

---

# Využitie filtrácie pri výrobe náročných komponentov pre automobilový priemysel metódou gravitačného odlievania do kokíl.

---

## Jozef Macko, Ing.

Nemak Slovakia s.r.o.  
Ladomerská Vieska 394, 965 01 Žiar nad Hronom  
E-mail: [jozef.macko@nemak.com](mailto:jozef.macko@nemak.com), Tel.: + 421 907889846

## Marko Grzinčič, Dr. Ing.

Nemak Slovakia s.r.o.  
Ladomerská Vieska 394, 965 01 Žiar nad Hronom  
E-mail: [marko.grzincic@nemak.com](mailto:marko.grzincic@nemak.com), Tel.: + 421 456702302

## Usage of filtration by production of complicated components for automotive industry by gravity semi-permanent mold casting.

**Abstrakt:** Príspevok je zameraný na praktickú aplikáciu filtrácie pri výrobe náročných odliatkov pre automobilový priemysel, konkrétne hláv valcov gravitačným odlievaním do polotrvalých foriem zo zliatin na báze Al-Si. V článku sú rozoberané skúsenosti s využitím kovových sítiok, tkaninových filtrov, penových a keramických filtrov ako aj umiestnenie filtra vo vtokovej sústave. Pozornosť sa venuje i konštrukcii vtokových sústav a voľbe materiálu kokíl v oblasti vtoku a zvlášť filtra.

**Abstract:** A paper is focused on application and filter usage by production of castings for automotive industry, especially cylinder heads, by gravity die casting to the semi-permanent mold from Al-Si alloys. In the paper are experience described with usage of steel mesh, foam and pressed filters as positioning in gating system.

---

## ÚVOD

V súčasnosti sa v zlievarstve ľahkých zliatin využíva niekoľko typov technológií výroby náročných odliatkov pre automobilový priemysel. Medzi najnáročnejšie spôsoby výroby patrí výroba hláv valcov. Na tieto odliatky sú kladené vysoké technické a kvalitatívne požiadavky – najmä rozmerové a materiálové. Súčasne významný faktor výroby odliatkov je **hospodárnosť** a v tomto zmysle je zásadná otázka: „Investíciu do použitia filtra vykompenzuje dosahovaná kvalita odliatkov, resp. bilancia je progresívna na strane **kvality odliatku**?“. Priama aplikácia filtrov je najmä pri odlievaní spodkom, kde sa dutina formy plní od najnižších partií odliatku smerom k náliatkovej sústave. Použitie filtrov je rôznorodé a veľké rozdiely je možné nájsť i pri porovnaní európskeho a amerického zlievarstva. V skupine (X) sú napr. zlievarne konzervatívne pri použití filtrov a s pomocou simulácie plnenia formy a prevádzkových skúseností aplikujú bezfiltrové vtokové sústavy. Naproti tomu (iné) závody s programom výroby hláv valcov aplikujú filtráciu pri použití technológie plnenia formy spodkom takmer plošne.

## VPLYV VTKOVÉHO SYSTÉMU A DESIGNU ODLIATKU

Spoločnosť (X), štandardne na plnenie formy využívala spôsob plnenia zhora, kde kov prúdil po líci formy zo zárezov (3 až 5 v rade pozdĺž odliatku) umiestnených na dne rozvádzacieho kanála. Uvedený spôsob prináša mnoho výhod, napr. teplejší kov do náliatkov je dosadzovaný zo zárezov až po vyplnení dutiny formy tvoriacej funkčný odliatok a tým je docielené ideálne usmernené tuhnutie. Takýto stav je pri plnení dutiny spodkom nedosiahnuteľný, pretože kov prúdi do dutiny po celú dobu liatia cez oblasť, ktorá má chladnúť ako prvá a kokila je pri tuhnutí odliatku lokálne cielene chladená vodou. Hlavnou nevýhoda plnenia dutiny zhora je prúdenie kovu pod zárezmi, ktoré je ovplyvniteľné len v obmedzenej miere a vždy silne závislé od designu odliatku – zavtokované steny odliatku a tvaru jadier. Odliatky sú potom viac náchylné na prítomnosť oxidov a netesnosť odliatkov je TOP chybou. Obrázok 1 demonštruje spoluprácu technológa s konštruktérom, kde na vonkajšej zavtokovanej stene odliatku pod zárezmi nenarúša prúd kovu žiadne tvarové prekážky, ale naopak pretvarovanie líca kokily prúd kovu usmerňuje. Pod zárezmi je možné identifikovať

oxidické blany ako viditeľnú stopu frontu plnenia kovu. Obrázok 2 oproti tomu ukazuje tvar menej vhodnej steny, ale pri kvalitnom know-how sa dá vyrábať i takýto odliatok s celkovou nezhodou pod 2% (interná a externá „zmatkovitosť“). Pokiaľ zákazník pripúšťa nadprácu impregnáciou, stáva sa situácia o mnoho komfortnejšou. Viac a viac zákazníkov však impregnáciu hláv valcov zakazuje, napríklad (X).



**Obr. 1. Ukážka vhodnej konštrukcie vonkajšej zavtokovanej steny odliatku hlavy valcov**



**Obr. 2. Príklad odliatku plneného zhora so zložitejším tvarom zavtokovanej steny**

Zmenou majiteľa sa závod (X) pripojil ku skupine (X) čím nastala rada zásadných zmien. Technológia využívaná v ďalších (X) závodoch sa odlišovala od zvyklostí v (X). Vývoj dielov už neprebíhal iba v (X), ale i v (X). Analýzou predností odlišných technologických princípov sa začala v (X) viac a viac presadzovať technológia plnenia dutín foriemi spodkom [1]. Zmena súvisela i s designom odliatkov, ktoré neobsahovali prvky vhodné pre plnenie foriemi zhora, vid'. obr. 12. Pri zavedení tohto spôsobu plnenia formy vznikli problémy s kvalitou návrhu vtokovej sústavy a výslednej kvality odliatkov. Hlavným dôvodom kvalitatívnych problémov bol nedostatok skúseností s týmto typom plnenia formy práve v (X). Nanešťastie ani súčasná simulačná technika nie je na takej úrovni, aby spoľahlivo pomohla identifikovať najlepšiu technológiu a konštrukciu vtokovania. (X) užíva špičkový softwarový produkt od spoločnosti Magma). Používanie sieťok a filtrov začalo

s príchodom produktov, pri ktorých bolo zmenené myslenie a technológia využívaná pre plnenie formy.

## CHYBY ODLIATKOV

Všetky závody (X) vyrábajúce hlavy valcov technológiou plnenia dutiny formy spodkom majú ako jednu z hlavných zlievarenských chýb externej nezahodoty vtrúseniny na zavtokovanej prírubu odliatku. Je to zlievarenská chyba, ktorá pri použití technológie zavtokovania formy zhora prakticky neexistuje. Pri plnení dutiny formy spodkom však hrá podstatnú úlohu. Zavtokovaná môže byť sacia alebo výfuková strana odliatku, a to buď horizontálne, vertikálne alebo pod uhlom. Príruba sa u zákazníka opracováva na finálny rozmer a prípadné nehomogenity materiálu sa odkrývajú pre vizuálnu kontrolu. Všeobecne platí, že pod tesnením sacích/výfukových prírub nesmú byť nájdené žiadne chyby o veľkosti nad 0,40 mm. Pri detailnej analýze chýb sú identifikované buď oxidické vtrúseniny, alebo mikro-/makrostiahnutiny, väčšinou ide o ich kombináciu. Cieľom technológie výroby odliatkov je znížiť tvorbu oxidov pri plnení naberačky, liacej jamky, vtokového systému a dutiny kokily tvoriacej funkčný odliatok. Samozrejým predpokladom je čistota vstupnej taveniny v udržiavacom zariadení a čistota náradia dopravujúceho taveninu do kokily (odlievacia lyžica/naberačka alebo liaci žliabok) [2].

## FILTRÁCIA

Vtokové sústavy splňajú technologickú požiadavku v čo najkratšom čase dopraviť definované množstvo taveniny do dutiny formy tak, aby nedošlo k jej metalurgickému znehodnoteniu. Zároveň je požadovaná čo najnižšia strata teploty taveniny, minimálny vplyv na životnosť materiálu formy a minimálny objem dutiny vtokového systému, aby koeficient využitia kovu bol čo najpriaznivejší. Požiadavky sú rozporuplné. Kov je možné do formy dopraviť veľmi rýchlo, ale ako to vyriešiť, aby nedošlo k zahlcovaniu vzduchu, turbulenciám a „rozstrekom“ kovu? Filtrácia je technologická operácia, ktorá pomáha vyriešiť základnú požiadavku v gravitačnom odlievaní. Zvláštny význam nadobúda v oblasti odlievania silne oxidujúcich kovov, napr. Al - zliatin.

Využitie filtrácie patrí medzi najúčinnéjšie spôsoby, ako eliminovať negatívne vplyvy plnenia formy, hlavne pri plnení formy spodkom. Napomáha k dosiahnutiu vyššej kvality odliatkov – eliminácia resp. zníženie výskytu mnohých chýb napr. oxidické vtrúseniny na prírubu, lepšia tesnosť odliatkov, atď. [3]. Využitie filtra vo vtokovej sústave má pozitívny vplyv aj na produktivitu, pretože pri vhodnom konštrukčnom riešení je možné skrátiť časy plnenia formy. Najväčší technologický význam má filter

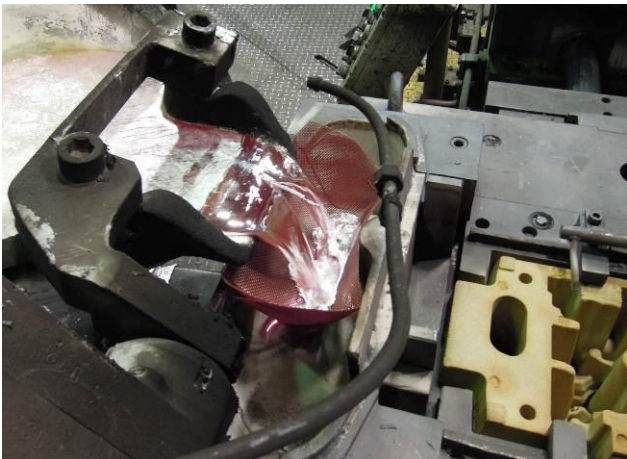
z hľadiska „ukľudnenia“ prúdenia taveniny za filtrom, znížením miery turbulentnosti prúdenia a ovplyvnenia charakteru zaplnenia vtokovej sústavy pred filtrom môže plniť funkciu najužšieho prierezu (škrtiaci prierez) sústav bez filtru.

### POUŽITIE FILTRÁCIE PRI TECHNOLOGII PLNENIA DUTINY ZHORA

Obrázok 3 znázorňuje použitie penového filtra vo vtokovom systéme pre plnenie dutiny formy zhora. Umiestnenie filtra je samozrejme vertikálne. Vzhľadom k charakteru rozvádzacieho kanálu sa ponúka jediné umiestnenie filtra a to ihneď za vtokovú jamku. Filter plní funkciu nie len filtračnú, ale brzdí prúd kovu v začiatkovej fáze plnenia vtokového systému a dutiny formy, čo je pri tomto systéme zavtokovania dutiny formy strategické [2].



**Obr. 3. Použitie penového filtra v prípade zavtokovania odliatku zhora**



**Obr. 4 Použitie filtračných síti pre filtráciu taveniny v rámci vtokovej jamky**

V praxi odlievania hláv valcov je možné nájsť i tkaninové filtre vyrábané napr. spoločnosťou Pyrotek. (X) aplikoval filtre pre filtráciu taveniny v rámci plnenia vtokovej jamky (obr. 4) aj do rozvádzacieho kanála (obr. 5).

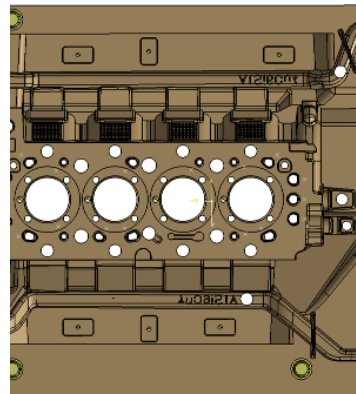
PICTURE

**Obr. 5. Tkaninový filter vložený do vtokovej sústavy pre plnenie dutiny formy zhora**

### POUŽITIE OCEĽOVÝCH SÍTIEK VO VTOKOVEJ SÚSTAVE

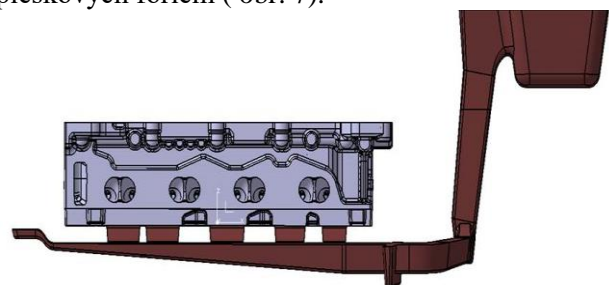
Prvotný projekt, kde bol využitý systém spodného plnenia z jednej strany, bol odliatok pre (X). Bol to odliatok hlavy valcov pre benzínový motor. Pri odlievaní hláv valcov je poloha špičky naberačky v minimálnej výške nad vtokovou jamkou 20 - 40 mm, s ohľadom na možnú kolíziu naberačky počas odlievania (obr. 11). Celkovo je nutné vyplniť kovu dutinu cez celú výšku odliatku spolu s náliatkom a vtokovou jamkou, čo v praxi vo výrobe hláv valcov činí 190 až 290 mm.

Je evidentné, že aj pri najdokonalejšom tvare vtokového kanála dochádza pri tak veľkej výške k rýchlostiam kovu, ktoré zodpovedajú turbulentnému prúdeniu [3]. Turbulentné prúdenie spôsobuje tvorbu oxidov pri plnení formy. Aplikáciou síti do bezfiltrového systému vyvinutého v (X), došlo k významnému zníženiu zlievarenských chýb po trieskovom opracovaní (vtúsieniny na opracované ploche).



**Obr. 6. Použitie filtračných síti v rozvádzacích horizontálnych kanáloch pri obojstrannom zavtokovaní odliatku**

Ďalším projektom bol odliatok hlavy valcov pre naftový motor (X), kde bol využitý systém spodného plnenia z jednej strany. Pri konštrukčnom riešení vtokovej sústavy bol využitý prvok tvaru vtokovej jamky ako sa využíva pri odlievaní liatiny do pieskových foriem ( obr. 7).



**Obr. 7. Odliatok plnený spodkom s použitím oceleového sitka a vtokové jamky podľa prof. Campbella**

Medzi hlavné kvalitatívne problémy po opracovaní odliatkov u zákazníka patrilo výskyt oxidických vtrúsenín na prírubu na strane vtoku. Rovnaký problém bol aj interne. Výskyt tohto defektu bol z časti eliminovaný prídavkom na opracovanie na prírubu na zavtokovanej strane odliatku.

**ODLIATKY S POUŽITÍM KERAMICKÝCH FILTROV VO VTOKOVEJ SÚSTAVE**

Pri vývoji nového projektu (ďalšia generácia naftového motoru /X/) a návrhu dizajnu kokily bolo na základe predchádzajúcich skúseností rozhodnuté o úprave vtokovej sústavy so zavedením filtra priamo pod vtokovú jamku do kola (obr. 8, 9 a 10). V súvislosti s touto úpravou bola upravená aj konštrukcia kokily.

*PICTURE*

**Obr. 8. Odliatok plnený spodom s použitím keramického filtra vo vtokovej sústave – horizontálne uloženie na dne kola**

*PICTURE*

**Obr. 9. Znamka pre horizontálne uloženie filtra na dne liaceho kola**

*PICTURE*

**Obr. 10. Horná časť komôrky pre filter - spodná časť liaceho kola**

V úvodnej fáze projektu bol použitý penový filter s hodnotou ppi 20. Rovnaký typ bol použitý aj pri simulácii. S použitím filtra súvisí nie len tvarovanie a dimenzovanie kanálov a zárezov vtokového systému, ale i tvar jamky a nastavenie rýchlosti naklápania naberačky pri plnení formy. Pri odlievaní je umiestnenie naberačky, čo najnižšie nad vtokovú jamku, obr. 11. Cieľom je rýchle zaplnenie vtokovej jamky a udržanie maximálnej možnej výšky kovu vo vtokovej jamke.



**Obr. 11. Odliatok plnený spodkom s použitím filtra – poloha naberačky pri odlievaní**

Medzi hlavné kvalitatívne problémy po opracovaní odliatkov u zákazníka bol výskyt oxidických vtrúsenín na prírubu na strane vtoku. Aplikovaná filtrácia nebola vyhodnotená ako úspešná.

Interným problémom okrem výskytu oxidických vtrúsenín na strane vtoku bola aj opakovateľnosť plnenia formy – výška kovu vo vtokovej jamke. V zlievarenstve je **stabilita procesov** jedným zo základných predpokladov úspechu. Veľkosť komôrky pre filter má stály rozmer, ale rozmer penového filtra v porovnaní s keramickým lisovaným filtrom nie je stabilný, čo je spôsobené samotnou výrobou penových filtrov.

Počas odlievania je filter vystavený účinkom teploty a prúdenia taveniny. Penový filter je náchylnejší na deštrukciu a môže dôjsť k uvoľneniu časti filtra do odliatku. K poškodeniu filtra môže dôjsť i pri zatváraní kokily a tu je keramický filter pre svoje vlastnosti opäť výhodnejší ako penový. Úlomky filtra, ktoré sa dostanú do odliatku, môžu spôsobiť poškodenie nástroja CNC frézy a výskyt exogénnych vtrúsenín na opracovanej ploche odliatku.

Z vyššie uvedených dôvodov bol pre tento projekt urobený test s použitím lisovaných filtrov, ktoré si nachádzajú stále väčšie uplatnenie v zlievarenskej praxi železných a ľahkých zliatin

Výhodou lisovaných filtrov je rozmerová stabilita nielen vonkajšej kontúry, ale aj stálosť rozmerov otvorov. Ďalšou výhodou je tepelná stabilita. Spektrum výhod dopĺňa hodnota mernej tepelnej kapacity materiálu filtra, ktorá je pri vhodnej voľbe dodávateľa a typu filtra nápomocná eliminovať problémy pri odlievaní pri studených procesoch (rozbeh náradia po prestoji apod.).

Po pozitívnych skúsenostiach s použitím týchto filtrov bol rovnaký typ aplikovaný aj na ďalší projekt, tento krát pre iného zákazníka. Umiestnenie filtra vo vtokovej sústave je iné ako v predchádzajúcom prípade, obr. 12.

*PICTURE*

**Obr. 12. Odliatok plnený spodkom s použitím keramického filtra – vertikálne uloženie**

Z dôvodu iného uloženia (uloženie filtra kolmo na smer prúdenia taveniny v rozvádzacom kanáli), bol upravený rozmer filtra. Tým sa znížila cena filtra a zaťažuje menej životné prostredie. Obrázok 13 prezentuje ďalší spôsob umiestnenia keramického filtra vo vtokovej sústave.

*PICTURE*

**Obr. 13. Príklad vtokovej sústavy s aplikáciou keramického filtra – vertikálne uloženie**

Použitím filtra s vyššou filtračnou účinnosťou (vyššie ppi) by sa dala očakávať zhoršená produktivita, pretože prietokové množstvo taveniny za časovú jednotku klesne. Daný efekt sa však dá riešiť dimenzovaním vtokového systému tak, aby na taveninu pred filtrom pôsobil vyšší hydrostatický tlak. Obrázok 14 ilustruje prax, kde pri dostatočnom navýšení polohy a objemu vtokovej jamky možno extrémne zvýšiť liací výkon, a tak 30 kg odliatok možno odlievať pod (X) s. Štandardný odlievací čas je pritom 24 až 29 s.

*PICTURE*

**Obr. 14. Odlievanie s keramickým filtrom a spodným plnením – vysoká vtoková jamka**

V praxi sa stáva, že inštalácia filtra a skúšky rôznych filtrov, niekedy dokonca od rôznych výrobcov, nepomáhajú dostatočne znížiť nezhodu. Filter je len a iba súčasťou vtokového systému a je nutné dodržiavať pravidlá pre „ukľudnenie“ prúdu taveniny i pri dostatočne rýchlych odlievaniach a vždy v prvom rade pripraviť na taviarni kvalitnú taveninu. Obrázok 15 znázorňuje typ vtokovej jamky, ktorý našiel uplatnenie v závodoch (X), pretože na rozdiel od jamky z obrázkov 4, 8, 11, 13 a 14 dochádza k zníženiu rýchlosti taveniny zmenou smeru prúdu taveniny už tu.

*PICTURE*

**Obr. 15. Príklady vtokových jamiek pre dosiahnutie zníženia rýchlosti kovu v liacom kole**

Materiály ako ocele a liatiny sú bežne používané na výrobu kokíl. Líce kokily sa ošetruje nástrekom alebo náterom z keramických materiálov, aby nedochádzalo ku priamemu kontaktu taveniny s formou.



**Obr. 16. Ošetrovanie vtokového systému špeciálnym náterom – aplikovaným mimo liací stroj na predhriaty povrch a následným temperovaním. (odstránenie vody z náteru, vytvorenie keramickej škrupiny)**

V oblastiach s vyššou turbulenciou kovu je agresívnejší účinok Al-zliatin znásobený. Pri použití filtrov vo vtokovom systéme je nutné dbať na voľbu vhodného materiálu a náklady na údržbu náradia mať týmto pod kontrolou. Obrázky 10, 17 znázorňujú práve takýto prípad, kde i cez voľbu špeciálnej zliatiny došlo k lokálnej erózii materiálu na stene, hrane vložky.

*PICTURE*

**Obr. 17. Známka pre vertikálne osadenie filtra vo vtokovom kanáli s erozívne porušenou hranou**

**ZÁVER**

Aplikácia filtrov do vtokovej sústavy so sebou prináša charakteristické úlohy od správne zvolenej konštrukcie vtoku, nastavenie liacej krivky, cez použitý materiál pre namáhané časti kokily až po správnu voľbu filtra.

Pri voľbe vtokového systému je žiaduce už od začiatku zodpovedne rozhodnúť, či bude systém obsahovať filter alebo nie. Podľa toho sa odvíja celá pred sériová príprava výroby, vrátane prípravy simulácie plnenia dutiny formy. Je celkom mylné sa domnievať, že iba vloženie filtra do už existujúceho systému v rámci akcie „záchranná brzda“ pomôže spoľahlivo vyriešiť problémy.

Veľmi dôležitou témou je voľba vhodnej zliatiny, z ktorej je vyrobená vložka pre osadenie filtra vo vtokovej sústave. Pri zlom rozhodnutí je možné v sériovej výrobe očakávať vážne problémy s dostupnosťou náradia, z dôvodu opráv. Vo vtokovej sústave je hlavne komôrka pre osadenie filtra a spoje v deliacich rovinách sú extrémne namáhané vplyvom prúdenia taveniny.

Dieselové motory zaťažujú diely vyššími silami, a preto technológie volené v Nemak Slovakia obsahujú vtokovanie spodkom s využitím filtra. Trend v konštrukcii motorov je smerom k vyšším výkonom a technológii gravitačného liatia pomaly vytláča technológiu dynamického liatia - sklopné liatie alebo Rotacast®.

## LITERATÚRA

- [1] Procházka P., Grzinčič, M.: *Praktické poznatky z využití lisovaných filtrů při filtraci hliníkových odlitků*. Mezinárodní konference Aluminium 2011.
- [2] Grzinčič, M.: *Gießvorgänge beim Kokillenguss von Al-Legierungen*. Dizertace, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2002.
- [3] Bolibruchová, D.: *Filtrácia hliníkových zliatin*. Žilinská univerzita v Žiline, 2011.