

Zajištění stabilní produkce tenkostěnných odlitků ze slitiny ZP0410 při implementaci využití vratného materiálu

Ensuring Stable Production of Thin-walled Castings of Alloy ZP0410 during the Implementation of the Utilization of Returnable Material

doc. Ing. Karel Gryc, MBA, Ph.D.¹; doc. Ing. Ladislav Socha, MBA, Ph.D.¹; Ing. Roman Kubeš²; Václav Sochacký²; Ing. Kamil Koza^{1,3}; Ing. Jaromír Trobl²

¹ Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, Okružní 517/10, 370 01 České Budějovice, Česká republika

² GD Druckguss s.r.o., Radomilická 1244, 389 01 Vodňany, Česká republika

³ Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 22, 301 00 Plzeň, Česká republika

Nejen současná složitá situace na trhu se surovinami a energiemi, ale rovněž dlouhodobý trend založený na strategii trvalé udržitelnosti společnosti vytváří logický tlak na zvyšování materiálové a energetické efektivity ve všech oborech lidské činnosti. Významných úspor je samozřejmě možné dosáhnout ve výrobních procesech. Tento příspěvek navazuje na předcházející publikace věnované zajištění stabilní produkce silnostěnných odlitků ze slitiny ZP0410 při využití vlastního vratného materiálu. Pozornost však byla přesunuta na náročnější produkci tenkostěnných odlitků s typickou tloušťkou stěn v rozsahu od 0,4 do 1,2 mm. Jsou shrnuty poznatky zjištěné při sledování chemického složení taveniny v udržovacích pecích licích strojů a následném kvalitativním a kvantitativním hodnocení vnitřní kvality výpadů odlitků pomocí výpočetní tomografie (CT). Bylo prokázáno, že zvolený poměr (2 díly) primární suroviny (ZL0410) k 1 dílu vlastního vratného materiálu (ZP0410) nemá negativní dopad na kvalitu tenkostěnných odlitků.

Klíčová slova: zinkové slitiny; tavení; recyklace; vratný materiál; odlitky; chemické složení; výpočetní tomografie

The current complex situation in the market for raw materials and energy and the long-term trend based on the company's strategy of permanent sustainability creates a logical pressure to increase material and energy efficiency in all fields of human activity. Of course, significant savings can be achieved in production processes. This contribution follows from previous publications dedicated to ensuring the stable production of thick-walled castings from the ZP0410 alloy when using its own returnable material. However, attention was shifted to the more demanding production of thin-walled castings with a typical wall thickness ranging from 0.4 to 1.2 mm. The findings obtained during monitoring the chemical composition of the melt in the maintenance furnaces of casting machines and the subsequent qualitative and quantitative evaluation of the internal quality of the castings with the help of computed tomography (CT) are summarized. It has been proven that the selected ratio (2 parts) of primary raw material (ZL0410) to 1 part of own returnable material (ZP0410) does not hurt the quality of thin-walled castings.

Key words: zinc alloys; melting; recycling; returnable material; castings; chemical composition; computed tomography

V souladu s běžnou praxí probíhá i při výzkumně-vývojové činnosti v oblasti studia procesů možnosti využití vlastního vratného materiálu slitiny ZP0410 také neustálé sledování současného stavu poznání. Bohužel je nutné konstatovat, že autorskému kolektivu nejsou známy takové další publikační aktivity, na které by bylo možné v souvislosti s předmětem zájmu odkázat. Doložení nedostatku souvisejících publikací bylo provedeno již v příspěvcích [1,2,3]. V oblasti, která se alespoň částečně dotýká problematiky zinkových slitin je možné zmínit např. [4-20]. Problematika využití výpočetní tomografie, která byla aplikovaná na studium vad zinkových slitin je pak obsažena v příspěvku [21].

Zde předkládaný příspěvek prezentuje část z finálního stavu nových poznatků, kterých bylo dosaženo v rámci řešení projektu TH04020055 podpořeného TAČR v rámci programu EPSILON. V prvním a druhém roce

řešení projektu byla pozornost zaměřena na studium možnosti uplatnění vlastního vratného materiálu ZP0410 [22] při výrobě silnostěnných odlitků. Výsledky těchto výzkumně-vývojových aktivit byly prezentovány v těchto příspěvcích [1,2] a vedly k vyvinutí ověřené technologie, která umožnila začít využívat vlastní vratný materiál ZP0410 v poměru 1 dílu vlastního vratného materiálu ke 2 dílům primární slitiny ZL0410 [23] při jejich výrobě, aniž by došlo k negativním dopadům na kvalitu produkce.

V následujících kapitolách prezentované výsledky navazují na příspěvek [3], kde již byla pozornost zaměřena na tenkostěnné odlitky. Technologie výroby tenkostěnných odlitků pomocí tlakového lití vyžaduje zajištění mnohem vyšší stability technologických parametrů. Například je nutné udržovat lici formy předeřháté na vyšší teploty, zajistit rychlejší proces

plnění kavit ve formě. Tím ale zároveň dochází k větší zátěži liciho stroje. Z toho důvodu byla tenkostěnným odlitkům věnována pozornost až po zajištění technologie tlakového lití silnostěnných odlitků. Ke konci řešení projektu (4.Q 2022) pak došlo k úspěšnému dosažení ověřené technologie i pro tenkostěnné odlitky. Cílem tohoto příspěvku je prokázat, že zvolený a provozně prověřený způsob recyklace vlastního vratného zinkového odpadu nemá žádný negativní dopad na chemické složení taveniny a že je ji možné využít v průmyslových podmínkách tlakového lití i tenkostěnných odlitků zinkové slitiny ZP0410.

Provozní experimenty

Podobně jako v případě silnostěnných odlitků [1, 2] při studiu výroby tenkostěnných odlitků s typickou tloušťkou stěn v rozsahu od 0,4 do 1,2 mm byla tavenina připravována v předtavnovací peci MELTEC ZTF 700 B, kdy se taví vstupní materiály obsahující primární surovinu ZL0410 (dva hmotnostní díly) a vlastní vratný materiál ZP0410 (jeden hmotnostní díl). Poté se připravená tavenina dopravuje k jednotlivým licím strojům v předehřáté mobilní peci MELTEC ZTF 650 (obr. 1). Tavenina je z mobilní pece přelévána do udržovacích pecí jednotlivých licích strojů pro tlakové lití.



Obr. 1 Předtavnovací pec MELTEC ZTF 700 B s dopravníkem recyklovaného odpadu (vlevo) s předehřátou mobilní pecí MELTEC ZTF 650 (vpravo) [2]

Fig. 1 Pre-melting furnace MELTEC ZTF 700 B with a recycled waste conveyor (left) with the pre-heated mobile furnace MELTEC ZTF 650 (right) [2]

Při studiu vlivu nastaveného poměru vratného a primárního materiálu na kvalitu tenkostěnných odlitků bylo průběžně využito několik metod nad rámec sledování chemického složení slitiny v rámci technologického toku. V průběhu roku 2021 byly implementovány metody měření drsnosti odlitků, základní metalografické analýzy a také průmyslová výpočetní tomografie (CT). Detaily k implementaci těchto přístupů byly publikovány [3].

Bylo rozhodnuto, že pro vědecko-výzkumné činnosti související s finální verifikací navrhovaného poměru vratného materiálu bude kromě sledování dříve argumentovaného klíčového chemického složení

průběžně zpracovávaného a distribuovaného materiálu ZP0410 zaměřena pozornost také na využití výpočetní tomografie (CT), která umožňuje nad rámec klasických metalografických výbrusů sledovat vnitřní kvalitu studovaného dílce v celém objemu a poskytuje tak komplexní kvalitativní ale také kvantitativní obraz.

Pro účely tohoto příspěvku byly vybrány 3 typy tenkostěnných odlitků různého typu označených pro zjednodušení zkratkami (HU, UN, ZA), na kterých byl poměr vlastního vratného materiálu ZP0410 a primární suroviny ZL0410 studován. U každého typu odlitku byly odebrány vzorky taveniny z liciho stroje bez zavedené recyklace vratného materiálu a následně se zavedením recyklace vratného materiálu. Odebrány byly rovněž výpady vlastních odlitků pro účely realizace CT. Vzorky z taveniny z jednotlivých licích strojů a výpady odlitků v tomto případě vyrobených bez recyklace jsou uvedeny na obr. 2.



a) Vzorky z taveniny a výpad s odlitky typu HU bez recyklace
a) Melts' and castings' samples for type HU without recycling



b) Vzorky z taveniny a výpad s odlitky typu UN bez recyklace
b) Melt's and castings' samples for type UN without recycling



c) Vzorky z taveniny a výpad s odlitky typu ZA bez recyklace
c) Melt's and castings' samples for type ZA without recycling

Obr. 2 Příklady vzorků z provozních taveb určených k OES a CT analýzám

Fig. 2 Examples of samples from operational melts prepared for OES and CT analyses

Chemické složení vzorků bylo analyzováno pomocí optické emisní spektrometrie (OES) přístrojem Q4 Tasman. Před měřením byl analyzovaný povrch vzorků broušen kotoučovou bruskou, aby se odstranily veškeré povrchové nehomogenity/kontaminace a aby byla zajištěna požadovaná drsnost analyzovaného povrchu. K průběžné kontrole výsledků chemické analýzy byl využíván standardní referenční materiál SRM 630.

Diskuse výsledků

Tab. 1 uvádí standardizované složení slitiny zinku pro primární surovinu ZL0410 (ČSN EN 1774) [23] a pro odlitky ZP0410 (ČSN EN 12844) [22].

Z pohledu chemického složení byly v rámci metody OES sledovány obsahy všech prvků relevantních vzhledem k uvedeným normám [22, 23].

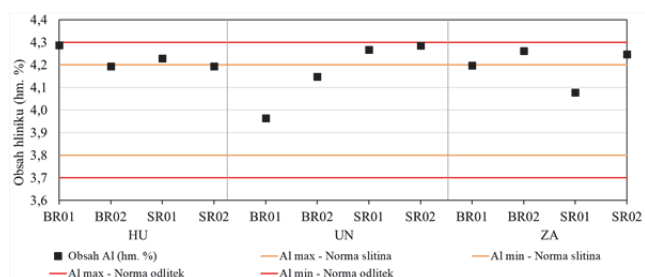
Na obr. 3 až obr. 6 je v grafické podobě uveden obsah prvků v hmotnostních procentech v jednotlivých vzorcích z výroby všech tří druhů sledovaných odlitků. Nicméně, vzhledem přehlednosti byly vybrány do tohoto příspěvku jen ty prvky, kterých diskuse je vzhledem k předmětu studia zásadní. U zbývajících prvků (obsah cínu, křemíku, kadmia, niklu a železa) odpovídalo chemické

složení normě [22] a nebylo tedy nutné věnovat další pozornost v rámci další diskuse. BR značí vzorek bez recyklace, SR pak vzorek s recyklací. Červené linie vyjadřují limity obsahů daného prvku podle normy pro výslednou slitinu ZP0410. Oranžové linie pak představují limity obsahů daného prvku podle normy pro primární vstupní surovinu ZL0410.

Tab. 1 Složení zinkové slitiny dle norem

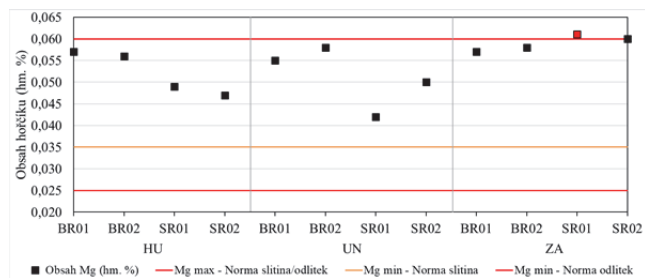
Tab. 1 Zinc alloy composition according to the standards

Prvek	Obsah prvku (hm. %)			
	ČSN EN 1774		ČSN EN 12844	
	min	max	min	max
Al	3,800	4,200	3,700	4,300
Cu	0,700	1,100	0,700	1,200
Mg	0,035	0,060	0,025	0,060
Pb	-	0,003	-	0,005
Sn	-	0,001	-	0,002
Si	-	0,020	-	0,030
Cd	-	0,003	-	0,005
Ni	-	0,001	-	0,020
Fe	-	0,020	-	0,050



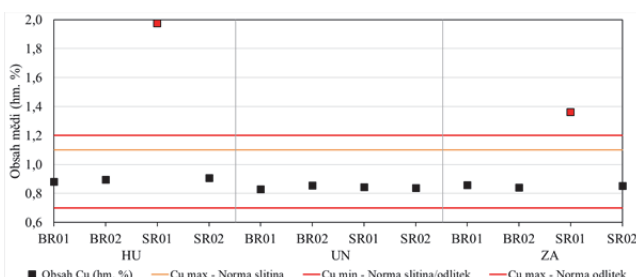
Obr. 3 Srovnání obsahu hliníku (hm. %) ve vzorcích z výroby tenkostěnných zinkových odlitků pro případy výroby bez recyklace (BR) a s recyklací (SR)

Fig. 3 Aluminium content (wt. %) comparison in samples for thin-walled zinc alloy castings production without (BR) or with recycling (SR)



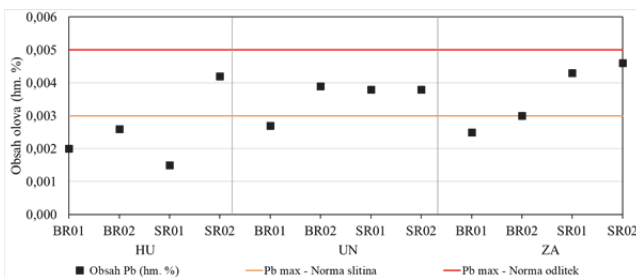
Obr. 5 Srovnání obsahu hořčíku (hm. %) ve vzorcích z výroby tenkostěnných zinkových odlitků pro případy výroby bez recyklace (BR) a s recyklací (SR)

Fig. 5 Magnesium content (wt. %) comparison in samples for thin-walled zinc alloy castings production without (BR) or with recycling (SR)



Obr. 4 Srovnání obsahu mědi (hm. %) ve vzorcích z výroby tenkostěnných zinkových odlitků pro případy výroby bez recyklace (BR) a s recyklací (SR)

Fig. 4 Copper content (wt. %) comparison in samples for thin-walled zinc alloy castings production without (BR) or with recycling (SR)



Obr. 6 Srovnání obsahu olova (hm. %) ve vzorcích z výroby tenkostěnných zinkových odlitků pro případy výroby bez recyklace (BR) a s recyklací (SR)

Fig. 6 Lead content (wt. %) comparison in samples for thin-walled zinc alloy castings production without (BR) or with recycling (SR)

Z grafů na obr. 3 až obr. 6 je patrné, že složení ve většině případů odpovídá normě ČSN EN 12844 pro odlitky z materiálu ZP0410, kromě jednoho případu, kdy je překročen obsah mědi a jednoho případu, kdy je překročen obsah mědi a hořčíku.

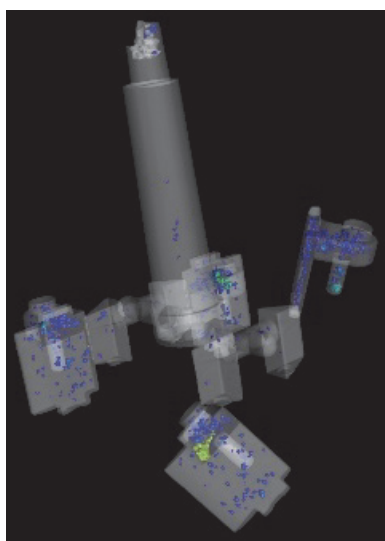
Zvýšený obsah mědi (obr. 4) ve dvou případech je možné dát do souvislosti se skutečností, že na licích strojích dochází ke střídání námi sledované taveniny ZP0410 s taveninou ZP0430, která obsahuje cca 3 hm. % mědi

[22]. Zřejmě nedošlo k dokonalému pročištění udržovací pece licích strojů.

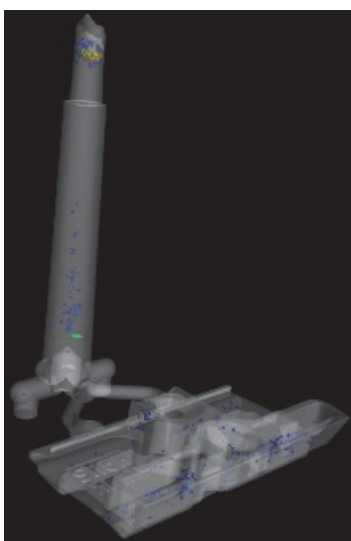
Ostatní uvedené hodnoty obsahů jednotlivých prvků nevykazují jednoznačný trend v nárůstu nebo poklesu jejich obsahu v souvislosti s tím, zda byla připravena tavenina pouze z primární slitiny ZL0410 nebo zda byla připravena s využitím vlastního vratného materiálu na bázi ZP0410. Nicméně se obsah prvků v některých případech dostává k limitu normy pro odlitky [22]. Proto je nezbytné nepřekračovat prověřený podíl vlastního vratného materiálu a chemické složení průběžně monitorovat.

V další části diskuse získaných poznatků je pozornost zaměřena na výsledky analýzy odebraných výpadů studovaných odlitků pomocí výpočetní tomografie (CT).

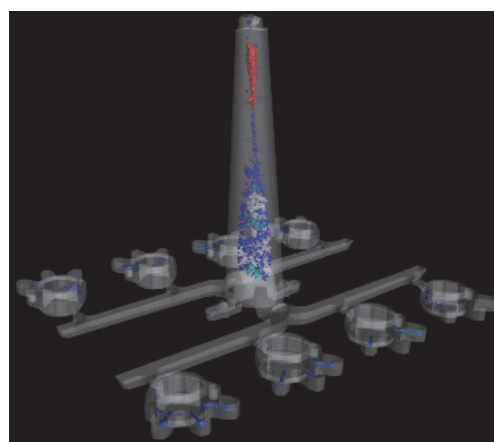
Na obr. 7 jsou uvedeny příklady pohledu na celé skenované výpady. Hodnotící software umožňuje detailní rozbor pořízených výsledků. Zde je pozornost zaměřena na srovnání výskytu vnitřních vad mezi odlitky vyrobenými pouze s primární suroviny a těmi, kdy byla využita vlastní tavenina připravena s využitím částečné recyklace vlastního vratného materiálu ve studovaném poměru. Červeně jsou znázorněny nejrozsáhlejší vady, zeleně pak středně velké vady a modře pak vady drobné.



HU casting

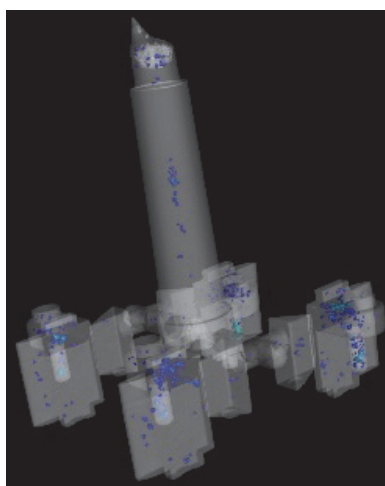


UN casting

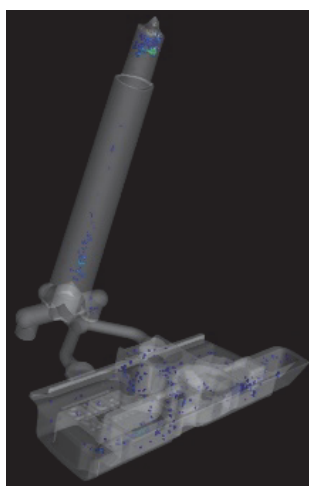


ZA casting

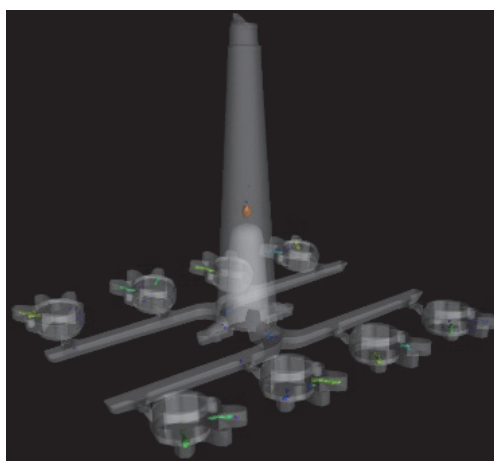
a) CT analýza pro odlitky typu HU, UN, ZA vyrobených bez recyklace
a) CT analysis for castings' type HU, UN, ZA casts without recycling



HU casting



UN casting



ZA casting

b) CT analýza pro odlitky typu HU, UN, ZA vyrobených s recyklací
b) CT analysis for castings' type HU, UN, ZA casts with recycling

Obr. 7 Příklady výsledků výpočetní tomografie získané na základě CT analýzy studovaných typů odlitků bez recyklace a s recyklací
Fig. 7 Examples of computed tomography results based on CT analysis of studied castings types without and with recycling

Obr. 7 poskytuje spíše možnost kvalitativní analýzy. Největší rozdíl ve výskytu vnitřních vad je v případě vtokového kúlu u výpadu odlitků typu ZA. Ve vtokovém kúlu výpadu vyrobeného pouze z primární suroviny je vidět významnější vada (obr. 7 a), ale na druhou stranu se v těle jednotlivých odlitků vyskytuje vad méně, než v případě výpadu vyrobeného s recyklací (obr. 7 b). Určitě rozdíly je možné nalézt také u zbývajících typů odlitků.

Ke kvantifikaci výsledků výpočetní tomografie je možné využít celou řadu nástrojů obsažených ve vyhodnocovací software CT zařízení. V tab. 2 jsou obsaženy údaje, které shrnují výsledky takového hodnocení.

Pro každý ze sledovaných odlitků jsou v tab. 2 uvedeny hodnoty celkového objemu snímaného materiálu (Material Volume). Objem defektů (Defect Volume) prezentuje odchylky v hustotě materiálu, na základě kterých je možné usuzovat na vnitřní vadu. Může se jednat jak o prázdný prostor (dutiny) nebo částice jiných fází (vměstky). K precizní identifikaci důvodu odlišné nalezené hustoty nelze použít samostatné výsledky CT analýzy a bylo by nutné přistoupit k využití jiných, např. metalografických metod se zaměřením na konkrétní z pohledu technologie výroby kritickou oblast. Poslední sledovanou veličinou v tab. 2 je podíl objemu defektů k celkovému objemu skenovaného materiálu (Defect Ratio). Pro každý typ odlitku jsou takto pod sebou uvedeny hodnoty pro výrobu bez nebo s recyklací.

Tab. 2 Vybrané parametry z hodnocení vnitřních kvality odlitků
Tab. 2 Selected parameters for internal quality of casting evaluation

Typ odlitků		Charakteristika materiálu a defektů		
		Objem materiálu	Objem defektů	Podíl defektů
		[mm ³]		[%]
HU	Bez recyklace	3955,9	46,3	1,16
	S recyklací	4007,0	21,8	0,54
UN	Bez recyklace	5782,3	16,4	0,28
	S recyklací	5771,3	17,8	0,31
ZA	Bez recyklace	19231,5	200,2	1,03
	S recyklací	17861,1	80,7	0,45
Suma	Bez recyklace	28969,7	262,9	0,91
	S recyklací	27639,3	120,2	0,43

Z tab. 2 je patrné, že výpady studovaných odlitků kromě odlitku typu UN vykazují menší podíl nalezených vad (Defect Ratio). To podporuje i jinými metodami nalezená zjištění, že zavedení recyklace v daném poměru nemá samo o sobě negativní vliv na technologii tlakového lití zinkové slitiny typu ZP0410 v daných provozních podmínkách. Uvedené hodnoty podporují skutečnost, že proces tlakového lití je závislý na celé řadě dalších technologických parametrů, kterým je nutné v průběhu výroby věnovat patřičnou pozornost.

Závěr

Předložený příspěvek byl věnován vybraným sledovaným parametrům (chemickému složení a vnitřní kvalitě odlitků) v průběhu vývoje ověřené technologie umožňující v provozních podmínkách tlakového lití vyrábět tenkostěnné odlitky zinkové slitiny ZP0410. Na základě předcházejících poznatků z vývoje takovéto technologie pro silnostěnné odlitky byl zvolen i pro odlitky tenkostěnné stejný poměr vlastního vratného materiálu (1 díl) k primární slitině (2 díly).

Bylo prokázáno, že chemické složení taveniny v udržovacích pecích licích strojů z pohledu volby vlastní připravené taveniny obsahující vrat nevykazuje významné odchylky překračující požadavky na chemické složení z důvodu realizace recyklace jako takové.

Aplikací výpočetní tomografie bylo zjištěno, že z pohledu vnitřních vad nepředstavuje zvolený poměr vlastního vratného materiálu riziko zhoršení kvality vyráběných odlitků.

Nicméně, průběžně získávané výše diskutované výsledky naznačují nutnost nejen sledování chemického složení v souvislosti s aplikací recyklace, ale také z pohledu dalších technologických změn, které jsou v průběhu výroby vyžadovány, například změnu vyráběné jakosti s rozdílným obsahem mědi, změny dodavatele primární suroviny ZL0410, změny nastavení licího stroje, opotřebení tvarových částí formy, atd. V této souvislosti byl prokázán značný potenciál využití výpočetní tomografie nejen při hodnocení využití vlastního vratného materiálu, ale rovněž při další optimalizaci výrobního procesu jako takového. Vše v součinnosti s využitím dalších vědecko-výzkumných metod, které byly v rámci průběhu řešení projektu uplatněny a jsou rovněž součástí dalších společně řešených VaV projektů.

Poděkování

Tato práce vznikla v rámci řešení projektu TH04020055: „Výzkum a vývoj technologie recyklace zinkového odpadu při výrobě vysoce kvalitních odlitků ze slitin zinku“ v rámci programu EPSILON, financovaného Technologickou agenturou ČR.

Literatura

- [1] GRYC, K., SOCHA, L., KUBEŠ, R., SOCHACKÝ, V., KOZA, K. and TROBL, J. Operational verification of reuse of returnable zinc alloy ZP0410 in the production of thick-walled castings. In *6th PING International Conference – Modern Trends in Material Engineering*. Plzeň: IOP Publishing, 2022. ISSN 1757-899X. DOI: 10.1088/1757-899X/1243/1/012005.
- [2] GRYC, K., SOCHA, L., KUBEŠ, R., SOCHACKÝ, V., KOZA, K. and TROBL, J. Zajištění stabilní produkce silnostěnných odlitků ze slitiny ZP0410 při implementaci využití vratného materiálu. *Hutnické listy*, 74 (2021) 5-6. ISSN 0018-8069.
- [3] GRYC, K., SOCHA, L., KUBEŠ, R., SOCHACKÝ, V., KOZA, K., TROBL, J. and PINTA, M. Combination of surface and volume analysis methods in the study of the quality of thin-walled castings from ZP0410 alloy. In *METAL 2022, 31st International Conference on Metallurgy and Materials*. Ostrava: Tanger Ltd., 2022. ISSN 2694-9296. DOI: <https://doi.org/10.37904/metal.2022.4513>.

- [4] KAYA, M., HUSSAINI, S. and KURSUNOGLU S. Critical Review on Secondary Zinc Resources and their Recycling Technologies. *Hydrometallurgy*, 195 (2020) 33. ISSN 0304-386X. DOI: 10.1016/j.hydromet.2020.105362.
- [5] BRANCA, T. A., COLLA, V., ALGERMISSEN, D., GRANBOM, H., MARTINI, U., MORILLON, A., PIETRUCK, R. and ROSENDAHL, S. Reuse and Recycling of By-products in the Steel Sector: Recent Achievements Paving the Way to Circular Economy and Industrial Symbiosis in Europe. *Metals*, 10 (2020) 3, 18. ISSN: 2075-4701. DOI: 10.3390/met10030345.
- [6] U.S. Geological Survey 2021: Mineral commodity summaries 2021 <https://doi.org/10.3133/mcs2021>.
- [7] University of York 2016: Zinc, accessed 6 Sept. 2021 <<https://www.essentialchemicalindustry.org/metals/zinc.html>>
- [8] TAN, R. B. H. and KHOO, H. H. Zinc Casting and Recycling. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 10 (2005) 3, 211-218. ISSN 0948-3349. DOI: 10.1065/lca2004.08.172.
- [9] MATINDE E, SIMATE G. S. and NDLOVU S. 2018 Mining and Metallurgical Wastes: A Review of Recycling and Re-use Practises *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, 118 (2018) 8, 825-844. ISSN 2225-6253. DOI: 10.17159/2411-9717/2018/v118n8a5.
- [10] ANTUÑANO, N., HERRERO, D., ARIAS, P. L. and CAMBRA, J. F. Electrowinning Studies for Metallic Zinc Production from Double Leached Waelz oxide. *Process Safety and Environmental Protection*, 91 (2013) 6, 495-502, ISSN 0957-5820. DOI: 10.1016/j.psep.2012.10.014.
- [11] BOOSTER, J. L., VAN SANDWIJK, A. and REUTER, M. A. Magnesium Removal in the Electrolytic Zinc Industry. *Minerals Engineering*, 13 (2000) 5, 517-526. ISSN 0892-6875. DOI: 10.1016/S0892-6875(00)00032-7.
- [12] CLEARY, P. W., HA, J., PRAKASH, M. and NGUYEN, T. Short Shots and Industrial Case Studies: Understanding Fluid Flow and Solidification in High Pressure Die Casting. *Applied Mathematical Modelling*, 34 (2010) 8, 2018-2033. ISSN 0307-904X. DOI: 10.1016/j.apm.2009.10.015.
- [13] CAO, L., LIAO, D. M., SUN, F., CHEN, T., TENG, Z. H. and TANG, Y. L. Prediction of Gas Entrapment Defects during Zinc Alloy High-pressure Die Casting Based on Gas-liquid Multiphase Flow Model. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94 (2018) 3, 807-815. ISSN 0268-3768. DOI: 10.1007/s00170-017-0926-5.
- [14] JARENO, E. D., CASTRO, M. J., MALDONADO, S. I. and HERNANDEZ, F. A. The Effects of Cu and Cooling Rate on the Fraction and Distribution of Epsilon Phase in Zn-4Al-(3-5.6) Cu Alloys. *Journal of Alloys and Compounds*, 490 (2010) 1-2, 524-530. ISSN 0925-8388. DOI: 10.1016/j.jallcom.2009.10.073.
- [15] POLA, A., TOCCI, M. and GOODWIN, F. E. Review of Microstructures and Properties of Zinc Alloys. *Metals*, 10 (2020) 2, 16. ISSN 2075-4701. DOI: 10.3390/met10020253.
- [16] VENCL, A., BOBIC, I., VUCETIC, F., BOBIC, B. and RUZIC, J. Structural, Mechanical and Tribological Characterization of Zn25Al Alloys with Si and Sr Addition. *Materials & Design*, 64 (2014) 381-392. ISSN 0261-3069. DOI: 10.1016/j.matdes.2014.07.056.
- [17] LACHOWICZ, M. M. and LACHOWICZ, M. B. Intergranular Corrosion of the as Cast Hypoeutectic Zinc-aluminium Alloy. *Archives of foundry engineering*, 17 (2017) 3, 79-84. ISSN 1897-3310. DOI: 10.1515/afe-2017-0095.
- [18] POLA, A., GELFI, M., LA VECCHIA, G. M. and MONTESANO, L. On the Ageing of a Hyper-eutectic Zn-Al Alloy. *La Metallurgia Italiana*, 4 (2015) 4, 37-41. ISSN 0026-0843.
- [19] KRAJEWSKI, W. K., PIWOWARSKI, G. and KRAJEWSKI, P. K. Protecting Melted Zinc-aluminium Based Foundry Alloys against Hydrogen Pick-up. *Archives of metallurgy and materials*, 59 (2014) 2, 753-755. ISSN 1733-3490. DOI: 10.2478/amm-2014-0126.
- [20] PIELA, K., BLAZ, L., BOCHNIAK, W., OSTACHOWSKI, P., LAGODA, M., ZABINSKI, P., JASKOWSKI, M., KIPER, M. and POLKOWSKA, A. Self-hardening of Low-alloyed Zinc for Biodegradable Application. *Journal of Alloys and Compounds*, 810 (2019) 9. ISSN 0925-8388. DOI: 10.1016/j.jallcom.2019.151883.
- [21] KORBER, D. Liquid metal assisted crack formation in zinc melts. Representation of the damage pattern using 3D computed tomography. *Practical Metallography*, 54 (2017) 2. ISSN 2195-8599. DOI: 10.3139/147.110418.
- [22] ČSN EN 12844. Zinek a slitiny zinku - Odlitky – Specifikace. 2000.
- [23] ČSN EN 1774. Zinek a slitiny zinku - Slitiny pro slévarenské účely - Ingoty a tekutý kov. 2000.

Na Rourovně Liberty Ostrava probíhal důležitý audit

LIBERTY Ostrava, Nová huť, listopad 2022, ročník XII, číslo 11, s. 12. Michal Kolář

Liberty Ostrava může i nadále označovat své naftovodné a pažnicové trubky celosvětově uznávaným monogramem API a být dodavatelem trubek pro těžaře a distributory plynu, ropy a jejich derivátů. To je výsledkem úspěšného auditu, který se v Rourovně Liberty Ostrava uskutečnil na přelomu října a listopadu 2022.

Auditována byla všechna oddělení i výrobní provozy Rourovny a taktéž centrální útvary Hutní a chemické laboratoře a Vzdělávání a rozvoj zaměstnanců. V závěrečné zprávě auditor potvrdil, že nenalezl žádná závažná zjištění a že systém řízení kvality je na Rourovně funkční, tedy ve shodě s požadavky API. Auditor během dozorového auditu API prověřoval plnění systémové normy API Spec Q1 a výrobních norem API Spec 5L a API Spec 5CT, podle kterých se v Rourovnách vyrábějí trubky pro olejářský průmysl.

Společnost LIBERTY Ostrava vyrábí trubky ve dvou Stiefelových válcovnách a ve svařovně trub. Od roku 1949 na bezešvé trati St 4-10 a od roku 1960 na bezešvé trati St 140 mm. Bezešvé a svařované trubky, které se používají pro těžbu a následnou přepravu kapalných i plyných médií, do rozličných tlakových zařízení a také pro konstrukční účely, dodává zákazníkům do celého světa.