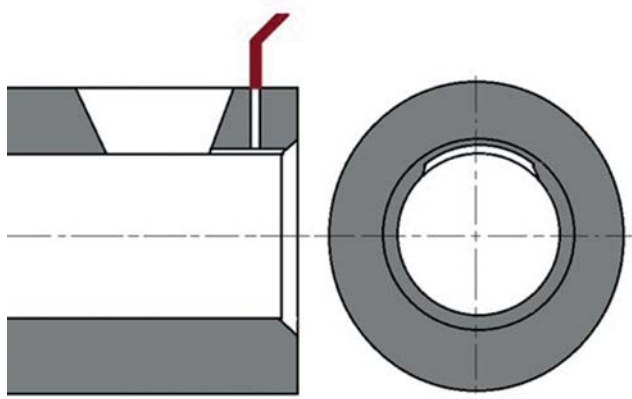
Obr. 2 Aplikace oleje na píst před komorou

Aplikace oleje na píst skrze mazací drážku v komoře – jedná se o podobnou variantu (obr. 3) jak výše uvedeno. Olej je zde aplikován vytékáním z trubičky přímo do otvoru v komoře, který přes drážku umožní oleji obtéci celý obvod pístu. Píst je lépe namazán na obvodu a stírání oleje o komoru je minimalizováno. Dosahuje se čistější tablety a vtoku. Stále ale zůstává nevýhoda menšího promazání komory, hlavně na jejím konci. Nevýhodou je také znečišťování drážky a její časté ucpávání (zalepování masnotou a hliníkovými otrěpy). Pak je nutné pravidelné čištění a údržba. Nevýhodou je také, že olej není hned vidět a vizuálně se tedy hůře kontroluje, jestli olej protéká a není systém ucpaný.



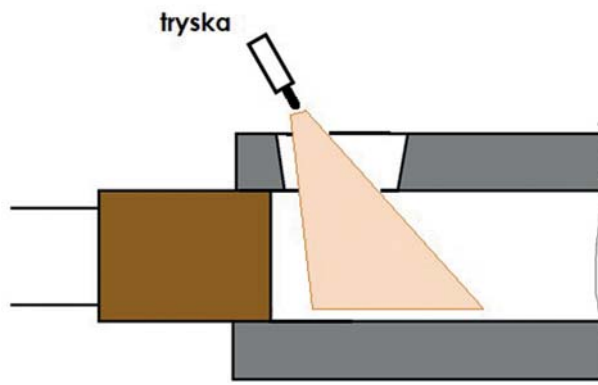
Obr. 3 Aplikace oleje přes drážku v komoře

Aplikace oleje do výřezu v komoře – jedná se opět o variantu s cílem lépe namazat obvod pístu, tak aby se olej nestíral o komoru z vnější strany. V horní části komory je konstruováno vybraní materiálu včetně otvoru pro usazení dávkovací trubičky pro vytékání oleje (obr. 4). Tímto způsobem je dobře namazán píst a méně se znečišťuje okolí pod komorou, tím že se olej méně stírá o komoru při rozjezdu pístu. Dosahuje se čisté tablety a vtoku. Stále ale není zajištěna efektivní distribuce oleje na konec komory.



Obr. 4 Aplikace oleje do výřezu v komoře

Aplikace oleje stříkáním do komory – způsob mazání, kdy je nutno použít dávkovací zařízení s tryskou a dávkovacím zařízením, které umožňuje olej dávkovat pod tlakem a rozprašovat olej vzduchem (obr. 5). Výhodou tohoto způsobu je lepší promazání komory tím, že se olej dostane na dno komory a při rozprašení vzduchem se dostává dále do komory. Často se tento způsob využívá tam, kde se vyskytuje problém s vytlačení tablety na konci komory při otevírání formy. Nevýhodou tohoto řešení je horší namazání pístu a může se dříve opotřebit (olej se nedostává na vrch pístu), horní stěny komory jsou hůře promazány. Také se bude tvořit plamen u nalévacího otvoru (stejně jako při aplikaci granulí). Pokud se tedy olej aplikuje do komory, je pak už vhodné použít granulové mazání, protože původní výhoda čistějšího vtoku a tablety dávkování oleje při jeho aplikaci do komory odpadá.



Obr. 5 Aplikace oleje stříkáním do komory

U olejového mazání je také důležitá **viskozita**. Volba vhodné viskozity je ovlivněna teplotou pístu, zvolenou aplikací oleje a druhem použitého dávkovacího zařízení. V případě aplikace na píst a písty, které nejsou ideálně chlazené a teploty jsou vyšší, než je obvyklé, pak je vhodnější používat oleje s vyšší viskozitou. Pokud by byl použit u pístů s vysokou teplotou olej s nízkou viskozitou, došlo by k velmi rychlému roztečení oleje a ten by se na pístu neudržel a stékal by pod komoru a většina dávky by se nepodílela na mazání pístu. Nízkou viskozitu u aplikace na píst je vhodné použít tam, kde jsou písty dobře chlazené, nebo podchlazené. Dále je důležitý typ použitého dávkovacího zařízení. Pokud dávkovací zařízení funguje na principu nasávání oleje, který není pod tlakem, je pak obtížné zajistit dostatečnou průchodnost oleje při vysoké viskozitě. Pokud je použito dávkovací zařízení, kde je olej v zásobníku pod tlakem (v tlakové nádobě), většinou není problém s vysokou viskozitou a průchodnost oleje nevykazuje problémy. V tomto ohledu naše spol. TIESSE PRAHA s.r.o. zastupuje italskou spol. LUBROCHEM Srl, která dodává různé typy olejů na mazání pístů (i granulí) včetně dávkovacích zařízení. Zde jsou k dispozici také dávkovací zařízení, kde je olej v zásobníku pod tlakem – tím je takové zařízení funkční u širokého rozsahu viskozit olejů.

Výše bylo popsáno několik základních variant aplikací olejových mazadel, které mohou být ještě různě modifikovány a tedy způsobů jak olej aplikovat je mnoho. Jak již bylo uvedeno, ve více případech je obtížné dosáhnout namazání komory po celé délce, na jejím konci i na horních stěnách – zvláště podstatné je řešit tuto problematiku u dlouhých komor. Toto úskalí lze řešit speciální aplikací oleje – **dávkováním přes mazací trubičky integrované v pístnici při zpětném pohybu pístu** komorou do základní pozice (obr. 6). Tento způsob mazání byl naší firmou TIESSE PRAHA s.r.o. a firmou LUBROCHEM Srl realizován ve slévárně ALW Industry s.r.o. V další části článku bude tento způsob popsán včetně dosažených výsledků při dlouhodobém testování.

Aplikace oleje s integrovaným mazáním v pístnici ve slévárně ALW Industry s.r.o.

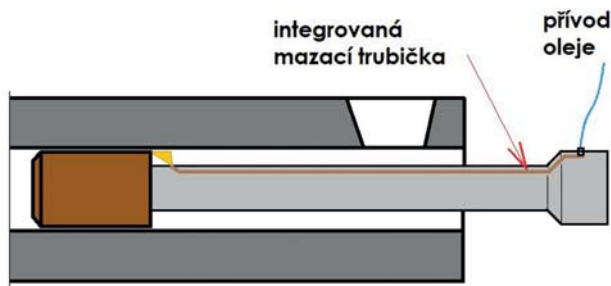
Ve slévárně u licího stroje Colosio PFO 1200 tun byl prostor realizovat testy na zvýšení životnosti pístů. Se slévárnou ALW Industry s.r.o. bylo dohodnuto testování a společný vývoj tohoto speciálního způsobu přes integrované mazání v pístnici. Spol. LUBROCHEM Srl dodala na testy upravenou pístnici (obr. 7) s integrovanými mazacími trubičkami (dvě trubičky vložené do vyfrézované drážky v pístnici) včetně tlakového dávkovacího zařízení (obr. 8).

Aby byl systém tohoto mazání funkční, musel být v licím stroji Colosio nastaven signál na aktivaci mazání pístu při jeho návratu zpět z komory do základní pozice (po ukončení čekání pístu v pozici při postřiku formy). Pro první testy bylo použito pouze časové relé, kde došlo k nastavení spuštění mazání při rozjezdu pístu zpět včetně nastavení času – ten byl nastaven na čas 0,7 s tak, aby bylo mazání ukončeno, než vyjede pístnice z komory. Velikost dávky byla seřízena i stavěcím šroubem na trysce, která otevírá přívod oleje. Hmotnost dávky oleje na **cyklus** byla změřena **1,0 ml** při použitím celistvém pístu (s vyměnitelným pláštěm) průměru 90 mm. Použit byl syntetický olej spol. LUBROCHEM Srl řady LUBRO ER. Původní dávka při klasickém mazání byla vyšší než 2,0 ml.

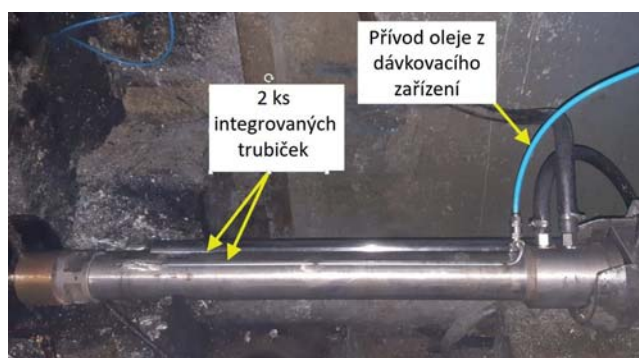
Po první licí sérii byly zjištěny velmi **pozitivní výsledky**. Z původní životnosti pístů při klasické aplikaci oleje na píst (do výřezu v komoře), se dosáhlo **navýšení životnosti pístů o cca 65 %** díky způsobu integrovaného mazání v pístnici. Dále bylo možné dosáhnout nižších dávek oleje. Také bylo dosaženo čistějšího okolí pod komorou bez úkapů oleje tím, že se olej nanese rovnoměrně po délce komory.

Dlouhodobé testování probíhalo celý rok, a bylo stále dosahováno pozitivních výsledků. Během testování došlo i k havárii na pístnici a poškození olejových trubiček na připojovací straně pístnice. Pístnice v ručním režimu přejela bezpečnou kótu, která v automatickém cyklu zajišťovala nepoškození koncové části trubiček. Koncová část vyčnívala nad obrys pístnice. Slévárna ALW Industry s.r.o. poté provedla vlastní úpravu trubiček – koncová část trubiček byla vložena více do hloubky v pístnici, do předem připravených drážek tak, aby riziko dalších havárií bylo minimalizováno. Navíc bylo slévárnou ALW Industry s.r.o. připraveno řešení, jehož realizace je v plánu – trubičky budou navíc upraveny tak, aby je bylo možno snadno vyměnit za předpřipravené díly (obr. 9). Původní návrh s bodově navařenými trubičkami v drážce byl méně vhodný pro údržbu.

Na základě ročního vyhodnocení a dosažení pozitivních výsledků bylo potvrzeno používání tohoto systému mazání u stroje Colosio PFO 1200, kde firmou **COLOSIO** byla realizována **extra softwarová úprava v ovládacím panelu licího stroje**. S touto úpravou je nyní možné aktivovat klasické, nebo toto speciální mazání pomocí pístnice a hlavně lépe řídit dávkování oleje – nastavit počáteční bod mazání a ukončení mazání dle dosažené kóty pístu, nebo času.



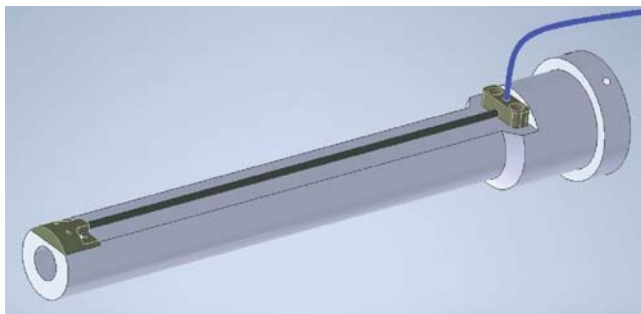
Obr. 6 Integrované mazání v pístnici



Obr. 7 Pístnice s integrovaným mazáním



Obr. 8 Dávkovací zařízení



Obr. 9 Úprava integrovaného mazání

Závěr

Když shrneme popsané praktické zkušenosti s olejovým, nebo granulovým mazáním pístů, lze říci, že granulové mazání pístů je většinou funkční vždy i při ztížených podmínkách. Má i své nevýhody, které ale nejsou nijak zásadní (např. menší čistota vtoku a tablety, nebo vývin plamene u komory). U olejového mazání existuje mnoho způsobů, jak jej aplikovat, ale žádný ze způsobů nevyřeší všechna úskalí olejového mazání. U všech způsobů aplikace (vyjma aplikace přes integrované trubičky v pístnici, nebo pístní kroužek) je obtížné namazat komoru po celé délce, což může v některých případech zhoršovat životnost pístů, nebo komplikovat vytlačení tablety z komory po otevření formy.

Podstatného zlepšení životnosti pístů s olejovým mazáním a eliminace problémů s vytlačáním tablety se do-

sahuje **speciální aplikací oleje při zpětném pohybu pístnice** z komory s integrovaným mazáním v pístnici. Olej je rozprašován vzduchem přímo za píst a využívá se i tvorby olejové mlhy, která usedá na stěny komory, podobně jako při rozprachu a následného roztavení granulí v lici komory. Tento způsob aplikace je vhodný hlavně u dlouhých komor a umožňuje namazat komoru po velké části její délky.

Je potřeba ale zmínit i několik úskalí tohoto systému. Při jejich zvládnutí je ale systém tohoto mazání velmi efektivní. V první řadě je nutná větší příprava tohoto systému mazání včetně dodržování technologické kázně. Dále např. pro malé průměry pístnic je systém integrovaného mazání méně vhodný - došlo by k oslabení pístnice při namáhání na vzpěr, což je ale možné řešit např. využitím pouze jediné trubičky, oproti dnešním dvěma. Dále se během provozu ukázalo, že kontrola mazání je obtížnější, ale i tak řešitelná. Při mazání vychází z komory minimální stopa mlhy a je potřeba funkčnost mazání prověřit v ručním režimu, vizuálně přímo na pístnici v její základní pozici otestováním dávky z panelu liciho stroje.

Přínosy tohoto systému mazání na základě praktických dlouhodobých zkoušek ve slévárně spol. ALW Industry s. r. o. jsou následující:

- zvýšení životností pístů až o 65 %,
- úspora maziva snížením dávkování,
- zvýšení stability procesu lití,
- zvýšení čistoty prostředí.



Elektrické auto
Thomase Parkera,
Anglie 1895

Sledování kvality slitin hliníku a vyrobených pístů spalovacích motorů

Monitoring the quality of aluminum alloys and manufactured internal combustion engine pistons



Prof. Ing. Iva Nová, CSc.
Technická univerzita v Liberci
iva.nova@tul.cz



Ing. Milan Jelínek, Ph.D.
Technická univerzita v Liberci
milan.jelinek@tul.cz



Ing. Dan Konečný
Technická univerzita v Liberci
da.konecny@seznam.cz

Key words: aluminium alloys, properties, internal combustion engine pistons, microstructure, EDS analysis.

Abstrakt: Tento článek pojednává o možnostech sledování kvality použitých slévárenských slitin a ukazuje na důležité souvislosti, které musí být zajištěny při slévárenské výrobě kvalitních pístů spalovacích motorů ze slitin hliníku. Pro výrobu pístů je rozhodující konstrukce s ohledem na jejich tvarovou stabilitu, navržený materiál a technologie výroby pístů v souvislosti s jejich potřebnými mechanickými a užitnými vlastnostmi. Náš výzkum byl zaměřen na sledování kvality dvou typů slitin hliníku KS 1275 a KS 1295 z hlediska jejich náchylnosti k naplynění. Pro sledování vad vyrobených pístů je možno použít průmyslový počítačový tomograf CT ZEISS METROTOM 1500, tak jak bylo aplikováno v tomto případě. Dále kvalita vyrobených odlitků pístů byla ověřena sledováním jejich mikrostruktury, současně byla použita i EDS analýza.

Abstract: This article discusses the possibilities of monitoring the quality of used foundry alloys and points to important connections that must be ensured during the foundry production of high-quality internal combustion engine pistons from aluminium alloys. For the production of pistons, the design with regard to their shape stability, the designed material is decisive and piston production technology in connection with their necessary mechanical and utility properties. Our research was focused on monitoring the quality of two types of aluminium alloys KS 1275 and KS 1295 in terms of their susceptibility to gassing. To monitor the defects of manufactured pistons, it is possible to use the CT ZEISS METROTOM 1500 industrial computer tomograph, as was applied in this case. Furthermore, the quality of the produced piston castings was verified by monitoring their microstructure at the same time they were used and EDS analysis.

Úvod

Písty spalovacích motorů jsou velmi tepelně a mechanicky namáhané části spalovacích motorů. Tepelné namáhání pístu spalovacího motoru je závislé na výši teploty hoření pohonné směsi ve válci. Tyto teploty jsou cca 2200 K až 2800 K, [1], [2]. Tyto teploty spolu s třením ovlivňují teplotu na pístech. Maximální teplota na pístu u spalovacího motoru zážehového je 350 °C a motoru vznětového je té-



měř 400 °C, [1]. Nejvíce je tepelně namáháno dno pístu, přechodové hrany mezi dnem pístu a horním můstkem. Dno pístu je vystavováno intenzivnímu cyklickému ohřevu. Dno pístu u vznětových motorů je vystavováno teplotě až 375 °C. Pokud je píst vyroben ze slitiny hliníku, pak tato teplota by neměla být překročena, protože při této teplotě výrazně klesá pevnost hliníkových slitin u odlévaných i kovaných pístů.

Také tlak spalin v motoru ovlivňuje životnost pístů, [1], [2]. U zážehových motorů jsou tyto tlaky 5 až 6 MPa a u přeplňovaných vznětových motorů 12 až 14 MPa, [2], [3].

Jak je obecně známo, úkolem pístu je iniciace přenosu energie, která se získává hořením paliva (píst dnem zachytává expanzní tlak plynů vzniklých hořením). Přenos energie je prostřednictvím pístu postupně na ojnici, klikový hřídel až po náhon kol automobilu.

S tepelným a mechanickým namáháním pístů souvisí i jejich konstrukce a materiálové vlastnosti, které musí být v souladu s jejich užitnými vlastnostmi. Pro jeho zhotovení, z důvodu maximální redukce setrvačných hmot se využívají především slitiny hliníku, které také vykazují vysoký součinitel tepelné vodivosti. Požadavky kladené na vlastnosti pístů spalovacích motorů jsou někdy dosti protichůdné. Konstrukčním řešením se vyžaduje malá hmotnost, avšak odpovídající tuhost i pevnost při jeho mechanickém i tepelném namáhání, [1], [2]. Z hlediska materiálu ze kterého je píst vyroben, se také vyžaduje vysoká hodnota tepelné vodivosti a současně nízká hodnotu teplotní roztažnosti. *Zdrojem všech obrázků jsou autoři.*

1. Charakteristika slitin hliníku pro výrobu pístů spalovacích motorů

Pro výrobu pístů spalovacích motorů se používají především dva druhy slitin hliníku. Hliníkové slitiny s křemíkem a slitiny s mědí (resp. mědí a niklem). Jejich vyhovujícími vlastnostmi je malá hustota, od 2540 do 2650 [kg·m⁻³], vysoká tepelná vodivost, cca více jak 150 [W·m⁻¹·K⁻¹], avšak nevýhodou je jejich velká teplotní roztažnost, která činí až cca 22,0·10⁻⁶ [K⁻¹]. Nevýhodou těchto slitin je pokles tvrdosti s rostoucí teplotou nad teplotu 350 °C a také jejich horší slévateľnost, ČERNOCH [3]. Používané slitiny hliníku s křemíkem (siluminy) pro výrobu pístů spalovacích motorů obsahují od 10 do 25 % křemíku. Význam ve slitinách hliníku pro výrobu pístů mají podle výzkumníků [4], [5], [6], [7], [8] a [9] legující prvky Ni, Cu, Cr, Fe, Mn. Tyto prvky vytváří v hliníku příznivé fáze, které jsou stabilní při vyšších teplotách a také zvyšují mechanické vlastnosti vyráběných pístů, [10]. Slitiny hliníku pro výrobu pístů spalovacích motorů jsou legovány především niklem, mědí a hořčíkem v různém poměru. Nikl se používá nejčastěji v kombinaci s mědí, což přispívá k nižší hodnotě teplotní roztažnosti materiálu pístu a současně zlepšuje jeho mechanické vlastnosti za vyšších teplot. Hořčík v těchto slitinách v kombinaci s niklem nebo v kombinaci s niklem a mědí zvyšuje pevnost a tvrdost po tepelném zpracování pístů, tzv. precipitačním vytvrzováním. V těchto slitinách je poměrně dovolen velký obsah železa (cca 0,6 až 0,9 %). Mimo prvků definovaných v normě ČSN EN 1706 je u několika slitin definován obsah vápníku, sodíku, kobaltu vanadu a zirkonia. Současné slitiny pro výrobu pístů spalovacích motorů obsahují toto množství legujících prvků: 10 až 25 % hmot. křemíku; 0,5 až 5,5 hmot. % mědi; 0,6 až 1,3 hmot. % hořčíku; 0,5 až 3,0 hmot. % niklu; cca 1,3 hmot. % železa; 1,0 hmot. % manganu; malé množství kobaltu, zirkonia, titanu a vanadu, [11].

Struktura pístů spalovacích motorů je závislá na použité příslušné slitině hliníku. U slitin hliníku s křemíkem se jedná o eutektické (cca 12 až 13 % Si) nebo nadeutektické slitiny (14 až 25 % Si, i výše). Tyto slitiny se vyznačují dobrou odolností vůči korozi, nízkým koeficientem teplotní roztažnosti a dobrou pevností [12]. Naopak podeutektické slitiny hliníku s křemíkem (<12 % Si) se pro výrobu pístů nepoužívají, protože obsahují mnoho primárního hliníku (fáze α) a eutektický křemík. Eutektický křemík je křehký a vyznačuje se dendritickou až jehlicovitou morfologií. Eutektické slitiny Al-Si pro výrobu pístů (12-13 % Si) jsou složené z eutektické fáze Al-Si, zatím co nadeutek-

tické slitiny hliníku obsahují hrubé primární částice křemíku, [13]. Také se u těchto slitin využívají legující prvky, které zlepšují vlastnosti.

Některé slitiny typu Al-Si nelze pro výrobu pístů používat, protože dosažená mikrostruktura těchto slitin není schopná dosahovat potřebnou pevnost a únavovou pevnost při teplotách 260 až 370 °C, [14].

2. Sledování vlastností pístů spalovacích motorů ze slitin hliníku

Vlastnosti slitin hliníku, které jsou uvedeny v tomto příspěvku, byly zaměřeny na komplexní sledování materiálových vlivů, které působí na kvalitu vyráběných pístů spalovacích motorů. Z dříve uvedeného vyplývá, že pro výrobu kvalitních pístů spalovacích motorů je důležité chemické složení slitiny hliníku, kvalita její metalurgické přípravy, technologie odlévání, nejčastěji gravitačního lití do kovové formy. V tomto příspěvku jsou uvedeny metody, které vedou k získání důležitých informací o slitině nebo o vyrobeném hliníkovém pístu.

Pro analýzu vlastností byly použity dvě hliníkové slitiny, slitina Kolbenschmidt 1275 (KS 1275) a slitina Kolbenschmidt 1295 (KS 1295), viz obr. 1, které se používají k výrobě pístů spalovacích motorů do mnoha automobilů.



Obr. 1 Části housek slitin hliníku KS 1275 a KS 1295 pro výrobu pístů spalovacích motorů

V tabulce 1 je chemické složení hliníkových slitin KS 1275 a KS 1295 dle normy EN AC. Dále je v tabulce 1 uvedeno chemické složení housek obou hliníkových slitin (KS 1275 a KS 1295), které jsou uvedeny na obr. 1. Chemické složení materiálů těchto housek bylo sledováno pomocí spektrometru Q4 Tasman.

Chemické složení slitin KS 1275 and KS 1295 [hmot. %]											
Slitina	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	V	Zr
KS1275	11.5 až 12.5	0.7	0.5 až 1.3	0.2 až 0.3	1.3 až 1.7	0.1	0.8 až 1.2	0.15	0.2	-	-
KS1295	11.0 až 13.0	0,7	3.0 až 5.0	0.3	0.5 až 1.2	0.05	1.0 až 3.0	0.3	0.2	0.18	0.20
Naměřené chemické složení spektrometrem Q4 Tasman											
KS1275	11.6	0.57	0.9	0.22	0.84	-	1.10	0.11	0.2	-	-
KS1295	12.4	0.66	4.4	0.26	1.11	0.03	2.32	0.35	0.19	0.15	0.16

Tab. 1 Chemické složení slitin KS 1275 and KS 1295

2.1 Hodnocení naplynění taveniny slitin KS 1275 a KS 1295

Pro komplexní sledování vlastností použitých slitin hliníku KS 1275 a KS 1295 byla použita metoda – tzv. Dross Test, viz obr. 2. Na obr. 2 je znázorněno zařízení Unterdruckdichte-Gerät Vacuum Density Tester 3VT plus MK Industrievertretungen GmbH, s jehož pomocí byla zkouška naplynění taveniny slitiny hliníku provedena.

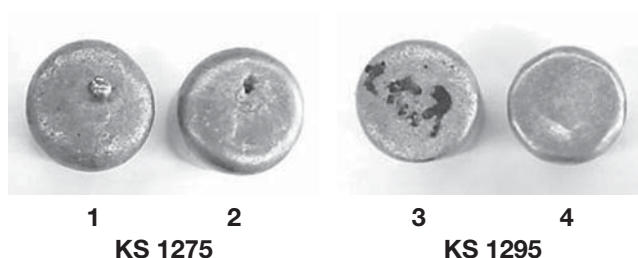


Obr. 2 Přístroj Unterdruckdichte-Gerät Vacuum Density Tester 3VT plus

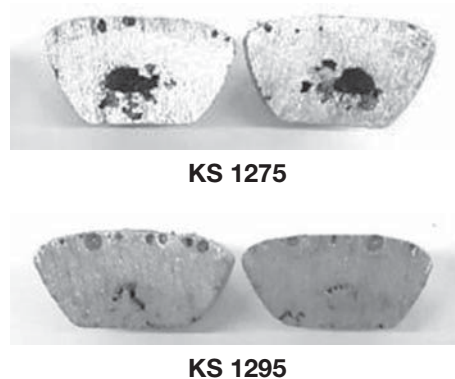
Touto metodou lze sledovat obsahu vměstků a naplynění těchto slitin. Naplynění taveniny (nejčastěji množství vodíku) se zjišťuje pomocí metody dvojího vážení vzorků. Tato metoda funguje na základě porovnání dvou zkušebních vzorků, které tuhnou při různých tlacích a tím také vykazují různou hustotu. Jeden vzorek tuhne při atmosférickém tlaku, zatímco druhý tuhne za podtlaku ve „vakuu“ (80 mbar). Rozpustnost vodíku je zákonitě menší u hliníkového vzorku ztuhlého za podtlaku, proti vzorku ztuhlému za atmosférického tlaku, ve kterém je vyloučeno více plynových bublin. Tyto bubliny pak snižují celkovou hustotu vzorku. Dále na tomto zařízení lze provádět tzv. *Straube-Pfeifferův test* s využitím tlaku 30 mbar pro posouzení vnitřní kvality vzorku z hlediska vodíkových pórů a oxidů. Zařízení Unterdruckdichte-Gerät Vacuum

Density Tester 3VT plus slouží jak pro výrobu vzorků, ale také pro analýzu vzorků (stanovení naplynění a hustoty).

Na obr. 3 jsou oba vyrobené vzorky ze slitin KS 1275 a KS 1295. Na obr. 4 jsou svislé řezy vzorků obou analyzovaných slitin KS 1275 a KS 1295. V tabulce 2 jsou získané hodnoty analyzovaných vzorků.



Obr. 3 Půdorysný pohled na vzorky ze slitin hliníku (KS 1275a KS 1295) vyrobených na analyzátoru Unterdruckdichte-Gerät Vacuum Density Tester 3VT plus



Obr. 4 Vertikální řez vzorky ze slitin hliníku (KS 1275 a KS1295) vyrobenými a analyzovanými na zařízení Unterdruckdichte-Gerät Vacuum Density Tester 3VT plus

Číslo vzorku	Označení slitiny	Tlak při tuhnutí vzorku [mBar]	Hmotnost vzorku [g]	Index hustoty [%]
1	KS 1275	80	68,24	2.91
2	KS 1275	30	42,18	
3	KS 1295	80	73,35	1.35
4	KS 1295	30	46,09	

Tab. 2 Hodnoty hmotností vzorku a stanovení indexu a index hustoty vlivem přítomnosti plynů v sledovaných slitinách

Z této analýzy obou slitin je zřejmé a také logické, že více legovaná hliníková slitina KS 1295 (AlSi12Cu4Ni-2Mg) je kvalitnější pro výrobu pístů, než méně legovaná hliníková slitina KS 1275 (AlSi12CuNiMg).

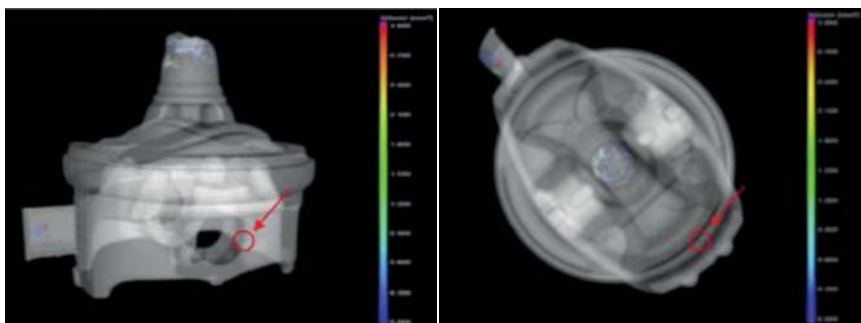
2.2 Sledování porezity odlitků pístů pomocí průmyslového tomografu

Pro sledování porezity na průmyslovém tomografu byly použity písty ze slitiny hliníku KS 1295, které jsou na obr. 9. Písty byly vyrobeny gravitačním litím do dvou kovových temperovaných forem z nástrojové oceli ČSN EN 1.2343. Líc formy byl ošetřen teplovzdorným nástřikem (Molybdkombin UMF T4). Formy byly uloženy na stroji pro gravitační lití. Na gravitačním stroji byly obě formy propojeny vtokovou soustavou, která má jeden svislý kanál se vstupní nálevkou pro odlévání taveniny. Do tohoto svislého kanálu je v dolní části připojen vodorovný kanál, který je na svých koncích propojen s dutinami obou forem. Tuto situaci je možno sledovat na dvojici surových odlitků, viz obr. 10, vlevo. Příslušné hliníkové slitiny (KS 1275 a KS 1295) byly pro výrobu pístů taveny v plynové peci. Taveniny byly před odléváním do slévárenské formy rafinovány a metalurgicky ošetřeny a odlévány při jejich teplotě 720 °C. Tím sloupec taveniny hliníkové slitiny ve formě dosahuje příznivé tepelné vlastnosti a tím dochází k výrobě hutných odlitků (tj. odlitků bez vnitřních vad a porezity). To je velmi výhodná technologie pro výrobu pístů, které jsou při jejich provozu vystaveny teplotám nad 300 °C. Kompaktnost pístů spalovacích motorů je důležitá proto, že porezita představuje místa, kde je soustředěný vzduch v odlitku. Také plynové bubliny zvyšují svůj objem při zvýšené teplotě a při provozu pístu vzniká nebezpečí jejich porušení.



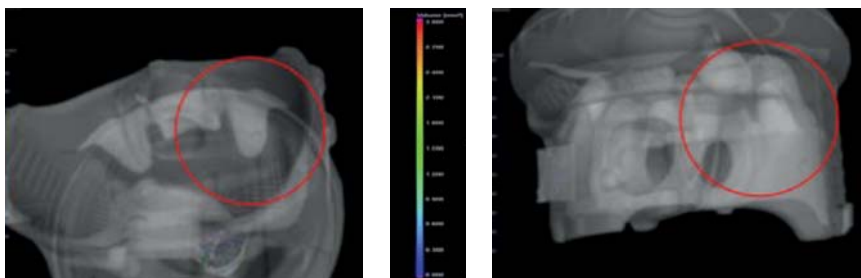
Obr. 9 Odlitek pístů s vtokovou soustavou (vlevo), odlitek pístu z boku (vpravo)

S použitím průmyslového tomografu CT ZEISS METROTOM 1500 byla sledována porezita odlitků, viz obr. 9. Pohled na odlitek, jehož porezita byla sledována na průmyslovém tomografu, je na obr. 10 a na obr. 11. Na obr. 10 vpravo je barevná stupnice znázorňující objem oblastí mikroporezity v mm³ sledovaného reálného odlitku. Barevná stupnice představuje škálu objemů od 0 mm³ do 3 mm³. Tmavě modrá barva (v dolní části stupnice) odpovídá rozmezí 0 mm³ až 0,300 mm³, světle modrá barva představuje rozmezí 0,300 mm³ až 0,600 mm³, dále světle zelená barva odpovídá rozmezí 0,600 mm³ až 0,900 mm³. Barevná stupnice dále postupuje zelenou, žlutou, oranžovou až k červené barvě, která odpovídá rozmezí 2,700 mm³ až 3,000 mm³. Tato stupnice náleží všem následujícím obrázkům, které byly pořízeny na průmyslovém tomografu za účelem sledování mikroporezity. Z obr. 10 (vlevo) a z obr. 10 (vpravo) vyplývá, že mikroporezita je soustředěna v oblasti náličky a ve vzdálenějších místech vtokové soustavy od jejího zaústění do odlitku pístu (obr. 10, vlevo). Na tomto obrázku je také zřejmá mikrostaženina velmi malých rozměrů v okolí oka pístu pro pístní čep. Její velikost odpovídá malé hodnotě objemu (cca 0 mm³ až 0,150 mm³). Na obr. 11 je pohled na jiná místa sledovaného odlitku.



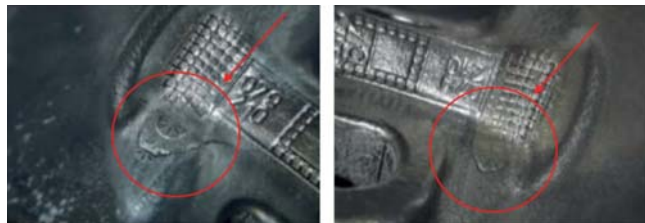
Obr. 10 Pohledy na metalurgicky vyrobený odlitek pístu spalovacího motoru s vyznačením porezity, získáno na průmyslovém tomografu CT ZEISS METROTOM 1500

Na obr. 12 je pohled na vyrobené odlitky a jejich vady, které jsou patrné z vizuální kontroly. Na obr. 12a) a obr. 12b) je pohled do vnitřní části pístů. Na obr. 12c) a na obr. 12d) je pohled na vnější část pístů.



Obr. 11 Pohled na jiná místa metalurgicky vyrobeného odlitku pístu spalovacího motoru s vyznačením míst vzniku možných staženin získáno na průmyslovém tomografu CT ZEISS METROTOM 1500

Z obr. 12a), obr. 12b), obr. 12c) a obr. 12d) jsou patrné vady na odlitku reálných pístů spalovacích motorů. Tyto vady mohou být předurčeny na základě provedených numerických simulačních výpočtů tuhnutí a chladnutí pístů spalovacích motorů. To v případě, pokud je k dispozici vhodný slévárenský simulační program.



a) b)

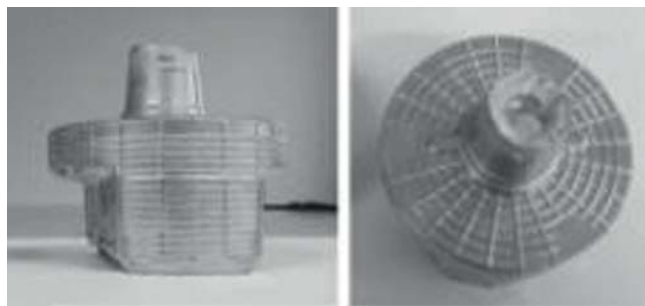


c) d)

Obr. 12 Pohled na vyrobené odlitky a jejich vady z vizuální kontroly, nahoře pohled do vnitřní části pístů, dole pohled na vnější část pístů

V další části našeho výzkumu byla sledována porezita vybraných odlitků pístů spalovacích motorů ze dvou slitin hliníku KS 1275 (AlSi12CuNiMg) a KS 1295 (AlSi12Cu4Ni2Mg), viz obr. 13. Písty spalovacích motorů byly vyrobeny gravitačním litím.

Pro zvýšení odolnosti pístu proti tlaku plynů při expanzi se do slévárenské formy vkládá litinový kroužek - tzv. nosič pístního kroužku (v pístu odpovídá oblasti prvního stíracího kroužku). Před vložením se tento kroužek vyrobený z litiny s lupínkovým grafitem namáčí po dobu cca 4 minut do alfinální lázně (slitiny AlSi12 o teplotě 720 °C). Následně je tento kroužek vkládán na jádro otevřené slévárenské formy a zaléván příslušnou taveninou hliníkové slitiny pro výrobu pístů. Na obr. 13 jsou uvedeny typy analyzovaných pístů.



a)



b)

Obr. 13 Písty spalovacích motorů ze slitin a) KS 1275 (AlSi12CuNiMg), b) KS 1295 (AlSi12Cu4Ni2Mg)

Na obr. 14 jsou řezy dvou pístů z hliníkových slitin (KS 1275 a KS 1295), které byly provedeny za účelem sledování kvality stěn pístů a doložení kompaktnosti jejich stěn bez porezity a mikrostaženin.



a)

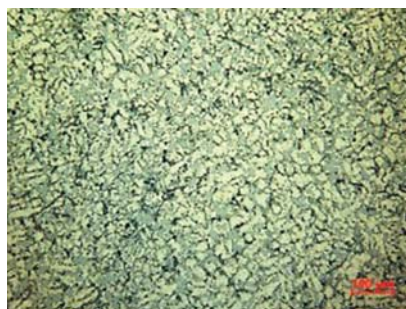


b)

Obr. 14 Svislý řez pístů ze slitin a) KS 1275 (AlSi12CuNiMg), b) KS 1295 (AlSi12Cu4Ni2Mg) za účelem doložení kompaktnosti stěn pístu bez porezity a mikrostaženin

Dále na těchto pístech byla sledována mikrostruktura. K tomuto účelu byl použit světelný mikroskop (NEOPHOT 21, výrobce Carl Zeiss Jena – SRN). Z obou pístů slitin hliníku byly standardním způsobem (broušeny, leštěny a leptány, použito leptadlo na bázi kyseliny fluorovodíkové, 50 cm³ kyselina fluorovodíková, HF 40 % roztok a 950 cm³ destilovaná voda) připraveny vzorky pro metalografické pozorování struktury. Tento mikroskop je opatřen vestavěnou kamerou a její obraz je hodnocen softwarem NIS Elementas AR.

Na obr. 15 až 18 jsou uvedeny mikrostruktury vzorků pístů spalovacího motoru ze slitiny KS 1275 (AlSi12NiMgCu) a ze slitiny KS 1295 (AlSi12Cu4Ni2Mg).

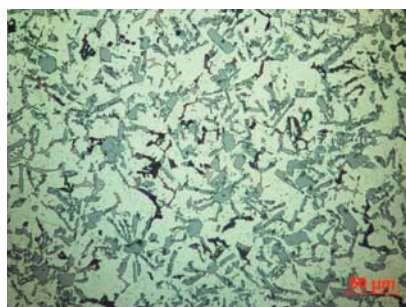


a)

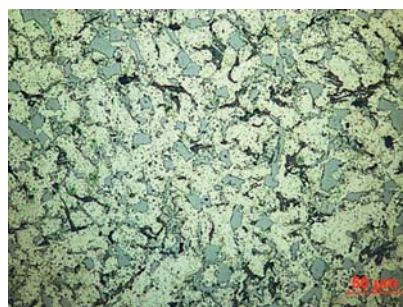


b)

Obr. 15 Mikrostruktury obou typů hliníkových slitin KS 1275 (vlevo) a KS 1295 (vpravo) pístů spalovacích motorů, zvětšení 100 násobné, leptadlo kyselina fluorovodíková + voda

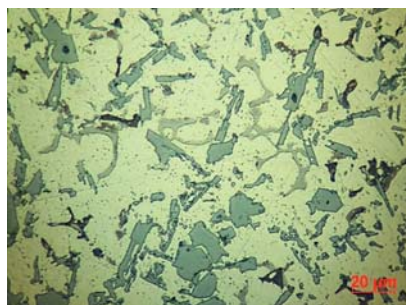


a)

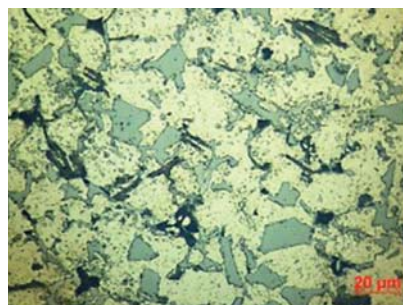


b)

Obr. 16 Mikrostruktury obou typů hliníkových slitin KS 1275 (vlevo) a KS 1295 (vpravo) pístů spalovacích motorů, zvětšení 250 násobné, leptadlo kyselina fluorovodíková + voda

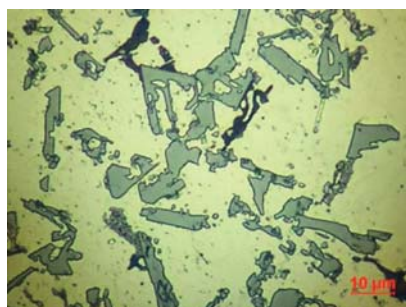


a)

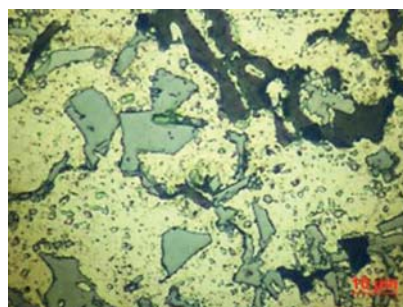


b)

Obr. 17 Mikrostruktury obou typů hliníkových slitin KS 1275 a), KS 1295 b) pístů spalovacích motorů, zvětšení 500 násobné, leptadlo kyselina fluorovodíková + voda



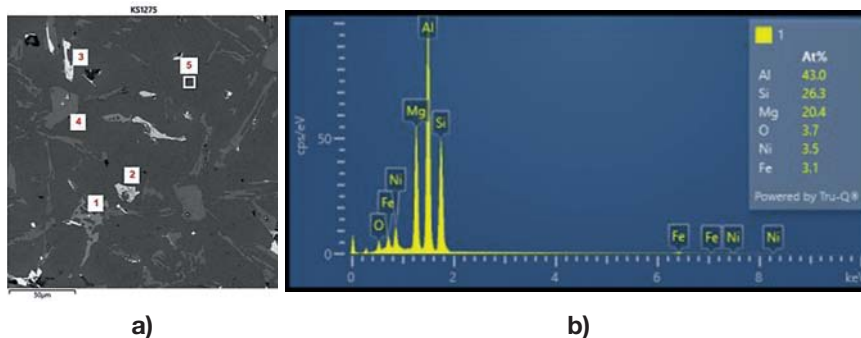
a)



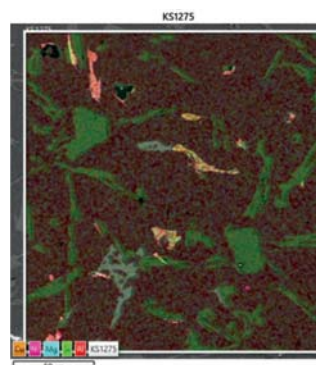
b)

Obr. 18 Mikrostruktury obou typů hliníkových slitin KS 1275 a), KS 1295 b) pístů spalovacích motorů, zvětšení 1000 násobné, leptadlo kyselina fluorovodíková + voda

Dále byla provedena energiově disperzní spektroskopie (EDS analýza) obou materiálů (KS 1275 a KS 1295) pístů spalovacích motorů. K tomuto účelu byl použit scanovací elektronový mikroskop (SEM) TESCAN, model Mira 3, company TESCAN Brno. Na obr. 19a) je uvedena mikrostruktura hliníkové slitiny KS 1275 (AlSi12CuNiMg) z jejího lokálního místa a na obr. 19b) jsou spektra obsažených prvků, která byla získána prostřednictvím elektronového mikroskopu. Na obr. 20 je mikrostruktura slitiny KS 1275 (AlSi12CuNiMg) s uvedením prvků Cu, Ni, Mg, Si a Al zastoupených v této slitině.



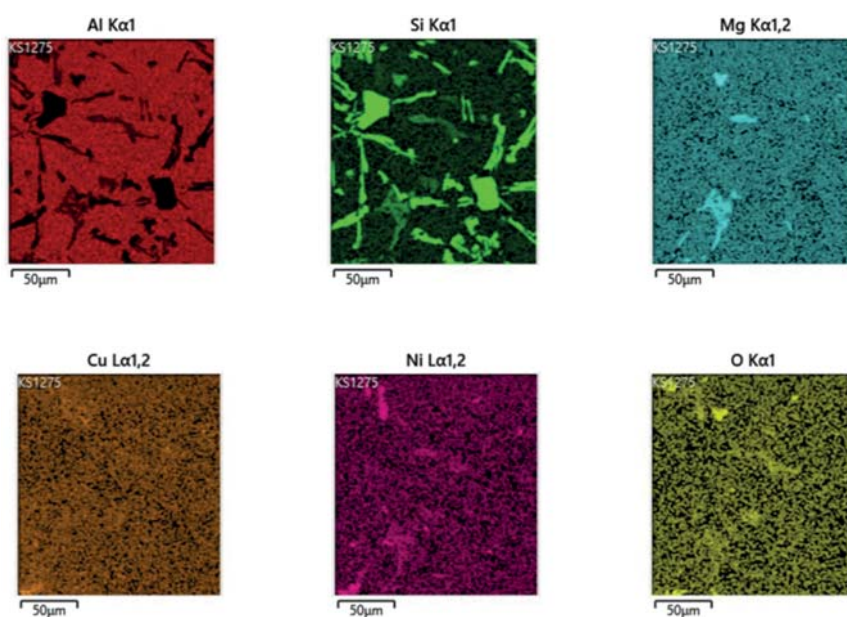
Obr. 19 EDS analýza hliníkové slitiny KS 1275 (AlSi12CuNiMg); a) mikrostruktura lokálního místa vzorku; b) EDS analýza lokálního místa 1 s uvedením spekter obsažených prvků v tomto místě



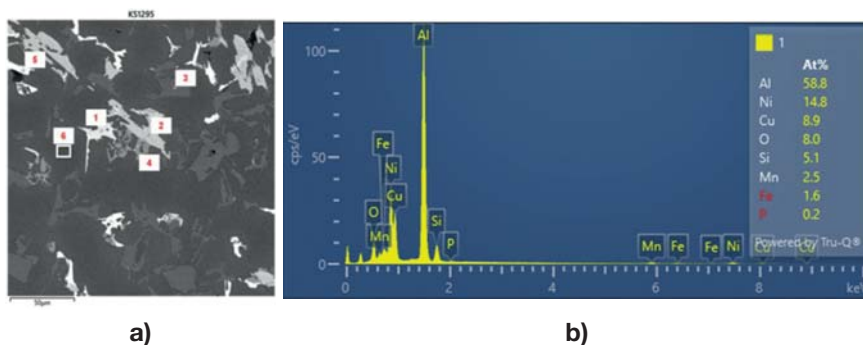
Obr. 20 Mikrostruktura hliníkové slitiny KS 1275 (AlSi12CuNiMg) s uvedením prvků Cu, Ni, Mg, Si a Al zastoupených v této slitině

Na obr. 21 je rozložení prvků ve sledovaném lokálním místě 1 („mapa prvků“) mikrostruktury hliníkové slitiny KS 1275 (AlSi12CuNiMg).

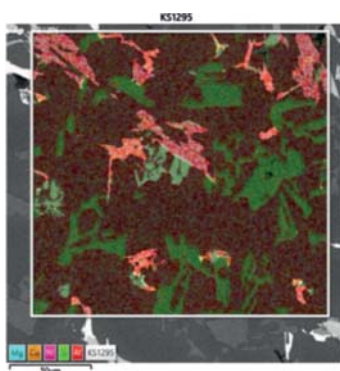
Na obr. 22a) je uvedena mikrostruktura hliníkové slitiny KS 1295 (AlSi12Cu4Ni2Mg) z jejího lokálního místa a na obr. 19b) jsou spektra obsažených prvků, která byla získána prostřednictvím elektronového mikroskopu. Na obr. 23 je mikrostruktura slitiny KS 1295 (AlSi12Cu4Ni2Mg) s uvedením prvků Cu, Ni, Mg, Si a Al zastoupených v této slitině.



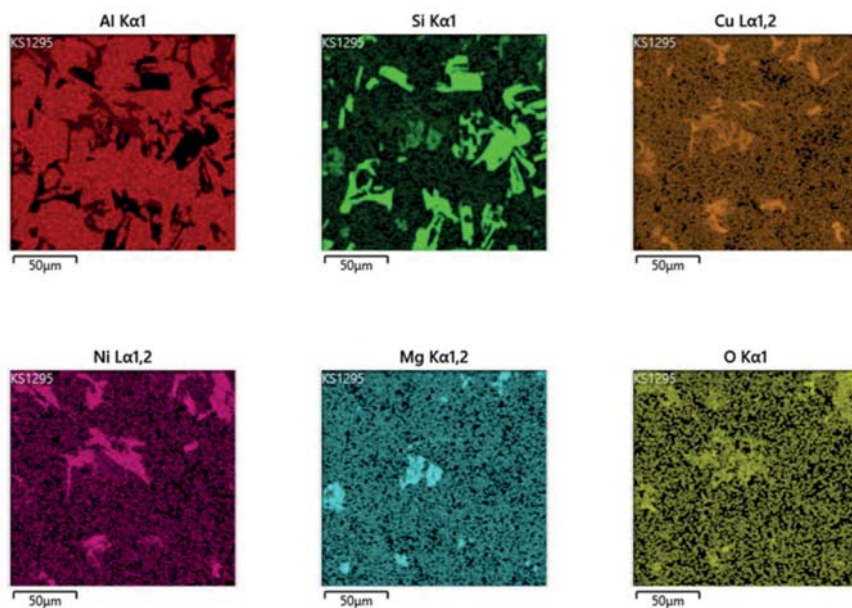
Obr. 21 Mikrostruktura s rozložením prvků ve sledovaném lokálním místě 1 („mapa prvků“) mikrostruktury hliníkové slitiny KS 1275 (AlSi12CuNiMg)



Obr. 22 a) Mikrostruktura lokálního místa 1 hliníkové slitiny KS 1295 (AlSi12Cu4Ni2Mg); b) s uvedením EDX analýzy místa 1, tj. spekter obsažených prvků v tomto místě



Obr. 23 Mikrostruktura hliníkové slitiny KS 1295 (AlSi12Cu4Ni2Mg) s uvedením prvků Mg, Cu, Ni, Si a Al zastoupených v této slitině



Obr. 24 Mikrostruktura s rozložením prvků ve sledovaném lokálním místě 1 („mapa prvků“) mikrostruktury hliníkové slitiny KS 1295 (AlSi12Cu4Ni2Mg)

Na obr. 24 je rozložení prvků ve sledovaném lokálním místě 1 („mapa prvků“) mikrostruktury hliníkové slitiny KS 1295 (AlSi12Cu4Ni2Mg).

Z obr. 15a), obr. 16a), obr. 17a), obr. 18a), 19a), obr. 20 a obr. 21 je patrná mikrostruktura pístu z hliníkové slitiny KS 1275 (AlSi12CuNiMg). Tato slitina je eutektický silumin, který obsahuje měď, nikl a hořčík. Eutektikum tvoří tuhý roztok $\alpha(\text{Al})$ a tuhý roztok $\beta(\text{Si})$. Dále z výše uvedených struktur jsou zřejmá světlá místa mikrostruktury, tvořená tuhým roztokem $\alpha(\text{Al})$. Tyto oblasti tuhého roztoku $\alpha(\text{Al})$ odpovídají velikosti až 50 μm . Současně se v mikrostruktuře vyskytují tmavší, až deskovité útvary, což je tuhý roztok $\beta(\text{Si})$, který se také nazývá eutektický křemík. Velikost částic tohoto tuhého roztoku se pohybuje od 10 μm do 35 μm . Dále se v mikrostruktuře vyskytují černé útvary protáhlého tvaru, což je intermetalická fáze Mg_2Si . Tato intermetalická fáze je velmi dobře patrná z obr. 18a) a obr. 18b). Na obr. 18b) intermetalická fáze Mg_2Si vykazuje velikost 30 μm do 65 μm .

Z obr. 15b), obr. 16b), obr. 17b), obr. 18b), obr. 22a) a obr. 23 a obr. 24 je patrná mikrostruktura pístu z hliníkové slitiny KS 1295 (AlSi12Cu4Ni2Mg). Též v tomto případě jde v podstatě o slitinu eutektického siluminu, která obsahuje měď, nikl a hořčík. Proti výše uvedené slitině (KS 1275) tato slitina obsahuje 4 hmot. % mědi a 2 hmot. % niklu. V tomto případě lze očekávat v mikrostruktuře slitiny přítomnost dalších intermetalických fází legujících prvků. Tak jako v předchozím případě, eutektikum tvoří tuhý roztok $\alpha(\text{Al})$ a tuhý roztok $\beta(\text{Si})$. Světla místa mikrostruktury jsou tuhý roztok $\alpha(\text{Al})$, odpovídající velikosti 40 až 45 μm . Také se zde vyskytují tmavší útvary, které znázorňují tuhý roztok $\beta(\text{Si})$, eutektický křemík. Tvar eutektického křemíku není protáhlý (jako v předchozím případě), naopak vykazuje spíše tvar nepravidelných čtyřúhelníků. Velikost částic tohoto tuhého roztoku se pohybuje od 10 μm do 20 μm . I zde se v této mikrostruktuře vyskytují černé útvary protáhlého tvaru, což je intermetalická fáze Mg_2Si . Tato intermetalická fáze je velmi dobře patrná z obr. 18b). Intermetalická fáze Mg_2Si vykazuje ve

likost 30 μm do 65 μm . Současně se v mikrostruktuře vyskytují jen ojediněle (opět méně než předchozí zmíněné) intermetalické fáze na bázi hliníku-mědi-niklu, tj. $\text{Cu}_3\text{Ni-Al}_6$. Podobně je to s fází Al_2Cu , která se vylučuje v drobných útvarech a má význam při tepelném zpracování pístů spalovacích motorů (tzv. precipitační vytvrzování).

Závěr

Hliníkové slitiny používané pro výrobu pístů spalovacích motorů musí vykazovat velkou kvalitu, tj. bez porozity a s odpovídajícím chemickým složením, což bývá vyšší množství mědi, niklu a hořčíku. Predikce materiálových parametrů hliníkové slitiny pro výrobu pístů spalovacích motorů musí být založena na souboru prováděných výzkumných operací:

1. Kvalitu slitin hliníku lze sledovat pomocí Dross Testu, kterým se zjišťuje index hustoty. Nízký index hustoty ukazuje na malé naplnění slitiny, které se blíží fyzikálně stanovené hustotě příslušné hliníkové slitiny.
2. Sledování kvality hliníkových slitin používaných pro výrobu pístů na základě stanovení chemického složení je velmi důležité i z důvodu stanovení množství nečistot. Vyšší obsah nečistot zhoršuje kvalitu používané hliníkové slitiny. S tím úzce souvisí i kvalita hliníkových housek a metalurgická příprava taveniny.
3. Pro sledování kvality a kompaktnosti vyráběných pístů je možno využít průmyslový tomograf (např. CT Zeiss Metrotom 1500).
4. Pro úspěšnou výrobu pístu spalovacích motorů je vhodné navrhnout komplexní metodiku od sledování metalurgické přípravy taveniny až po sledování kompaktnosti a mikrostruktury pístů spalovacích motorů. Výrobu kvalitních odlitků je možno do jisté sledovat i s pomocí EDS analýzy.

Literatura:

- [1] SCHEIDER, W. H. and H. K. JUNKER. Pistons and Engine Testing. MAHLE GmbH (Ed.). Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2012. ISBN 9783834815903.
- [2] BEROUN, S. Vehicle engines (vozidlové motory). Faculty of engineering. Technical university of Liberec, 2013 (in Czech).
- [3] ČERNOCH, S. Mechanical engineering manual – pistons of engines. (Strojnická příručka – písty spalovacích motorů). SNTL Prague, 2001 (in Czech).

[4] LI, Y. YANG, Y. WU, Y. WANG, L. and X. LIU. Quantitative Comparison of Three Ni Containing Phases to the Elevated-temperature Properties of Al-Si Piston Alloys. *Mater. Sci. Eng. A* 527 (2010), p. 7132–7137.

[5] HUANG, Y. HORT, N. and U. KAINER. Thermal Behavior of AlSi12CuMgNi Piston Alloy with and without Short Fiber Reinforcement. *Composites*, 2003, 7, p. 279–284.

[6] Yang, Y. YU, K. LI, Y. ZHAO, D. and X. LIU. Evolution of Nickel-rich Phases in Al-Si-Cu-Ni-Mg Piston Alloys with Different Cu Additions. *Mater. Des.* 33 (2012), p. 220–225.

[7] LI, Y. YANG, Y. WU, Y. WEI, Z. and X. LIU. Supportive Strengthening role of Cr-rich Phase on Al-Si Multicomponent Piston Alloy at Elevated Temperature. *Mater. Sci. Eng. A* 528 (2011), p. 4427–4430.

[8] QIAN, Z. LIU, X. ZHAO, D. and G. ZHANG. Effects of Trace Mn Addition on the Elevated Temperature Tensile Strength and Microstructure of a Low-Iron Al-Si Piston Alloy. *Mater. Lett.* 62 (2008), p. 2146–2149.

[9] LI, Y. WU, Y. QIAN, Z. and X. LIU. Effect of Co-addition of RE, Fe and Mn on the Microstructure and Performance of A390 Alloy. *Mater. Sci. Eng. A* 527 (2009), p. 146–149.

[10] HERNANDEZ, F.C. SOKOLOWSKI J.H. Thermal Analysis and Microscopically Characterisation of Al-Si Hypereutectic Alloys. *Journal of Alloys and Compounds*, 2006, Vol. 419, No. 1-2, p. 180–190.

[11] GHOLIZADEH, R. and S.G. SHABESTARI. Investigation of the effects of Ni, Fe, and Mn on the formation of complex intermetallic compounds in Al-Si-Cu-Mg-Ni alloys, *Metall. Mater. Trans. A* 42A (2011) 3447–3458.

[12] HOU, L. G. CUI, C. and J.S. ZHANG. Optimizing microstructures of hypereutectic Al-Si alloys with high Fe content via spray forming technique. *Materials Science and Engineering A*, 2010, Vol. 527, Iss. 23, p. 6400–6012.

[13] TUTUNCHILARA S, GIVIB MKB, Haghpanahia H, Asadi P. Eutectic Al-Si piston alloy surface transformed to modified hypereutectic alloy via FSP. *Materials Science and Engineering A*, 2012; Vol. 534, p. 557–567.

[14] BELOV, N. A. ESKIN, D.G. and N. N. AVXENTIEVA. Constituent phase diagrams of the Al-Cu-Fe-Mg-Ni-Si system and their application to the analysis of aluminum piston alloys. *Acta Materialia*, 2005, Vol. 53, Iss. 17, p. 4709–4722.

[15] KONEČNÝ, D. Sledování struktury, predikce vlastností a kvality pístů spalovacích motorů vyráběných gravitačním litím. [Diplomová práce]. KSP, FS Technická univerzita v Liberci, 2023.

Hodnotenie náchylnosti na vznik trhlín zliatiny AlSi5Cu2Mg

Evaluation of susceptibility to tearing of the AlSi5Cu2Mg alloy



Marek Matejka

Žilinská univerzita v Žiline,
Strojnícka fakulta,
Katedra technologického
inžinierstva
marek.matejka@fstroj.uniza.sk



Dana Bolibruchovej

Žilinská univerzita v Žiline,
Strojnícka fakulta,
Katedra technologického
inžinierstva
danka.bolibruchovej@fstroj.uniza.sk

Abstrakt: Neustály výskum a vývoj nových materiálov posúvajú zlievarenský sektor stále vpred. Základným cieľom výskumu nových a kvalitnejších materiálov je zlepšenie ich vlastností v porovnaní s nahradzaným materiálom. Jednou z podstatných vlastností hliníkových zliatin je ich odolnosť voči vzniku trhlín. Trhliny vznikajú pri tuhnutí odliatku a porušujú celistvosť z dôvodu napätia pri chladnutí. Na náchylnosť vzniku trhlín vplyva viacero faktorov, ako je materiál odliatku (chemické zloženie), forma (rýchlosť ochladzovania) alebo konštrukcia odliatku. V predloženej práci bola pre štúdium náchylnosti na tvorbu trhlín hodnotená zliatina AlSi5Cu2Mg v štyroch variantoch. Hodnotila sa referenčná zliatina, zliatina s prídavkom Zr, s prídavkom Ti a ich kombinácia Zr + Ti prostredníctvom kvantitatívneho, kvalitatívneho hodnotenia a analýzy profilu trhliny. Z hodnotenia vyplýva, že prídavok Zr zvýšil náchylnosť na tvorbu trhlín zliatiny AlSi5Cu2Mg. Naopak prídavok Ti mal pozitívny účinok a znížil náchylnosť na tvorbu trhlín. Spoločným prídavkom Zr a Ti zliatina AlSi5Cu2Mg vykazovala podobné hodnoty ako bez prídavku (referenčný stav).

Abstract: Constant research and development of new materials keep the foundry sector moving forward. The basic goal of research into new and better materials is to improve their properties compared to the replaced material. One of the essential properties of aluminum alloys is their resistance to the formation of tears. Tears appear during the solidification of the casting and break the integrity due to tension during cooling. Tear susceptibility is influenced by several factors, such as casting material (chemical composition), form (cooling rate) or casting construction. In the presented article, the AlSi5Cu2Mg alloy was evaluated in four variants for the study of susceptibility to tear formation. The reference alloy, Zr-added alloy, Ti-added alloy and their combination Zr + Ti were evaluated through quantitative, qualitative evaluation and tear profile analysis. The evaluation shows that the addition of Zr increased the susceptibility to tears in the AlSi5Cu2Mg alloy. On the contrary, the addition of Ti had a positive effect and reduced the susceptibility to tear formation. With the joint addition of Zr and Ti, the AlSi5Cu2Mg alloy showed similar values as without the addition (reference condition).

Úvod

V zlievarenskej technológii je trhlina z pravidla zaradzovaná ako chyba pri vysokých teplotách, pri nízkych teplotách označujeme chybu porušenia súvislosti ako prasklina. Na vznik trhlín vplyva viacero faktorov a vznikajú prevažne pri ochladzovaní odliatku, kedy sa jednotlivé časti ochladzujú rôznou rýchlosťou čím prebieha rozdielne zmrašťovanie [1]. To spôsobuje vznik endogénnych vnútorných napätí. Exogénne napätie spôsobuje odpor formy alebo jadra voči zmrašťovaniu. Zliatina v oblasti vysokých teplôt je tak namáhaná ťahom a spôsobuje nebezpečenstvo vzniku trhlín. Základný vplyv na tvorbu trhlín má materiál odliatku, forma a konštrukcia odliatku [2].

Pre náchylnosť na trhliny je dôležitým aspektom chemické zloženie zliatiny, ale obzvlášť šírka intervalu tuhnutia. Všeobecne platí pravidlo, že čím je interval tuhnutia širší, tým je dlhší čas na tvorbu trhlín v zliatine a tak náchylnosť je väčšia [3]. Pri zliatinách Al-Si platí, že po prekročení kritickej hranice cca 5 hm. % Si vzniká dostatočný obsah eutektika, ktorý zvýši princípom „obklopenia“ primárnych dendridov schopnosť dopĺňania taveniny do kritických miest s cieľom kompenzácie vznikajúcich trhlín. Pri kremíku šírka intervalu nie je priamo úmerná náchylnosti na vznik trhlín. Z toho dôvodu je dôležité brať do úvahy ďalšie faktory ovplyvňujúce náchylnosť zliatiny na trhliny [4]. Med' má výrazný vplyv na tvorbu trhlín a to hlavne z ovplyvňovania intervalu tuhnutia. Čím väčšia koncentrácia medi je v zliatine, tým je interval v zliatine väčší a náchylnosť na tvorbu trhlín sa priamo úmerne s obsahom medi zvyšuje [5,6].

Vplyv rýchlosti ochladzovania v priebehu tuhnutia je jedným z faktorov tvorby trhlín. Forma preto musí byť predhriata na určitú teplotu, aby zliatina pri odlievaní mala schopnosť lepšieho dopĺňania do kritických miest a znížila tendenciu tvorby trhlín [7]. Pri zvyšujúcej teplote formy platí, že tendencia na tvorbu trhlín sa znižuje, mechanické vlastnosti sa zlepšujú a makroštruktúra je jemnejšia a rovnomernejšia v celej zliatine.

Z praktického hľadiska odlievania do studenej formy spôsobuje „praskanie“, nezabíehanie do kritických miest a nie úplne zaliatie formy z dôvodu rýchleho tuhnutia a vytváranie vysokých napätí [8].

Pre vplyv teploty odlievania na tvorbu trhlín teplotou odlievania existujú protichodné názory a rôzne výsledky. Oproti jednoznačným výsledkom pri vplyve chemického zloženia alebo teploty formy. Jedným z účinkov vyššej teploty odlievania je rozširovanie tepelných uzlov [9]. Na druhú stranu sa predpokladá, že zvyšujúca sa teplota taveniny spôsobuje teplotný spád počas tuhnutia, čo má za následok rast negatívnych stĺpkovitých zŕn. Z tohto dôvodu zliatiny so stĺpkovitou štruktúrou sú náchylnejšie na tvorbu trhlín ako tie s nepravidelnými zrnami. Výskumy skúmajúce vplyv teploty odlievania majú rozdielne výsledky podľa použitej metódy [4].

V rámci experimentálnych prác bola použitá nenormalizovaná podeutektická hliníková zliatina AlSi5Cu2Mg. Táto zliatina nachádza uplatnenie pri výrobe odliatkov pre automobilový priemysel. Nakoľko ide o nenormalizovanú zliatinu, neexistuje pre ňu definovaná norma obsahujúca údaje o požadovanom chemickom zložení. Pre zliatinu AlSi5Cu2Mg je definované chemické zloženie priamo od vývojového centra, v ktorom je definovaný obmedzený obsah titánu (max. 0,03 hm. %). Z obmedzenia vyplýva, že v aplikáciách sa pre zliatinu AlSi5Cu2Mg nepoužíva štandardne používané očkovadlo AlTi5B1 na zjemnenie štruktúry. Z tohto dôvodu sa ako náhrada Ti použilo Zr. Hlavným cieľom experimentálnych prác bolo vyhodnotiť náchylnosť zliatiny AlSi5Cu2Mg na tvorbu trhlín v referenčnom stave (bez prísad), ďalej s prídavkom Zr, ale aj s prídavkom Ti (nad definovaný obmedzený obsah titánu 0,03 hm. %) a ich vzájomnú kombináciu.

Experimentálna časť

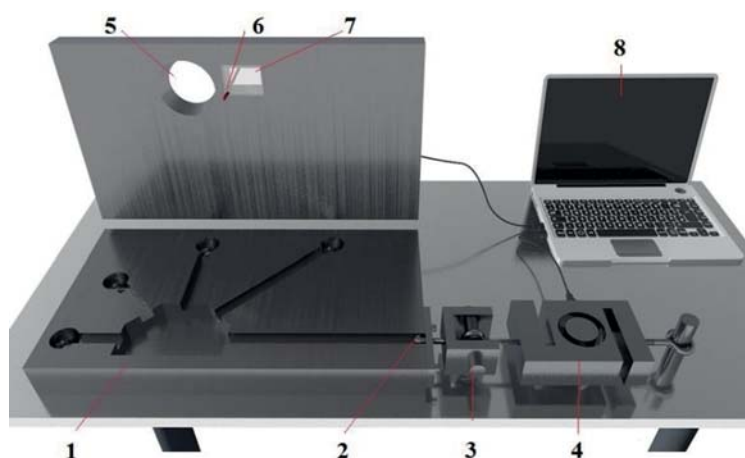
Experimentálne práce boli vykonané v zlievarenskom laboratóriu Katedry technologického inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline. V rámci hod-

notenia náchylnosti na tvorbu trhlín bol skúmaný aj vplyv zirkónia a titánu na tvorbu trhlín. Pre experiment boli pripravené štyri zliatiny, kde prvou bola referenčná zliatina AlSi5Cu2Mg. Druhá zliatina bola s prídavkom 0,2 hm. % Zr. Tretia zliatina bola s prídavkom 0,1 hm. % Ti. Posledná skúšaná zliatina obsahovala kombináciu Zr a Ti (0,2 hm. % Zr spolu s 0,1 hm. % Ti). Ako prídavný materiál boli použité predzliatiny AlZr10 a AlTi5B. Množstvo 0,2 hm. % Zr bolo zvolené na základe nášho predošlého výskumu, ktorý ukázal, že očkovací účinok sa najefektívnejšie prejavil pri danom množstve [11]. Teplota odlievania každej zliatiny bola 750 ± 5 °C a teplota kovovej formy bola 150 ± 5 °C. Pre tavbu zliatin bola použitá taviaca odporová pec. Pred odlievaním sa pridali prísadové prvky pri teplote 760 ± 5 °C a po úplnom rozpustení vsádzky sa tavenina premiešala a pred odlievaním sa mechanicky odstránili oxidické blany. Z každej tavby bolo odliatych 5 skúšobných vzoriek. Odliatky boli označené ako ref. (1-5), Zr (1-5), Ti (1-5), Zr+Ti (1-5). Chemické zloženie skúmaných zliatin AlSi5Cu2Mg je uvedené v **Tab. 1**.

Zliatina	Zr	Ti	Si	Cu	Mn	Mg	Fe
Požadované chem. zl.	-	max. 0,03	5,0 – 6,5	1,6 – 2,5	1,6 – 2,5	max. 0,03	max. 0,20
Ref.	0,002	0,014	5,91	1,97	0,014	0,286	0,209
Zr	0,243	0,013	5,57	2,00	0,016	0,977	0,218
Ti	0,002	0,066	5,65	1,95	0,015	0,293	0,210
Zr+Ti	0,17	0,078	5,73	1,95	0,017	0,285	0,241

Tab. 1 Chemické zloženie experimentálnych zliatin AlSi5Cu2Mg

Ako merací prístroj slúžila kovová forma určená pre CRC skúšky (Constained rod casting - odlievanie s obmedzenou tyčou). Konštrukcia formy je navrhnutá tak, aby podporovala vznik trhlín v odliatku (**Obr. 1**). Vtokovou sústavu zabezpečuje hlavná dutina, kde z vtokového kanála vyúsťuje päť ramien rôznej dĺžky. Na štyroch koncoch sa nachádza guľové zakončenie, ktoré má za úlohu efekt brzdeného zmrašťovania, a to spôsobuje vyššiu náchylnosť k tvorbe trhlín. Tieto štyri ramená sú určené pre kvantitatívne hodnotenie (vizuálnu kontrolu). Posledné najdlhšie rameno je zakončené kotviacou skrutkou. Pri plnení formy je predná časť skrutky zaliate taveninou a zadná časť je upevnená o snímač sily. Piate rameno slúžilo ku kvalitatívnemu hodnoteniu.



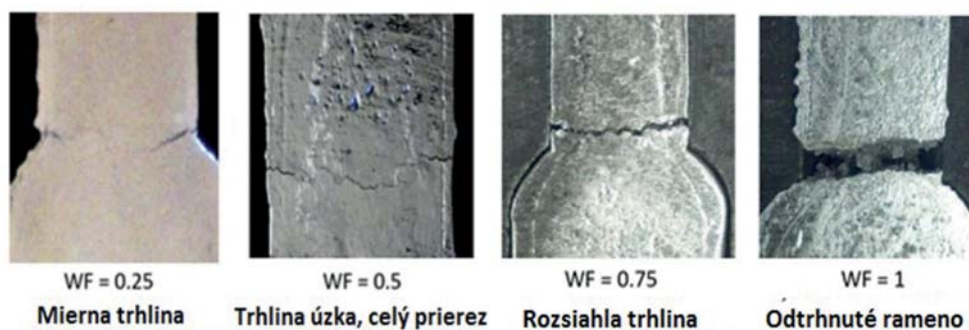
Obr. 1 Schéma zapojenej meracej sústavy, 1 – forma, 2 – kotviaca skrutka, 3 – mechanizmus uchytenia, 4 – snímač sily, 5 – vtokový kanál, 6 – termočlánok, 7 – žiaruvzdorné sklo, 8 – zber a spracovanie dát

Kvantitatívne hodnotenie

Posudzovaným kritériom pre kvantitatívne hodnotenie je tzv. „Hot tears index“ (HTI). Pre tento typ hodnotenia vzniku trhlín boli určené štyri ukotvené ramená odlišnej dĺžky a hodnotenie sa vykonáva vizuálne. Rovnica popisujúca HTI index závisí od počtu trhlín (PT), charakteru a veľkosti trhliny (KT), umiestenia trhliny na skúšobnom ramene (KPT), dĺžke skúšobného ramena (KDR) a počte hodnotených ramien (PO) [10].

$$HTI = (PT \times \sum (KT \times KPT \times KDR)) / PO$$

Koeficient trhliny KT udáva mieru závažnosti trhliny (charakter a veľkosť). Hodnota KT je rozdelená do štyroch kategórií a každej z nich je pridelená iná číselná hodnota (**Obr. 2**). V **Tab. 2** sú uvedené číselné hodnoty koeficientov pre dĺžku ramena a polohy trhliny na skúšobnom ramene.

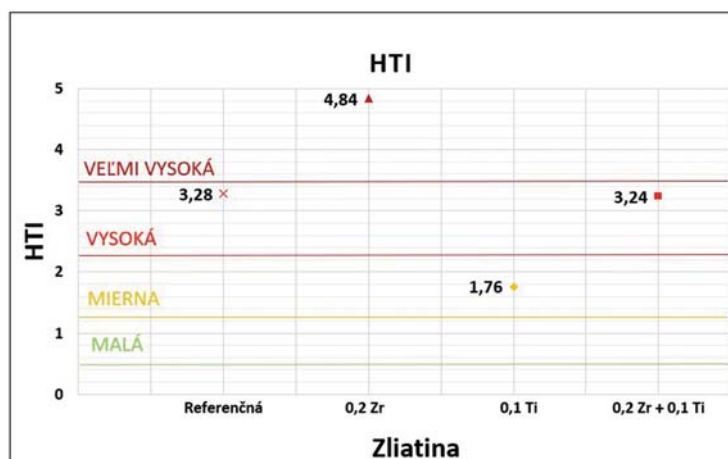


Obr. 2 Kategorizácia závažnosti trhliny (KT)

Koeficient dĺžky ramena	KDR	Koeficient polohy trhliny	KPT
Rameno 1 (64,5 mm)	1	Horná časť ramena	1
Rameno 2 (104,5 mm)	2	Stredná časť ramena	3
Rameno 3 (124,5 mm)	3	Dolná časť ramena	2
Rameno 4 (184,5mm)	4		

Tab. 2 Hodnotiaci systém KDR a KPT

Pri výpočte kvantitatívneho hodnotenia pomocou rovnice HTI sa zistilo, že referenčná zliatina patrí medzi zliatiny s vysokou náchylnosťou na tvorbu trhlín. Hodnoty uvedené v grafe predstavujú priemer z piatich meraní (**Obr. 3**). Zliatina s prídavkom zirkónia 0,2 hm. % ukázala, že zirkónium zvyšuje náchylnosť na tvorbu trhlín, a s indexom 4,84 patrí medzi zliatiny s veľmi vysokou náchylnosťou. Titán naopak pomohol zliatine odolávať tvorbe trhlín, a s indexom 1,76 zaradil zliatinu s prídavkom 0,1 % Ti medzi zliatiny s miernou náchylnosťou na tvorbu trhlín. Kombinácia pridávaných prvkov nepreukázala žiadne výrazné zmeny voči referenčnej zliatine s indexom 3,24 sa zaradila k zliatine s vysokou náchylnosťou na tvorbu trhlín. Z kvantitatívneho hodnotenia vyplýva, že zliatiny majú vysoký počet trhlín, avšak podľa pozorovania väčšina trhlín neboli závažné a pri odliatkoch je možné zjemniť náchylnosť na tvorbu trhlín použitím tvaru bez kritických uzlov napätia.



Obr. 3 Graf hodnôt HTI pre merané zliatiny

Kvalitatívne hodnotenie

Pomocou meracieho zariadenia (piateho ramena) a snímača sily sa merala ťahová sila pri tuhnutí. Termočlánok slúžil na určenie teploty pri ktorej trhlina vznikla. Tieto zariadenia boli pripojené na meracie karty, ktoré spracovali namerané hodnoty a posielali ich do počítača. Na základe spracovaných hodnôt boli vytvorené grafy priebehu sily, teploty a miery nárastu sily voči času. Z grafov je následne možné pozorovať, že na začiatku tuhnutia sa v materiály nevyskytuje žiadne napätie. S ďalším tuhnutím a klesaním teploty sa začína formovať kryštalická štruktúra a vzniká deformácia. Odliatok sa začína zmrašťovať čo sa prejaví rastom ťahovej sily. Vznikom trhliny sa rast ťahovej sily spomalí resp. zastaví.

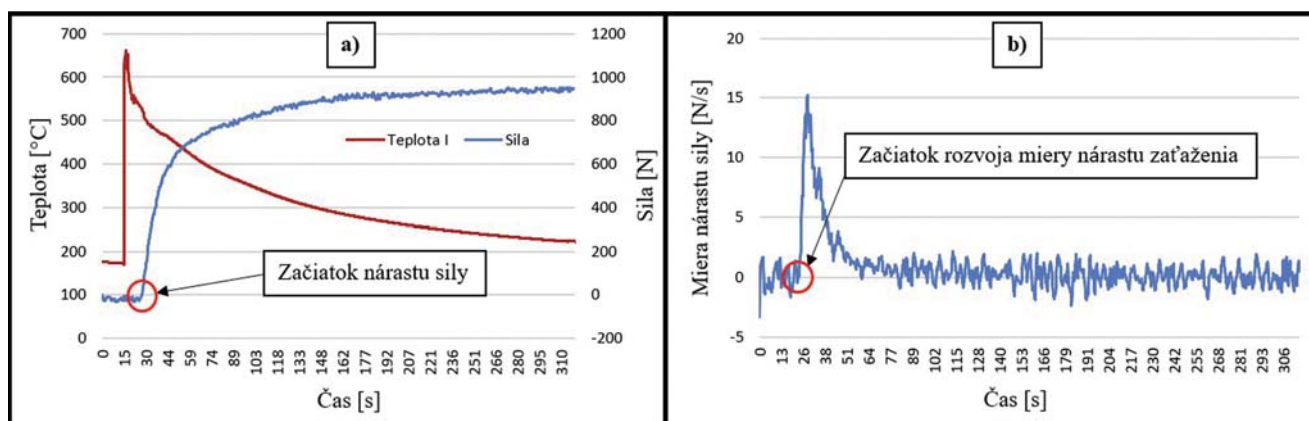
Referenčná zliatina AlSi5Cu2Mg

V **Tab. 3** sú zapísané merania z piatich vzoriek a výsledky nárastu sily a vznik trhlín pre referenčnú zliatinu. Pri meraní piatich vzoriek nastalo úplne pretrhnutie ramena pri dvoch vzorkách. Najvyšší nárast sily, pri ktorom sa vzorka nepretrhla zaznamenala prvá vzorka s nárastom 14,9 N/s. Najvyššiu nameranú silu mala piata vzorka s maximálnou silou 1106 N.

Č. merania	Vznik trhliny				Ukončenie šírenia trhliny		
	Teplota [°C]	Čas [s]	Sila [N]	Miera nárastu sily [N/s]	Teplota [°C]	Čas [s]	Typ ukončenia šírenia trhliny
1.	Bez trhliny		max. 934	max. 14,9	Bez trhliny		
2.	Bez trhliny		max. 987	max. 9,62	Bez trhliny		
3.	Okamžité odtrhnutie ramena				Okamžité odtrhnutie ramena		
4.	Okamžité odtrhnutie ramena				Okamžité odtrhnutie ramena		
5.	Bez trhliny		max. 1106	max. 14,72	Bez trhliny		

Tab. 3 Výsledky kvalitatívneho hodnotenia pre referenčnú zliatinu AlSi5Cu2Mg

Na grafe možno vidieť priebeh sily, teploty a nárast miery zaťaženia pre vzorku č. 2 (**Obr. 4**). Z krivky sily je viditeľný prudký nárast sily a približne po 20 sekundách (**Obr. 4b**) od začiatku nárastu sily nastalo ustálenie a pozvoľný rast až na maximálnu hodnotu 987 N (**Obr. 4a**). Z krivky jasne vyplýva, že nedošlo k porušeniu piateho ramena.



Obr. 4 Referenčná zliatina AlSi5Cu2Mg, graf: a) priebehov teploty, sily; b) miera nárastu sily

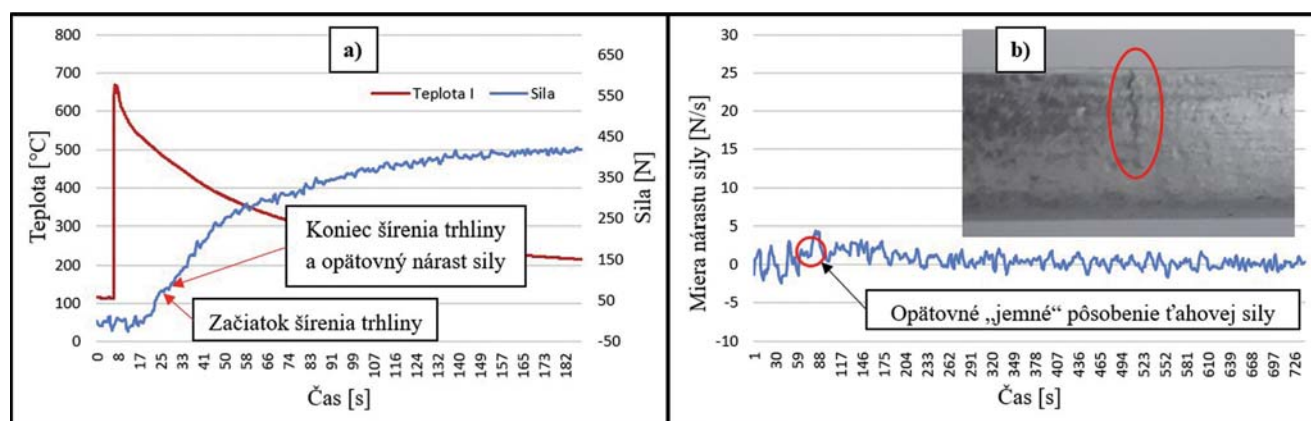
Zliatina AlSi5Cu2Mg s prídavkom 0,2 hm. % Zr

Po pridaní 0,2 hm. % Zr do zliatiny AlSi5Cu2Mg možno z **Tab. 4** pozorovať, že k trhline došlo v troch prípadoch s jedným okamžitým odtrhnutím (vzorka č. 4). Maximálne hodnoty miery nárastu sily boli pri vzorke č. 3 s maximálnou hodnotou 12,22 N/s a s maximálnou silou 1195 N. Z kvantitatívneho hodnotenia je zliatina zaradená medzi zliatiny s veľmi vysokou náchylnosťou na tvorbu trhlín.

Č. merania	Vznik trhliny				Ukončenie šírenia trhliny		
	Teplota [°C]	Čas [s]	Sila [N]	Miera nárastu sily [N/s]	Teplota [°C]	Čas [s]	Typ ukončenia šírenia trhliny
1.	433	32	131	4,7	416	39	Opätovný nárast sily
2.	Bez trhliny		max. 944	max. 11,37	Bez trhliny		
3.	Bez trhliny		max. 1195	max. 12,22	Bez trhliny		
4.	Okamžité odtrhnutie ramena				Okamžité odtrhnutie ramena		
5.	515	20	trhlina 64 max. 413	4,3	471	28	Opätovný nárast sily

Tab. 4 Výsledky kvalitatívneho hodnotenia pre zliatinu s prídavkom 0,2 hm. % Zr

Grafy na **Obr. 5** zobrazujú priebeh vzorky č. 5, ktorá nebola okamžite pretrhnutá. Trhlina vznikla po 20 sekundách pôsobenia sily a následne sa šírila. Po 8 sekundách šírenia nastalo zastavenie doplnením tekutého kovu do zóny trhliny a opakovaný rast sily. Na **Obr. 5b** je červenou elipsou vyznačená trhlina, ktorá spôsobila prerušenie nárastu sily. Vlásoknicová trhlina nebola natoľko závažná, aby sa rameno pretrhlo a sila dosiahla maximum hodnotou 413 N. Šípkami na grafe sú naznačené body vzniku trhliny a ukončenia šírenia trhliny.


Obr. 5 Zliatina s prídavkom hm. % 0,2 Zr, graf: a) priebehov teploty, sily; b) miera nárastu sily

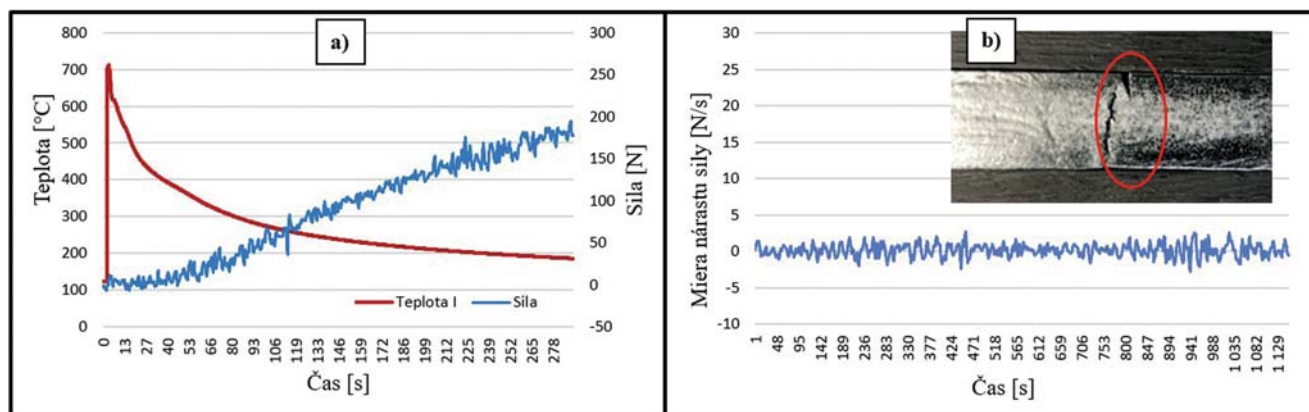
Zliatina AlSi5Cu2Mg s prídavkom hm. % 0,1 Ti

Zliatina s prídavkom 0,1 hm. % Ti podľa kvantitatívneho hodnotenia dosiahla najlepšie výsledky zo skúšaných zliatin a je radená ako zliatina s miernou náchylnosťou na tvorbu trhlín. Titán podporuje odolnosť voči tvorbe trhlín, avšak pri piatich skúšaných vzorkách došlo k jednému úplnému pretrhnutiu ramena a k vzniku závažnej trhliny v celom priereze ramena. V **Tab. 5** sú uvedené hodnoty vzoriek, kde najlepšie hodnoty zaznamenala vzorka č. 4 s maximálnou hodnotou 1033 N a s najvyššou mierou nárastu sily s hodnotou 15,2 N/s.

Č. merania	Vznik trhliny				Ukončenie šírenia trhliny		
	Teplota [°C]	Čas [s]	Sila [N]	Miera nárastu sily [N/s]	Teplota [°C]	Čas [s]	Typ ukončenia šírenia trhliny
1.	Okamžité odtrhnutie ramena				Okamžité odtrhnutie ramena		
2.	Bez trhliny		max. 800	max. 7,62	Bez trhliny		
3.	Bez trhliny		max. 796	max. 6,9	Bez trhliny		
4.	Bez trhliny		max. 1033	max. 15,2	Bez trhliny		
5.	584	2	trhlina 11 max. 194	-	Jemný rast sily		

Tab. 5 Výsledky kvalitatívneho hodnotenia pre zliatinu s prídavkom 0,1 hm. % Ti

Pri vzorke č. 5 došlo ku vzniku závažnej trhline v takmer celom priereze ramena už na začiatku merania, ktoré avšak nevedlo k úplnému roztrhnutiu ramena (**Obr. 6**). Na krivke sily možno pozorovať mierne stúpanie až na hodnotu 194 N a vzniknutá trhlina je zobrazená obrázku (**Obr. 6b**).



Obr. 6 Zliatina s prídavkom 0,1 hm. % Ti, graf: a) priebehov teploty, sily; b) miera nárastu sily

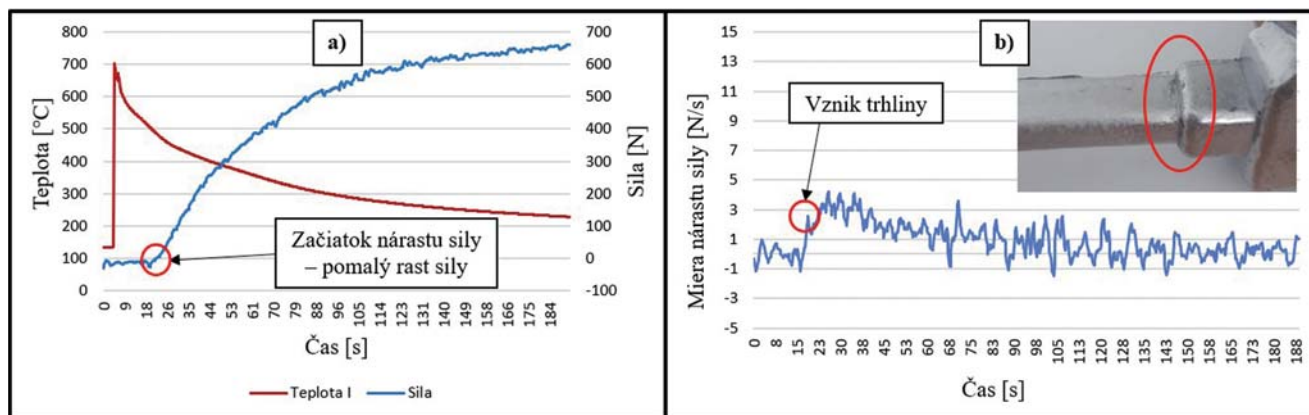
Zliatina AlSi5Cu2Mg s prídavkom 0,2 hm. % Zr + 0,1 hm. % Ti

Pri poslednej zliatine s prídavkom 0,2 hm. % Zr a 0,1 hm.% Ti nastalo okamžité pretrhnutie ramena iba v jednom prípade (**Tab. 6**). Podľa kvantitatívneho hodnotenia patrí medzi zliatinu s vysokou náchylnosťou na tvorbu trhlín. Najvyššie hodnoty zaznamenala vzorka č. 3, pri ktorej maximálna sila dosiahla hodnotu 1179 N a maximálny nárast zaťaženia s 19,41 N/s.

Č. merania	Vznik trhlíny				Ukončenie šírenia trhlíny		
	Teplota [°C]	Čas [s]	Sila [N]	Miera nárastu sily [N/s]	Teplota [°C]	Čas [s]	Typ ukončenia šírenia trhlíny
1.	Okamžité odtrhnutie ramena				Okamžité odtrhnutie ramena		
2.	460	25	trhlina 28 max. 678	4,1	Trhlinka sa tvorí súbežne s rastom sily		
3.	Bez trhlíny		max. 1179	max. 19,41	Bez trhlíny		
4.	Bez trhlíny		max. 957	max. 13,15	Bez trhlíny		
5.	482	24	trhlina 5,8	16,8	629	56	Opätovný nárast sily

Tab. 6 Výsledky kvalitatívneho hodnotenia pre zliatinu s prídavkom 0,2 hm. % Zr + 0,1 hm. % Ti

Pri vzorke č. 2 sa vytvorila malá trhlinka v počiatočnej fáze merania, ktorá sa širila súčasne s rastom sily (**Obr. 7**). Dôkazom trhlíny bola vizuálna kontrola, ale aj pozvoľný rast sily oproti okamžitému rastu. Maximálna sila tiež dosiahla zníženú hodnotu okolo 680 N. Tieto hodnoty potvrdzuje aj striedavý nárast sily v druhom grafe a nízky nárast sily 4,1 N/s (**Obr. 7b**).



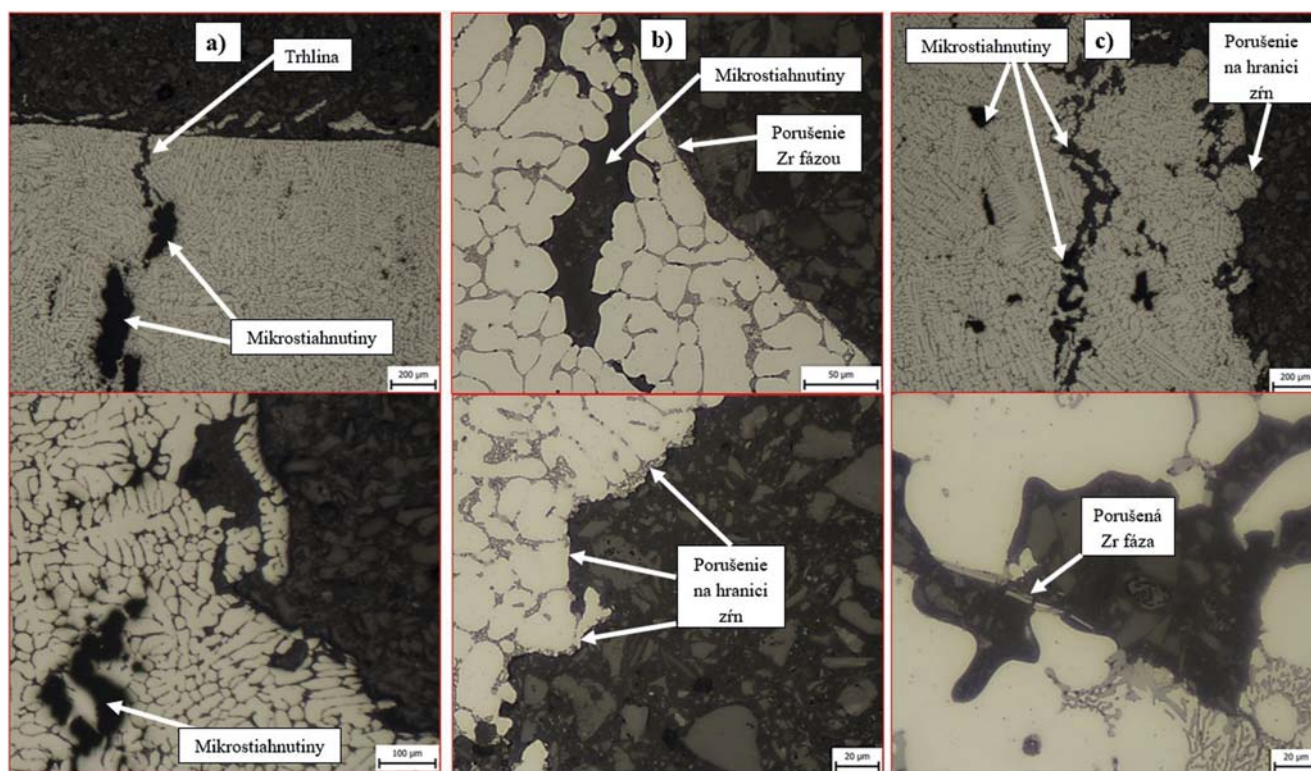
Obr. 7 Zliatina s prídavkom 0,1 hm. % Ti, graf: a) priebehov teploty, sily; b) miera nárastu sily

Hodnotenie profilu trhliny

Hodnotenie profilu trhliny bolo uskutočnené na vzorkách, na ktorých došlo k úplnému odtrhnutiu ramena. Na snímke profilu trhliny referenčnej zliatiny AlSi5Cu2Mg (3. vzorka) je možno vidieť zvýšený výskyt mikrostiahnutí v oblasti zóny porušenia a rovnako je možno pozorovať aj mikrotrhliny (**Obr. 8a**). Prítomné mikrostiahnutiny boli jednými zo zárodkov pre vytvorenie a šírenie trhliny. Porušenie nastalo po hraniciach zŕn a taktiež je možné pozorovať natiahnutie α -fázy pôsobením zvýšeného napätia (**Obr. 8a** - dole).

Pri zliatine s prídavkom 0,2 hm. % Zr vznik trhliny zapríčinilo viacero faktorov, ako je mikropórovitosť, miestne zhusťenie eutektického kremíka (zvýšená krehkosť), porušenie celistvosti na hraniciach zŕn, ale na niektorých miestach porušenie celistvosti zapríčinila Zr fáza v ihlicovej resp. doskovej forme (**Obr. 8b**). Zr fáza spôsobuje na hraniciach zŕn nižšiu pevnosť voči napätiu v ťahu a tým je vhodným miestom pre šírenie trhliny.

Pri zliatine so spoločným prídavkom zirkónia a titánu možno pozorovať zvýšené množstvo mikrostiahnutí a porušenie po hraniciach zŕn (**Obr. 8c**). Pri ďalšom pozorovaní profilu trhliny sa ukázalo, že fázy zirkónia sa pôsobením tuhnutia a vzniknutého napätia medzi zrnami α -fázy rozštiepili na viacero častí (**Obr. 8c** - dole).



Obr. 8 Profil trhliny: a) referenčná zliatina; b) zliatina s prídavkom 0,2 hm. % Zr; c) zliatina s prídavkom 0,2 hm. % Zr + 0,1 hm. % Ti

Záver

Cieľom predloženého príspevku bolo objasniť náchylnosť novovyvíjanej zliatiny AlSi5Cu2Mg na vznik trhlín v referenčnom stave (bez prísad) a po pridaní prechodových prvkov Zr a Ti. Najlepšia zliatina z kvantitatívneho hľadiska bola zliatina s prídavkom 0,1 hm. % Ti, ktorá sa zaradzuje podľa meraní medzi zliatiny s miernou náchylnosťou na tvorbu trhlín. Ako najhoršia zliatina z kvantitatívneho hľadiska vyšla zliatina s prídavkom 0,2 hm. % Zr, pri ktorej bola prekročená hranica pre zliatiny s veľmi vysokou náchylnosťou na tvorbu trhlín.

Zliatina AlSi5Cu2Mg bez prídavkov legúr má podľa kvantitatívneho hodnotenia vysokú náchylnosť na tvorbu trhlín, čo môže byť spôsobené širokým intervalom tuhnutia zliatiny a zvýšeným výskytom mikropórovitosti. Pridaním Zr do taveniny vznikali v štruktúre dlhé ihlicové fázy na báze Zr (dosky v 3D zobrazení), ktoré podporovali vznik trhlín. Pridaním Ti došlo k zjemneniu mikroštruktúry čo viedlo k efektívnejšiemu dopĺňaniu taveniny a schopnosti zliatiny zastaviť vznik a šírenie trhliny.

Legovanie zliatiny AlSi5Cu2Mg zirkóniom sa ukázalo ako nevyhovujúce a neodporúča sa jeho použitie na odliatky so zvýšeným rizikom vzniku trhlín. Z výsledkov jasne vyplýva, že prídavok Ti 0,1 hm. % (nad limitujúci obsah max. 0,03 hm. %) jasne znížil náchylnosť na vznik trhlín v porovnaní s referenčnou zliatinou AlSi5Cu2Mg bez prídavku.

PodĎakovanie

Článok bol vytvorený v rámci projektu grantovej agentúry **VEGA: 1/0160/22**. Autori týmto ďakujú agentúre za podporu.

Literatúra:

- [1] BOLIBRUCHOVÁ, D. Zlievarenská technológia. Žilina: vydavateľstvo GEORG, 2010. ISBN 978-80-89401-14-7.
- [2] PASTIRČÁK, R., BOLIBRUCHOVÁ, D. & SLÁDEK, A. Teória zlievania. Žilina : EDIS-vydavateľské centrum ŽU, 2015. ISBN 978-80-554-1096-8.
- [3] WU, Q., Study of Hot Tearing in Cast and Wrought Aluminum Alloys. Worcester : Faculty of the Worcester polytechnic institute, UK, Dizertačná práca, 2012.
- [4] HUANG, H., FU, P., WANG, Y., PENG, L. & JIANG, H. Effect of pouring and mold temperatures on hot tearing susceptibility of AZ91D and Mg-3Nd-0.2Zn-Zr Mg alloys. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2014. DOI: 10.1016/S1003-6326(14)63144-7.
- [5] CAMPBELL, J. Complete Casting Handbook: Metal Casting Processes, Metallurgy, Techniques and Design. Elsevier Science, 2015.
- [6] OH, S.H., A.H., MUNKHDELGER, CH. & KIM, H.J. Effect of Cu content on Hot Tearing Susceptibility in Al-Si-Cu Aluminum Casting Alloy. Ulsan : Department of Research and Technology, Dr Axion Company, Republic of Korea, 2021.
- [7] BICHLER, L., ELSAYED, A., LEE, K. & RAVINDRAN, C. Influence of Mold and Pouring Temperatures on Hot Tearing Susceptibility of AZ91D Magnesium Alloy. Okanagan: University of British Columbia, International Journal of Metalcasting, 2018. DOI: 10.1007/BF0335542.
- [8] HASAN, A. & SUYITNO, A. Effect pouring temperature on casting defect susceptibility of hot tearing in metal alloy Al-Si. Syiah Kuala : Mechanical Engineering Department, University of Syiah Kuala, 2015. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.758. 95.
- [9] NASRESFAHANI, M.R. & RAJABLOO, M.J. Research on the Effect of Pouring Temperature on Hot-Tear Susceptibility of A206 Alloy by Simulation. Isfahan : Department of Materials Engineering, Isfahan University of Technology, Iran, 2014. DOI: 10.1007/s11663-014-0100-5.
- [10] KASIŇSKA J., MATEJKA M., BOLIBRUCHOVÁ D., KURIŠ M. & ŠIRANEC L. Effect of returnable material in batch on hot tearing tendency of AlSi9Cu3 alloy. *Materials*. 14(7), 2021, ISSN 1337-8996.
- [11] BOLIBRUCHOVÁ D., ŠIRANEC L. & MATEJKA M. Selected Properties of a Zr-Containing AlSi5Cu2Mg Alloy Intended for Cylinder Head Castings. *Materials*. 15(14) 2022. ISSN 1337-8996.



Cokoliv začnu dělat či praktikovat a jeví se na počátku nesmírně účinné a pozitivní, začne postupně ukazovat i své skryté zápory, které budou časem narůstat, a já budu muset hledat nové řešení. Život je neustálé hledání a přizpůsobování se. A každá krize je příležitost. Počítejme s tím.

*Egyptolog Miroslav Bárta:
Sedm zákonů, jak se civilizace rodí, rostou a upadají*

Precipitačné vytvrdzovanie AlSi7Mg0,3 obohatenej o zirkónium a titán

Precipitation hardening of AlSi7Mg0.3 enriched with zirconium and titanium



Elena Kantoríková, Žilinská univerzita v Žiline,
Strojnícka fakulta, Katedra technologického inžinierstva
elena.kantorikova@fstroj.uniza.sk

Kľúčové slová: hliníkové materiály, mechanické vlastnosti, zvýšené teploty, zirkónium, titán

Abstrakt: Článok pojednáva o výskume hliníkových materiálov na zlepšenie odolnosti voči zvýšeným teplotám, ktoré vznikajú v prevádzke elektromobilov. Je predpoklad, že zlepšenie mechanických vlastností sa dosiahne pridaním zirkónia a titánu. Cieľom výskumu je podrobiť AlSi7Mg0,3 precipitačnému vytvrdzovaniu a následne porovnať mechanické vlastnosti. Týmto spôsobom sa zistí účinok zirkónia a titánu na vlastnosti zliatiny. Odlievania vzoriek bolo do kovových aj škrupinových foriem. Experiment potvrdil rozdiely medzi vylúčenými fázami zirkónia po tepelnom spracovaní u oboch typoch vzoriek. Vplyv Zr na AlSi7Mg0,3 bol hodnotený na vybraných vlastnostiach ako tvrdosť, pevnosť v ťahu a ťažnosť, kde došlo k evidentnému zvýšeniu parametrov. Pri hodnotení mikroštruktúry bol pozorovaný rozpad veľkých prevažne ihličkovitých Zr fáz na menšie, stabilnejšie útvary, čo pozitívne naznačuje aplikáciu Zr v AlSi7Mg0,3.

Key words: aluminum materials, mechanical properties, higher temperatures, zirconium, titanium

Abstract: The article discusses the research of aluminum materials to improve resistance to elevated temperatures that arise in the operation of electric cars. It is assumed that the improvement of mechanical properties is achieved by the addition of zirconium and titanium. The aim of the research is to subject AlSi7Mg0.3 to T6 precipitation hardening and then compare the mechanical properties. In this way, the effect of zirconium and titanium on the properties of the alloy is determined. Casting of the samples was in both metal and shell molds. The experiment confirmed the differences between the excluded zirconium phases after heat treatment in both types of samples. The effect of Zr on AlSi7Mg0.3 was evaluated on selected properties such as hardness, tensile strength and ductility, where there was an evident increase in the parameters. During the evaluation of the microstructure, the disintegration of large mostly needle-like Zr phases into smaller, more stable structures was observed, which positively indicates the application of Zr in AlSi7Mg0.3.

Úvod

V dnešnej dobe si už automobilový sektor si nevieme predstaviť bez ľahkých hliníkových zliatin. Veda a výskum stále pracujú na nových spôsoboch inovácie z technologického hľadiska, ale aj čo sa týka vývoja nových materiálov. Zlepšujeme výkon znížením hmotnosti a predlžujeme životnosť dielov zlepšením mechanických vlastností. Výroba hliníkových zliatin je jednoduchá, preto budúcnosť hliníkových zliatin závisí od neustáleho zlepšovania, najmä v oblasti výroby a technológie tepelného spracovania. Zliatiny hliníka obsahujúce kremík a ďalšie prídavné prvky získavajú na popularite v širokej škále ekonomických aplikácií. Legovanie popisujeme ako účelové zvýšenie zvoleného prvku v príslušnej zliatine, ktoré má priaznivý vplyv na vybrané vlastnosti Al zliatiny. Legúry, resp. prísadové prvky zároveň môžu zmierniť škodlivé účinky potenciálne nebezpečných prvkov, ako je železo [1]. V tomto kontexte aditívna výroba dáva nové možnosti štrukturálnej optimalizácie ľahkých dielov [2]. Zvýšenie konečnej pevnosti v ťahu (R_m) napríklad zaisťuje veľké zníženie hmotnosti odliatku bez obetovania pevnostných vlastností funkčného prierezu odliatku. Vytvorenie nových, sofistikovanejších Al zliatin si vyžaduje zmenu chemického zloženia ako aj technologických metód. Zvolené vlastnosti je možné upraviť zmenou mikroštruktúry (okrem nových intermetalických fáz, zjemnenia zŕn alebo fixácie Fe) alebo pridaním zložiek ako Zr do hliníkovej taveniny zliatin Al-Si-Mg-Cu. Taktiež kvalitu materiálu ovplyvníme pomocou žihania a umelého starnutia [3]. Zliatiny na báze hliníka a zirkónu majú dobré mechanické vlastnosti. Zirkónium sa pridáva do zliatin Al-Si na ich spevnenie, pričom spevňujúci efekt začína odstránením intermetalickej fázy Al₃Zr alebo AlSiZr. V porovnaní s inými prvkami, ako je Mn, V alebo Sc, má Zr najnižšiu disperziu v hliníku. Atómy Zr majú pri hliníku vysokú väzbovú energiu [4]. Pri teplotách nad 250 °C sú fázy na báze Al₃Zr odolné voči rozpúšťaniu a zhrubnutiu, čím sa mení veľkosť a tvar zŕn a čiastkových zŕn v kovovej matici Al-Si zliatiny. Vďaka tomu umožňujú zvýšenie pevnosti zliatiny Al-Si

a jej udržanie aj po precipitácii. To je obzvlášť užitočné v zliatinách Al-Si-Mg-Cu, kde fázy vytvrdzovania Al₂Cu alebo Mg₂Si strácajú stabilitu. Vylúčené fázy na báze Zr nemajú taký spevňujúci účinok ako Al₂Cu alebo Mg₂Si, ale sú stabilnejšie pri teplotách nad 250 °C [5]. Pretože Mg a Cu obmedzujú potenciú Zr v Al zliatinách, účinnosť Zr a jeho fáz vysoko súvisí s ich obsahom. Zirkónium sa jemne vyzráža, čo zabraňuje rekryštalizácii a výsledkom je jemná liata štruktúra. Zirkónium zlepšuje pevnostné charakteristiky a odolnosť proti korózii zjemňovaním zrna [6]. Mechanické vlastnosti sú rozhodujúcim faktorom pri praktickom použití materiálu. Odolnosť hliníkových zliatin voči pracovným teplotám presahujúcim 300 °C je novým problémom v oblasti výskumu hliníkových zliatin, kde Zr tiež vykazuje sľubné výsledky pri zmiešaní s Ti. Získané výhody sú podstatné najmä pri odliatkoch prevodovky a bloku motora. Zliatiny na báze Al-Si sú významnou skupinou zliatin používaných na výrobu odliatkov zliatin hliníka. Eutektikum v konvenčných zliatinách Al-Si má lamelárny alebo ihlicovitý vzhľad. Je to spôsobené anizotropiou rastu Si a zníženou medzifázovou energiou medzi Si a Al. Mechanické vlastnosti binárnej zliatiny Al-Si súvisia s množstvom, veľkosťou a formou voľného Si. Eutektikum nielen zlepšuje štandardnú kvalitu zliatin Al-Si, ale tiež minimalizuje lineárne zmršťovanie a tendenciu k praskaniu za tepla alebo mikropórovitosti [7]. Tepelné spracovanie sa používa na zlepšenie mechanických vlastností zliatiny Al, ako je jej pevnosť a ťažnosť. Prídanie stopového prvku zlepšuje účinok tepelného spracovania. Vytvrdzovanie Al zliatin s prísadami Zr sa často uskutočňuje precipitačným vytvrdzovaním a následným umelým starnutím. Článok pojednáva o zmenách mechanických vlastností zliatiny Al po tepelnom spracovaní s prídavkom zirkónu. Opisuje rozdiely medzi vzorkami odliatymi do škrupinovej formy a vzorkami odliatymi do kovovej formy, pretože každá sa odlišuje predovšetkým odlišným odvodom tepla po odliatí a odlišným mechanizmom rastu zŕn v kovovej matici zliatiny Al. Každá technológia má svoje výhody; odlievanie do kokily má prudký odvod tepla a tvorbu jemnejších zŕn, pričom pevná forma vytvára v odliatku napätia. Technika odlievania založená na vytaviteľnom modeli na druhej strane zaručuje lepšie odlievacie vlastnosti a stabilnejší proces tuhnutia vďaka odlievaniu do vyhrievanej škrupiny, najmä pri výrobe zložitých a presných odliatkov. Nevýhodou je nejednotnosť zrnitosti [7, 8]. Hliníkové zliatiny dali automobilovému priemyslu nový dych. Nové materiály podnietili vývoj nových výrobných technológií, ktorých výsledkom boli nové materiálové vlastnosti.

Metódy a ciele

Zliatina AlSi7Mg0,3 sa používa na výrobu odliatkov pre svoje dobré odlievacie vlastnosti, odolnosti proti korózii a zvárateľnosti. V dôsledku toho sa často používa pri výrobe komponentov spaľovacích motorov, preto je dôležité preskúmať uskutočniteľnosť použitia hliníkovej zliatiny AlSi7Mg0,3 v súčasných aplikáciách, ako sú elektrické vozidlá. Používa sa tiež na výrobu komponentov pre letecký a obranný priemysel. Na dosiahnutie vyššie uvedených pozitívnych kritérií je potrebná vysoká čistota primárnej zliatiny, pretože železo má za následok pokles kvality odliatku a tým aj zvýšenie nákladov výroby [9]. Experiment využíval zliatinu bežne používanú v automobilovom sektore, AlSi7Mg0,3, ktorá normálne obsahuje (v % hmotn.) 6,7 Si, 0,13 Fe, 0,5 Cu, 0,34 Mg a 0,1 Ti [10]. Bolo vytvorených šesť rôznych typov vzoriek, ktoré boli odliate do škrupinovej formy a šesť rôznych typov do kovovej formy (vzorková forma). Boli vytvorené tri experimentálne taveniny s použitím stáleho pridávania 0,2 % Zr nasledovaného postupným pridávaním Ti v prírastkoch 0,1; 0,2 a 0,3 % hmotn. Cieľom bolo posúdiť vplyv kombinácie na zjemnenie zrna, elimináciu nových intermetalických fáz a ich spoločnú synergiu pri zlepšovaní mechanických vlastností. Pri prevádzke tepelného spracovania bola dodržaná EN 1706, kalenie T6, rozpúšťacie žihanie 540 °C, 12 hodín /voda 20 °C. Umelé starnutie pri 150 °C 3 hodiny. Na tepelné spracovanie bola použitá elektrická komorová pec. Zvolený režim sa používa pre odliatky, ktoré vyžadujú dobrú zlievateľnosť, odolnosť proti korózii, tlakovú tesnosť a zvárateľnosť. Takéto odliatky sa okrem iného používajú v jadrových reaktoroch, leteckých čerpadlách a blokoch valcov motorov. Na vzorkách sa merala tvrdosť podľa Brinella, pevnosť v ťahu a štandardná optická metalografia. Na overenie chemického zloženia hotových odliatkov sa použil spektrometer. Podľa tabuľky 1 sa obsah Zr a Ti v škrupinovej forme dostatočne nerozpustil v porovnaní s kovovou formou, kde je dostatok Zr, ale neobjavuje sa žiadny titán. Očkovacia látka Ti bola pridaná kvôli väčšiemu počtu zŕn Zr. Titán ovplyvňuje veľkosti zŕn Zr a aj ich počet. Tvrdosť podľa Brinella bola stanovená na odliatych a tepelne spracovaných vzorkách pomocou 5 mm guľičky, sily 250 kg a času 10 sekúnd. Na skúšku ťahom boli vyrobené vzorky s kruhovým priemerom 8 mm a dĺžkou 65 mm. Už hotové vzorky prešli tepelným spracovaním.

	prvok	Si	Fe	Mg	Cu	Zr	Ti	Al
Škrupina (hmot. %)	0.2Ti	6.90	0.113	0.395	0.54	0.0019	0.155	91.8
	0.3Ti	6.86	0.116	0.374	0.55	0.0939	0.161	91.7
	0.4Ti	6.80	0.120	0.360	0.54	0.2190	0.133	91.7
Kovová forma (hmot. %)	0.2Ti	6.94	0.125	0.07	0.55	0.126	0.22	91.5
	0.3Ti	6.73	0.128	0.07	0.54	0.15	0.27	91.7
	0.4Ti	6.55	0.127	0.07	0.5	0.122	0.23	92.0

Tab. 1 Chemické zloženie testovaných zliatin

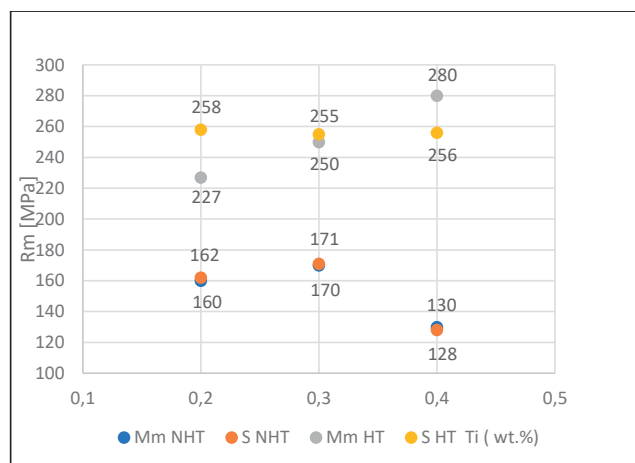
Výsledky a diskusia

Tabuľka 2 ukazuje zmeny tvrdosti vzoriek pred a po tepelnom spracovaní. V porovnaní so stavom po odliatí zvýšilo tepelné spracovanie tvrdosť všetkých vzoriek. Po tepelnom spracovaní je pre vzorky odliate do kovovej formy predpísaná špecifikovaná hodnota podľa AC421 90 HBW. Tvrdosť materiálu stúpa s množstvom pridaného titánu, avšak tepelným spracovaním sa ustálili hodnoty na 90 HBW. Vyššia koncentrácia Zr v kovovej forme nemala žiadny vplyv na húževnatosť materiálu. Rozdiel v tvrdosti je zrejmy v tvare škrupiny, pretože špecifikovaná hodnota je 75 HBW. Tepelné spracovanie zvýšilo tvrdosť o 30%. Predpokladá sa, že dodatočná tvrdosť je spôsobená iným prenosom tepla ako kovová forma.

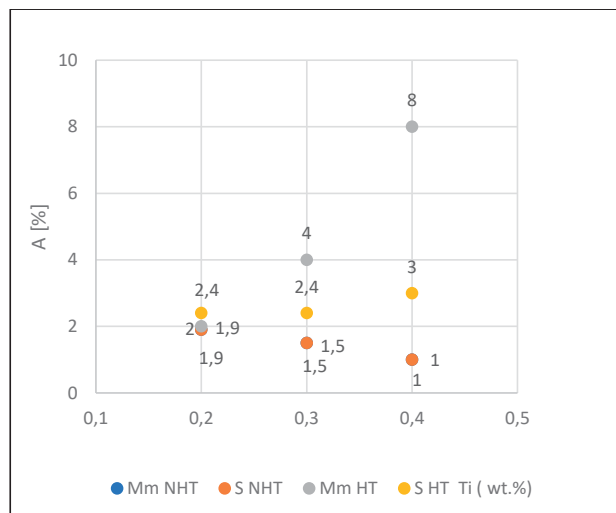
	Škrupinová forma		Kovová forma	
	Bez tepeln. sprac.	S tepeln. sprac.	Bez tepeln. sprac.	S tepeln. sprac.
0.2Ti	66	86	75	91
0.3Ti	61	87	80	90
0.4Ti	64	92	84	87

Tab. 2 Tvrdosť podľa Brinell HBW 5/250/10

Obrázok 1 znázorňuje stredné hodnoty skúšky ťahom R_m a ťažnosť A . Maximálna pevnosť v ťahu škrupinovej formy bola 258 MPa pre vzorku obsahujúcu 0,3 % Ti, zatiaľ čo štandardná hodnota je 260 MPa. Toto je vzorka s hodnotou 0,4 % Ti 280 MPa pre kovovú formu; predpísaná hodnota je 290 MPa. Žiadna zo vzoriek nedosiahla štandardné maximálne napätie. Najlepšie výsledky predĺženia sa dosiahli so vzorkou 0,4 Ti po tepelnom spracovaní, tlakovom liatí, $A = 8$ %. Referenčná hodnota bola stanovená na 4 %. Na vzorke s 0,3 % Ti formy a 0,4 % Ti škrupiny sa získal štandardizovaný výsledok. Výsledky sú znázornené na obrázku 2.



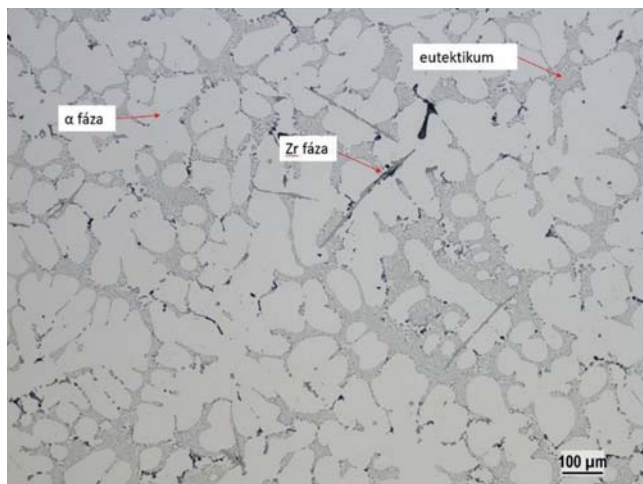
Obr. 1 Medza pevnosti v ťahu, Mm NHT – kovová forma bez tepelného spracovania, S NHT – škrupinová bez tepelného spracovania, Mm HT – kovová forma s tepelným spracovaním, S HT – škrupinová forma s tepelným spracovaním.



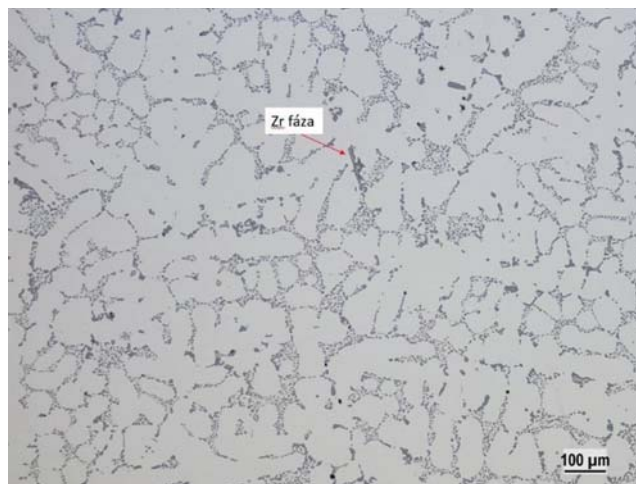
Obr. 2 Ťažnosť

Zliatina AlSi7Mg0,3 vykazuje mikroštruktúru s primárnymi dendritmi a eutektickú mikroštruktúru zloženú z fázy α a Si. Pretože zliatina obsahuje prvky ako Fe a Mn, môžu byť vyjadrené vo forme železitých intermetalických fáz v rôznych morfológických formách. Chemické zloženie a spôsob odlievania majú silný vplyv na výslednú štruktúru. U technológie odlievania do formy v porovnaní s konvenčným odlievaním možno predpokladať, že zabezpečí rýchlejšie chladenie a jemnú dendritickú štruktúru [11, 12, 13].

Keď sa k AlSi7Mg0,3 pridalo zirkónium, viedlo to k produkcii masívných fáz Zr, ktoré boli nepravidelne rozdelené a mali rôznu veľkosť (obr. 3). Keďže fázy Zr majú tvar ako ihly s ostrými hranami je lepšie sa im vyhnúť. Detekované fázy Zr v mikroštruktúrach sú s najväčšou pravdepodobnosťou intermetalické fázy Al₃Zr alebo AlSiZr. Pred tepelným spracovaním nenastala medzi vzorkami žiadna zmena v mikroštruktúre. Ihly boli uložené v skupinách alebo jednotlivo. Častice na báze Zr sú vytvorené z nedostatočne rozpustenej predzliatiny AlZr10 a tepelné spracovanie zmenilo celkovú štruktúru a zmenilo fázy Zr. Počet fáz Zr vzrástol úmerne k injektovanému obsahu Ti. Na druhej strane vzorky odliatej do škrupinovej formy mali Zr vzhľad ako ostré ihličky roztrúsené oddelene po priereze vzorky (obr. 4). Naproti tomu vo vzorkách vložených do kovovej formy sa fázy rozpadli na drobné zhluky krátkych ihličiek so zaoblenými koncami (obr. 4).



Obr. 3 Mikroštruktúra AlSi7Mg0,3 s 0,2 % Zr pred tepelným spracovaním, leptané 0,5 % HF



Obr. 4 Mikroštruktúra AlSi7Mg0,3 s 0,2 % Zr tepelne spracovaná, leptané 0,5 % HF

Tepelné spracovanie zmenilo fázy Zr a ovplyvnilo celkovú štruktúru. Počet fáz Zr vzrástol úmerne k injektovanému obsahu Ti. Na druhej strane vzorky odliate do škrupinovej formy mali Zr vzhľad ako ostré ihličky roztrúsené oddelene po priereze vzorky. Naproti tomu vo vzorkách vložených do kovovej formy sa fázy rozpadli na drobné zhluky krátkych ihličiek so zaoblenými koncami.

Mechanické vlastnosti zliatiny AlSi7Mg0,3 je možné zlepšiť pridaním ďalších prvkov. Zr zvyšuje pevnosť, tvrdosť a tepelnú odolnosť. Zahŕnutie tvrdených fáz Al₃Zr, ktoré pretínajú fázy AlSi a eutektikum, spôsobuje zvýšenie vyššie uvedených vlastností, ako je pevnosť a tvrdosť. Tieto môžu byť vylučované ako jednotlivé ihly alebo v skupinách. Štrukturálna odchýlka je spôsobená procesom odlievania a technológiou tepelného spracovania. V dôsledku toho môžu fázy Zr zlepšiť kovovú maticu skúmanej zliatiny AlSi9Cu1Mg. Pri vyšších koncentráciách Zr sa fázy veľkých ihli po tepelnom spracovaní rozpúšťajú na menšie doskové fázy. Výsledky ukazujú, že odlievacia forma má vplyv na výslednú kvalitu.

Záver

Vzorky odliate do škrupinovej formy s prídavkom 0,1 hmotnostného percenta Ti do zliatiny AlSi7Mg0,3 s konštantným obsahom Zr asi 0,20 hmotnostných percent majú vyššiu tvrdosť ako vzorky odliate do kovovej formy. Po tepelnom spracovaní sa tvrdosť zvýšila o 30 %. Skúšky pevnosti v ťahu boli vykonané na oboch typoch vzoriek v súlade s AC121. V škrupinových formách sa ťažnosť zvýšila o 1 %, zatiaľ čo kovové formy sa zvýšili o 4 %. Morfológia plášťa zirkóniových fáz bola v štruktúre oveľa viditeľnejšia. Odliekat z kovovej formy má väčší počet malých fáz Zr. Zodpovedajúce výsledky poukazujú na perspektívu navrhnutia sofistikovanejšej zliatiny, ktorá by lepšie znášala zmeny v procese, najmä počas výrobného procesu.

PodĎakovanie

Článok bol vytvorený v rámci projektu grantovej agentúry KEGA 022ŽU-4/2021. Autori týmto ďakujú agentúre za podporu.

Literatúra:

- [1] D. BOLIBRUCHOVÁ, E. TILLOVÁ. *Zlievarenské zliatiny Al-Si*. Žilina. (2005).
- [2] Š. MICHNA, I. LUKÁČ et. all. *Encyklopedia hliníku*. (2005)
- [3] L. BECHNÝ. *Zlievarenská metalurgia a technológia*. ALFA Bratislava. (1990)
- [4] D. BOLIBRUCHOVÁ, M. KURIŠ, M. MATEJKA. *Manufacturing technology*. 1213–2489. Vol. 19, No. 4 (2019)
- [5] D. BOLIBRUCHOVA, J. MACKO, M. BRŮNA, *Archives of metallurgy and materials* 59, 717-721 (2014)
- [6] R. MAHMUDI, P. SEPEHRBAND, H. M. GHASEMI, (2006). *Materials Letters*, pp. 2606-2610. DOI 10.1016
- [7] G. PENG, K. CHEN, H. FANG, S. CHEN. *A Study of nanoscale Al₃(Zr, Yb) dispersoids structure and thermal stability in Al-Zr-Yb alloy*. Materials Science and Engineering. Volume 535, Pages 311-315 (2012)
- [8] G. SHA, A. CEREZO. *Early-stage precipitation in Al-Zn-Mg-Cu alloy (7050)*. Acta Materialia 2004. 52(15):4503-4516.
- [9] X. LÜ, E. GUO, P. ROMETSCH, L. WANG. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 22 Pages 2645-2651. Science Direct. (2012)
- [10] STN EN 1706. AC-42100. *Slitina hliníku na odlitky pro všeobecné účely*
- [11] S. LIU, X. M. ZHANG, M. A. CHEN, J. H. YOU. *Influence of aging on quench sensitivity effect of 7055 aluminum alloy*. Materials Characterization, 59(1): 53–60. (2008)
- [12] N. POURKIA, M. EMAMY, H. FARHANGI, E. SEYED. *The effect of Ti and Zr elements and cooling rate on the microstructure and tensile properties of a new developed super high-strength aluminum alloy*. Materials Science and Engineering A. 527: 5318–5325. (2010)
- [13] E. TILLOVA, M. CHALUPOVA. *Structural analysis of Al-Si alloys*, Žilina: EDIS ŽU UNIZA. (2009).

Optimalizácia mechanických vlastností zliatin AlSi u odliatkoch odlievajúcich do pieskových foriem

Ing. **Luboš Ambroz**, technolog, Ability s.r.o., prevádzka Kremnica, lambroz@abilitysro.sk

Abstrakt: Článok pojednáva o možnostiach zlepšovania mechanických vlastností zliatin AlSi v prevádzkových podmienkach zlietárne. Konkrétny prevádzkový experiment bol vykonaný pri odlievaní zliatiny AlSi7Mg0,3 (EN AC 42 100) do pieskovej formy. Cieľom bolo dosiahnuť zvýšenie minimálnej ťažnosti oproti hodnote stanovenej EN 1706 o 100% - z hodnoty 2% na hodnotu 4%. Ostatné mechanické vlastnosti zostali zachované v súlade s EN 1706. V článku je analyzovaný vplyv morfológie kremíka, očkovania, tepelného spracovania a chemického zloženia na mechanické vlastnosti zliatiny.

Kľúčové slová: Zliatiny AlSi, mechanické vlastnosti, chemické zloženie, morfológia kremíka, očkovanie, tepelné spracovanie.

Abstract: The article discusses the possibilities of improving the mechanical properties of AlSi alloys in foundry operating conditions. A specific operational experiment was carried out when casting the AlSi7Mg0.3 alloy (EN AC 42 100) into a sand mold. The goal was to achieve an increase in the minimum ductility compared to the value set by EN 1706 by 100% - from a value of 2% to a value of 4%. Other mechanical properties were preserved in accordance with EN 1706. The article analyzes the influence of silicon morphology, treating, heat treatment and chemical composition on the mechanical properties of the alloy.

Key words: AlSi alloys, mechanical properties, chemical composition, silicon morphology, treating, heat treatment.

Odlievanie do pieskových foriem je flexibilná metóda, ktorá je vhodná pre rôzne typy odliatkov. Používa sa predovšetkým pre kusovú a malosériovú výrobu, v prípadoch, kedy by bolo zhotovenie kovových foriem neekonomické.

Predkladaný článok sumarizuje praktické poznatky získané pri optimalizácii mechanických vlastností hliníkových zliatin AlSi (silumínov) odlievajúcich do pieskových foriem vo firme ABILITY s.r.o. Konkrétne sa jedná o zliatinu AlSi7Mg0,3 (EN AC 42 100). Zákazník požadoval u tejto zliatiny zvýšenie minimálnej ťažnosti oproti hodnote stanovenej EN 1706 o 100% - z hodnoty 2% na hodnotu 4%. Ostatné mechanické vlastnosti zostali zachované v súlade s EN 1706.

Zliatina	EN	Mechanické vlastnosti - piesok				Mechanické vlastnosti - kokily			
		Rm [MPa]	Rp _{0,2} [MPa]	A [%]	HB	Rm [MPa]	Rp _{0,2} [MPa]	A [%]	HB
AlSi7Mg0,3	42100	230	190	2	75	290	210	4	90

Tab.1 Porovnanie mechanických vlastností AlSi7Mg0,3 pri odlievaní do pieskových foriem a odlievaní do kokil (zdroj autor, podľa EN 1706).

Proces tuhnutia odliatku v kovovej a pieskovej forme má odlišný priebeh. Ide predovšetkým o teplotný gradient. Dôsledkom uvedeného je aj odlišný spôsob kryštalizácie. Zatiaľ čo pri tuhnutí v kovovej forme sa uplatňuje mechanizmus homogénnej nukleácie (ako následok podchladenia), u pieskových foriem sa využíva mechanizmus heterogénnej nukleácie (očkovanie). V zlievárenskej praxi sa využívajú uvedené procesy na dosiahnutie zjemnenia zrna.

Veľkosť zrna má podstatný vplyv na ťažnosť zliatiny.

Ďalšími procesmi, ktoré majú priamy vplyv na mechanické vlastnosti zliatin AlSi sú modifikácia a vytvrdzovanie.

Mechanické vlastnosti hliníkových zliatin

Mechanické vlastnosti, ktoré sa podľa EN 1706 hodnotia u hliníkových zliatin sú:

- Medza pevnosti v ťahu R_m,
- Medza pevnosti skľuzu R_{p0,2},
- Tvrdosť HB,
- Ťažnosť A₅

Výnimočne sa zisťujú aj ďalšie vlastnosti (napr. vrubová húževnatosť, únavová pevnosť a pod.).

Požadované mechanické sa dosahujú:

- Modifikáciou kremíka,
- Očkovaním zliatiny,
- Tepelným spracovaním

Súhrnne sa mechanické vlastnosti zliatiny posudzujú **indexom kvality**. Index kvality komplexne hodnotí mechanické vlastností (R_m a A₅). Práve v optimálnom dosiahnutí uvedených dvoch mechanických vlastnostiach spočíva základný rozpor. Zvýšením pevnostných vlastností (R_m, R_{p0,2}) zvyčajne klesá ťažnosť a naopak.

Index kvality je definovaný vzťahom [2]

$Q = R_m + k \cdot \log A_5$ [MPa], kde k je koeficient daný typom zliatiny

Vplyv chemických prvkov na mechanické vlastnosti

Základnými prvkami, ktoré vplyvajú na mechanické vlastnosti AlSi zliatin sú Na, Sr, Ti, B, Mg, Fe, Cu.

V ďalšom budú rozobraté jednotlivé postupy pri príprave kovu v udržiavacej peci, tepelné spracovanie a vplyv jednotlivých prvkov na výsledné mechanické vlastnosti.

Modifikácia kremíka

Účelom modifikácie kremíka v zliatine AlSi je ovplyvnenie výslednej morfológie eutektického kremíka. Morfológia kremíka má vplyv na ťažnosť a taktiež vplýva aj na zlievarenské vlastnosti. Kremík kryštalizuje v troch morfológických modifikáciách [2]:

- Zrnné,
- Lamelárne,
- Modifikované.

Častice kremíka v modifikovanom eutektiku majú tvar jemných vlákien. Práve táto morfológia je z hľadiska mechanických a zlievarenských vlastností najvhodnejšia.

Morfológiu kremíka je možno ovplyvniť tzv. modifikátormi. Najefektívnejšie modifikátory sú prvky, ktorých atómový polomer je okolo 0,183 nm, čiže 1,65 násobok atómového polomeru kremíka, ktorý má hodnotu 0,111 nm [1]. Najpoužívanejšími modifikátormi sú Na a Sr. Za najúčinnější modifikátor je považovaný Na. Doba účinnosti tohto prvku sa udáva na 30 až 45 minút. Po uplynutí tejto doby je potrebné taveninu domodifikovať. Pre získanie plne modifikovanej štruktúry musí zliatina obsahovať 50 – 100 ppm sodíku [2]. Taktiež je potrebné sledovať obsah Ca a P, ktoré nepriaznivo vplývajú na priebeh modifikácie.

Modifikáciu zliatiny sme vykonali Na s použitím tabliet EUTAKTAL. Modifikácia bola vykonaná po odplynení a rafinácii taveniny. Pre kontrolu úrovne modifikácie bol použitý prístroj pre termickú analýzu TA 110. Tablety sa pridávali postupne, až po dosiahnutí optimálnej modifikácie (Obr.1). Aparatúra je na obr. 2.

Očkovanie zliatiny

Účelom očkovania je zjemnenie primárnej fázy vnášaním nukleačných zárodokov, resp. látok z ktorých sa nukleačné zárodoky vytvárajú. Očkovanie podeutektických zliatin hliníka sa vykonáva titánom alebo kombináciou titánu a bóru. Tieto prvky sa do taveniny vnášajú pomocou očkovacích solí, očkovacích tabliet alebo v podobe predzliatiny Al-Ti alebo Al-Ti-B. Pri očkovaní prípravkami s titánom reaguje titán s hliníkom za vzniku intermetalickej fázy $TiAl_3$. Okolo častice $TiAl_3$ sa tvorí obálka tuhého roztoku α (Al) a okolo nej pokračuje rast kríštálov. Optimálny podiel Ti v tavenine je 0,1% [2].

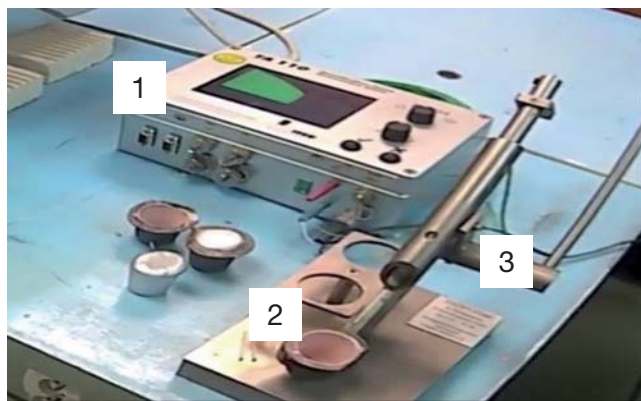
My sme pri očkovaní taveniny použili predzliatinu Al-Ti-B. Očkovanie bolo vykonané po modifikácii. Po modifikácii a očkovaní zliatiny bola odobratá vzorka pre vykonanie spektrálnej analýzy chemického zloženia a vykonané kontrolné meranie naplynenie taveniny. Po analýze a kontrolnom meraní nasledovalo odlievanie skúšobných tyčí do pripravených pieskových foriem.

Tepelné spracovanie

Najdôležitejším spôsobom tepelného spracovania hliníkových zliatin je vytvrdzovanie. Týmto tepelným spracovaním sa dosahuje podstatného zvýšenia medze pev-



Obr. 1 Prístroj pre vykonanie termickej analýzy, [zdroj autor]



Obr.2 Celkové usporiadanie meracej aparatúry (1-Prístroj, 2- Kovové kelímky, 3-Tubus termočlánkom), [zdroj autor]

nosti R_m a medze $R_{p0,2}$ a tvrdosti. Ťažnosť sa obvykle znižuje. Podmienkou pre vytvrdzovanie je prítomnosť prísadového prvku, ktorý má dostatočnú zmenu rozpustnosti v tuhom roztoku α (Al).

Vytvrdzovať je možné buď binárne zliatiny hliníku s vytvrdzujúcim prvkom, napr. zliatiny Al-Cu, alebo viaczložkové zliatiny, v ktorých je vytvrdzujúci prvok ďalším prísadovým prvkom. V našom prípade sa jedná o Mg. Minimálny podiel Mg v zliatine AlSi7Mg0,3 je podľa EN 1706 0,3 %.

Vytvrdzovanie sa skladá z nasledujúcich operácií:

- Rozpúšťacie žihanie – získava sa homogénny roztok α (Al),
- Rýchle ochladenie – výsledkom je presýtený tuhý roztok α (Al),
- Precipitačné vytvrdzovanie – dochádza k tvorbe precipitátu a spevneniu štruktúry.

Odliatych bolo 30 ks skúšobných tyčiek. Tyčky boli rozdelené do 3 skupín po 10 tyčiek. Pre každú skupinu bol stanovený spôsob tepelného spracovania. Tepelné režimy u jednotlivých typov vytvrdzovania boli stanovené s použitím [1] a na základe predchádzajúcich skúseností.

P.č.	Rozpúšťacie žihanie / Výdrž na teplote [°C/h]	Rýchle ochladenie Druh média / [°C]	Precipitačné vytvrdzovanie/ Výdrž na teplote [°C/h]
1.	530 / 2	Voda / 50	155 / 2
2.	530 / 3	Voda / 50	155 / 3
3.	525/4	Voda / 20	170 / 4

Tab.2 Prehľad tepelných režimov jednotlivých typov tepelného spracovania

Výsledky skúšok mechanických vlastností (ťahové skúšky)

Pre skúšobné tyčky boli stanovené tieto hodnoty mechanických vlastností:

Požadovaná hodnota R _m [MPa]	Požadovaná hodnota R _{p0,2} [MPa]	Požadovaná tvrdosť [HB]	Požadovaná ťažnosť A [%]
230	190	75	4

Tab.3 Požadované hodnoty mechanických vlastností

Skúšobné tyčky boli sústružené na štandardizovaný rozmer v súlade s EN 1706 a bola na nich vykonaná skúška ťahom na skúšobnom stroji. Výsledky jednotlivých skúšok boli tabelárne spracované. Tabuľka 4 uvádza súhrne zistené výsledky. Sú v nej uvedené maximálne a minimálne zistené hodnoty R_m, R_{p0,2}, HB a A₅.

Tepelné spracovanie	Zistené hodnoty R _m		Zistené hodnoty R _{p0,2}		Zistené hodnoty HB		Zistené hodnoty A ₅		Vyhodnotenie
Teplota precipitačného vytvrdzovania [°C]/Výdrž [h]	R _m min	R _m max	R _{p0,2} min	R _{p0,2} max	HB min	HB max	A ₅ min	A ₅ max	%
155/2	212	260	198	212	92	94	2,5	5,9	20 % hodnôt A > 4 % 40 % hodnôt R _m < 230 MPa
155/3	215	258	204	215	92	94	2,6	5,3	70 % hodnôt A > 4 % 10 % hodnôt R _m < 230 MPa
170/4	202	263	123	251	98	100	2,08	3,7	0 % hodnôt A > 4 % 10 % hodnôt R _m < 230 MPa 10 % hodnôt R _p < 190 MPa

Tab.4 Zistené hodnoty mechanických vlastností. V oranžových políčkach sú uvedené hodnoty, ktoré sú nižšie ako hodnoty minimálne požadované.

Štatistické vyhodnotenie výsledkov ťahovej skúšky

1, Tepelné spracovanie s precipitačným vytvrdzovaním pri teplote 155°C s výdržou 2 hodiny. Pri tejto teplote bolo u 20 % vzoriek (skúšobných tyčiek) zistená hodnota ťažnosti A₅ vyššia ako 4 % a u 40% vzoriek hodnota medze pevnosti v ťahu nižšia ako 230 MPa.

2, Tepelné spracovanie s precipitačným vytvrdzovaním pri teplote 155 °C s výdržou 3 hodiny. Pri tejto teplote bolo u 70 % vzoriek zistená hodnota ťažnosti A₅ vyššia ako 4 % a u 10% vzoriek hodnota medze pevnosti v ťahu nižšia ako 230 MPa.

3, Tepelné spracovanie s precipitačným vytvrdzovaním pri teplote 170 °C s výdržou 4 hodiny. Pri tejto teplote nebolo u žiadnej vzorky zistená hodnota ťažnosti A₅ vyššia ako 4 %, u 10% vzoriek bola hodnota medze pevnosti v ťahu nižšia ako 230 MPa a u 10% vzoriek hodnota medze skľuzu nižšia ako 190 MPa.

Záver

Všetky skúšobné tyčky skúmaného štatistického súboru boli odliate z jednej udržiavacej pece, to znamená, že chemické zloženie bolo u všetkých tyčiek rovnaké. Chemické zloženie bolo zisťované na 2 vzorkách chemického zloženia metódou spektrálnej analýzy. Chemické zloženie kovu bolo v medziach stanovených normou EN 1706. Priemerný zistený obsah Na bol 0,0007%, priemerný zistený podiel Ti 0,11%. Podiel prvkov Ca a P, ktoré majú negatívny vplyv na priebeh modifikácie, bol nulový. Obsah Fe a Cu, ktoré nepriaznivo vplyvajú na ťažnosť bol na spodnej hranici rozsahu stanoveného normou EN 1706.

Celková doba odlievania skúšobných tyčiek neprekročila 20 minút, čím bola zachovaná doba trvania modifikácie (30 až 45 minút).

Tepelné režimy vytvrdzovania boli stanovené na základe údajov z odbornej literatúry a skúseností z praxe.

Na základe štatistického vyhodnotenia výsledkov ťahovej skúšky boli stanovené optimálne parametre tepelného spracovania:

- Rozpúšťacie žihanie pri teplote 530 °C s výdržou 2 hodiny,
- Rýchle ochladenie do vodného kúpeľa s teplotou 50 °C,
- Precipitačné vytvrdzovanie pri teplote 155 °C a s výdržou 3 hodiny

Skúšobné odlievanie bolo vykonané za plnej prevádzky, s použitím zariadení a prístrojového vybavenia firmy. Výnimkou je len meracia aparátúra pre stanovenie úrovne modifikácie. Táto aparátúra bola zapožičaná.

Literatúra:

[1]TILLOVÁ E., CHALUPOVÁ M.: Štruktúrna analýza zliatin Al-Si, Žilinská univerzita v Žiline, 2009

[2]ROUČKA J.: Metalurgie neželezných slitin, CERM Brno, 2004

[3]GRIGEROVÁ T., KOŘENÝ R., LUKÁČ I.: Zlievarenstvo neželezných kovov, ALFA, 1988

[4]BOLIBRUCHOVÁ D., TILLOVÁ E.: Zlievarenské zliatiny Al-Si, EDIS vydavateľstvo ŽU Žilina, 2006



Vývoj každej spoločnosti a civilizácie je determinovaný technológiami a zdroji energie. Bez objektívne levnej energie nemôže spoločnosť a civilizácia rásť ani udržať svoju komplexitu.

Egyptológ Miroslav Bárta: Sedm zákonů, jak se civilizace rodí, rostou a upadají. Zákon energetické a technologické determinace.

INOTEC Promotor 6. generace

- Anorganické pojivové systémy s vysokou vlhkostní stabilitou

INOTEC Promotor 6th generation - Inorganic binder systems with high humidity stability

Autoři: Dr. Markus Jonek a Dr. Christian Appelt

Technologie INOTEC společnosti ASK Chemicals si získala celosvětové uznání jako ekologický a vysoce produktivní výrobní proces pro výrobu odlitků z lehkých kovů. Použití těchto termosetových anorganických pojivových systémů ve velkoobjemových aplikacích v automobilovém průmyslu eliminuje emise při výrobě jader, jejich skladování a odlévání. Kromě ekologických a ekonomických výhod přináší tento systém slévárnám i výhody technologické, kterou je například nulový vznik kondenzátů při procesech nízkotlakého a gravitačního lití hliníkových slitin. Díky tomu, lze lépe nastavit lící teplotu v procesu a výsledkem rychlejšího tuhnutí mohou být hliníkové odlitky s vhodnější mikrostrukturou. Dále se snižují požadavky na čištění a údržbu kokil, čímž se zvyšuje jejich životnost a hlavně produktivita.

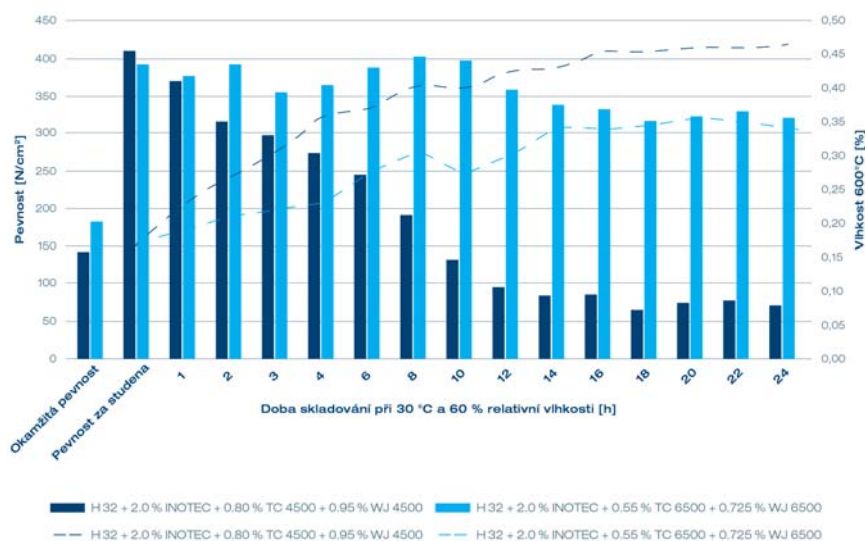
Dosud se anorganické pojivové systémy používaly především pro výrobu hlav válců a klikových skříní spalovacích motorů. V rámci neustálého zdokonalování procesu diverzifikace hnacího ústrojí v automobilovém průmyslu a rozvoje elektromobility se naskytly nové oblasti použití, takže dnes se pomocí anorganických pojivových systémů vyrábějí také centrální skříně elektromotorů a konstrukční prvky (pomocné rámy, nosiče náprav). Technologie INOTEC se tak vyvinula ze speciality na všestranně použitelný pojivový systém. Specifické vlastnosti pískových jader, jako je odolnost proti vlhkosti, snadné vytloutání a tepelná stabilita, zůstávají hlavními důležitými parametry anorganických pojivových systémů.

Odolnost proti vzdušné vlhkosti pískových jader s anorganickým pojivem obecně popisuje stabilitu pojivového systému vůči absolutní vlhkosti v průběhu skladování jader. V případě nedostatečné vlhkostní stability může během skladování dojít k popraskání pískového jádra až

k jeho rozlomení. Nekontrolovaná absorpce vzdušné vlhkosti má za následek zvýšený sklon k tvorbě plynů při lití, takže v jeho průběhu mohou v hliníkovém odlitku vznikat plynové vady. Chování anorganicky vázaných pískových jader po odlití s ohledem na absolutní vlhkost ovlivňuje jejich rozpadavost při vytloutání. Pokud je odolnost proti vlhkosti nedostatečná, může dojít k reaktivaci pojivového systému, lze pozorovat zvýšení pevnosti a zhoršení rozpadavosti jader. Vlhkostní stabilita anorganických pojivových systémů je tedy klíčovým ukazatelem výkonnosti pro celý proces výroby odlitků, zejména u složitých geometrií pískových jader, jako jsou vodní pláště hlav válců a elektromotorů. Obvykle se vlhkostní stabilita anorganických pojivových systémů řídí přidávkou lithných solí do kapalného pojiva. To však vede k nižší pevnosti za studena jako vstupní hodnotě pro skladování jádra, takže k dosažení vhodné úrovně pevnosti je nutné zvýšené množství přídavku kapalného pojiva. Současně nelze ekonomicky využít zejména lithné soli vzhledem k vysoké poptávce ze strany bateriového průmyslu.

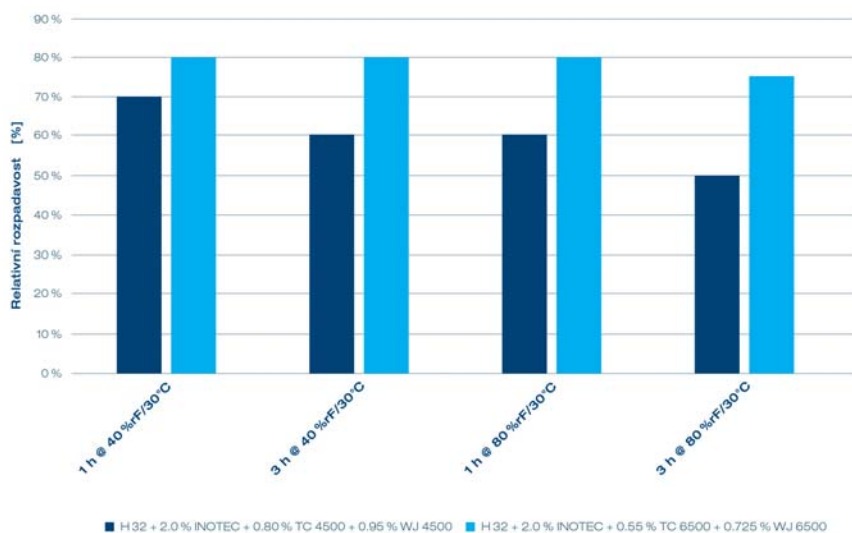
Šestá generace promotorů INOTEC zlepšuje odolnost proti vlhkosti pískových jader, což je klíčovou charakteristikou této sypké komponenty anorganického pojivového systému. Vlhkostní stabilitu anorganicky vázaných pískových jader lze sledovat stanovením pevnosti a vlhkosti během skladování jader v podmínkách s vysokou absolutní vlhkostí. Měření vlhkosti při teplotě 600 °C je nezbytné pro zaznamenání objemu absorbované vody v pískovém jádře. Na obrázku 1 je znázorněn průběh dvou parametrů, a to parametrů „pevnost“ (sloupce a levá stupnice) a „vlhkost 600 °C“ (přerušované čáry a pravá stupnice) promotorických přípravků 4. a 6. generace v závislosti na době skladování při absolutní vlhkosti cca 18 g vody/m³ vzduchu (30 °C, 60 % relativní

Vlhkostní stabilita promotorů INOTEC Generace 4 vs. Generace 6



Obr. 1 Průběh absolutní pevnosti (sloupec) a vlhkosti (čára) pro anorganická písková jádra na bázi promotorů INOTEC 4. (tmavě modrá) a 6. generace (světle modrá).

Rozpadavost promotorů INOTEC v závislosti na podmínkách skladování Generation 4 vs. Generation 6



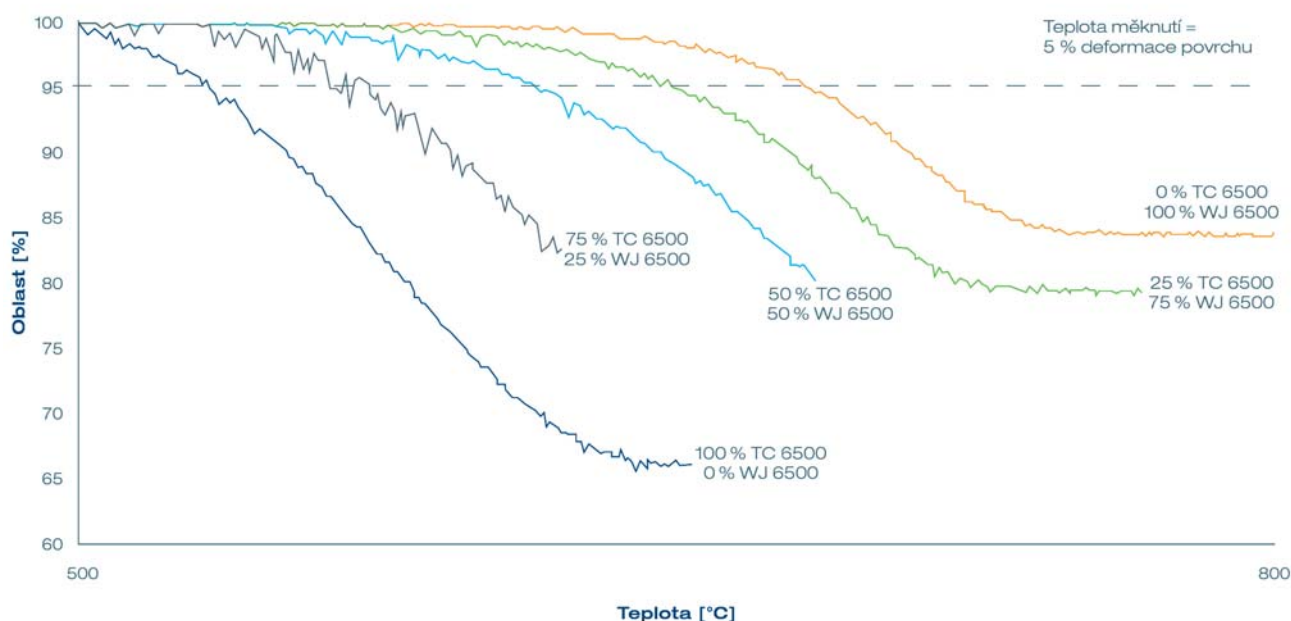
Obr. 2 Relativní rozpadavost anorganicky vázaných pískových jader na bázi promotorů INOTEC 4. (tmavě modrá) a 6. generace (světle modrá) za různých podmínek.

vlhkosti).

Standardizovaný zkušební vzorek vykazuje jednu hodinu po výrobě jádra pevnost za studena 375-400 N/cm² a vlhkost (600 °C) přibližně 0,20 %, bez ohledu na použitou generaci promotoru. U 4. generace promotorů INOTEC pevnost kontinuálně klesá již na začátku procesu skladování. Poloviční pevnosti za studena je dosaženo již po 8 hodinách skladování. Současně lze pozorovat silný nárůst vlhkosti pískového jádra, který po 8 hodinách skladování činí 0,40 %. Naproti tomu promotor 6. generace vykazuje konstantní úroveň pevnosti až do doby skladování 10 hodin a sníženou nasákavost 0,30 %. Teprve v dalším průběhu doby skladování je patrný pokles pevnosti. Přesto si pevnost během 24hodinového skladování zachovává přibližně 82 % pevnosti za studena. Obsah vlhkosti stanovený při 600 °C pak činí 0,35 %. Oba parametry dokládají lepší vlhkostní stabilitu promotoru 6. generace. Kromě této zlepšené odolnosti proti vlhkosti během skladování jader vede použití promotoru 6. generace také ke zlepšení stability procesu během obrábění surového dílu. Na obrázku 2 je znázorněna rozpadavost standardizovaného zkušební vzorku na základě 4. a 6. generace promotoru při skladování surových odlitků při různých úrovních vlhkosti. Vzorky byly tepelně namáhány při teplotě 650 °C, odpovídajícím způsobem skladovány za různých klimatických podmínek a po mechanickém úderu byla stanovena rozpadavost. Rozpadavost anorganicky vázaných pískových jader na bázi 4. generace promotoru je negativně ovlivněna s rostoucí dobou skladování a vyšší absolutní vlhkostí. Naproti tomu rozpadavost anorganicky vázaných pískových jader na bázi promotoru 6. generace zůstává konstantní.

Koncepce tepelné stability byla do promotorů INOTEC 6. generace použita díky osvědčené koncepci nástrojů. Tepelná stabilita popisuje odolnost pojivového systému vůči mechanickým a tepelným vlivům při odlévání. V tomto ohledu vykazuje promotor INOTEC WJ 6500 mimořádně vysokou tepelnou stabilitu, která působí proti deformaci tenkých

a vysoce komplikovaných geometrií jader, jako jsou například jádra vodních plášťů. Naproti tomu promotor INOTEC TC 6500 má nízkou tepelnou stabilitu a je vhodný pro výrobu objemných jader. Promotory lze míchat v libovolném poměru, takže je možné nastavit specifickou tepelnou stabilitu v závislosti na geometrii pískového jádra. Vliv různých směšovacích poměrů promotorů INOTEC TC 6500 a WJ 6500 na tepelnou stabilitu pojivového systému lze pozorovat například pomocí zahřívacího mikroskopu (obr. 3). S rostoucí teplotou se zaznamenává změna plochy krychlového zkušební vzorku složeného z pojiva INOTEC a promotoru INOTEC. Změna plochy o 5 % je definována jako tzv. teplota měknutí, takže z průběhu křivky lze vyvodit závěry o počínajícím měknutí pojivového systému. Postupné zvyšování množství termostabilního promotoru INOTEC WJ 6500 vede ke zvyšování tepelné stability, což je rozpoznatelné podle rostoucí teploty měknutí.



Obr. 3 Vliv směšovacích poměrů promotorů INOTEC TC 6500 a WJ 6500 na teplotu měknutí.

Kromě těchto vlastností specifických pro pískové jádro je třeba zdůraznit také snížené dávkování promotorů 6. generace, a tím i zvýšenou účinnost aditiva. Při použití jednotlivých promotorů samostatně je jejich dávkování sníženo o 31 % pro TC 6500 a 24 % pro WJ 6500 ve srovnání s promotory 4. generace.

Souhrnně lze říci, že systém promotorů 6. generace INOTEC nabízí optimalizovanou vlhkostní stabilitu a lze jej stále flexibilně přizpůsobovat různým požadavkům zákazníků díky osvědčené koncepci nástrojů s doplňujícími recepturami. Nejnovější generace promotorů maximalizuje stabilitu procesu při skladování jader, odlévání a obrábění surových dílů.



Čistota půl zdraví pro mašiny za miliony



Miloslav Mares

mares.miloslav@hydac.cz

O autorovi

V 70 - tých letech jsem pracoval v závodě Metalis Nejdek v oddělení technického rozvoje. Moje zaměření bylo mechanizace a automatizace tlakových licích strojů.

Mohl jsem čerpat ze zkušeností mého otce, který zde pracoval jako vedoucí konstrukce a technologie a strýcova šéfování nástrojárny a výroby forem.

Pod vedením našeho vynikajícího odborníka a člověka Ing. Karla Sklenáře jsme dodávali do Škody Mladá Boleslav kompletní vodní čerpadla, vyráběli ucelenou řadu požárních rychlospojek, žehlicích desek pro Rowentu, brzdové systémy Westinghouse, nádobí Aluspor i lyžařské vázání Marker.

Jako člen vědeckotechnické společnosti jsme navštěvovali a spolupracovali se všemi tlakovými slévárnami v Čechách i ve východním sektoru.

Po emigraci do Německa jsem pracoval ve vývoji a konstrukci licích strojů firmy Wotan Mutal.

Důležitost čistoty

V roce 1986 jsme na výstavě GIFA Düsseldorf vystavovali kompletně proporcionálně řízený licí stroj Mutal DMKH 320.

U tohoto nově vyvinutého licího stroje jsme poznali, jak důležitá je čistota pracovního hydraulického média.

Stále nově a nově vyvíjené hydraulické komponenty vyžadují pro bezporuchovou funkci čisté médium.

Firma Hydac International je jedním z největších světových výrobců hydraulických komponentů.

Tento článek je zaměřen pouze na naše téma a důležitou část ze široké produkce firmy Hydac: filtry, filtrační systémy a diagnostiku, protože tento segment produkce Hydacu nalézá nezbytné uplatnění ve slévárnách tlakového lití.

Čistota a slévárenské provozy jsou dva těžko slučitelné pojmy pro ty, kteří tuto branži znají. Je dokázáno, že čisté a správně ošetřené hydraulické médium může až zdvojnásobit životnost hydraulických komponentů a v průměru až o 30 % snížit poruchovost a následný výpadek strojního zařízení z provozu.

Naše filtrační zařízení pracuje ve významných závodech průmyslu, včetně automobilového a energetiky, kde je bezporuchovost životně důležitá.

Čistota půl zdraví:

toto prastaré lidové rčení má své velké opodstatnění nejen ve zdravotnictví, ale čím dál ve větší míře i ve všech oborech techniky a důležitých odvětvích průmyslu.

Firma Hydac je světoznámým výrobcem komponentů fluidní techniky (obr. 1.1) a největším výrobcem filtrů, filtračních systémů, senzorů a diagnostiky.



Obr. 1.1 Filtrační systémy HYDAC

Tak jako v medicíně je krev v našem těle nejdůležitější tekutinou a její kvalita a složení tou první a zásadní informací pro každého lékaře, tak i provozní kapalina v každém hydraulickém systému má podobně vysokou a zásadní důležitost pro správnou a bezporuchovou funkčnost zařízení. Lze říci, že více než tři čtvrtiny poruch hydraulických systémů mají na svědomí nečistoty (nebo ti, kteří připustí tento stav).

Bohužel ne všichni výrobci náročných průmyslových a mobilních zařízení, kde jsou hydraulické systémy tou hlavní hybnou silou, dbají ve svých projektech na zajišťování optimálního stavu hydraulické kapaliny a to především o její čistotu.

Již při návrhu hydraulického systému je třeba, aby koncept obsahoval dostatečně dimenzované filtrační komponenty s příslušnou filtrační schopností.

Firma Hydac International má ve svém výrobním programu příslušné komponenty ve všech dimenzích i filtračních kvalitách pro téměř všechna média.

Základní struktura hydrauliky

Pro názornost si můžeme uvést koncept hydraulického systému standardního tlakového lícího stroje libovolné velikosti.

Z nádrže je hydraulické médium nasáváno přes sací filtry s filtrační schopností (63 μm pro oleje, 200 μm pro HFC kapaliny) s podtlakovým senzorem, do hlavních čerpadel. Hydraulické médium je dodáváno do rozvodných kostek přes tlakový filtr o filtrační schopnosti 10 -20 μm , podle použité hydrauliky (standard, proporcionál, servo). Rozvodné hydraulické kostky osazené hydraulickými ventily a senzory řídí funkce stroje. Hydraulická nádrž včetně hlavních čerpadel je zpravidla umístěna v zadní části stroje pod uzavíracím klikovým mechanismem.

Nejdůležitější zásadou je, aby byla nádrž hermeticky uzavřena a vzduchový filtr (obr. 2. 1.) byl dostatečně dimenzován a měl správnou filtrační schopnost, dá se říci tu nejlepší v celém systému. Použité filtrační komponenty jsou závislé na použitých hydraulických prvcích (standard, proporcionál, servo).

Zpravidla by měl být použit vzduchový filtr s tou maximální filtrační schopností (1-3 μm), aby se zamezilo vstupu nečistot z okolního vzduchu do hydraulického systému. A že ve slévárenských provozech o ně není nouze.

Druhým nejdůležitějším filtrem (systémem) je tzv. vedlejší okruh filtrace (obr. 2.2; obr. 2.3) zpravidla s vlastním motorem a čerpadlem. Je to pracovní filtr, který by měl kontinuálně čistit hydraulickou kapalinu. Filtrační schopnost by měla být o řád výše než vzduchový filtr, tj. ca μm . Je to hlavní filtrační okruh, který má za úkol kontinuálně zbavovat systém nečistot. Tím, že je umístěn v paralelním, nízkotlakém okruhu, je i jeho provoz nejlevnější. Tento filtrační systém je ale velice často výrobcem podceňován a nedostatečně dimenzován, výrobci jsou pod cenovým tlakem.

Paralelní filtrační okruh především s ohledem na životnost hydraulických komponentů je zásadní.

Třetím tzv., ochranným filtrem je tlakový filtr (s filtrační schopností 10 – 20 μm dle použité hydrauliky) (obr. 3.1) ihned v hlavní tlakové větvi přímo za čerpadlem, který filtruje nečistoty před vstupem do systému a měl by být tlakově rezistentní. Jeho úkolem je ochránit drahé komponenty, zejména proporcionální a servo ventily před poškozením nečistotami.

Filtrační vložky jsou velmi drahé a jejich životnost je omezena. Navíc jejich jímací schopnost (množství nečistot, které jsou schopny pojmout) je při stejné velikosti vložky výrazně nižší, než u filtrů pro paralelní okruhy.



Obr. 2.1 Vzduchový filtr HYDAC



Obr. 2.2 OFF-LINE filtrace typ OLF



Obr. 2.3 OFF-LINE filtrace typ OLF 5



Obr. 3.1 Tlakový filtr HYDAC



Obr. 3.2 Vratný filtr HYDAC



Obr. 3.3 Sací filtr HYDAC

Další možné filtry můžeme nalézt ve zpětné větvi (obr. 3.2) hydraulických systémů, které ovšem jsou méně účinné oproti správně dimenzovanému vedlejšímu okruhu filtrace.

K ochraně čerpadel, jak již výše uvedeno, slouží sací filtry (obr. 3.3) na bázi ochranného síta s filtrační schopností 63 µm pro oleje a 200 µm pro HFC (voda-glykol) s podtlakovým senzorem -0,5 bar. Zde ale hrozí vážné poškození čerpadel při chybném dimenzování nebo při zanedbání údržby vlivem nedovoleného podtlaku v sání čerpadel.

Správně navržený koncept filtrace hydraulické kapaliny prodlužuje životnost hydraulických komponentů a snižuje počet poruch a časových ztrát při výměně poškozených hydraulických prvků, přispěje i k prodloužení životnosti hydraulického média. To vše je na nových moderních strojích umocněno použitím špičkové proporcionální nebo servo techniky, která je na znečištění systému výrazně náchylnější a opravy jsou řádově dražší.

Dalším důležitým tématem je čistota vyráběných dílců všeho druhu. Může jít o obráběné tlakové odlitky, obrobky ze všech druhů materiálu, trubky, hadice atd.

Většina firem včetně automobilového průmyslu vyžaduje od svých subdodavatelů atest o čistotě dodávaných dílců dle normy VDA 19.

Firma Hydac vyrábí zařízení řady CTU (obr. 4.1) pro měření a vyhodnocení zbytkových nečistot. Toto je nainstalované i v naší firmě Hydac spol. s r.o., Planá nad Lužnicí. Je možné si u nás toto vyhodnocení o čistotě dílce objednat. V případě zájmu můžeme zařízení předvést i dodat včetně zaškolení obsluhy.



Obr. 4.1. Přístroj CTU pro vyhodnocení zbytkových nečistot na obrobcích

Záměrně jsem upustil v tomto článku od diagramů, procent a statistických údajů a soustředil se na podstatu a jednoduché znázornění našeho „čistota půl zdraví“.

Několik důležitých informací nakonec:

- Vedlejší okruh filtrace je pro čistotu kapaliny nej-důležitější.
- Systém musí být navržen pro příslušné hydraulické medium.
- Výkon čerpadla vedlejšího okruhu filtrace by měl být mezi 1-3 % obsahu nádrže zařízení (1 % pro relativně čisté prostředí, 3 % pro náročné vysoce nečisté prostředí).

Příklad: Nádrž o obsahu 2000 l, olej by měl být filtrován vedlejším okruhem mezi 20-60 l/min (podle prostředí).

- Doporučená filtrační schopnost 2µm, při dodatečné instalaci vedlejšího okruhu filtrace je důležité, aby sací připojení bylo v místech zpětného toku kapaliny v systému a výtlač v místech sání hlavního čerpadla systému.

Naše standardně vyráběné a doporučené filtrační systémy naleznete na stránkách www.hydac.cz.

V případě zájmu Vám zašleme technické podklady k našim produktům a systémům. A samozřejmě Vás rádi navštívíme.

KONTAKTY:

Hlavní závod:

mares.miloslav@hydac.cz
kancelář: Planá nad Lužnicí

Konstrukce/vývoj:

jachym.petr@hydac.cz
kancelář: Žďár nad Sázovou

Servis:

satrova.petra@hydac.cz
kancelář: Rokycany

Obchodní zastoupení:

kania.zbynek@hydac.cz
kancelář: Brno

Obchodní zastoupení:

novotny.jiri@hydac.cz
kancelář: Ostrava

ALW Slovakia s.r.o. a ŠEBESTA-slужby slévárnám s.r.o.

Slovenská zlievareň prechádza na StrikoMelter®, aby ušetrila energiu a skrátila prestoje

Ing. Martin Andrejko

ALW Slovakia s.r.o., Považská Bystrica

Ing. Josef Valenta, Ph.D.

ALW Slovakia s.r.o., Považská Bystrica

Ing. Jaroslav Turčan

ŠEBESTA-slужby slévárnám s.r.o., Brno

Ing. František Brůža

ŠEBESTA-slужby slévárnám s.r.o., Brno

Slovenská spoločnosť ALW Slovakia s.r.o., ďalej len ALW SK, špecialista na výrobu automobilových komponentov zo zliatin hliníku a zinku, prevzala vo spolupráci s firmou ŠEBESTA-slужby slévárnám s.r.o. dve pece StrikoMelter® v rámci plánov na modernizáciu technológie tavenia.

Na 7 automatizovaných linkách vysokotlakového liatia spoločnosť ALW SK vyrába komponenty, ako sú chladiče LED svetiel, držiaky spätných zrkadiel, príruby hydraulických čerpadiel a iné. Vďaka svojmu zameraniu na kvalitu a efektívnosť si táto malá zlievareň získala veľkú reputáciu vďaka krátkym dodacím lehotám špičkových dielov, ako aj vďaka zoznamu významných koncových zákazníkov. Diely vyrobené v ALW SK je možné nájsť v automobiloch značiek ako Porsche, BMW, Toyota, Škoda, Audi, VW, Volvo, Daimler-Benz, Jaguar, Land Rover, Ford, Peugeot, Tesla, Lamborghini, Aston Martin a iné.

Spoločnosť ALW SK tradične používala k príprave taveniny pre stroje ItalPresseGauss HPDC a ColosioPresse kelímkové sklopné taviace pece. V snahe dosiahnuť väčšie úspory energie a stabilitu procesov, ako aj zvýšiť kapacitu tavenia na podporu rastu sa však slovenská spoločnosť rozhodla nahradiť existujúcu technológiu dvoma novými šachtovými taviacimi pecami StrikoMelter®.

Prijatie rozhodnutia o energetickej úspore pri zmene pece

Šachtové taviace pece StrikoMelter® sú energeticky účinné už svojou konštrukciou. Kombinujú predhrievanie, tavenie a udržiavanie v jednej jednotke, pričom na postupné ohrievanie studeného vsádzkového materiálu vloženého do šachty využívajú spaliny z roztaveného materiálu na dne šachty. Tým sa minimalizuje čas, ktorý musí hliník stráviť v taviacej komore, čo výrazne znižuje spotrebu zemného plynu a zabraňuje stratám kovu. Ako uviedol Ing. Martin Andrejko, technolog zlievarne: „Už prvé mesiace prevádzky šachtových taviacich pecí naznačujú správnosť rozhodnutia modernizovať technológiu tavenia v ALW SK a to hlavne na znížení spotreby zemného plynu na roztavenie 1 tony hliníka v porovnaní s predchádzajúcou technológiou tavenia.“

Ing. Josef Valenta, Ph.D., riaditeľ spoločnosti ALW Slovakia s.r.o., uviedol: „Úspora energie je pre nás ako podnik dôležitá z hľadiska nákladov, ako aj z hľadiska našej príťažlivosti pre automobilový trh, kde sa značky čoraz viac zaujímajú o udržateľnosť svojich dodávateľov. Ak znížime spotrebu, znížime aj našu uhlíkovú stopu. Naším cieľom je výrazne znížiť spotrebu energie na tonu roztaveného hliníka. Na základe toho, čo sme videli od spoločnosti StrikoWestofer®, plne očakávame, že to dosiahneme s našimi novými šachtovými taviacimi pecami.“





Podpora väčšej stability procesu

Ďalším dôvodom, prečo sa spoločnosť ALW SK rozhodla prijať StrikoMelter®, je prekonanie problémov so stabilitou procesu, ktoré v minulosti ovplyvňovali výrobu v kelímkových taviacich peciach. Dodanie tekutého kovu z taviarne k liacim strojom v požadovanej kvalite, množstve a čase je dôležitým faktorom v celom reťazci výroby odlievateľov v spoločnosti ALW SK.

„Ako vám povie každá zlievareň, pretože taviacich pecí sú veľmi nákladné,“ dodal Josef. „Čím dlhšie vysokotlakový odlievací stroj čaká na tekutý kov, tým viac energie sa stráca. K tomuto problému sa pridáva aj nutnosť opätovného ohrevu kovu po obnovení výroby.“

Naša silná povest' rýchleho dodávania vysokokvalitných dielov znamená, že pece, ktoré používame, musia pomôcť vyhnúť sa takýmto scenárom. Vieme, že šachtové taviace pece StrikoMelter® majú vynikajúcu dobu prevádzkyschopnosti a podporia naše ciele v tomto smere.“

Pohľad do budúcnosti

– efektívnosť riadená datami

Zlepšenie stability odlievacích buniek je tiež úloha, ktorá sa ideálne hodí na použitie digitálnych riešení. Niečo, čo mala spoločnosť ALW SK na mysli pri jednej zo špecifikácií svojej novej investície. StrikoMelter® je štandardne digitálne vybavený, čo znamená, že kedykoľvek v budúcnosti bude môcť spoločnosť ALW SK ľahko využiť možnosti zberu a monitorovania údajov Monitizer | DISCOVER – čo jej poskytne ešte väčšiu informovanosť a kontrolu nad procesom tavenia.

Christophe Lacourt zo spoločnosti StrikoWestofen® povedal: „Spoločnosť ALW SK určite nie je jediná, ktorá sa snaží znížiť spotrebu energie a zvýšiť produktivitu prostredníctvom zlepšenia stability procesu. Spolupracujeme so zlievarňami všetkých tvarov a veľkostí, od malých prevádzok až po veľké nadnárodné skupiny, aby sme identifikovali a dodali pecné technológie a digitálne riešenia, ktoré pomôžu. Sme presvedčení, že StrikoMelter® poskytne presne to, čo spoločnosť ALW SK hľadá v rámci svojej modernizačnej misie.“

Slévárna Kuřim slaví 70 let

České slévárenství udělalo od poloviny 20. století obrovský skok v kvalitě odlitků, v efektivitě výroby i v úrovni pracovních podmínek a ochrany životního prostředí. Tento posun velmi názorně dokumentuje Slévárna Kuřim, a.s., komerční slévárna odlitků z šedé a tvárné litiny, která letos slaví 70 let nepřetržité výroby. A důvod k oslavě rozhodně má. Díky promyšlené investiční politice a důrazu na inovace výrobních technologií dnes Slévárna Kuřim, a.s., patří k nejmodernějším slévárenským provozům v České republice. Disponuje vlastní modelárnou i strojírnou a orientuje se převážně na export na západoevropské trhy a výrobu s vysokou přidanou hodnotou.



Jak to všechno začalo?

Továrnou na motory do německých letadel

Kuřim bývala malým městečkem u Brna, ale s výhodou dobrého silničního i železničního spojení. Proto si koncern Zbrojovka Brno už koncem 30. let minulého století vyhlédl zdejší lokalitu vhodnou pro výstavbu nového strojírenského závodu. Než byl areál vybudován, vypukla válka a v Kuřimi se rozběhla válečná výroba pro německou armádu. Tuto etapu ukončil v srpnu 1944 ničivý nálet amerických bombardérů. Po válce následovala postupná obnova průmyslového areálu a padlo rozhodnutí o výrobě obráběcích strojů v nově zřízeném národním podniku TOS Kuřim. Právě pro jeho potřeby v areálu vznikla i slévárna, a to v náletem značně poničené hale, kde německá firma za války vyráběla letecké motory do stíhaček.

Projekt byl na svou dobu velmi moderní a v Československu šlo o jednu z prvních komplexně mechanizovaných sléváren. První slavnostní odpich se v kuřimské slévárně uskutečnil 26. října 1951, ovšem pravidelná produkce se rozběhla až v roce 1953. Výrobu rozjížděli slévači, modeláři a technici ze slévárny v brněnské Vaňkovce, kteří měli s odlitky pro obráběcí stroje dlouholeté zkušenosti. Díky tomu se brzy podařilo dosáhnout relativně vysoké odborné úrovně a do roku 1960 výroba vzrostla na 15 tisíc tun odlitků za rok. Součástí národního podniku TOS Kuřim byla slévárna téměř čtyři desetiletí a v roce 1992 se v rámci privatizace osamostatnila jako Slévárna Kuřim, a.s.



Třicet let investic do technologií

Nově vzniklá společnost musela čelit dramatickému propadu produkce, která v roce 1993 klesla až na historické minimum 5 tisíc tun za rok. Vedení v této situaci vyhlásilo strategii dalšího rozvoje, kterou definovaly čtyři základní cíle: **zachovat výrobu odlitků pro obráběcí stroje a strojní části, zvýšit podíl odlitků z tvárné litiny na minimálně 20 procent, technickým zázemím a kvalitou produktů vybudovat silnou a stabilní firmu a zvýšit podíl exportu nad 50 procent objemu výroby.** Předpokladem k naplnění těchto cílů byly rozsáhlé investice do technicky zastaralého zařízení slévárny.

Obnova začala nestandardně u formoven, což se posléze ukázalo jako správná cesta, protože vyšší rozměrová přesnost a povrchová kvalita odlitků pomohly získat zahraniční zákazníky a odvrátit hrozící krach. První významnou investicí byla v roce 1994 moderní poloautomatická formovací linka pro strojní formovnu. Dalším milníkem bylo zahájení výroby tvárné litiny v roce 1996 a o rok později byla zavedena výroba jader metodou COLD-BOX. Druhá etapa modernizace v roce 1999 se zaměřila na výrobu odlitků o vysoké hmotnosti, a to technologií lití do forem ze samotuhnoucích furanových směsí. Teprve ve třetí etapě modernizace (2008) došlo na výstavbu nové tavírny se dvěma středofrekvenčními indukčními pecemi o objemu 6 tun, současně byla zrušena výroba tekutého kovu v kupolových pecích.

Investice průběžně mířily také do modernizace dalších výrobních technologií a podpory automatizace. Nový jádrařský stroj byl pořízen v roce 2008 a o tři roky později se rozšířil o druhou pracovní stanici, čímž se podařilo prakticky zdvojnásobit výrobu jader. Rok 2011 se stal přelomovým i díky přechodu na moderní ERP systém OPTI, speciálně vyvinutý pro potřeby sléváren. A je to také rok, kdy se majitelem Slévárny Kuřim, a.s., stal její dlouholetý ředitel Ing. Miloš Hovorka.

Úspěšně zvládnutá modernizace umožnila orientovat se na výrobu náročnějších odlitků s vyšší přidanou hodnotou a lépe čelit hluboké recesi v roce 2009. Nové vedení Slévárny Kuřim, a.s., se následně zasloužilo o opětovné zvýšení produkce odlitků, která v roce 2014 poprvé od roku 2008 překročila 14 tisíc tun. Tyto stabilní hospodářské výsledky umožnily realizaci dalších významných investičních akcí, které formovaly jak vnitřní, tak vnější tvář podniku. Poprvé od zprovoznění se výrobní uspořádání slévárny změnilo takovým způsobem, aby vyhovovalo moderním technologickým, logistickým, bezpečnostním a energetickým požadavkům. Nové šatny i sprchy pro všechny zaměstnance spolu se systémem vytápění výrobní haly slévárny výrazně zlepšily pracovní podmínky v náročném slévárenském provozu. Následně se proměnil také exteriér a ze Slévárny Kuřim, a.s., se vnitřním uspořádáním i venkovní vizáží stal podnik 21. století.



Foundry for the Future

Investice do technologií se v kuřimské slévárně nezastavily pouze u samotné výroby odlitků, ale směřovaly i do strojírní a modelárny. Právě možnost finálního opracování odlitků významně rozšířila nabídku služeb zákazníkům a dále upevnila pozici Slévárny Kuřim, a.s., na trhu. V roce 2015 byla postavena nová plně klimatizovaná výrobní hala strojírní, kam postupně přibýly nové stroje – dvě horizontální obráběcí centra pro opracování odlitků do rozměru 1 × 1 × 1 m a následně dvě portálová obráběcí centra pro opracování výrobků o rozměrech cca 2,5 × 10 m. Dále byl pořízen 3D souřadnicový měřicí stroj pro nejpřesnější kontrolu obrobků.

K zařízení strojírní formovny postupně přibýla dvě poloautomatická broušící centra pro broušení odlitků. Zároveň došlo na rozšíření skladovacích prostor, a to jak pro skladování hotových výrobků, tak pro skladování výrobních jader, rámového hospodářství, modelového zařízení a produktů pro slévárenskou výrobu. Investice průběžně pokračovaly také v následujících hospodářsky úspěšných letech – investovalo se například do finálního barvení odlitků, a to jak do barvicí linky pro menší odlitky, tak do stříkacích boxů pro velké odlitky. Spolu s investicemi rostla i konkurenceschopnost na trhu a lze konstatovat, že kvalita odlitků ze Slévárny Kuřim, a.s., dnes patří mezi evropskou elitu. Je to i zásluhou zřízení pracoviště pro nedestruktivní testování odlitků ultrazvukem a pro magnetické, penetrační či vizuální zkoušky. Společně s 3D skenerem bylo vybudováno kompletní pracoviště pro jasné prokazování kvality výrobků.

Ke zpomalení investiční činnosti došlo až v roce 2020, kdy celosvětový trh zachvátila epidemie Covid-19. Přesto si Slévárna Kuřim, a.s., v této nejisté době udržela velice dobrou zakázkovou naplněnost. Operativní vedení a včasná hygienická opatření zajistily plynulý průběh prací na odlitcích i obrobcích. Díky tomu nebyla ohrožena ani stabilní práce zaměstnanců slévárny, ani následná práce jejich zákazníků. Po úspěšném zvládnutí kovidové krize investice pokračovaly např. modernizací cídírny v podobně nového závěsného tryskače pro apreturu těžkých odlitků.



Připravenost na nové výzvy

Kovidová epidemie ukázala, jakou rychlostí a v jakém rozsahu se mohou odehrát změny nejen na trhu s odlitky, ale i v celém průmyslu. Proto je důležitá diverzifikace odběratelů. Slévárna Kuřim, a.s., spolupracuje se stálými zákazníky z odvětví jako průmyslové převodovky, čerpadla a vodárenský průmysl, automotive, důlní a zvedací technika, potravinářský a zemědělský průmysl, ale nově také se zákazníky ze segmentu železničního průmyslu, kde je důležitý stabilní hospodářský vývoj. Po získání certifikace dodavatele Českých drah se jí podařilo získat také certifikaci dodavatele Deutsche Bahn. Po splnění všech podmínek a získání certifikace byly uvolněny další investice do modernizace laboratoří.

Další zkouškou odolnosti Slévárny Kuřim, a.s., byla energetická krize. V reakci na ni vedení investovalo do rekupepace odpadního tepla z tavní a modelárny. Takto získané teplo velkou měrou snížilo náklady na vytápění všech budov areálu. Tato investice do snížení energetické náročnosti zároveň navázala na dlouhou řadu dalších opatření ke zmírnění environmentální zátěže, od investic do moderních, téměř bezemisních technologií přes zateplení budov až po využívání odpadních materiálů. Díky tomuto odpovědnému a udržitelnému přístupu dnes Slévárna Kuřim, a.s., patří mezi naše nejmodernější slévárny litiny také z pohledu ekologie. Například nadbytky písku z pískových forem slouží jako náhrada části přírodních zdrojů do stavebních výrobků. Při revitalizaci zeleně v celém areálu bylo v roce 2015 vysazeno přes šest desítek stromů, tisíc keřů a více než tisíc okrasných bylin a trav, které utvářejí příjemné pracovní prostředí a okolí slévárny. Stojí za zmínku, že závlaha veškeré zeleně je zabezpečována dešťovou vodou zachycenou ze střech výrobních hal.

Do budoucna bude nejen pro Slévárnu Kuřim, a.s., velkou výzvou vypořádat se s neustále se zhoršující situací na trhu pracovní síly při zvyšujících se požadavcích na kvalitu odlitků. Vedení si uvědomuje, že právě zaměstnanci stojí za úspěchy společnosti a jejich fyzické i intelektuální nasazení je nepostradatelným pilířem pro udržení konkurenceschopnosti a dalšího růstu. Proto chce směřovat velké úsilí právě do péče o své zaměstnance. Na druhé straně samozřejmě plánuje pokračovat i v nikdy nekončícím procesu investic do technologií. Ať už přijde jakákoliv další výzva, je na ni Slévárna Kuřim, a.s., se 70letou výrobní zkušeností a po 30 letech kompletní modernizace dobře připravena.

Peníze pro firmy



**OP TAK stále disponuje
dostatkem prostředků**

Petr Mierva

Agentura API a Ministerstvo průmyslu a obchodu připravilo dvě atraktivní výzvy z OP TAK, které vám pomohou s investicemi do vaší propagace v zahraničí a do zpracování a využití vlastního odpadu z výroby. Jedná se o výzvu **Marketing – výzva I** a **Oběhové hospodářství – výzva I**. Pojdme si tyto výzvy stručně představit, ať můžete začít plánovat své investice.

Marketing – výzva I

Program, který nebyl k dispozici několik let. Jeho smyslem je podpora vaší účasti na zahraničních výstavách a veletrzích. Závažným indikátorem tohoto programu je pouze počet účastí na výstavách a veletrzích. **Dotace je 50%** ze způsobilých výdajů, a to pro malé a střední firmy. Bohužel, tento program není určený pro velké firmy, tedy firmy nad 250 zaměstnanců za skupinu. Na veletrhy v rámci této výzvy můžete jezdit až **do konce roku 2025**. A jaké jsou pro vás způsobilé výdaje?

- Pronájem výstavní plochy včetně stánku, a to včetně dalších služeb a poplatků
- Doprava stánku, exponátů a vybavení
- Marketingové propagační materiály – letáky, plakáty, brožury a další

Příjem žádostí probíhá do 30. 10. 2023!!!

Oběhové hospodářství – výzva I

Velmi zajímavá výzva, by měla být **vyhlášena 1. 8. 2023**. Určena bude pro ty z vás, kteří chtějí interně zpracovávat a dále používat odpad z výroby. Výzva bude určena pro malé a střední firmy, a dále pak pro small mid caps, tedy firmy do 499 zaměstnanců na konsolidované bázi za skupinu. Příjem žádostí by měl probíhat dle harmonogramu **od 15. 8. do 30. 11. 2023. Alokace výzvy bude 1 mld. Kč**. Podporovány budou tyto aktivity a investice:

- Zavádění technologií k výrobě druhotné suroviny, polotovaru nebo výrobku z vlastního odpadního materiálu
- Zavádění technologií pro výrobu polotovarů nebo výrobků z druhotných surovin nebo technologií umožňující zvýšení podílu druhotných surovin ve výrobku
- Zavádění technologií pro znovupoužití vlastního výrobního odpadu zařazením zpět do výrobního cyklu
- Zavádění technologií ke zvýšení recyklovatelnosti výrobků
- Snížení množství vstupů při výrobě

Kromě výše uvedených výzev běží stále atraktivní výzva **Úspory energie s dotací až 65%** nebo **Potenciál s dotací až 70%**.

Kontakt na ČSOB EU Centrum



Petr Mierva
Regionální manažer

Československá
obchodní banka, a.s.
SF - EU centrum
Hollarova 3119/5
702 00 Ostrava

mobil: +420 725 285 605
e-mail: pmierva@csob.cz

Jakub Tomašík
Ředitel SF - EU centrum

Československá
obchodní banka, a.s.
SF - EU centrum
Radlická 333/150
150 57 Praha 5

tel.: +420 230 014 388
mobil: +420 603 800 695
e-mail: jtomasik@csob.cz





MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU

270 mil. Kč – uskutečněná podpora cen energií pro slévárny v roce 2022

Výzva z Programu podpory na zvýšené náklady na zemní plyn a elektřinu v důsledku mimořádně prudkého růstu jejich cen dle Dočasného krizového rámce měla za cíl pomoci firmám v roce 2022 překlenout obtížné období spojené s vysokými cenami energií. Ministerstvo průmyslu a obchodu v rámci této výzvy podpořilo 19 firem z oboru slévárenství, a to celkovou částkou cca 270 mil. Kč.

Dotace na praktické vzdělávání z výzvy OP TAK



Spolupráce škol a firem

Možnosti
se týkají
malých
a středních
podniků,
informace
lze nalézt:

- na webu MPO:

https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/optak-2021-2027/aktivita/spoluprace-skol-a-firem/spoluprace-skol-a-firem-_vyzva-i---274172/

- případně na webu API:

<https://www.agentura-api.org/cs/podporovane-aktivita-optak/spoluprace-skol-a-firem-optak/spoluprace-skol-a-firem-vyzva-i/>

Ze školy do praxe



Ing. Michal Šromota
technolog lití
michal.sromota@alw.cz

22. června to bylo přesně rok, kdy jsem ukončil obor slévárenská technologie na VUT v Brně. Pamatuji si to, jako by to bylo včera, kdy jsem s radostí obvolával všechny rodinné příslušníky po úspěšné obhajobě diplomové práce. V té jsem se věnoval technologii tlakového lití, a proto jsem chtěl poznatky získané při jejím psaní dále rozvíjet v budoucím zaměstnání. Tím se stala slévárna ALW Industry v Olomouci.

Slévárnu ALW Industry jsem si vybral proto, že se kromě tlakového lití zabývá i tzv. thixomoldingem neboli vstřikováním hořčíku v polotuhém stavu, a to jako jediná v republice. Říkal jsem si tehdy, že se určitě jedná o perspektivní firmu, když se jako jediná zabývá touto zajímavou technologií. Navíc mi také vyšli vstříc, mohl jsem nastoupit až v září a užít si tak poslední prázdniny.

Prázdniny utekly jako voda a já nastoupil jako mladý technolog do svého prvního zaměstnání. Technologie tlakového lití je specifický obor, který se v rámci studií vyučoval jen okrajově. Teoretické základy o tom, jak funguje proces výroby tlakově litých odlitků, jsem sice měl, ale jak se nastavují jednotlivé kroky vyjímacího robota nebo jak se obsluhuje tlakový licí stroj, jsem se musel teprve naučit. Přesto musím říct, že komplexnost získaných znalostí, jak z oboru slévárenství, tak z předešlého studia oboru základy strojíního inženýrství je opravdu velmi dobrá. Na základě obecného přehledu si tak mohu propojovat spoustu skutečností mezi slévárenstvím a klasickou strojařinou.

Práce technologa je velmi pestrá. Nejedná se pouze o sezení v kanceláři a vytváření technologických karet nebo o komunikaci s dodavateli různých strojních součástí. Někdy je potřeba obléct montérky, trochu se zašpinit a řešit problém při vzniku nějaké slévárenské vady přímo u stroje. Při tlakovém lití může mít na určitou slévárenskou vadu vliv několik parametrů a dopídit se k tomu správnému řešení je někdy opravdová alchymie. Často tak nahlížím do školních přednášek, abych si připomněl teorii řešeného problému. Když si nevím rady, je to někdy až frustrující, zkušenostmi ostřílení kolegové však rádi pomohou. A když dojde k nějaké chybě, škola mě naučila, že chybí každý a důležité je se z dané chyby poučit a příště ji neopakovat, stejně jako na opravném termínu zkoušky.

Po půl roce ve svém novém zaměstnání jsem dostal za úkol aplikovat na určitý typ odlitku technologii mikropostřiku. Byla to výzva, ale konečně jsem dostal příležitost věnovat se tématu, kterým jsem se zabýval ve své diplomové práci. Při počátečních problémech je důležité se nevzdávat a vytrvat. Když se vám potom podaří uspořít elektrickou energii temperačních zařízení o 60 % a spotřebu mazadla snížit o 50 %, víte, že vaše práce dává smysl.



Svěží vítr do slévárenství

Po dlouhé době první vyučení slévači v ČR



Bc. Jitka Eismann, Marketing & HR,
Metalurgie Rumburk, jitka.eismann@metalurgie.cz

V červnu se na soukromé Střední průmyslové škole TOS Varnsdorf odehrála výjimečná událost, která rozvířila vody slévárenského průmyslu a přináší tak svěží vítr do tohoto odvětví. Po roce očekávání, příprav a tvrdé práce, se škola může pochlubit prvními a jedinými 6 absolventy oboru Slévač v ČR.



Nově zavedený studijní obor vznikl ve spolupráci s firmou METALURGIE Rumburk, která se touto cestou snaží řešit dlouhodobě rostoucí potřebu kvalifikovaných pracovníků. Na začátku bylo „7 statečných“ jak řekl trefně při slavnostním zahájení v září r. 2022 generální ředitel TOS Varnsdorf Jan Rýdl ml. K závěrečným zkouškám nakonec přistoupilo 6 studentů, kteří jednoleté zkrácené studium úspěšně absolvovali (z toho 1 žena a 5 mužů). Ti jsou důkazem toho, že slévárenský průmysl má stále světlou budoucnost, a že inovace a vzdělání jsou klíčovými faktory pro jeho další rozvoj.

Majitel firmy TOPS Varnsdorf, dále ředitel školy se svým zástupcem a zá-

roveň třídním učitelem a dále ředitel společnosti Metalurgie Rumburk čerstvým slévačem poděkovali za jejich úsilí, snahu a oddanost tomuto řemeslu a popřáli jim mnoho nikoliv jen profesních úspěchů. Tato významná událost přinesla radost a hrdost nejen absolventům, jejich rodinám a přátelům, ale především samotnému odvětví slévárenství.

Účastníci slavnostního předávání výučních listů na půdě školy jsou zachyceni na fotografii níže:

Studenti si během studia prošli náročným výcvikem, který zahrnoval širokou škálu teoretických znalostí, přičemž praktické zkušenosti získali prostřednictvím stáže ve společnosti METALURGIE Rumburk a účastí na skutečných výrobních projektech. Jejich odborné znalosti, inovativní myšlení a získané dovednosti budou klíčové pro další rozvoj výroby v rumburské slévárně. Díky nim se očekává zvýšení kvality a efektivity slévárenských procesů, což jistě povede k celkové konkurenceschopnosti firmy.

Všichni pevně věří, že díky prvním novým absolventům a jejich vynaloženému ročnímu úsilí, přispějí tyto skutečnosti k posílení povědomí o důležitosti tohoto řemesla a přilákají pozornost dalších jednotlivců, kteří by se mohli stát budoucími slévači. Vždyť pro další školní rok 2023/2024 je již podaných dalších 7 přihlášek ke studiu.

Mimo jednoletého zkráceného studia oboru Slévač nabízí škola současně i tříletý učební obor. Ten se i přes naši velkou snahu, rozsáhlou marketingovou kampaň na sociálních sítích, prozatím nepodařilo otevřít. Jeho otevření je pro nás jeden z dlouhodobých cílů.



Zleva: Jiří Bajan zástupce ředitele školy a třídní učitel, dále absolventi: Jakub Judytko, Roman Gábor, Martina Petříková, Martin Stojan, David Jožák, Pavel Rejha, ředitel METALURGIE Rumburk Karel Andok, majitel TOS Varnsdorf Jan Rýdl st., ředitel SPŠ TOS Varnsdorf František Hricz

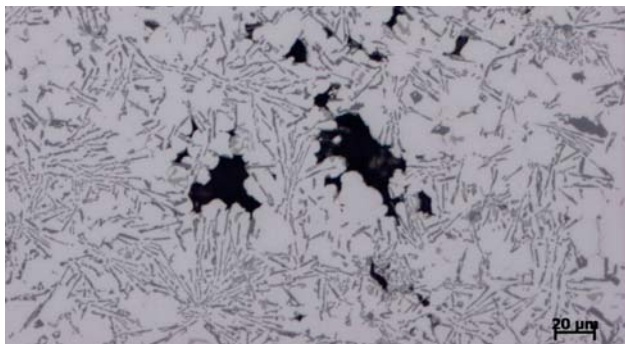


**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

ust ÚSTAV
STROJÍRENSKÉ
TECHNOLOGIE

SKUPINA SLÉVÁNÍ VÁM NABÍZÍ:

- ▶ Pedagogickou činnost v bakalářském, magisterském i doktorském studiu
- ▶ Výzkumné a inovativní projekty
- ▶ Školení a vzdělávací kurzy



- ▶ Simulace slévárenských procesů (ProCAST, NovaFlow&Solid, Vulcan)
- ▶ Zkoušení vlastností formovacích směsí
- ▶ Výroba kompozitních dílů
- ▶ a mnoho dalšího...

KONTAKT:

doc. Ing. Aleš HERMAN, Ph.D.

Vedoucí skupiny slévání, docent, R&D v oblasti metalurgie slitin, simulace slévárenských procesů, konstrukce forem pro tlakové lití, vstřikování plastů.

Tel: +420 737 968 144; E-mail: ales.herman@fs.cvut.cz

Ústav strojírenské technologie

ČVUT v Praze, Fakulta strojní

Technická 4,

160 00 Praha 6 – Dejvice



- ▶ Kusovou výrobu odlitků ze slitin železa, hliníku, mědi a hořčíku
- ▶ Spektrální analýzu
- ▶ Metalografii
- ▶ Možnosti spolupráce



SLÉVÁNÍ KREV DO ŽIL STROJÍRENSTVÍ VHÁNÍ.



Pomůžeme vám dosáhnout na finance z fondů EU



**Máte zájem získat dotaci z fondů EU nebo programů ČR, ale nevíte jak na to?
Neorientujete se v labyrintu dotačních programů a jejich podmínkách?
Připadá vám zpracování žádosti o dotaci složité?**

Obraťte se na ČSOB EU Centrum, jedničku v oblasti dotačního poradenství v ČR pro podnikatele, které vám pomůže s dotacemi.



TVOŘÍME BUDOUCNOST

S VYSOCE ÚČINNÝMI CHEMIKÁLIEMI A MATERIÁLY

SNIŽOVÁNÍ

EMISÍ

Tvoříme budoucnost s našimi ekologickými chemikáliemi a materiály.

Náš přístup k udržitelnému rozvoji je snižovat emise a zároveň zvyšovat účinnost produktů. S naším produktovým portfoliem Vás podporujeme, abyste vyráběli způsobem šetrným k životnímu prostředí a k zaměstnancům, aniž byste obětovali výkonost a ziskovost.

www.ask-chemicals.com

ASKCHEMICALS

