

Inovace procesu výroby odlitků ve Slévárnách Třinec, a.s.

Innovation of Castings Production Process in the Foundry Slévárny Třinec, a.s.

Ing. René Malysz

Slévárny Třinec, a.s., Průmyslová 1001, Staré město, 739 61 Třinec, Česká Republika

Článek pojednává o modernizaci výroby odlitků ve Slévárnách Třinec, a.s., která má v železárnách v Třinci dlouholetou tradici. Díky finanční podpoře Evropského fondu pro regionální rozvoj a využití vlastních zdrojů bylo možné ve Slévárnách Třinec, a.s. realizovat několik významných investičních akcí, které přispěly ke zvýšení konkurenceschopnosti firmy. Do dřevomodelárny bylo pořízeno CNC frézovací centrum řady POWER TURBO pro výrobu modelů s přesností 0,02 mm a 3D tiskárna Fortus 450mc pro výrobu tvarově složitých modelových zařízení. Největší investiční akcí byla výstavba středofrekvenční indukční pece 2 × 15 t v provozu slévárny šedé litiny I. Díky této modernizaci došlo ke snížení nákladů na výrobu odlitků a hlavně ke snížení množství vyprodukovaných emisí. Pro usnadnění cídirenských prací v provozu slévárny šedé litiny II byly v tomto roce uvedeny do provozu dva brousící stroje SAM 300 a SAM 600. Pro přesnější a rychlejší měření odlitků slouží nový 3D skener, který umožňuje skenovat předměty od velikosti desítek mm až po několikametrové komplikované tvary.

Klíčová slova: *simulační program MAGMASOFT; frézovací centrum řady POWER TURBO; středofrekvenční indukční pec; brousící stroje MAUS; 3D skener; 3D tiskárna*

The article deals with the modernisation of production of castings in the foundry Slévárny Třinec, a.s. The foundry has a long tradition in casting of steel and of cast iron. Financial support of the European Structural and Investment Fund combined with the company own financial resources made it possible to implement several major investment projects, which contributed to an increase of the competitiveness of our company. CNC milling centre TURBO POWER series was bought for pattern shop. It will be used for the production of patterns with an accuracy of 0.02 mm. 3D printer Fortus 450mc will be used for manufacturing of complex pattern devices. The biggest investment project was the construction of medium frequency induction furnace 2×15 tons in the grey iron foundry I. This upgrade reduces the costs of production of castings, and especially reduces the amount of emissions. Two grinding machines SAM 300 and SAM 600 were put into operation to facilitate manual grinding in the grey iron foundry II this year. We now use a new 3D scanner for faster and more accurate measurement of castings, since it can scan objects of complex shapes from the size of tens mm to several meters.

Key words: *simulation program MAGMASOFT; milling centre POWER TURBO series; medium-frequency induction furnace; grinding machines MAUS; 3D scanner; 3D printer*

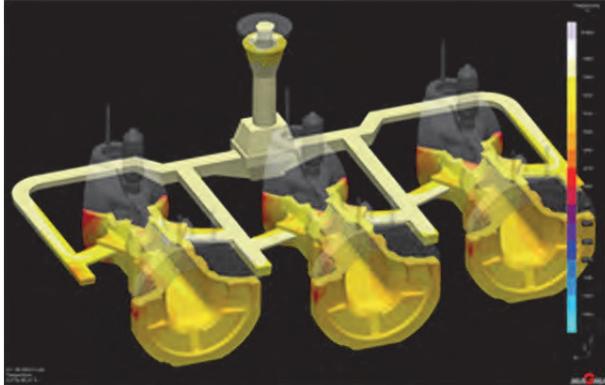
Výroba odlitků v Třineckých železárnách má dlouholetou tradici. Třinecké slévárny byly od svého počátku součástí Třineckých železáren a odlitky se zde vyrábějí již od roku 1842. V roce 1999 vznikla dceřiná společnost Třineckých železáren – Slévárny Třinec, a.s. Dnešní výroba odlitků je soustředěná do sléváren litin a slévárny oceli. Součástí provozů je středisko výroby neželezných kovů a středisko opracování odlitků. Společnost disponuje vlastní dřevomodelárnou a kovomodelárnou.

Podporu oddělení technologie zajišťuje simulační program MAGMASOFT již od roku 2003, který je dnes nejnovější verzi MAGMA5 a umožňuje simulovat celý výrobní cyklus odlitku. Program MAGMASOFT je ve společnosti Slévárny Třinec, a.s. rozšířen o mnoho doplňkových modulů, díky kterým lze simulovat proces plnění, tuhnutí, následné tepelné zpracování a také průběh napěťových stavů a deformací od tuhnutí přes tepelné zpracování odlitků. Simulovat lze gravitační lití ocelí (včetně konvekce a segregace), litin a také neželezných kovů. Pro simulaci tuhnutí litin je společnost

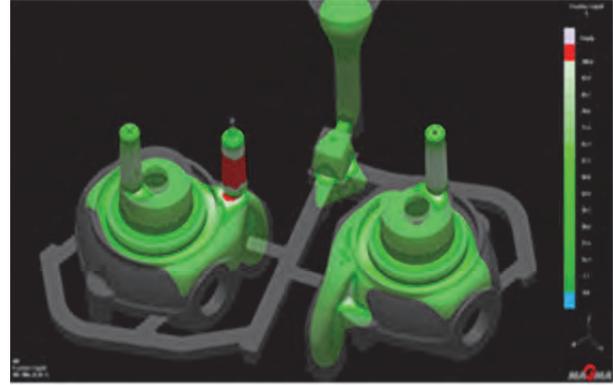
vybavení speciálním modulem MAGMAiron, který zohledňuje ve výpočtu také chemické složení, metalurgickou kvalitu taveniny a pomocí mikrostrukturního modelu lze vypočítat typ výsledné struktury a mechanické vlastnosti. Ve výpočtech porozity je také zohledněna grafitická expanze a tuhost formy (obr. 1 – 4). Pro přípravu geometrií pro simulaci lze použít integrovaného 3D modeláře v programu MAGMA, ale pro rychlejší práci a následnou návaznost na CAM systémy jsou 3D data připravována v programu Solid Edge. Pro nálitkování odlitků po importu dat do MAGMA lze využít exkluzivní Foseco modul, který obsahuje jak 3D data nálitků, filtrů apod., tak i termodynamické vlastnosti exotermických a izolačních materiálů Foseco. Databáze programu MAGMA také obsahuje materiály firem Chemex a ASK. V roce 2015 byla testována a následně po vyhodnocení přínosu zakoupena druhá licence programu MAGMA aby bylo možné simulovat dva projekty současně. Toto zlepšení zvyšuje produktivitu simulací, ale také umožňuje provádět složité

a dlouhé výpočty tepelného zpracování a napětíových stavů, bez omezení rutinních denních výpočtů. Nutnost druhé licence také přišla s novou verzí MAGMA 5.3, která umožňuje automatickou optimalizaci a využití statistických metod k vyhodnocování výsledků. Lze provádět DoE, tedy výpočet několika kombinací daných geometrií či parametrů nebo využít velkou optimalizaci,

kdy za pomoci intervalů proměnných veličin a geometrických parametrů simulační program najde optimální variantu z desítek až stovek tisíc možných kombinací a zároveň pomocí výsledných grafů ověří, které veličiny mají zásadní vliv na kvalitu odlitku a jaké musí být jejich rozmezí, aby bylo dosaženo maximální kvality, či ideálního kompromisu mezi náklady a kvalitou.



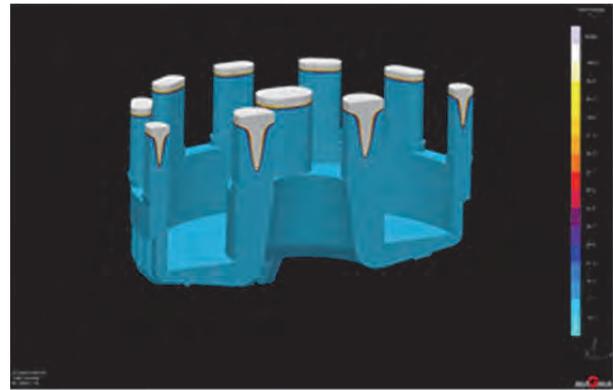
Obr. 1 Plnění formy
Fig. 1 Filling up of the mould



Obr. 2 Tuhnutí odlitku
Fig. 2 Solidification of casting



Obr. 3 Porozita odlitku
Fig. 3 Porosity of casting



Obr. 4 Porozita odlitku
Fig. 4 Porosity of casting

Výroba a opravy modelových zařízení pro ruční a strojní formování je realizována v dřevomodelárně, která je vybavena strojním a ručním nářadím pro zpracování a opracování dřeva, epoxidové a polyuretanové pryskyřice, polystyrénu a polyuretanové desky NECURON. Výroba modelového zařízení je zajišťována mj. frézováním na CNC stroji (obr. 5). Z finančních zdrojů investiční akce a dotačního programu bylo pořízeno frézovací centrum řady POWER TURBO, což je přesný, numericky řízený obráběcí stroj určený k třískovému obrábění frézováním a vrtáním. Na tomto stroji je možné obrábět tyto materiály: masivní dřevo, dřevotřísku, překližku, desky MDF, plasty, epoxidové a polyuretanové pryskyřice, kompozitní materiály, grafit a hliník. Rozměry pracovního stolu jsou 3 000 × 2 000 mm. Řídicí systém může řídit celkem až 9 os. Technické parametry výměníku nástrojů jsou: počet lůžek 12, max. průměr nástroje 190 mm, čas samotné výměny 10 s, provozní otáčky hlavy s elektrovřetenem 0 – 22 000 min⁻¹. Díky tomuto obráběcímu stroji došlo k časové úspoře u výroby modelových zařízení, včetně

održování rozměrových přesností. Frézovací centrum řady POWER TURBO pracuje s přesností 0,02 mm [1].

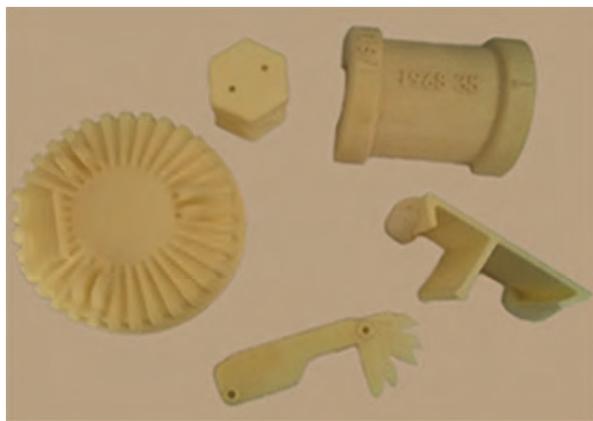


Obr. 5 Model vyráběný na CNC stroji
Fig. 5 Pattern made by CNC machining tool

Vedle ruční a strojní výroby modelů má modelárna možnost vyrábět modely pomocí 3D tiskárny. Výrobní zařízení Fortus 450mc (obr. 6 a 7) pomáhá zkrátit čas od virtuálního návrhu k výrobku modelu z týdnů na hodiny, a to zejména u komplikovaných modelů. K výrobě modelů vybrat materiály z široké a stále rostoucí skupiny průmyslových termoplastů. Nastavením tloušťky stavební hmoty se ovlivní tvarová variabilita a tuhost výrobků v návaznosti na době jejich tisku. 3D tiskárna staví díly do velikosti $406 \times 355 \times 406$ mm a pracuje s celkem devíti standardními i specializovanými termoplasty (obr. 7). Systém pracuje s termoplasty ABS-M30 v šesti barvách, vyznačující se vysokou pevností v tahu, v ohybu a v rázu. Systém pracuje s termoplasty ASA v deseti barvách s velkou mechanickou pevností, UV stabilitou a vysokou estetikou. Systém pracující s termoplasty PC se vyznačuje vynikajícími mechanickými vlastnostmi a teplotní odolností. Podpůrný materiál se používá většinou jako rozpustný, u materiálu PC-ISO a ULTEM odlamovaný, u materiálu PC rozpustný i odlamovaný. 3D tiskárna má 2 zásobníky se základním materiálem a podpůrným materiálem. Dosažitelná přesnost tisku dílů je $\pm 0,127$ mm nebo $\pm 0,0015$ mm/mm (výsledná přesnost je závislá na geometrii dílu, dosažitelná přesnost je odvozena statisticky v rozsahu 95 %) [2].



Obr. 6 3D tiskárna Fortus 450mc
Fig. 6 3D printer Fortus 450mc



Obr. 7 Modely vyrobené na 3D tiskárně
Fig. 7 Patterns made by 3D printer

V roce 2015 byla pro Slévárny Třinec, a.s. největší investiční akcí výstavba středofrekvenční indukční pece 2×15 t, postavené v provozu slévárny šedé litiny I (obr. 8 a 9).



Obr. 8 Středofrekvenční EIP 2×15 t
Fig. 8 Medium frequency EIF 2×15 t



Obr. 9 Odpich ze středofrekvenční EIP
Fig. 9 Tapping of medium frequency EIF

V těchto pecích se připravuje kov pro litinové i ocelové odlitky o střední a velké hmotnosti do 30 t. Velkou výhodou elektrických indukčních pecí (EIP) oproti stávajícím plamenným pecím je zkrácení doby tavení o cca 80 %. Vysoká účinnost a schopnost průběžného přizpůsobení aktuálním elektrickým parametrům tavicí pece umožňuje, aby měnič DUAL-TRAK o výkonu 9 MW v dávkovém režimu natavil za cca 48 minut 15 000 kg litiny na teplotu 1480 °C. Maximální kapacita pece je 17 651 kg. Celkový příkon je 10 270 kVA. Průměr kelímku je 1 308 mm, průměr cívky je 1 600 mm, hloubka lázně je 1 750 mm, množství odsávaného vzduchu pro jednu pec je cca $35\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. K dalším výhodám patří nižší zpracovací náklady na výrobu tekuté oceli v porovnání s plamennými pecemi a elektrickými obloukovými pecemi (EOP). Velkou výhodou EIP je, že indukční míchání taveniny zabezpečuje tepelnou i chemickou homogenitu taveniny v peci. Vyrobené oceli obvykle obsahují nižší obsah vodíku a dusíku, zejména u kyselých indukčních pecí. Při tavení dochází k nízkému propalu železa i legujících prvků a tím jejich vyššímu využití z vratného materiálu a externího legovaného odpadu. Nižší spotřeba ferostlin je dosažena

legováním ke spodní hranici povoleného rozmezí legujících prvků. Přechod na EIP zajistil menší vznik exhalací a nižší hlučnost. Instalované EIP 2 × 15 t jsou vyžděny kyselou výduskou [3].

Od roku 2016 v provozu slévárny šedé litiny II usnadňují práci v cídlírně automatické stroje na odstraňování otřepů SAM 300 a SAM 600 (obr. 10 a 11). Jde o automatické centrum pro odstraňování otřepů se 4 osami, tvořené jednou pohyblivou jednotkou držáku brusných kotoučů (se 3 pevnými osami) a jednou pevnou jednotkou držáku kusu (1 otočná osa), k němuž je připevněna jednotka nakládky/vykládky (vysokozdvíhový vozík). Sériově vyráběné odlitky, na nichž mají být odstraněny otřepy, nakládá obsluha stroje ručně (pokud možno pomocí zvedače) na úchytné zařízení stanoviště nakládky. Zdvih osy x a y je 750 mm, zdvih osy z je 300 mm. Rychlost otáčení os je 58 – 60 $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$. Vysokozdvíhový vozík stroje má 2 polohy, takže stroj může být vybaven a naprogramován pro 2 různá opracování (často odpovídají 2 různým polohám pro opracování téhož kusu) [4].



Obr. 10 Broušící stroj MAUS typ SAM 300
Fig. 10 Grinding machine MAUS type SAM 300



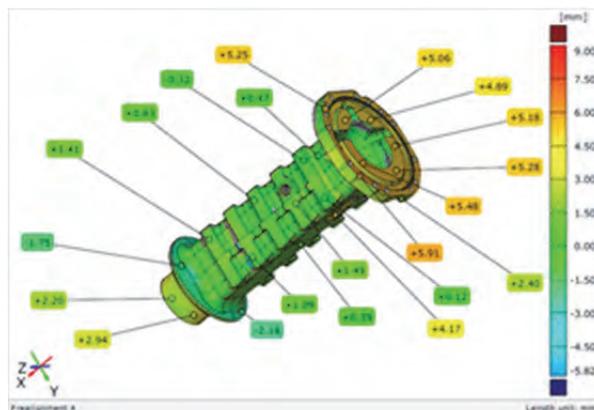
Obr. 11 Broušící stroj MAUS typ SAM 600
Fig. 11 Grinding machine MAUS type SAM 600

Každý vyrobený odlitek prochází výstupní kontrolou, a to vizuální nebo metodou nedestruktivního zkoušení. Rozměry odlitků je možno měřit pomocí 3D skeneru (obr. 12 a 13). Toto zařízení umožňuje digitalizovat povrch objektu, převést jej do rozsáhlé množiny bodů

a tu následně převést na geometrický model v tzv. polygonální síti. Ta se dá využít v inženýrských aplikacích, ve zdravotnictví nebo v 3D vizualizačních softwarech. Skener, který používají Slévárny Třinec, a.s., umožňuje skenovat předměty od velikosti desítek mm až po několikametrové komplikované tvary, a to včetně textury a barvy. Skenování nevyžaduje žádné referenční značky a kalibraci. Používaný skener disponuje těmito technickými parametry: 3D rozlišení 0,5 mm, 3D bodová přesnost 0,1 mm, rozlišení textury 1,3 MPx, rychlost snímání 2 mil. bodů $\cdot \text{s}^{-1}$ [5].



Obr. 12 Odlitek připravený k proměření 3D skenerem
Fig. 12 Casting prepared for measuring by 3D scanner



Obr. 13 Výsledky měření odlitku měření 3D skenerem
Fig. 13 Results of casting measurement by 3D scanner

Po provedení výstupní kontroly zahrnující provedení destruktivních a nedestruktivních zkoušek jsou odlitky připraveny k převezení zákazníkovi (obr. 14).



Obr. 14 Ocelové odlitky magnetů připravené k expedici
Fig. 14 Steel magnet castings ready for expedition

Závěr

Článek popisuje inovace procesu výroby odlitků ve Slévárnách Třinec, a.s., modernizaci výrobních, opravovatelských center a strojů, včetně tavicích agregátů. Investiční akce byly zaměřeny na zvýšení produktivity práce, snížení nákladů na výrobu odlitků a v neposlední řadě na zlepšení kvality ovzduší snížením množství vyprodukovaných emisí.

Poděkování

Investiční akce pod názvem: Inovace odlitků pro uchycení bloků motorů. Byla finančně podpořena evropským fondem pro regionální rozvoj. Operační program: Podnikání a inovace. Prioritní osa 4.1. Dotaci zabezpečila firma Hrat, s.r.o.

Investiční akce pod názvem: Rekonstrukce tavicího agregátu – středofrekvenční indukční pec. Operační program životní prostředí. Prioritní osa 2 – zlepšování kvality ovzduší a snižování emisí.

Literatura

- [1] Technická dokumentace k frézovacímu centru POWER TURBO.
- [2] Fortus 380mc a 450mc. In: *Stratasys* [online]. [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <http://www.mcae.cz/stratasys/fortus-380mc-a-450mc/>
- [3] ŠENBERGER, J. *Metalurgie oceli na odlitky*. Brno: VUTIUM, © 2008. ISBN 978-80-214-3632-9.
- [4] Technická dokumentace k brousicím strojům SAM 300 a SAM 600.
- [5] Artec EVA 3D skener. In: *Skenování ve 3D* [online]. [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <http://www.skenovani3d.cz/skenery/artec-m-3d-skenery/artec-eva-3d-skenery/>

Obětní beránek – ochrana klimatu

VDI nachrichten

27.05.2016

Ocelářský průmysl se cítí ohrožen. Vedle dumpingových cen z Číny jsou největším nepřítelem certifikáty CO₂. Ale zatímco Brusel ještě zkouší udělat tento instrument ochrany klimatu více účinný, mohla by brzy „Říše středu“ ukázat, jak to jde. Od roku 2017 plánuje Čína zavést celostátní systém obchodu s emisemi. Má zahrnovat 10 000 podniků z osmi sektorů, mezi tím i odvětví oceli a neželezných kovů. Emise těchto osmi sektorů představují zhruba 4 mld. tun CO₂ ročně. Již od roku 2013 testuje Čína v sedmi pilotních regionech tento instrument. Dohromady se to týká emisí 1,2 mld. tun CO₂ za rok a blíží se to tak již dnes systému obchodu s emisemi v EU (1,8 mld. tun CO₂ za rok). Jak bude tento obchod s emisemi v Číně přesně vypadat a zda bude skutečně od roku 2017 celostátně zaveden, se ovšem zatím nedá přesně předpovědět. Může se ale stát, že čínské ocelárny budou za CO₂ certifikáty muset platit dříve, než evropské.

Institut Maxe-Plancka vyvíjí novou slitinu

Stahl Aktuell

31.05.2016

V budoucnu se kovozpracující průmysl nebude muset rozhodovat mezi pevnými a tvárnými materiály. Vědcům z institutu Maxe Plancka pro výzkum železa se podařilo vyvinout dobře tvářitelný kovový materiál, který je současně obzvláště pevný. Tak bude možné v budoucnu konstruovat kovové konstrukční díly tenkostěnnější a chránit tak zdroje. Doposud nebyly tvárné kovové materiály příliš pevné a naopak. V ideálním případě by ale měly oceli a s nimi příbuzné materiály být schopny obojího: neměly by se tříštit, když budou zpracovávány například na válcovací stolici nebo vystaveny nárazu jako karoserie. Současně by ale měly být pevné, aby se nedeformovaly a nelámaly. Týmu z institutu Maxe Plancka se nyní podařilo zkombinovat obě vlastnosti v jednom materiálu. Vyvinuly takzvanou vysokoentropickou slitinu, sestávající z 50 % železa, 30 % manganu a vždy po 10 % kobaltu a chromu.

Ocelářský průmysl USA a politika

Stahlmarkt

06/2016

V březnu 2016 dala US Steel výpověď 800 zaměstnancům jako důsledek snižování objemu výroby. V dubnu podnik rozhodl o snížení počtu svých neorganizovaných zaměstnanců o 25 % (750 dělníků). Ještě před těmito propouštěcími vlnami byl počet zaměstnanců u US Steel od začátku minulého roku snížen o zhruba 5 000, a to jako důsledek obtížných tržních podmínek, neférového obchodního jednání a nízkých cen ropy. Nikdo se nesnaží více využít krizové nálady mezi oceláři politicky ve svůj prospěch, než prezidentský kandidát Donald Trump. „Ocel bude slavit svůj comeback, pokud mě zvolíte prezidentem,“ slibuje tisícům ocelářských dělníků v Pittsburghu.