



Optimization of die filling in high pressure die cast part using MAGMAsoft®

Kotas, Petr; Hattel, Jesper Henri

Published in:
Slevarenstvi

Publication date:
2008

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):

Kotas, P., & Hattel, J. H. (2008). Optimization of die filling in high pressure die cast part using MAGMAsoft®. Slevarenstvi, (7-8), 366-368.

DTU Library

Technical Information Center of Denmark

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Optimalizace plnění tlakově litého odlitku v programu MAGMAsoft®

Ing. Petr Kotas

Dánská technická univerzita v Lyngby, katedra strojního inženýrství

prof. Jesper Henri Hattel

Dánská technická univerzita v Lyngby, katedra strojního inženýrství

Ing. Petr Vrábel

AXIOM TECH, s.r.o., Žďár nad Sázavou

Úvod

Tento projekt byl realizován v rámci diplomové práce na ČVUT v Praze ve spolupráci s Dánskou technickou univerzitou v Lyngby. Výběr konkrétního odlitku byl proveden po dohodě s firmou POLAK. Cílem bylo provést analýzu a optimalizaci tlakově litého odlitku a jeho výrobního procesu s ohledem na plnění a deformace pomocí simulačního programu MAGMAsoft [1]. Původní technologie výroby odlitku způsobovala vznik vad typu závalů a nedolití, obzvláště v horní horizontální oblasti odlitku, a deformací po odstřížení vtokové soustavy. Tyto vady byly pro zákazníka nepřijatelné, proto byla podle dostupných znalostí navržena nová technologie. Obě výrobní technologie byly podrobeny analýze v simulačním softwaru a výsledky výpočtů porovnány s realitou. Poslední částí projektu byl proces optimalizace plnění formy, jehož výsledky byly prezentovány firmě POLAK, která je dále využila pro zlepšení technologického procesu výroby odlitku.

Použité simulační moduly

MAGMAstandard

Možnost simulace výroby odlitků litých gravitačně do písku a kokil, prakticky z jakéhokoliv materiálu. K dispozici je i mnoho hodnotících kritérií, mimo jiné [2]: kompletní teplotní pole v každé technologické části; průběh tuhnutí; doba tuhnutí; intenzita odvodu tepla; mikroporozita; stažení; rozložení tlakového pole v odlitku.

MAGMAhpdc

Použití pro analýzu vysokotlakého lití. V tomto modulu je možno [2]: simulovat libovolný počet cyklů; definovat horní, boční a spodní část formy; definovat použití postřiky a nátěru formy; použít různé tlaky pro jednotlivé kroky cyklu; kontrolovat chladicí články v závislosti na čase nebo teplotě; optimalizovat plnicí fázi; doplnit databázi o stroje pro vysokotlaké lití.

Charakteristika odlitku

Odlitek (**obr. 1**) byl vyroben technologií vysokotlakého lití za použití stroje TOS 400 s horizontální studenou komorou. Materiál odlitku: slitina AlSi9Cu3 (Fe) v DIN 1725 značená 226 patří mezi obvyklé Al slitiny vhodné pro tlakově lité odlitky. Materiál formy: slitina oceli X37CrMoV5-1.

Popis a postup při řešení problému

Daný hliníkový odlitek vykazoval několik druhů defektů typu závalu [3], nedolití v horní části odlitku [3] a zároveň po odstříhu vtokové soustavy docházelo k deformaci odlitku [4]. Pro první analýzu byla použita původní technologie (**obr. 2**) se všemi parametry danými slévárnou. Cílem bylo porovnat realitu s výsledky simulace, zjistit příčiny vzniku vad a vyvodit patřičné závěry. Veškerá pozornost byla vždy věnována charakteru plnění a procesu tuhnutí. Druhá analýza již brala v potaz veškeré modifikace provedené slévárenskými technologiemi a cílem bylo zjistit přínosy či naopak problémy spojené s touto modifikovanou geometrií (**obr. 3**). V pořadí třetí a závěrečná simulace vy-

chází ze stejné geometrie jako při druhé simulaci s tím rozdílem, že byl optimalizován pohyb plnicího pístu. Cílem tedy bylo zjistit, jak použití „parashotu“ (akcelerovaný pohyb plnicího pístu) ovlivňuje charakter plnění dutiny formy.

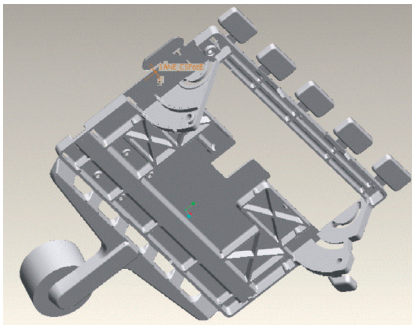
Diskuze výsledků

Po obdržení CAD modelu odlitku a vtokové soustavy ve formátu STL byl tento model importován do Preprocessoru. Jelikož nebyly k dispozici CAD modely formy, chladicího systému a výfuků, byly tyto části vytvořeny přímo v modeláři MAGMY. Posléze byla celá geometrie nasíťována a zadány odpovídající materiálové vlastnosti spolu s koeficienty přestupu tepla pro danou slitinu. Celá simulace proběhla v HPDC modulu, který umožňuje kompletní analýzu procesu vysokotlakého lití. Před spuštěním samotné simulace byly veškeré potřebné parametry charakterizující HPDC proces (doba plnění, průměr pístu, trvání cyklu, rychlost pohybu a akcelerace pístu, tlaky, rychlosti v nářiznutích aj.) zadány do výpočetního systému.

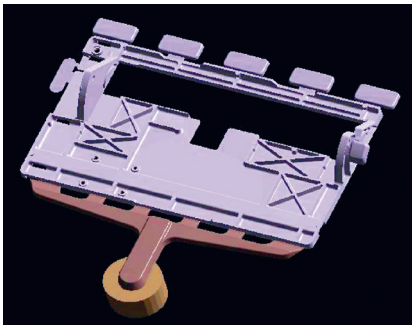
První analýza plnění

V následující části jsou shrnuty a diskutovány výsledky, získané z první simulace plnění.

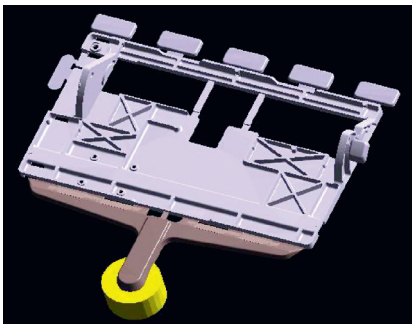
- Teplotní pole během plnění dutiny formy.* Toto kritérium bylo použito pro analýzu teplot v místech styku více proudů taveniny a v místech, kde vznikaly závaly. Slouží ke zjišťování teplot v různých problematických místech nebo k určení, zda jednotlivé proudy taveniny mají ještě dostatečně vysokou teplotu ke vzájemnému spojení, nebo jestli hrozí riziko vzniku závalů či nedolití. Toto kritérium také poskytuje informace o vhodném umístění přetoků. V našem případě byla příčinou vzniku závalů rozdílná teplota na styku proudů taveniny kombinovaná s turbulencí a nevhodným umístěním přetoku, proto v daných místech nebylo možno odstranit zachycený vzduch.
- Filling time (obr. 4 a 5).* Lokální doba plnění ve všech oblastech dutiny formy. Z tohoto kritéria je mož-



Obr. 1. Model tlakově litého odlitku



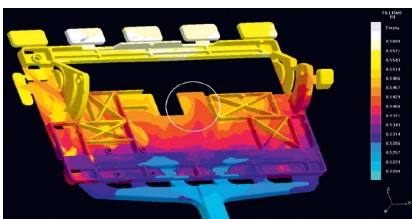
Obr. 2. Původní geometrie odlitku a vtokové soustavy



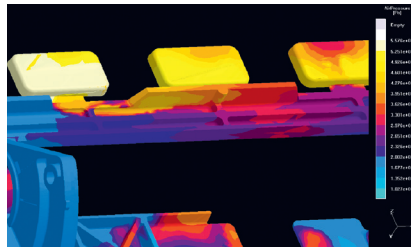
Obr. 3. Nová geometrie odlitku a vtokové soustavy



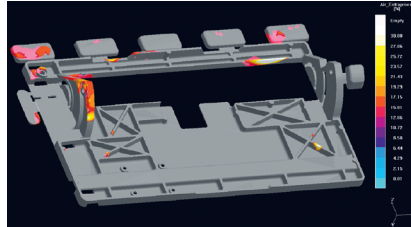
Obr. 4. Nerovnoměrný tok taveniny do dutiny formy



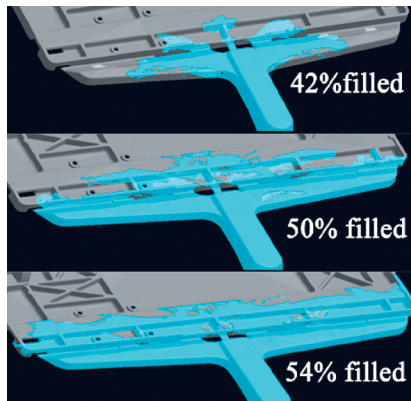
Obr. 5. Doba a charakter plnění dutiny formy



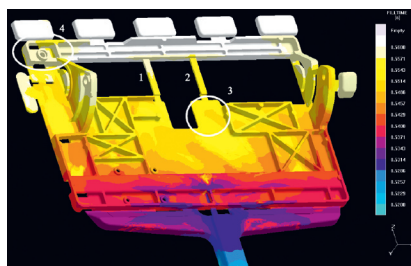
Obr. 6. Tlak v tavenině udávající místa s nahromaděným vzduchem



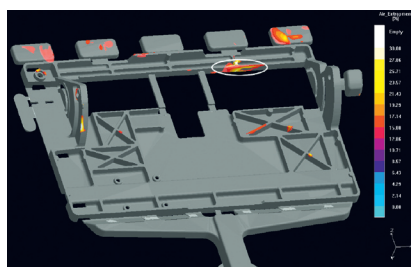
Obr. 7. Kritérium air entrapment zobrazené pomocí rentgenu



Obr. 8. Charakter plnění s modifikovanou vtokovou soustavou



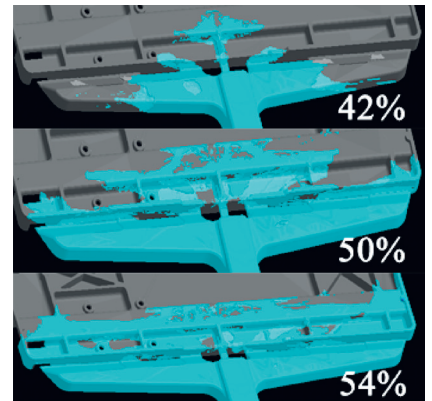
Obr. 9. Doba plnění s modifikovanou vtokovou soustavou



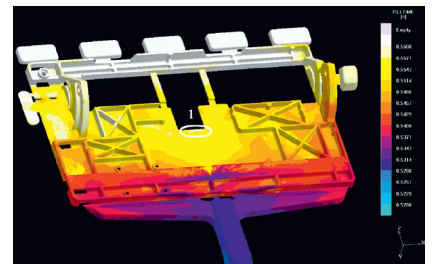
Obr. 10. Zachycený vzduch ve struktuře odlitku při použití modifikované vtokové soustavy

no vidět charakter plnění, chování taveniny v různých místech během plnění, zda nedochází ke tvorbě zpětných vln či turbulentního proudění. V našem případě bylo zjištěno, že během plnění docházelo k turbulencím, zavírání a tok taveniny nebyl uniformní ani ve vtokové soustavě, kde již docházelo k prvním problémům a k zachytávání vzduchu. Tento poznatek vedl k prvnímu dílčímu závěru, že vtoková soustava byla navržena nevhodně.

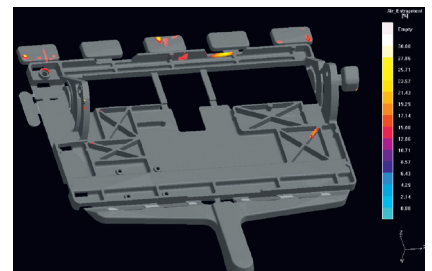
c) *Air pressure* (přetlak vzduchu, obr. 6). Toto kritérium poukazuje na oblasti s vysokým tlakem. Tento přetlak je způsoben vytlačením vzdu-



Obr. 11. Charakter plnění s modifikovanou vtokovou soustavou a s použitím parashotu



Obr. 12. Doba plnění s modifikovanou vtokovou soustavou a s použitím parashotu



Obr. 13. Zachycený vzduch v odlitku při použití modifikované vtokové soustavy a parashotu

chu do míst, odkud nemůže být odveden. Na tomto kritériu se snadno určí účinnost výfuků. Simulace ukázala na problémová místa s vyšším tlakem v našem odlitku a byly to právě oblasti obsahující závaly a nedolití.

d) **Air entrapment** (zachycený vzduch, **obr. 7**). Udává přítomnost „uvězněného“ vzduchu v tavenině, který se v důsledku víření taveniny uzavřel do kovu. Tento vzduch poté může zabránit kvalitnímu spojení proudů taveniny, což v našem případě vedlo ke vzniku závalů a neúplnému dolití. Zároveň v oblasti levého „ucha“ je patrné, že problém s nahromaděným vzduchem by vyřešilo přidání přetoku.

Druhá analýza plnění

Tato analýza měla za cíl zjistit vliv modifikované vtokové soustavy na charakter plnění dutiny formy, a to s ohledem na vznik závalů a nedolití v horní části odlitku. Ve vtokové soustavě byla spojena naříznutí, byl přidán centrální kanálek, u odlitku byly zvětšeny radiusy a přidány dva podpurné kanálky v horní centrální části (**obr. 3**).

Co se týče charakteru plnění ve vtokové soustavě a ve spodní části odlitku, je nutno podotknout, že úpravy v geometrii značně napomohly rovnoměrnějšímu plnění v této oblasti (**obr. 8**). Díky spojeným naříznutím poklesla plnicí rychlost v naříznutích a již nedochází k takovým turbulencím a zpětným vlnám jako u původní technologie. Celkový pohled na charakter plnění je znázorněn na **obr. 9**. Bohužel ne všechny problémy spojené s procesem plnění se podařilo eliminovat. Například horní levý roh odlitku vykazoval i nadále problémy se vzduchem, jelikož geometrie dané oblasti neumožnila efektivní odvod vzduchu do ledviny (**obr. 9, 10**). K odstranění tohoto problému by bylo třeba změnit tvar dané oblasti, což nebylo zákazníkem dovoleno. U kritéria Air entrapment bylo zjištěno, že nová

vtoková soustava a dva přidání kanálky ve struktuře odlitku značně napomohly snížit obsah vzduchu v tavenině, jak je patrné z porovnání **obr. 7 a 10**.

Třetí analýza plnění

Jelikož zákazníkem nebylo dovoleno provádět žádné další změny v geometrii odlitku, přiklonili jsme se k optimalizaci pohybu plnicího pístu. V prvních dvou simulacích píst přecházel skokově z první na druhou rychlost plnění. Tento skok však způsobuje tvorbu vln a vlnáš turbulenci a nestabilitu v pohybu taveniny již do oblasti plnicí trubice. Použitím akcelerovaného pohybu plnicího pístu „parashotu“ se tomuto skokovému zvýšení rychlosti vyhneme a lze tak zamezit výše zmíněným problémům. V modulu MAGMAhpc je tento způsob optimalizace plnění velice jednoduše ovladatelný.

V důsledku použití akcelerovaného pohybu pístu se tavenina pohybovala vyšší rychlostí než při druhé simulaci, což bylo dáno kontinuálním zvyšováním rychlosti vstřikování (**obr. 11**). Díky použití parashotu během plnění bylo dosaženo ještě lepšího charakteru plnění, kdy tavenina postupuje dutinou formy a hlavně její horní částí relativně uniformně (**obr. 12**).

U obsahu zachyceného vzduchu v tavenině (**obr. 13**), bylo zjištěno, že akcelerovaný pohyb pístu působí velice pozitivně i na tento problém. Jelikož je vzduch uvězněný v tavenině přímo spjat s charakterem plnění, dalo se toto zlepšení odvodit již z předchozího kritéria a simulace pouze potvrdila platnost našich domněnek.

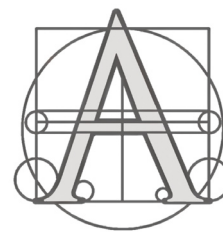
Závěr

Cílem tohoto projektu bylo analyzovat a následně optimalizovat tlakově litý hliníkový odlitek pomocí numerického simulačního programu MAGMASoft®. Veškerá pozornost byla věnována fázi plnění dutiny, protože s ní byly spjaty veškeré defekty v odlitku (závaly, ne-

dolití). Byly provedeny tři série simulací, které měly za cíl zjistit, zda příčinou vzniku těchto vad není technologie výroby odlitku. Bylo zjištěno, že hlavní příčinou je nevhodný tvar vtokové soustavy, která způsobovala turbulentní charakter plnění již od samého začátku plnicí fáze. Po upravení vtokové soustavy byl již charakter plnění o poznání lepší a zároveň došlo k odstranění problému se závaly v nejkritičtější horní oblasti. Nakonec byl zkoumán vliv parashotu na kvalitu toku taveniny a ze získaných výsledků jasně vyplývá, že akcelerovaný pohyb plnicího pístu pozitivně ovlivnil postup taveniny dutinou formy. Zároveň je nutno podotknout, že by bylo možno dosáhnout ještě lepších výsledků, pokud by zákazník dovolil provést dílčí změny v geometrii odlitku, která v určitých oblastech nebyla vhodně navržena. V neposlední řadě je nutno zmínit, že teoretické výsledky velice dobře odpovídaly skutečnosti.

Literatura

- [1] KOTAS, P.: Diplomová práce, Dánská technická univerzita, 2007.
- [2] Propagační materiál firmy MAGMA GmbH (zastoupení – Axiom Tech, s. r. o.).
- [3] ROWLEY, M. T.: *International atlas of casting defects*. American Foundrymen's society, Inc., 1993, s. 337, ISBN 0-87433-053-X.
- [4] HATTEL, J.: *Fundamentals of Numerical Modelling of Casting Processes*. First edition. Kgs. Lyngby : Polyteknisk Forlag, 2005, s. 540, ISBN 87-502-0969-8.



AXIOM TECH