

Recenzované výzkumné články

Výpočetní tomografie jako nástroj pro sledování porozity v tlakově litých zinkových odlitcích

Computed Tomography as a Tool for Investigating Porosity in Zinc High-Pressure Die Casting

Ing. Kamil Koza^{1,2}, doc. Ing. Karel Gryc, MBA, Ph.D.²; doc. Ing. Ladislav Socha, MBA, Ph.D.²; Ing. Roman Kubeš³; Václav Sochacký³; Ing. Jaromír Trobl³; Ing. Bc. Jana Sviželová, Ph.D.²; Ing. Martin Pinta, MBA^{1,2}

¹ Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra materiálů a strojírenské metalurgie, Univerzitní 22, 301 00 Plzeň, Česká republika

² Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, Environmentální výzkumné pracoviště, Okružní 517/10, 370 01 České Budějovice, Česká republika

³ GD Druckguss s.r.o., Radomilická 1244, 389 01 Vodňany, Česká republika

Článek se zabývá vnitřní kvalitou zinkových odlitků na základě posouzení jejich porozity. Odlitky ze zinkové slitiny ZP0410 byly vyrobeny metodou tlakového lití. K vyhodnocení porozity byla použita výpočetní tomografie na přístroji Werth Tomoscope XL, která umožnila nedestruktivní analýzu vnitřní struktury a vytvoření trojrozměrného modelu zobrazujícího rozložení porozity v odlitku. Tato metoda rovněž umožnila určit počet dutin a podíl porozity v rámci objemu odlitku. Odlitky byly vyrobeny pomocí dvoukavitové formy z oceli H11 a byly hodnoceny v průběhu životnosti formy. Byly analyzovány tři odlitky z každé dutiny nové formy a poté přibližně každých 100 000 ran (výrobních cyklech) až do 700 000 ran. Výpočetní tomografie odhalila mikroporozitu přítomnou v celém objemu odlitku, přičemž větší dutiny se obvykle nacházely v blízkosti středového otvoru v oblasti s nejširší stěnou. Až do 400 000 ran se počet dutin v obou pozicích odlitku lišil, přičemž počet dutin v odlitcích K3 se neustále zvyšoval a v odlitcích K4 kolísal. Po 400 000 ranách se počet dutin v obou pozicích vyrovnal a došlo k poklesu na přibližně 2 000 dutin.

Klíčová slova: tlakové lití, zinkové slitiny, výpočetní tomografie, porozita, opotřebené formy

This research examines the internal quality of zinc castings by assessing their porosity. The castings, made from ZP0410 alloy (a zinc alloy containing aluminium and copper), were produced through high-pressure die casting. To evaluate porosity, computed tomography was conducted using a Werth Tomoscope XL, enabling non-destructive analysis of the internal structure and generating a 3D model showing porosity distribution within the casting. This method also allowed for determining the number of cavities and the percentage of porosity within the casting volume. Castings were produced using a two-cavity mould made of H11 steel and were evaluated throughout the mould's service life. Three samples from each cavity were analysed in new mould and then approximately every 100,000 shots (production cycles), up to 700,000 shots. Computed tomography revealed pervasive microporosity within the entire casting, with larger cavities typically located near the central hole in the thickest-walled area. Up to 400,000 shots, the number of cavities differed between casting positions, with cavity counts in K3 castings increasing steadily and fluctuating in K4 castings. After 400,000 shots, the cavity counts in both positions matched and a decrease to approximately 2,000 at 600,000 and 700,000 shots occurred. Porosity and volume of cavities show slight dependence on mould wear.

Key words: Die casting, zinc alloy, computed tomography, porosity, mould wear

Úvod

Tlakové lití je velkoobjemový výrobní proces, produkující geometricky složité odlitky s vysokou rozměrovou přesností, výbornou povrchovou kvalitou a nízkým podílem zmetků. Dalšími výhodami je minimum dalšího obrábění a produkce odlitků s tenkými stěnami. Odlitky jsou využívány v automobilech, motocyklech, jako funkční části

mechanismů či v elektronice, ovšem uplatňují se i jako estetické části v různých produktech, zahrnujících svítidla, části nábytku, domácí přístroje a módní doplňky. Metodou tlakového lití mohou být zpracovávány všechny hlavní slitiny, přibližně polovina světové produkce odlitků z lehkých kovů je zpracovávána touto technologií [1-6].

Zinkové slitiny mají nízký bod tání, vysokou rychlost tuhnutí a dobrou zabíhavost. Mají odolnost vůči oxidaci

při tavení, malou termochemickou agresivitu a přilnavost vůči materiálům forem. Zinkové odlitky mají nízkou míru smršťování, dobré mechanické vlastnosti a vysokou odolnost proti otěru. Díky těmto vlastnostem je možné vyrábět odlitky s tenkými stěnami a drobnými detaily s vysokou kvalitou povrchu při zachování nízkých nákladů [1, 7].

Kombinace teploty formy, zabíhavosti, geometrické náročnosti odlitků a rychlosti chlazení ovlivňuje kvalitu odlitků. Pokud nejsou tyto parametry řádně kontrolovány, je očekáván vznik defektů. Povrchové vady zahrnují staženiny, puchýřky, propadliny, zálupy či rýhy. Vnitřní vady jsou bubliny, staženiny, nekovové vměstky či struska. Defekty negativně ovlivňují mechanické vlastnosti jako jsou tažnost, houževnatost a únavová odolnost. Zahlcený vzduch omezuje možnosti tepelného zpracování. Nejběžnější vadou zinkových odlitků je zahlcený vzduch způsobený vysoce turbulentním prouděním kovu v dutině formy. Uzavřený vzduch zůstává v odlitcích ve formě bublin a narušuje strukturu odlitku a zhoršuje elektrickou vodivost a pevnost [2, 4, 7-9].

Odlitky jsou typicky kontrolovány v surovém stavu, případně vizuálně po obrábění. Ovšem vnitřní vady odlitků nejsou zjistitelné pouhým okem ani při běžné kontrole kvality. Pro stanovení množství porozity v odlitcích může být použito mnoho metod. Archimédův test je běžně používán jako nedestruktivní metoda stanovení hustoty. Přestože průměrná hustota je dobrým indikátorem celkového objemu dutin, nereflexuje přesně množství plynu v odlitku, jelikož plynové dutiny jsou běžně spojené se staženinami a jejich podíl je obtížné rozlišit. Metoda taktéž umožňuje pouze kvantifikovat dutiny v odlitku bez možnosti jejich lokalizace. Zjištění vnitřních vad je možné pomocí metalografie. Nevýhodou metalografie je vysoká pracnost přípravy vzorku zahrnující několik stupňů leštění a broušení. Protože metalografie umožňuje zobrazovat pouze jednu rovinu řezu, nezobrazuje dokonale strukturu a morfologii porozity v odlitku a při hodnocení velikosti pórů jsou očekávány zkrácené výsledky. Pomocí rentgenu je možné sledovat makroporozitu, nicméně mikroporozita a oxidické blány (bifilmy) jsou rentgenem nezjistitelné. Protože je vnitřní porozita komplexním trojrozměrným objektem a rentgenový snímek je pouze dvourozměrný, nedosahuje pozorování pomocí rentgenu dostatečné přesnosti. Detailní informace umožňující popsat porozitu v odlitku poskytují pokročilé metody, kterými je například 3D virtualizace pórů za použití rentgenové mikroskopie a technik zpracování obrazu, nebo výpočetní tomografie [2, 4, 6, 10-14].

Využití výpočetní tomografie umožňuje nedestruktivní analýzu a poskytuje přesnou trojrozměrnou rekonstrukci výskytu porozity v objemu odlitku. Využívá průchodu rentgenového záření vzorkem. Je pořízeno velké množství rentgenových snímků vzorku z různých úhlů. Tyto snímky zobrazují v jednotlivých pixelech absorpční koeficient materiálu a jsou použity pro rekonstrukci vnitřní struktury objektu. V případě porozity je pomocí výpočetního algoritmu zhotovena 3D rekonstrukce pórů v objemu odlitku [6, 11, 12, 14].

Výpočetní tomografie byla autory použita v předchozích pracích ke zkoumání porozity uvnitř hliníkových odlitků [15]. Zaměřením současné práce je využití výpočetní tomografie ke studiu porozity v zinkových odlitcích. Jedním ze zásadních rozdílů mezi zinkovými a hliníkovými slitinami je jejich hustota. Hustota zinkové slitiny je přibližně 2,6krát vyšší než hustota hliníkové slitiny. Vyšší hustota snižuje průchodnost rentgenového záření materiálem, což omezuje maximální velikost vzorků vhodných k analýze s přijatelným rozlišením. Ve spolupráci se společností GD Druckguss s.r.o. která se zabývá tlakovým litím zinku, byly vyrobeny experimentální odlitky. Tyto odlitky jsou určeny pro zkoumání porozity pomocí výpočetní tomografie a dále pro sledování možných změn v porozitě během dlouhodobého používání lící formy.

Použité materiály a přístroje

Zkoumané odlitky jsou vyráběny metodou tlakového lití ze zinkové slitiny ZP0410, která obsahuje 4 % Al a 1 % Cu. Forma pro produkci odlitků je vyrobena z oceli AISI H11 a je konstruována jako dvoukavitová. Dle označení kavit jsou odlitky označovány jako K3 a K4 a oba odlitky jsou zrcadlově symetrické. Odlitky jsou pro představu zobrazeny na obr. 1.



Obr. 1 Zkoumané zinkové odlitky K3 a K4
Fig. 1 Examined zinc castings K3 and K4

Pro analýzu vnitřní struktury byly odebírány vzorky v průběhu životnosti formy, a to z nové formy a dále přibližně po každých 100 000 ranách. Při každém dosaženém milníku byly odebrány 3 vzorky odlitků K3 a 3 vzorky odlitků K4. V současné době byly analyzovány vzorky až do 700 000 ran.



Obr. 2 Výpočetní tomograf Wert TomoScope XL
Fig. 2 CT scan Werth TomoScope XL

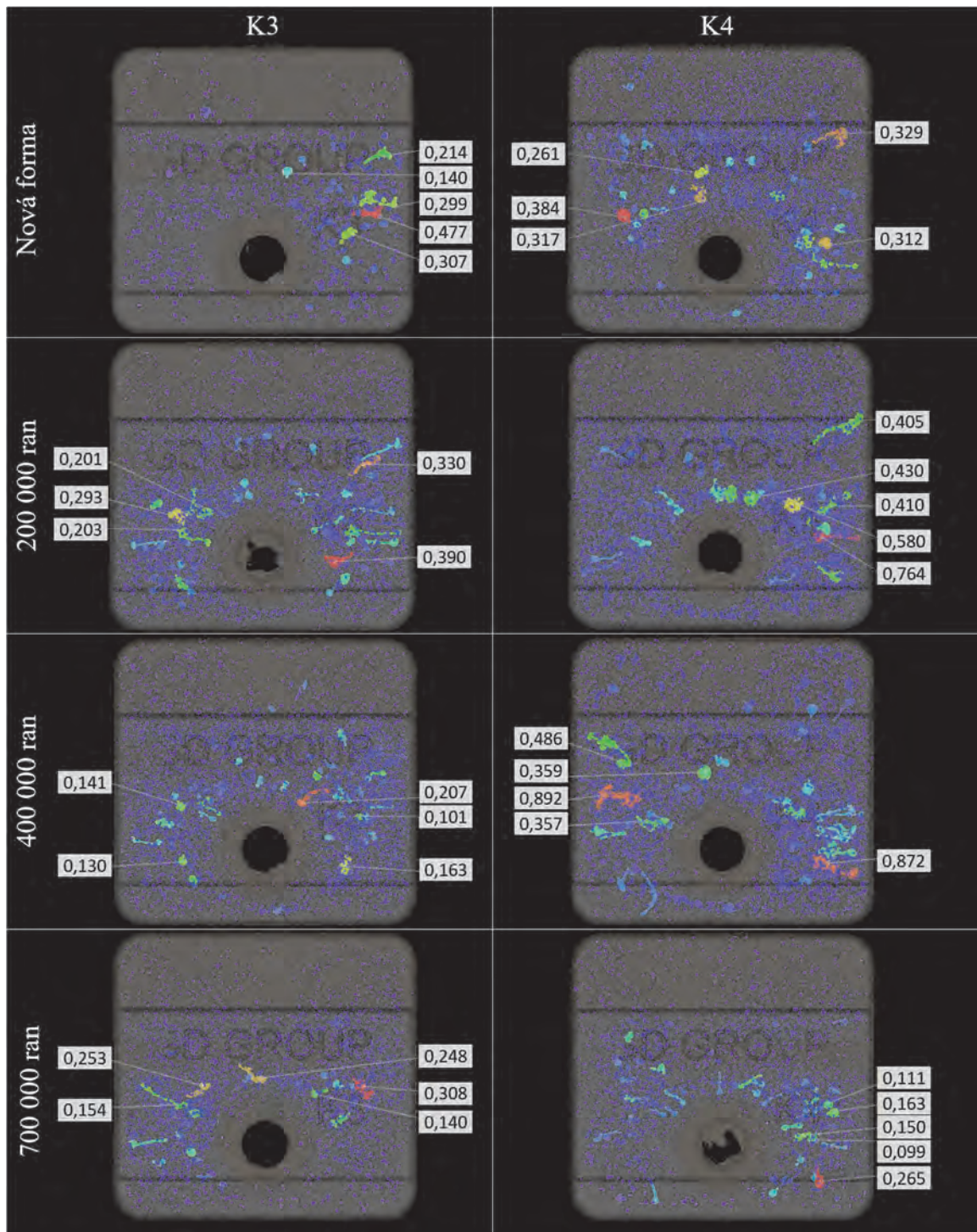
Vzorky byly analyzovány metodou výpočetní tomografie na přístroji Werth TomoScope XL, zobrazeném na obr. 2.

K vytvoření rekonstrukce rozložení dutin v odlitcích byl použit software WinWerth. Tento software umožňuje barevnou vizualizaci dutin v objemu odlitku v závislosti na jejich objemu. 3D modelem je také možno otáčet a pozorovat strukturu z různých úhlů či přidávat popisky s informacemi o jednotlivých dutinách. Každý odlitek byl takto analyzován a byl vytvořen jeho snímek pro studium rozložení dutin. Ze zjištěného celkového objemu odlitku

a součtu objemu dutin byl zjištěn podíl porozity v odlitku. Dále byl zaznamenán celkový počet dutin.

Výsledky a diskuze

Celkem bylo pomocí výpočetní tomografie hodnoceno 48 odlitků. Pro představu o rozložení porozity jsou na obr. 3 zobrazeny vybrané odlitky K3 a K4 z nové formy a po 200 000, 400 000 a 700 000 ranách. Dále je uveden objem pěti největších dutin v mm³ v každém odlitku.



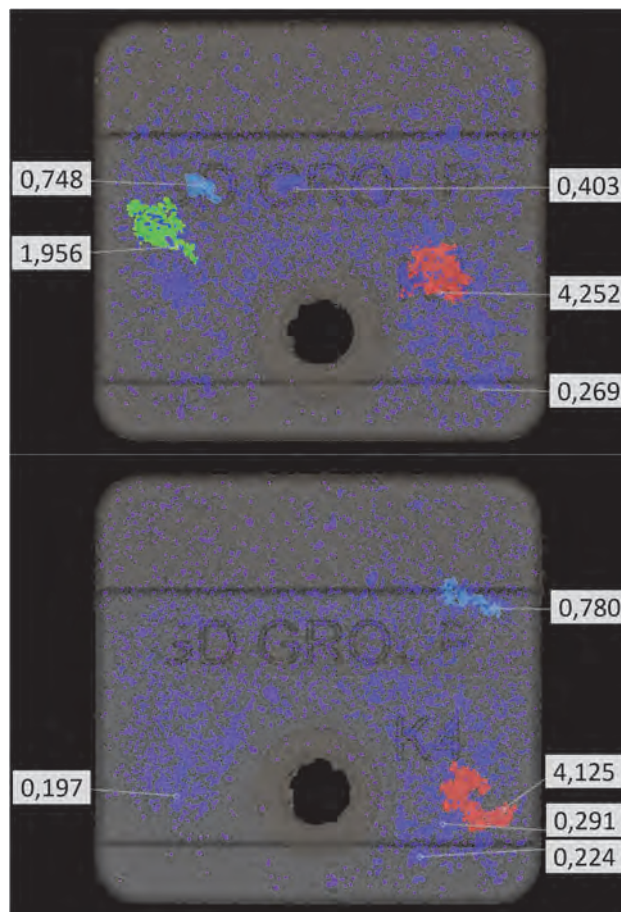
Obr. 3 CT snímky vybraných odlitků K3 a K4 z nové formy a po 200 000, 400 000 a 700 000 ranách (výrobních cyklech)
Fig. 3 CT images of selected K3 and K4 castings from new mould and after 200,000, 400,000 and 700,000 shots (production cycles)

Ve všech odlitcích je přítomná jak mikroporozita, tak makroporozita. Mikroporozita je přítomná rovnoměrně v celém objemu odlitků (modrá barva). Větší dutiny jsou rozloženy převážně v okolí středového otvoru, kde je nejvyšší tloušťka stěny. Ve většině odlitků nepřesahuje objem největších dutin hodnoty $0,5 \text{ mm}^3$. Ovšem v některých odlitcích může docházet k zahlcení většího množství vzduchu a k výskytu větších dutin. V některých případech přesahuje objem největší dutiny 4 mm^3 . Na obr. 4 jsou zobrazeny dva takové odlitky. Jedná se o odlitek K4 z formy po 100 000 ranách a odlitek K4 po 520 000 ranách.

Na obr. 5 je graf zobrazující počet dutin v odlitcích K3 a K4 v průběhu životnosti formy. Každý bod je průměrem ze tří analyzovaných odlitků.

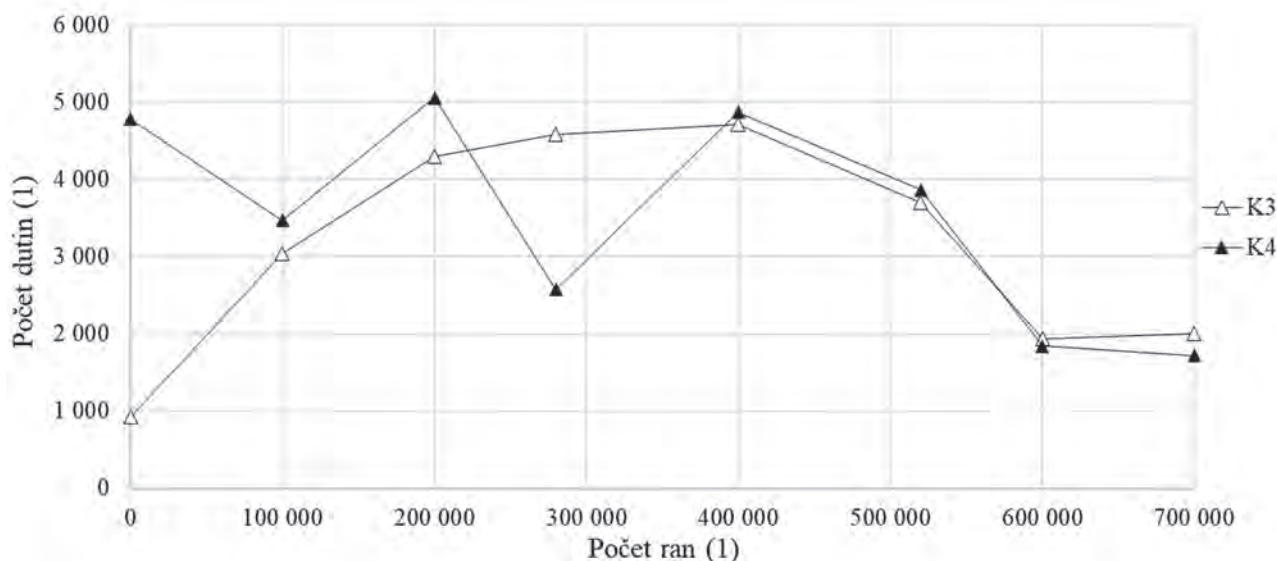
Počet dutin zjištěných v odlitcích K3 a K4 se až do 400 000 ran výrazněji lišil, poté došlo k vyrovnání. Odlitky K3 z nové formy obsahovaly průměrně 921 dutin. Po 100 000 a 200 000 ranách došlo k výraznému nárůstu na 3043, respektive 4295 dutin. Poté se nárůst zpomalil na 4579 dutin po 280 000 ranách a dosáhl maxima 4717 dutin po 400 000 ranách. Následoval pokles na 3700 dutin po 520 000 ranách a 1930 dutin po 600 000 ranách. Zde došlo k ustálení a po 700 000 ranách byl počet dutin 2000.

Odlitky K4 z nové formy obsahovaly oproti odlitkům K3 dutin mnohem více a to 4784. V průběhu životnosti formy docházelo k výrazným změnám, a to k poklesu na 3471 dutin po 100 000 ranách, nárůstu na maximum 5062 dutin po 200 000 ranách, výraznému poklesu na 2575 dutin po 280 000 ranách a konečně k nárůstu na 4875 dutin po 400 000 ranách, kde se již odlitky K3 a K4 vyrovnaly. Následoval obdobný pokles jako u odlitků K3, a to na 3863 dutin po 520 000 ranách, 1843 dutin po 600 000 ranách a mírný pokles na 1718 dutin po 700 000 ranách.



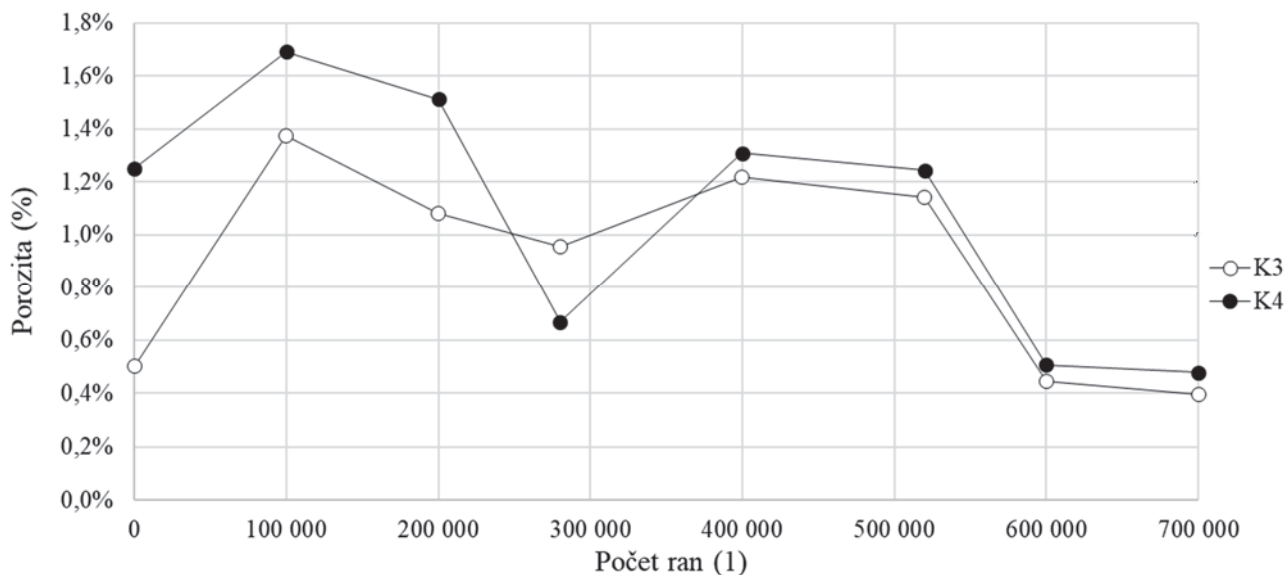
Obr. 4 Příklad výskytu velkých dutin, nahoře odlitek K4 z formy po 100 000 ranách, dole odlitek K4 z formy po 520 000 ranách

Fig. 4 Examples of bigger cavities. On top casting from mould after 100,000 shots, on bottom casting from mould after 520,000 shots



Obr. 5 Počet dutin zjištěný výpočetní tomografií v odlitcích K3 a K4 v průběhu životnosti formy

Fig. 5 Number of cavities detected by CT in castings K3 and K4 during mould lifetime



Obr. 6 Porozita zjištěná pomocí výpočetní tomografie v odlitcích K3 a K4 v průběhu životnosti formy
Fig. 6 Porosity detected by CT in castings K3 and K4 during mould lifetime

Na obr. 6 je zobrazena vnitřní porozita odlitků v průběhu životnosti formy, vyjádřená jako podíl objemu dutin na celkovém objemu odlitku. Každý bod je opět průměrem ze tří analyzovaných odlitků.

Porozita zjištěná v odlitcích K3 a K4 se obdobně jako počet dutin chovala odlišně až do 400 000 ran, kdy došlo ke sjednocení trendů s tím, že porozita v odlitcích K3 byla mírně nižší. Porozita odlitků K3 z nové formy byla 0,50 %, po 100 000 ran došlo k nárůstu na nejvyšší porozitu 1,38 % následovanému poklesem na 1,08 % po 200 000 ranách a 0,96 % po 280 000 ranách. Po 400 000 ranách porozita vzrostla na 1,22 %. Po 520 000 ranách došlo k mírnému poklesu na 1,14 %. Po 600 000 ranách byl pokles výraznější a to na 0,44 %. Po 700 000 ranách došlo jen k mírné změně na 0,40 %.

Porozita odlitků K4 z nové formy byla 1,25 %. Po 100 000 ranách došlo k nárůstu na nejvyšší porozitu 1,69 %. Následoval pokles na 1,51 % po 200 000 ranách a výraznější pokles na 0,67 % po 280 000 ranách. Po 400 000 ranách došlo k nárůstu porozity na 1,31 % a vyrovnání trendů s odlitky K3. Obdobně došlo tedy k mírnému poklesu na 1,24 % po 520 000 ranách a výraznému poklesu na 0,51 % po 600 000 ranách následovanému jen mírnou změnou porozity na hodnotu 0,48 % po 700 000 ranách.

Z uvedených obrázků a grafů je patrné, že míra porozity a počet dutin vykazují v průběhu životnosti formy určité trendy společně pro odlitky K3 a K4. Ovšem velikost jednotlivých dutin se zdá být na opotřebením formy nezávislá, v odlitcích je vždy přítomno velké množství mikroporozity a v některých náhodných případech dochází k výskytu řádově větších dutin.

Tyto větší dutiny mohou být i příčinou rozdílu mezi počtem dutin a celkovou porozitou, který je patrný při srovnání jejich grafů na obr. 5 a obr. 6. Při výskytu jedné

velké dutiny v odlitku, tak jak je ilustrováno na obr. 4 dochází k nárůstu celkového objemu porozity, ovšem celkový počet dutin vzroste pouze o jednu, což je při celkovém počtu dutin v řádech tisíců neznatelné.

Závěr

Výpočetní tomografií byl hodnocen výskyt porozity v zinkových odlitcích označených K3 a K4. Odlitky byly vyrobeny tlakovým litím ze zinkové slitiny ZP0410. Byly hodnoceny odlitky odebírané v průběhu životnosti formy až do opotřebením formy po 700 000 výrobních ranách (cyklech).

Hodnocením trojrozměrné rekonstrukce rozložení dutin v odlitku bylo zjištěno, že ve všech odlitcích se vyskytuje mikroporozita v jejich celém objemu. Větší dutiny se vyskytují v okolí středového otvoru, kde je nejvyšší tloušťka stěn.

Z pohledu množství dutin a porozity bylo zjištěno, že odlitky K3 a K4 se do 400 000 ran chovají odlišně. Počet dutin u odlitku K3 stabilně stoupá, u odlitku K4 dochází střídavě k poklesům a nárůstům. Po 400 000 ranách dochází k postupnému poklesu počtu dutin v obou odlitcích z hodnot okolo 4800 až na hodnoty pod 2000 při 700 000 ranách.

Porozita v odlitku K3 nejprve výrazně stoupá, poté mírně klesá a opět mírně stoupá. Porozita v odlitku K4 nejprve stoupá, poté výrazněji klesá a opět stoupá. Po opotřebením 400 000 ran dochází u obou odlitků obdobně jako u počtu dutin k postupnému poklesu z hodnot okolo 1,25 % až k hodnotám 0,4 % při 700 000 ran.

Bylo ukázáno, že výpočetní tomografie je robustní metodou pro komplexní hodnocení porozity v zinkových odlitcích. Další plánované práce zahrnují srovnání

výsledků výpočetní tomografie jednak s metalografickými řezy odlitků a dále s numerickými simulacemi výskytu porozity.

Poděkování

Tato práce vznikla v rámci řešení projektu FW03010323: „Výzkum a vývoj tvarových forem z vytvrditelných ocelí pro lití zinkových slitin při aplikaci moderních technologií aditivní výroby, tepelného zpracování, povrchových úprav a numerických simulací“ v rámci programu TREND, financovaného Technologickou agenturou ČR.

Literatura

- [1] ARMILLOTA, A., FASOLI, S. and GUARINONI, A. Cold flow defects in zinc die casting: prevention criteria using simulation and experimental investigations. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 85 (2016), 605-622. DOI 10.1007/s00170-015-7959-4.
- [2] WANG, L., TURNLEY, P. and SAVAGE, G. Gas content in high pressure die castings. *Journal of Materials Processing Technology*. 211 (2011), 9, 1510-1515. DOI 10.1016/j.jmatprotec.2011.03.024.
- [3] BONOLLO, F., GRAMEGNA, N. and TIMELLI, G. High-Pressure Die-Casting: Contradictions and Challenges. *JOM*. 67 (2015), 5, 901-908. DOI 10.1007/s11837-015-1333-8.
- [4] KONG, L.X., SHE, F.H., GAO, W.M., NAHAVANDI, S. and HODGSON, P.D. Integrated optimization system for high pressure die casting processes. *Journal of Materials Processing Technology*. 201 (2008), 629-634. DOI 10.1016/j.jmatprotec.2007.11.250.
- [5] JIA, ZX., LI, JQ., LIU, LJ. and ZHOU, H. Performance enhancements of high-pressure die-casting die processed by biomimetic laser-remelting process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 58 (2012), 421-429. DOI 10.1007/s00170-011-3420-5.
- [6] JI, S., WATSON, D. and FAN, Z. X-Ray Computed Tomographic Investigation of High Pressure Die Castings. In *Light Metals 2017*. Trondheim: The Minerals, Metals & Materials Society, 2017, 861-866. DOI 10.1007/978-3-319-51541-0_104.
- [7] CAO, L., LIAO, D., SUN, F., CHEN, T., TENG, Z. and TANG, Y. Prediction of Air Entrapment Defect During Zinc Alloy High Pressure Die Casting Based on Gas-Liquid Multiphase Flow Model. In *Proceedings of the 7th International Conference on Mechanics and Materials in Design*. Albufeira: INEGI/FEUP, 2017, 167-180.
- [8] LEE, S.G., GOKHALE, A.M., PATEL, G.R. and EVANS, M. Effect of process parameters on porosity distributions in high-pressure die-cast AM50 Mg-alloy. *Materials Science and Engineering: A*. 427 (2006), 99-111. DOI 10.1016/j.msea.2006.04.082.
- [9] OTÁHAL, V. *Vady odlitků Atlas Vad Železné a neželezné slitiny*. Brno: Technicko-ekonomické poradenství. 2008.
- [10] BLONDHEIM, D. and MONROE, A. Macro Porosity Formation: A Study in High Pressure Die Casting. *International Journal of Metalcasting*. 16 (2021), 1, 330-341. DOI 10.1007/s40962-021-00602-x.
- [11] NICOLETTO, G., ANZELOTTI, G. and KONEČNÁ, R. X-ray computed tomography vs. metallography for pore sizing and fatigue of cast Al-alloys. *Procedia Engineering*. 2 (2010), 1, 547-554. DOI 10.1016/j.proeng.2010.03.059.
- [12] NICOLETTO, G., KONEČNÁ, R. and FINTOVA, S. Characterization of microshrinkage casting defects of Al-Si alloys by X-ray computed tomography and metallography. *International Journal of Fatigue*. 41 (2012), 39-46. DOI 10.1016/j.ijfatigue.2012.01.006.
- [13] VOORT, G.F.V. *ASM Handbook Volume 9: Metallography and Microstructures*. Materials Park: ASM International, 2004.
- [14] GASPAR, S., MAJERNIK, J., TUPAJ, M. and PODARIL, M. Comparison of Porosity of Casts Produced by HPDC and VPDC Technologies. *MM Science Journal*. March 2022, pp. 5566-5570. DOI 10.17973/MMSJ.2022_03_2022005.
- [15] PINTA, M., SOCHA, L., GRZYC, K., SVIŽELOVÁ, J. and KOZA, K. Quality Assessment of Aluminium Castings Using Computed Tomography. *Engineering Proceedings*. 64 (2024), 1. DOI <https://doi.org/10.3390/engproc2024064006>.

OKD uzavírá rok 2024 se ziskem a vstupuje do posledního roku těžby

Těžební společnost OKD vytěžila v roce 2024 ze dvou lokalit Dolu ČSM 1 202 000 tun uhlí a vyrazila v nich 7223 metrů chodeb. Rok uzavře s kladným hospodářským výsledkem, nad plánem EBITDA ve výši 404 milionů korun. Letošní rok je posledním rokem těžby uhlí v ostravsko-karvinském revíru. V plánu je připravit 2810 metrů chodeb a vydobýt 1 145 000 tun uhlí. Těžba bude ukončena po vytěžení posledních porubů v prvním čtvrtletí 2026. Poté bude následovat technická likvidace dolu, která potrvá přibližně tři roky. Veškeré náklady související s ukončením těžby bude společnost hradit z vlastních prostředků. Po ukončení hornické činnosti plánuje další podnikání.

„Ve světle složité tržní situace v Evropě, kdy se uhlí jako nosič energie k výrobě elektřiny a tepla prosazuje stále hůře a je postupně nahrazováno plynem či energií z obnovitelných zdrojů, je zisk v řádu stovek milionů korun nepochybně velmi dobrý výsledek,“ uvedl Roman Sikora, generální ředitel a předseda představenstva OKD. Přesnou výši zisku zveřejní společnost poté, co výsledky potvrdí audit.

Letos plánuje OKD vyrazit 2,8 kilometru chodeb a vytěžít z nich 1,145 milionu tun uhlí. Těžba bude probíhat postupně v 6 porubech.

„Očekáváme, že přípravy porubů budou dokončeny v červnu, vybaveny technologiemi budou do konce srpna a poté již bude na obou lokalitách Dolu ČSM probíhat pouze těžba. Poslední poruby dotěžíme v lednu či únoru 2026. Následně zahájíme technickou likvidaci dolu,“ doplnil David Hájek, ředitel provozu OKD.

Na technickou likvidaci a dohodnutý sociální program vynaloží společnost OKD 4,7 miliardy korun. Po ukončení hornické činnosti chce dále podnikat v oblasti výroby uhelných směsí a zelené energie. Plán podnikání musí ještě potvrdit jediný akcionář, společnost PRISKO, a Ministerstvo financí.

– z tiskové zprávy –