

Inovacije na področju vakuumskega litja

Innovations in Vacuum Die Casting

Povzetek

V zadnjih 20 letih smo priča velikemu napredku na področju proizvodnje tankostenskih konstrukcijskih delov za avtomobilsko industrijo. Danes je tehnologija vakuumskega litja posodobljena in prilagojena sodobnim zahtevam.

Različni konstrukcijski deli, kot so mostovi amortizerjev, okvirji vrat, dvizna vrata, armaturne plošče, prečni nosilci in stebrički, neposredno vplivajo na maso avtomobila, s tem pa tudi na porabo goriva in izpuste CO₂. Lahki sestavni deli novih oblik morajo imeti takšne lastnosti, da jih je mogoče toplotno obdelovati, variti in oblikovati. Vodilne svetovne livarne, ki proizvajajo zahtevne konstrukcijske dele za avtomobilsko industrijo, danes uporabljajo dovršeno tehnologijo vakuumskega litja.

Vsaka livarna ima svoj pristop in lastno filozofijo. Fondarex je zavezan k iskanju najboljših celovitih rešitev za vsako livarno. Strankam nudimo optimalne rešitve za doseganje najboljših vakuumskih lastnosti v povezavi z ustreznim vakuumskim sistemom in zahtevanim vodenjem postopka. Za pravilno integracijo vakuumskega sistema sta tehnična podpora in usposabljanje bistvenega pomena.

Podjetje Fondarex nudi različne velikosti hladilnih blokov (Chill-Block) z aerodinamičnimi profili ter celovit spekter vakuumskih ventilov Supervac. Ti ventili se zapirajo s kinetično energijo kovine in imajo odlično zmogljivost praznjenja, ki jamči najnižjo raven vakuumu v najkrajšem času.

Z novo serijo Highvac imajo livarne na izbiro široko ponudbo vakuumskih sistemov. Postopek vsebuje integrirane, inovativne možnosti nadzora, kot npr. merjenje vakuumu v livni votlini, regulacijo vakuumu, nadzor onesnaževanja in profila, preizkus tesnosti, merjenje prostornine odsesanega zraka in nadzor vlage odsesanega zraka. Proizvodni podatki vakuumske tehnologije se lahko prenašajo s komunikacijskimi vodili Ethernet, Profinet in Profibus, krivulje vakuumu pa prek analognega signala ter s komunikacijskimi vodili Profinet in Profibus.

Z zaostrovanjem zahtev v livarstvu se povečujejo tudi možnosti za nadzor proizvodnje. Podjetje Fondarex se prilagaja potrebam strank in zahtevam v proizvodnji, zato je razvilo tipalo, ki natančno zaznava zračno vlago, ki se odvaja iz livne votline. Fondarex bo v kratkem predstavil patentirano novost za seriji Highvac Premium 2C in Highvac Ultimate 4C – že preizkušeno tehnologijo za izdelavo visokokakovostnih ulitkov. Hitra, zanesljiva in natančna oprema meri in obdeluje analitične podatke posameznih vakuumskih kanalov in vbrizgov.

Tlačno litje konstrukcijskih delov se nenehno izpopolnjuje. V čast nam je, da smo z nenehnimi inovacijami na področju vakuumske tehnologije za nove aplikacije in projekte vodilni v industriji.

Abstract

In the past 20 years the thin-walled body structural parts in the automotive industry have been developed significantly. Meanwhile, the vacuum die casting process has been upgraded and adapted to the latest requirements.

A large variety of structural parts, such as shock towers, door frames, hatchbacks, dashboards, crossbeams and pillars have a direct impact on car weight thus fuel consumption and CO₂ emissions. These new designs and lightweight components have to be heat treatable, weld-capable and ductile. Today, the world-leading foundries are using the high-end vacuum technology for their challenging automotive productions of structural parts.

Each foundry has its own approach and philosophy. Thus, Fondarex is committed to find the best overall setup for each die caster. We take care of defining the optimal layout for the best vacuum characteristics, in combination with the most suitable vacuum system having the required process control. Furthermore, the technical support and training are essential for the proper integration of a vacuum system.

Fondarex proposes different sizes of steel Chill-Blocks with aerodynamic profiles, as well as a complete range of Supervac vacuum valves. Those valves are closed by the kinetic energy of the metal with the best evacuation capacity, which guarantees the lowest vacuum level in shortest time.

With the new Highvac series, a wide range of vacuum systems are proposed to the die caster. Innovative control possibilities, such as vacuum measurement in the cavity, vacuum regulation, pollution and profile control, leak test, evacuated air volume measurement and evacuated air humidity control, are integrated in the process. The transfer of the vacuum production data can be made by Ethernet, Profinet and Profibus while the vacuum curves through analog signal, Profinet and Profibus.

As the casting requirements keep getting more stringent, so do the necessary production control capabilities. By listening to the needs of our clientele and to the industry's requirements, Fondarex has developed a sensor capable of accurately determine the humidity content from the air evacuated out of the cavity. Equipped with the patents, Fondarex is ready to unveil its newest partner for the Highvac Premium 2C and the Highvac Ultimate 4C series; already proven companions in successful high-integrity castings. Fast, reliable and accurate, it measures and processes analytical data per vacuum channel and per shot.

Die castings of structural parts develop continuously. It is our challenge and honor to lead the industry by regularly innovating the vacuum technology for new applications and projects.

1 Uvod

Vakuumska tehnologija se je sprva uporabljala za praznjenje livnih votlin med postopkom polnjenja kot sredstvo proti poroznosti in za odpravljanje težav pri zapolnjevanju delov neobičajnih velikosti

1 Introduction

Vacuum implementation in die casting started as mean to empty the die cavity during the injection process to counter porosity and filling difficulties on parts of extraordinary sizes and geometries.

in geometrijskih oblik. Danes je koncept v osnovi enak, vendar se je vakuumski postopek zaradi zahtev industrije po sledljivosti in nenehnega zaostrovanja meril kakovosti razvil do te mere, da vključuje več nadzora nad postopkom in analitične funkcije.

Primer: največji izziv v livarstvu so konstrukcijski deli. Med prizadevanja za zmanjšanje izpustov CO₂ sodi tudi zmanjševanje mase avtomobilov. Če dele iz običajnega jekla ali sestavljene sklope iz več varjenih delov nadomestimo z velikimi ulitki, lahko občutno zmanjšamo maso šasije. S tem lahko sorazmerno zmanjšamo porabo goriva in izpuste CO₂. Visoke zahteve za ulitke (daljši deli, tanke stene, zagotovitev lastnosti za oblikovanje, varjenje in toplotno obdelavo, npr. T5, T6 ali T7) seveda zahtevajo najvišjo raven integritete v proizvodnji delov. Vse to je mogoče doseči le pri zelo nizkem notranjem tlaku brizganja (~60 mbar), kar zahteva postopek s podporo vakuumu.

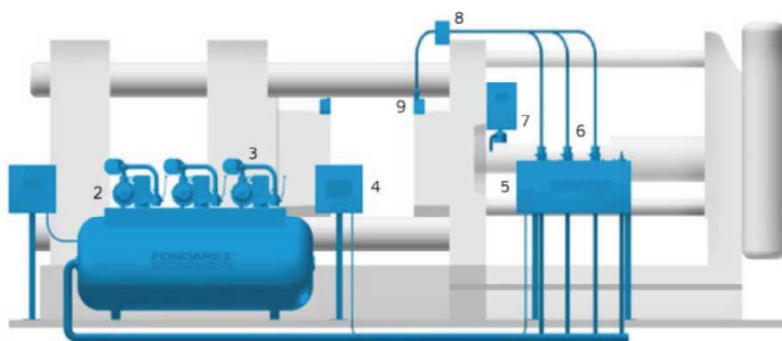
Uporaba vakuumske tehnologije združuje tako razumevanje zahtev industrije, kot tudi izkušnje.

Nowadays the concept is essentially the same but by the demands for the industry's need for traceability and ever-increasing quality standards, the vacuum process has evolved simultaneously to include greater control regulation and analytical features.

For instance, the industry's most demanding castings are structural parts. Part of the campaign to decrease CO₂ emissions in light vehicles is weight reduction. By replacing ordinary steel or components composed of multiple welded pieces by large castings, the chassis mass can be greatly reduced. This has a proportional effect on fuel consumption and therefore CO₂ emissions. However, the strict casting requirements (elongated sections, thin-walls, ductility, weldability, and heat-treatability such as T5, T6 or T7) demand the highest level of integrity in the part production. This can only be achieved with a very low cavity pressure (~60 mbar) and thus require a vacuum-assisted process.

Using vacuum technology is a story of both industrial philosophy and experience.

- 1 sistem za upravljanje črpalke / pump management system
- 2 vakuumski rezervoar / vacuum tank 3000 l
- 3 vakuumske črpalke / vacuum pumps 3 x 160 m³/h
- 4 nadzorna plošča / control panel
- 5 HIGHVAC ULTIMATE4C
- 6 tipalo vlage / humidity sensor
- 7 HIGHVAC EXVAC
- 8 napredna vakuumska enota / advanced vacuum unit
- 9 vakuumski ventil / vacuum valve SUPERVAC MACRO



Slika 1: Celovita rešitev za konstrukcijske dele

Figure 1: The total solution for structural parts

2 Študija uporabe vakuumske tehnologije

Osnova rešitve je v študiji uporabe vakuumske tehnologije, zlasti zasnove razdelilnega in vakuumskega kanala, časa polnjenja in časa vakuuma med prvo in drugo fazo. V tem večkomponentnem postopku pa je želen rezultat uresničljiv le z usklajenim delovanjem vseh korakov. V teku proizvodnega cikla je tesnost bistvenega pomena. Izguba vzporednosti zaradi toplotne deformacije, zrahljanih drsnikov ali degradacije tesnila zaradi odvečnega nalivanja ali nerednega vzdrževanja so dejavniki, ki lahko znatno poslabšajo učinkovitost vakuuma.

Nadzorovati je treba tudi obnašanje kovine v livni komori. Turbulence, ki jih povzroča bat, ustvarjajo zajemanje zraka v livni komori in na livni reži, ki že sama po sebi omogoča nastanek poroznost. To je mogoče preprečiti z ustvarjanjem vakuuma v livni komori, izogibanjem nasprotnemu batu, dinamično zasnovo razdelilnega kanala in izbiro ustreznega ulivnega sistema.

Turbulence taline in brizganje je treba iz različnih razlogov čim bolj omejiti. Kovina, ki pod visokim tlakom vstopa v livno votlino, že sama po sebi obrablja kokilo in skrajšuje njeno življenjsko dobo. Manj prelivanja (pogostost in intenzivnost) pomeni manjšo prostornino zlitine, ki vstopa v livno votlino. Posledično je treba odvesti sorazmerno manj zraka, s čimer je mogoče doseči tudi optimalen notranji tlak livne votline ali vakuum.

Ob predpostavki, da imamo opraviti s kocko popolne oblike, bi razmerje med površino in prostornino znašalo 6 proti 1. S tem se za vsako enoto prostornine načrtovana površina poveča za šestkratnik. To povzroča sorazmerno napetost na delilno ravnino in lahko povzroča nastanek srhov. Nastanek srhov ima negativen vpliv tako na

2 The Vacuum Application Study

At the root of the solution lies the vacuum application study, in particular the runner and vacuum channel design, the filling time and the vacuum timing during the first and second phase. But in this multi-component process, all aspects must simultaneously work together to obtain the results desired. Die tightness is essential especially over the course of a production cycle. Loss of parallelism due to thermal deformation, loose sliders or seal degradation by flash or lack of maintenance are all factors that can greatly decrease vacuum performance.

Metal behaviour in the shot sleeve must also be controlled. Turbulences caused by the piston create air entrapment via wave-cresting at the gate which itself yields porosity. This can be circumvented with vacuum generation in the shot sleeve, avoiding a counter-piston, using a dynamic runner design and choosing the right evacuation system.

Overflows should also be kept to a minimum for a variety of reasons. The metal under great pressure entering the cavity will inherently degrade the die and reduce its lifetime. The lesser the overflow count and size, the lesser the alloy volume entering the cavity. Consequently the volume of air to be evacuated is proportionally smaller and an optimum cavity pressure, or vacuum, can be achieved.

Assuming a perfectly cubic shape, an overflow would have a surface-to-volume ratio of 6. Thus for each unit of volume its projected area increases six-fold. This puts proportional stress on the die part-line and can promote flash formation. Flash formation has both a negative effect on both vacuum generation in the cavity and die lifetime. Thus by keeping overflows volume and number to a minimum lowers

ustvarjanje vakuumu v livni votlini kot tudi na življenjsko dobo. Z omejitvijo prelivov - to je element livne votline, na minimum je mogoče znižati načrtovano območje, doseči optimalno vrednost vakuumu in zmanjšati obrabo.

Oblika vakuumskega kanala mora izpolnjevati ustrezne zahteve, da se lahko pravilno odvaja zrak. Pritrdilne točke morajo biti pravilno sidrane na mestih, ki bodo zapolnjena nazadnje. Neustrezna določitev teh mest lahko povzroči, da se povezava livne votline s prelivom zapolnijo še pred koncem polnjenja, in s tem preprečijo odvajanje. Razen tega mora biti prečni prerez glavnega vakuumskega kanala (vstopna stran) enak prečnemu prerezu naprave za odvajanje (vakuumski ventil). Da se prepreči učinek ozkega grla, mora biti vsaka raven povezave livne votline s prelivom, ki zagotavlja prenos proti zadnji točki polnjenja, večja od predhodne. Zagotoviti je treba tudi optimalno razmerje prostornine in geometrije kanala. Če je to razmerje premajhno, obstaja tveganje, da pride do zloma pri izmetu ulitka. V primeru prevelikega razmerja pa se lahko zlitina strdi še pred dosegom svoje omejitve.

Zelo pomemben dejavnik, ki zahteva pozornost, je deformiranje kokile. Zaradi tega je treba nastavitve izvesti pri delovni temperaturi.

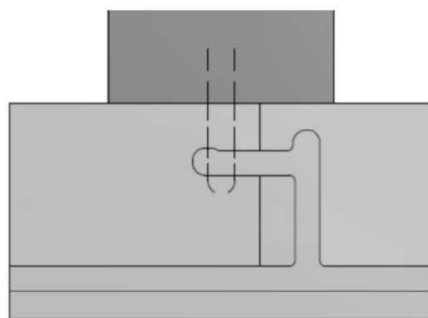
Ker fronta taline v vakuumskem okolju ni kompaktna ampak brizga, je treba to ustrezno upoštevati pri načrtovanju kanala. Pri tem se lahko uporabijo ukrivitve, ki preprečujejo vdor nečistoč v vakuumsko opremo, kondenziranje zlitine in povečanje/zmanjšanje hitrosti kovine.

2 Vakuumski ventil

Odvajanje atmosfere livne votline v zelo kratkem času polnjenja pomeni preprečevanje dejavnikov, ki povzročajo

projected area, yields better vacuum value and decreases die wear.

Vacuum channel design must also follow a proper set of rules to promote adequate air evacuation. The points of attachment should be anchored to the parts last filling points. Improper location would cause gate filling before the end of the injection and stop evacuation. Furthermore, the cross section of the main vacuum channel (inlet) must be that of the evacuation device (i.e. vacuum valve). Each gate level relaying to the last filling point must be greater than the preceding one to avoid a bottleneck effect. Channel volume and geometry must also be successfully balanced. Too small and the risk of breaking during part detachment can occur, but too large and the alloy can freeze before reaching its limit.



Slika 2: Generična oblika glavnega vakuumskega kanala, ki vodi k napravi za odvajanje (tj. vakuumski ventil)

Figure 2: Generic main vacuum channel design leading to the evacuation device (i.e. vacuum valve).

An important factor to observe is die deformation thus adjustments should be done at production temperature.

Finally, because metal in a vacuum environment does not have a compact metal front so one must be considered in channel

upor zapolnjevanja livne votline. Izbira naprave za odvajanje pri tlačnem litju je predmet odločitve podjetja, vendar je hladilni blok sam po sebi zasnovan tako, da ustavi napredovanje kovine, s tem ko fronta s povečevanjem upora zmrzne. Tej poti mora slediti tudi zrak, ki mora premagati enak upor. Izboljšana zasnova je kompromis med pretokom zraka in zastojem kovine (trapezoidni rob proti nazobčanemu robu), vendar se učinkovitost vedno poslabša zaradi oblike. Zato se pri tlačnem litju uporablja vakuumski ventil. Njegova kompaktna oblika in velik prečni prerez omogočata najučinkovitejše odvajanje.

Primerjava podobnih naprav kaže, da se opazovani notranji tlak brizganja pri uporabi ventila izboljša za faktor 2. Izračun je izveden na preklopni točki stroja za tlačno litje, ko je kovina na robu livne votline. Zrak se neposredno odsesava proti majhnemu uporu, ker se ventil aktivira prek signala iz stroja za tlačno litje (sistem z enim batom), ali neposredno s kinetično energijo staljene zlitine (sistem z dvema batoma).

Za vse ulitke (zlasti visokokakovostne), ki zahtevajo visoko raven vakuum, je sistem z dvema batoma primernejši, saj odvajanje lahko poteka vse do konca cikla polnjenja. Ko je potreben električni signal, se sproži »scenarij najboljšega predvidevanja«. Notranji tlak brizganja ima lahko negativen učinek z ustavitvijo popolnega odvajanja. Pri sistemu z dvema batoma se vakuum vzdržuje stalno, neodvisno od stanja polnjenja. Ker aktiviranje ventila določa kovina, je mogoče doseči najnižje možne notranje tlake brizganja. Takšna konfiguracija lahko prepreči neželen učinek nepopolnega odvajanja, ki povzroči mikroporoznost v zadnjih točkah polnjenja.

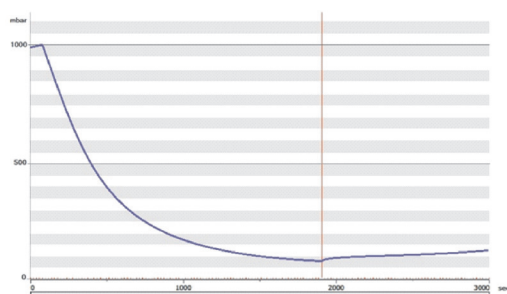
design. This can be done through bends to avoid impurities or particles to enter the vacuum equipment, condensate the alloy and increase or reduce metal velocity.

2 The Vacuum Valve

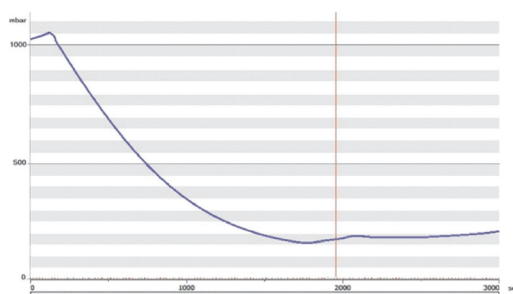
Evacuating the cavity during the very short injection time means avoiding factors creating resistance. The type of evacuation device used in die casting is matter of company philosophy but a chill-block type device is inherently designed to stop metal progression by freezing its profile by increasing resistance. Air must likewise follow this path and encounter the same resistance. Improved design find a compromise between air flow and metal stoppage (trapezoidal versus jagged-edge) but performance will always be impaired by design. Thus vacuum-assisted die casting is promoted by the use of a vacuum valve. Its compact design and large cross-section permit the largest evacuation.

When comparing similar devices, the observed cavity pressure when using a valve is improved by a factor of 2. This is calculated at the switch over point of the die casting machine when the metal is at the edge of the cavity. Air is directly aspirated encountering little resistance because the valve is activated by a signal from the die casting machine (1-piston system) or directly by the kinetic energy of the molten alloy (2-piston system).

For all castings, but especially those of high integrity requiring the optimal vacuum level, a dual-piston system is also superior because the evacuation can be performed until the very end of the injection cycle. When an electric signal is needed, a best-guess scenario is initiated. The pressure cavity is negatively affected by barring a complete evacuation. With a dual-piston



FONDAREX SUPERVAC Maxi (116 mm2), notranji tlak brizganja / cavity pressure 88 mbar at $t = 1,90$ s



FONDAREX SCS-100 Chill-block (112 mm2), notranji tlak brizganja / cavity pressure 176 mbar at $t = 1,94$ s

Slika 3: Primerjalna analiza dveh naprav za odvajanje s podobnim prečnim prerezom pri enaki postavitvi in enakih pogojih

Figure 3: Comparative analysis of two evacuation devices with similar cross section on an identical arrangement and conditions

3 Vakuumski rezervoar

Skupna prostornina, ki jo je treba odvesti, je večja od same livne votline, saj mora vključevati tudi ulivni sistem ter vakuumski kanal. To količino zraka je treba odvesti v kratkem času, ki je odvisen od izvedenih nastavitvev sistema litja in danih pogojev.

Zato je treba izbrati rezervoar bistveno večjih mer, s katerim se v danem času zagotovi nasprotni tlak za ustvarjanje vakuuma. Prostornina rezervoarja, ki omogoča 100-kratnik skupne prostornine volumna brizganja, pokriva najširši spekter aplikacij, vendar ne jamči notranjega tlaka brizganja 60 mbar. Za visokokakovostne ulitke, kot so konstrukcijski deli, je za doseganje optimalnega vakuuma priporočljivo namestiti rezervoar, ki omogoča 150-kratnik skupne prostornine volumna brizganja. S tem namenom so na trgu voljo vakuumski sistemi z rezervoarji s prostornino do 3000 litrov, ki zagotavljajo ustrezno podporo za izpolnitev zgoraj navedenih zahtev za velike ulitke.

Sveda je treba velikost črpalke in učinkovitost prilagoditi tako, da se zagotovi vzpostavitev vakuuma v rezervoarju pred

system, vacuum is continuously applied independently of the state of the injection. Since the metal dictates the activation of the valve, the lowest possible cavity pressures can be reached. An undesirable effect of incomplete evacuation is micro-porosity at the last-filling points and can be avoided by such configuration.

3 The Vacuum Tank

The total volume to be evacuated goes beyond the die cavity to include the shot sleeve, the runner and gate system and the vacuum channel. This amount of air, both at the pressure of the elevation of the foundry and temperature of the die must be cleared in the short time allowed by the casting system settings and conditions.

Thus a tank of significantly larger proportion must be installed to provide the counter pressure to reach vacuum in this period. A tank volume 100 times the total shot volume covers the widest range of applications, but a pressure cavity of 60 mbar is not guaranteed. For high integrity castings such as structural parts, 150 times

naslednjim polnjenjem. Sisteme z več vakuumskimi črpalkami s pretokom 160 m³/h je mogoče načrtovati na osnovi prostornine in stopnje polnjenja tako s tamponskim območjem, kakor tudi z upoštevanjem možnosti za nadgradnjo.

4 Možnosti za nadzor postopka

Sodoben vakuumski sistem mora vsebovati popoln nabor možnosti za nadzor postopka, s katerimi je mogoče izpolniti stroge zahteve litja in potrebe po sledljivosti. Odvisno od vakuumske tehnologije je treba izvajati manjše nastavitve, skupaj s pridobivanjem popolnih podatkov o proizvodnji.

Stalno merjenje vakuuma v livni votlini je bistvenega pomena za pridobivanje informacij o poteku praznjenja. Ustvarjena krivulja zmanjševanja tlaka v posodi označuje zmanjševanje tlaka s časom, medtem ko točka preklopa označuje tlak v livni votlini pred fazo polnjenja. Primerjalna analiza posameznih krivulj in posameznih vrednosti signalizira sprejemljivost in s tem povezan vpliv na kakovost. Vsak vbrizg mora biti standardiziran prek možnosti za nadzora opreme, prav tako pa mora neposredno sporočati rezultate.

Pred brizgom mora oprema sporočiti raven lastnega onesnaževanja prek nadzora profila. Ko je kokila zaprta, se v livno votlino polnjenja stisnjen zrak (6 bar) in izvrši se meritev povečanja tlaka. Nato zrak uide skozi polnilno odprtino ulivnega sistema. Če je vrednost izven dovoljenega odstopanja, to označuje blokado krivulje vakuuma zaradi preostanka kovine in pomeni nepravilno delovanje.

Ker kovina v vakuumskem okolju nima fronte taline, se lahko ostanki kovine odsesajo po vakuumskem vodu in s tem zamašijo opremo. Zato je treba po vsakem vbrizgu nadzorovati onesnaženost. Stisnjen

the total shot weight is recommended to achieve the best vacuum value. For this reason, vacuum systems with tanks up to 3000 l have been introduced to the market to assist large castings in meeting the aforementioned requirements.

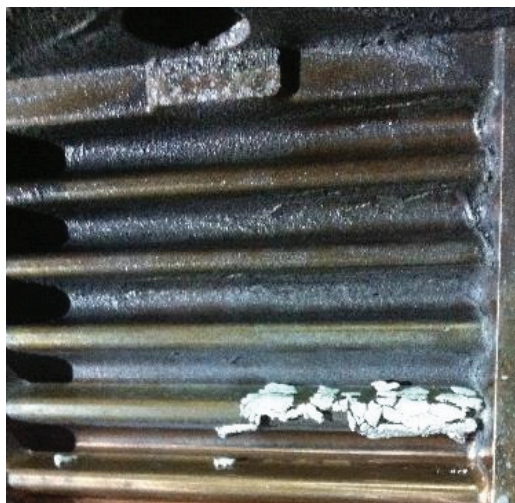
Of course, the pump size and efficiency must be adjusted to allow vacuum recovery in the tank prior to the next injection. Devices with multiple 160 m³/h vacuum pumps can be designed based on the volume and rate of injection with both a buffer zone and upgradability.

4 Process Control Capabilities

To meet the stringent casting requirements and traceability needs, a modern vacuum system must include a complete set of process control capabilities. Minor adjustments must be made based on the vacuum application alongside a full of acquisition of production data.

Continuous measurement of vacuum in the cavity is essential in order to provide information on the behaviour of the evacuation. The decay curve generated indicates the decrease in pressure over time while the switch over point designates the pressure in the cavity before the filling phase. A comparative analysis of each curve and each vacuum value signals variability and thus an impending effect on quality. Each shot must be standardized by the equipment's control capability and directly communicate its results.

Prior to a shot, the equipment must signal its pollution level via a profile control. With the die closed, compressed air (6 bar) is injected into the cavity and the increase in pressure is measured. The air then escapes through the filling hole of the shot sleeve. An out of tolerance value indicates that the



Slika 4: Zmrznjeni kovinski delci v profilu naprave za odvajanja, ki predstavljajo onesnaženje sistema

Figure 4: Frozen metal particulates lodged in the evacuation device profile constituting system pollution

zrak (6 bar) se polni v livno votlino pri odprti kokili z namenom, da se lahko odmašijo končni delci ali da je vsaj mogoče opaziti oviro v kanalih za vakuum sistem. To je zlasti pomembno pri uporabi konfiguracije s hladilnim blokom (Chill-Block). Ker prost material v profilu zmrzne, lahko delci zlahka potujejo mimo filtra in dosežejo vod.

Nizka vrednost vakuuma je tudi znak blokade sistema. Če je kanal za vakuum sistem zamašen, lahko vakuumska oprema izvrši le odvajanje pred oviro. Pri tem je treba upoštevati, da je raven onesnaženja zelo visoka. Zaradi potrebe po povečanem nadzoru postopka je treba ovrednotiti dopolnilno analizo podatkov.

5 Vlaga

Ob izpostavljenosti aluminija vodi poteče hidroliza, zato nastaja aluminijev oksid, iz katerega izhaja vodik v plinasti obliki. Na molekularni ravni se vodik izloča iz taline in ustvarja poroznost katere površina je oksidirana. V strukturi ulitka se lahko pojavljajo oksidne plasti, ki v nano merilu spreminjajo lastnosti ulitkov, zato se lahko

vacuum line is blocked by metal residue and thus will not perform properly.

Because in a vacuum environment metal does not have a compact front, it is possible that metallic residues get aspirated up the vacuum line and clog the equipment. Therefore, after each shot, a pollution control must be performed. Compressed air (6 bar) is injected in the cavity with the die open so finite particles can be dislodged or at least line obstruction can be alerted. This is particularly important when using a chill-block configuration. Since the loose metal freezes in the profile, it is easy for particles to travel past the filter and into the line.

A low vacuum value is also an indicator of system blockage. When the line is clogged, the vacuum equipment will only evacuate prior to the obstruction. However pollution levels will be very high. Thus complementary data analysis must be evaluated hence the need for increased process control capabilities.

5 Moisture

When subjected to water, aluminium causes hydrolysis transforming into aluminium oxide and generating hydrogen gas. At the molecular level, hydrogen gas will be expelled from the lattice yielding oxide porosity. Nanoscale properties of oxide layers will appear in the metal structure and the part ductility can decrease. Residual

poslabša duktilnost ulitka. Do tega pojava lahko pride zaradi preostale emulzije s katero se brizga orodje ali zaradi netesnosti drsnikov kokile. Posledično se kakovost ulitka zmanjša in prestopi dovoljena odstopanja litja.

V izogib temu se uporablja nadzor vlage kot nedavni dosežek napredka v vakuumski tehnologiji. Koncentrirano brizganje, ki se uporablja v okviru prizadevanj za varovanje okolja in povečanje gospodarnosti, je omogočilo ulivanje velikih delov s prostornino le nekaj milimetrov na posamezen vbrizg. Na primer, tanke stene z debelino manj kot 2 mm, so za toplotno obdelavo primerne le, če so brez vsakršne poroznosti. Zato je treba za natančen nadzor vlage zagotoviti zanesljive merilne naprave kot dodaten ukrep v nadzoru proizvodnje. To je mogoče doseči z uporabo tipala, ki izračunava raven vlage za vsak vbrizg z ustrezno analitično ločljivostjo.

6 Sklep

Tlačno litje je podvrženo destruktivnemu razmerju zraka in kovine. Ker se obnašata kot tekočine, je treba vedenje obeh materialov upoštevati in ga razumeti že med načrtovanjem visokokakovostnih ulitkov, npr. za konstrukcijske dele. Trg delov za avtomobilsko industrijo v Evropi raste in bo po pričakovanjih stabilno rasel še naslednjih 5 let. Da bi se industrija tlačnega litja lahko pripravila na potrebe prihodnosti, mora razumeti tehnologijo vakuumskega litja in njenih sestavnih delov, saj bo le tako lahko zadostila potrebam in nadaljevala rast.

Uvajanje tehnologije vakuumskega litja vključuje tehnični premislek z vseh vidikov litja, ki se začnejo z optimalno investicijo v opremo. Vakuumiranje livnih votlin zahteva brezhibno zatesnjen sistem, ki brez kakovostne kokile ni mogoč.

spraying fluid or leakage from the die slides can be the cause of this event. The result is a decrease in part quality outside of casting tolerances.

A recent advance in vacuum technology has been humidity monitoring to counter this additional challenge. Furthermore, concentrated spraying used for environmental and economical consideration has allowed casting of large parts with spraying volumes down to a few millilitres per shot. For instance, thin-walls down to less than 2 mm necessitate a complete lack of internal porosity when subjected to heat-treatment. Thus, precise examination of humidity levels requires reliable instrumentation for an additional level of production control. This can be achieved via the use of a sensor calculating the moisture level for each shot with the adequate analytical resolution.

6 Conclusion

Pressure die casting faces the destructive but unavoidable relationship between air and metal. Both acting as fluids, the behaviour of both materials must be considered and understood when contemplating high integrity castings such as structural parts. The market for automotive parts die casting is on the rise in Europe and is expected to maintain a steady growth for the coming 5 years. As the die casting industry prepares itself for these future needs, it must understand vacuum technology and its constituents to meet demand and continue growth.

Vacuum implementation includes technical considerations in all aspects of die casting starting from optimal equipment investment. Cavity evacuation demands a tightly sealed system unavoidable without a quality die. Process validation is done

Potrjevanje postopka se izvaja z nadzorom vakuumskega cikla, konsistentnost proizvodnje pa je mogoče doseči le z ustrezno opremo. Nenazadnje prispeva filozofija partnerskega sodelovanja k pridobivanju izkušenj, ki so pri vsakodnevem soočanju z izzivi industrije neizbežne, ob tem pa je treba upoštevati tudi nenehno povečevanje okoljske ozaveščenosti. Podjetje Fondarex, ki deluje že 70 let, ob svoji inovativni vakuumski tehnologiji nenehno predstavlja inovacije na področju opreme in storitev po meri strank. Strokovno znanje podjetja Fondarex obsega celoten spekter aplikacij za uspešen prenos vakuumske tehnologije na področje tlačnega litja.

via the control of the vacuum cycle while production consistency is achieved with the correct equipment. Finally, the philosophy of partnership acquisition will contribute to an experience gain, inevitable when faced with an industry setting challenges daily and with ever-increasing environmental consciousness in mind. For the past 70 years Fondarex has been on the edge of vacuum technology delivering continuous innovations both in equipment and customer-oriented services. Fondarex's know-how spans the entire range of applications for a successful vacuum implementation to the die casting process.