

FOUNDRY PRACTICE

Das Fachmagazin für den Gießerei-Ingenieur

- SINCE 1932 -



| FILTRATION & GIESSYSTEME

Gießen von Stahlgussteilen mit einem geschützten Schmelzestrom

SEDEX – Eine Produktfamilie: Verschiedenste Produktmerkmale für unterschiedliche Anforderungen

| SPEISUNGSTECHNIK

Die neue FEEDEX K Technologie - VAK

Virtuelles Experimentieren mit dem FOSECO PRO MODUL

Punktgenaue Speisung im Großguss

EDITORIAL

Liebe Leser,

willkommen zu unserer 267. Ausgabe unserer hauseigenen Fachzeitschrift Foundry Practice. Die Zeitschrift, die nun im 87. Jahr erscheint, soll den Leser über die neuesten Technologien und Anwendungstechniken von Foseco informieren, um eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Gießereipraxis zu gewährleisten.

Diese Ausgabe stellt die neuesten Entwicklungen in der Speisungs- und Filtrationstechnik von Foseco vor. Darüber hinaus geben wir einen Überblick über die Entwicklung der SEDEX Eisenfilterfamilie. Gute Anschnitt- und Speisertechnik erfordert eine zuverlässige Simulationstechnologie, die wir mit der neuesten Version des FOSECO Pro Moduls aufzeigen.



GIESSEN VON STAHLGUSSTEILEN MIT EINEM GESCHÜTZTEN SCHMELZESTROM

HOLLOTEX Shroud stellt ein neues Verfahren dar, das effektiv in Stahlgießereien eingesetzt werden kann. Es besteht aus einem in die Gießform integrierten Schutzrohr. Das untere Ende des Schutzrohrs reicht in die Filter Box, die sich unterhalb des Formhohlraum befindet. Ist die Stopfenpfanne in Gießposition, wird das Schutzrohr mechanisch angehoben und an den Ausguss angebunden. Eine Dichtung sorgt für einen luftdichten Übergang vom Ausguss zum Schutzrohr. Die Schmelze fließt nun geschützt in die Filter Box, wird dort filtriert und anschließend über das Gießsystem dem Gussteil zugeführt. Während des Gießvorgangs ist die Schmelze vor Oxidation geschützt. Auch ein Mitreißen von Luft im Bereich des Eingusses wird vermieden.

SEDEX – EINE PRODUKTFAMILIE: VERSCHIEDENSTE PRODUKTMERKMALE FÜR UNTERSCHIEDLICHE ANFORDERUNGEN

Bei der industriellen Fertigung von Erzeugnissen aus Gusseisen hat sich der Einsatz von SEDEX Filtern in den letzten Dekaden als anerkannter Stand der Technik etabliert. Die durch SEDEX Filter erzielte Abscheidung nichtmetallischer Verunreinigungen sowie die Strömungsberuhigung sind für eine wirtschaftliche Gussproduktion von integraler Bedeutung.

DIE NEUE FEDEX K TECHNOLOGIE - VAK

In diesem Artikel wird die Entwicklung und Optimierung der Anwendungstechnik von Aufformspeisern mit komprimierbarem Metallbrechkern behandelt. Die neueste Entwicklung ist das Ergebnis einer konsequenten Umsetzung von Erfahrungen im Bereich der Punktspeisung auf Hochdruckformanlagen.

VIRTUELLES EXPERIMENTIERFELD MIT DEM FOSECO PRO MODUL

Foseco arbeitet kontinuierlich an der Entwicklung neuer Produkttechnologien und Anwendungstechniken, um den sich ständig ändernden Anforderungen der Kunden gerecht zu werden. Die Simulation mit MAGMA spielt eine wichtige Rolle beim virtuellen Experimentieren und bei der Entwicklung neuer Speiser. In der Pro Modul Datenbank werden neue Ergänzungen der Foseco Speiser-Produktpalette bereitgestellt, damit MAGMA Anwender sie in ihre täglichen Methodenanalysen und Optimierungsarbeiten integrieren können.

PUNKTGENAUE SPEISUNG IM GROSSGUSS

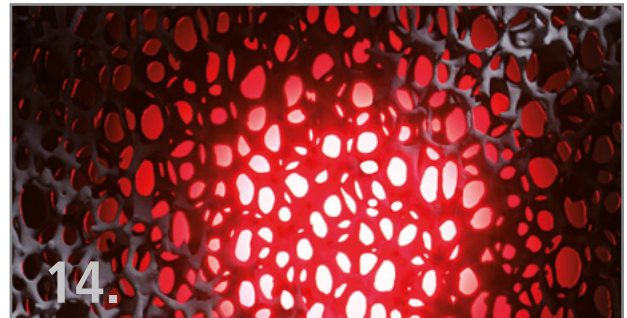
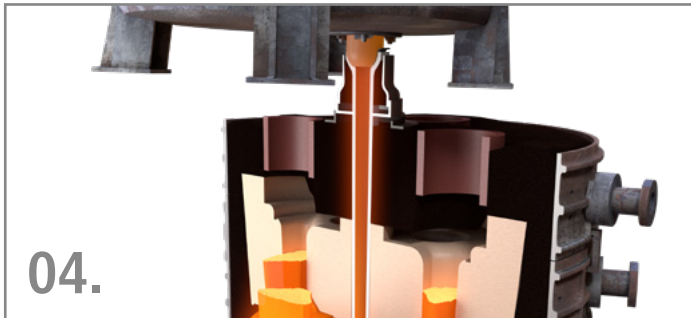
Das SCK-Speisersystem beruht auf einer modularen Bauweise, welche die Möglichkeit bietet, mit Hilfe von wenigen separaten Einzelteilen den Modulbereich von 5,4 bis 6,9 cm abzudecken. Häufig wird durch den Einsatz größerer Speiser der Durchtritt und somit auch die Aufstandsfläche vergrößert. Das führt zu einer Zunahme von Trenn- und Putzkosten.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen dieser Ausgabe und hoffe, dass Sie sie nutzen, um Ihre Gießerei-Technik weiter zu verbessern.

A handwritten signature in black ink that reads "H. Nelissen".

HEINZ NELISSEN
Area Director Foundry North Europe

INHALT



04. STAHLGIESSEREIEN FILTRATION & GIESSYSTEME

Gießen von Stahlgussteilen mit einem geschützten Schmelzestrom

Autoren: David Hrabina, Foseco / Petr Filip, UNEX

14. EISENGIESSEREIEN FILTRATION & GIESSYSTEME

SEDEX – eine Produktfamilie: Verschiedenste Produktmerkmale für unterschiedliche Anforderungen

Autoren: Stephan Giebing and Andreas Baier

21. EISENGIESSEREIEN SPEIUNGSTECHNIK

Die neue FEEDEX K Technologie - VAK

Autor: Christof Volks

24. EISEN- UND STAHLGIESSEREIEN SPEIUNGSTECHNIK

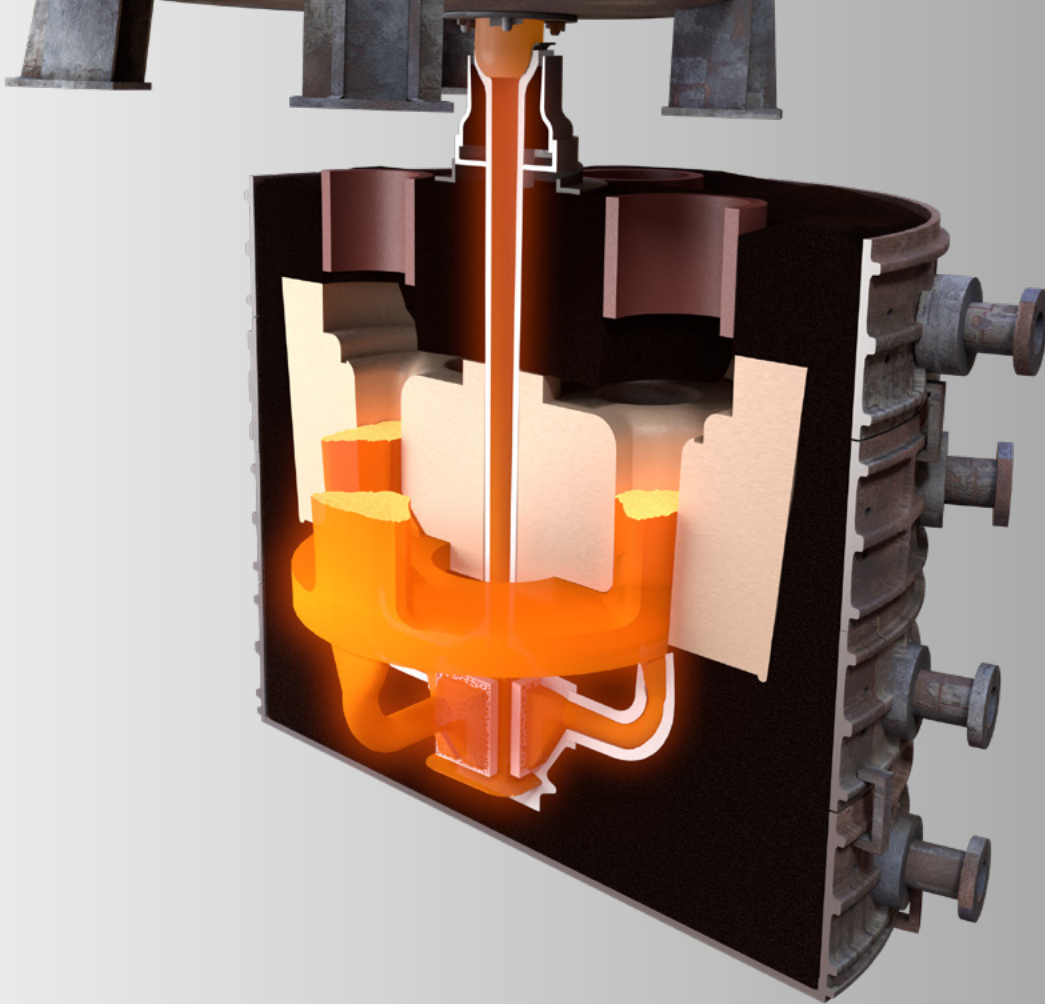
Virtuelles Experimentierfeld mit dem Foseco Pro Modul

Autor: Máirtín Burns

31. EISEN- UND STAHLGIESSEREIEN SPEIUNGSTECHNIK

Punktgenaue Speisung im Großguss

Autor: Steffen Franke



GIESSEN VON STAHLGUSSTEILEN MIT EINEM GESCHÜTZTEN SCHMELZESTROM



Autoren: David Hrabina, Foseco / Petr Filip, UNEX

Auf flüssigen Metalloberflächen bilden sich sehr schnell Oxidhäute, wenn diese der Atmosphäre ausgesetzt sind. Sie schützen die Schmelze vor weiterer Oxidation oder Gasaufnahme. Jedoch verhalten sich diese Oberflächenschichten spröde, reißen auf und werden dann von der Metallschmelze mitgerissen. Die Schmelztemperaturen der meisten Oxidhäute sind weitaus höher als die Temperatur der Schmelze, so dass sie nach ihrer Bildung erhalten bleiben. Aufgrund ihrer, gegenüber der Metallschmelze, geringen Dichte und der Auftriebskräfte schwimmen sie auf. Dieser Prozess läuft aber wegen ihrer geringen Größe (nur einige Nanometer Dicke und daher kaum Volumen) sehr langsam ab. Oxidische Bifilme, die bei konventioneller Gießtechnik entstehen, haben kaum Zeit zum Aufschwimmen. Sie entfalten sich und agglomerieren während des Gießprozesses. Diese Bifilme besitzen eine hohe Oberflächenaktivität und wachsen mit fortschreitender Erstarrung zu größeren nichtmetallischen Agglomeraten heran. Gießereien erhöhen oftmals die Gießtemperatur in der Hoffnung, dass Gasblasen und die damit verbundenen Verunreinigungen aufschwimmen. Aber eine erhöhte Gießtemperatur ist für die Qualität der Gussteile und das Aussehen der Gussoberfläche nicht vorteilhaft.

NEUE TRENDS BEI DER OPTIMIERUNG VON GUSSTEILKONSTRUKTION UND QUALITÄTSANFORDERUNG

Mit Hilfe von Softwareprogrammen simulieren Konstrukteure den Spannungszustand von Gussteilen, um ihre Konstruktion und das Gewicht zu optimieren. Ziel ist es, die Festigkeit in kritischen Bereichen zu erhöhen und die bestmögliche Ausführung eines Gussteils zu realisieren. Durch diesen Trend werden die Qualitätsanforderungen durch die Gussabnehmer und die konventionellen technologischen Grenzen ständig erhöht. Die tschechische Gießerei UNEX produziert anspruchsvolle Gussteile für weltweit bekannte Unternehmen, die im Bereich Bergbaumaschinen tätig sind. Kritische Bereiche von Gusskomponenten wurden bisher mit Magnetpulver (MPI), Röntgen- und Ultraschallprüfung kontrolliert. Die aktuellen Qualitätsanforderungen, wie Röntgen-Gütestufe I bei komplexen Gussteilen aus Kohlenstoffstahl und hochfestem, niedriglegiertem Stahl mit einem Gewicht von mehreren Tonnen, stellen neue Herausforderungen dar. Haarrisse an Gussoberflächen (**Abbildungen 1a und 1b**) werden nach der Wärmebehandlung und dem Abschrecken durch die Magnetpulverprüfung angezeigt und sind nur bis zu einer maximalen Länge von 2 mm zulässig. Diese Fehlstellen können umfangreiche und wiederholte Fehlerbeseitigung sowie Schweißen in mehreren Zyklen erforderlich machen. Darüber hinaus können im Verlauf dieser Reparaturen weitere Fehlstellen auftreten. Dieser Reparaturvorgang ist kostenintensiv und verringert die Produktionskapazität erheblich. Durch umfangreiche metallographische und rasterelektronenmikroskopische (REM) Untersuchungen von bei der Magnetpulverprüfung festgestellten

linienartigen Defekten (sogenannten Haarrissen) konnte festgestellt werden, dass ihre Entstehung auf Bifilme zurückzuführen ist.

Eine weitere Herausforderung stellt das Erreichen der Gütestufe I dar. Bei der Produktionsfreigabe wird von den Gussabnehmern das Erreichen der Röntgen-Gütestufe I (in unkritischen Bereichen Stufe II) bei fünf in der Produktion aufeinander folgenden Gussteilen ohne interne Fehlerbehebung verlangt.

PRINZIP DER BI-FILM BILDUNG

Die Oberflächenspannung von flüssigem Kohlenstoffstahl und niedrig legiertem Stahl ist etwa 20-25mal größer als die Oberflächenspannung von Wasser bei Raumtemperatur und wird durch viele Faktoren, wie zum Beispiel der chemischen Zusammensetzung und der Temperatur, beeinflusst. Die Viskosität dieser Stahlschmelzen ist jedoch nahezu identisch mit der Viskosität von Wasser bei Raumtemperatur. Aufgrund dieser Ähnlichkeit werden Wassermodelle weltweit eingesetzt, um das Fließverhalten von Metallschmelzen zu simulieren. Das Prinzip der Luftaufnahme flüssiger Metalle und die Bildung von Bifilmen wird durch die Oberflächenspannung der Schmelze und deren Geschwindigkeit beeinflusst. Die Oberfläche der Schmelze im Kontakt mit dem Luftsauerstoff ist immer mit einer Oxidschicht bedeckt. Dieses trifft sowohl auf den vertikal verlaufenden Flüssigmetallstrom als auch auf das Metall im Eingsustrichter zu. Sowohl die Oxidschicht auf dem Flüssigmetallstrom als auch die auf der Schmelze im Eingsustrichter werden zusammen mit der dazwischen befindlichen Luft an der Badoberfläche von der Schmelze mitgerissen, wodurch Bifilme entstehen (**Abbildung 2a**). Das Wassermodell zeigt diesen Prozess im Detail (**Abbildung 2b**) [1].

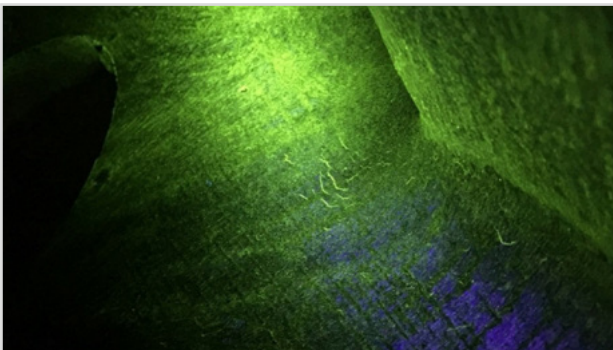


Abb. 1a: Haarrisse an der Gussoberfläche eines Bauteils aus niedrig legiertem Stahl

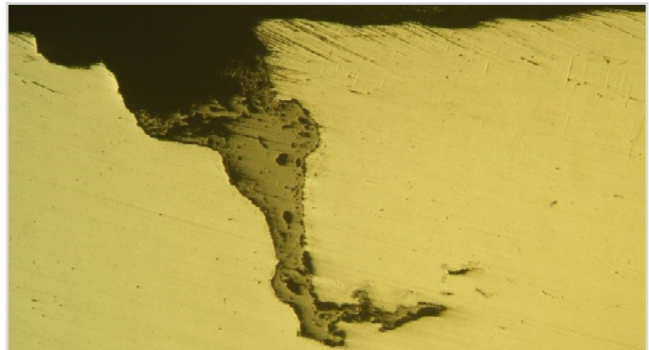


Abb. 1b: Vertikaler Schnitt durch einen Haarriss (Vergrößerung 100fach)

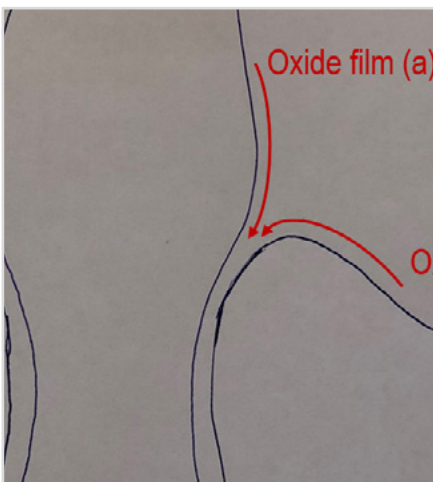


Abb. 2a: Luftaufnahme und Entstehung von Bifilmen

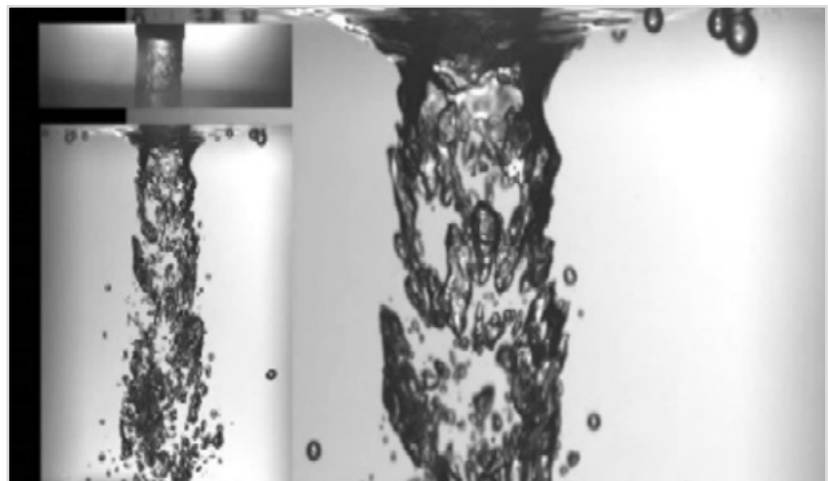


Abb. 2b: Mechanismus der Luftaufnahme [1]

Das gleiche Prinzip der Luftaufnahme und Bildung von Bifilmen während des Gießprozesses trifft ebenso auf den Abstich der Schmelze aus einem Ofen in die Pfanne zu. **Abbildung 2c** zeigt den Abstich einer Schmelze aus einem Lichtbogenofen. Das Wassermodell weist im Vergleich dazu eine hohe Aufnahme von Luft aus (**Abbildung 2d**). Durch ein mehr als 10-minütiges Spülen mit Argon durch einen im Pfannenboden installierten Spülstein können einige Verunreinigungen und Bifilme entfernt werden. Ein effizienterer Reinigungsprozess der Schmelze in der Pfanne wäre sicherlich von Vorteil. Diese Veröffentlichung befasst sich allerdings ausschließlich mit dem Gießprozess.

EINFLUSS VON LUFTAUFNAHME UND BIFILMEN AUF DIE GUSSQUALITÄT:

Die von der Schmelze aufgenommene Luft ist kompressibel und verändert ihr Volumen durch Temperatur- und Druckschwankungen im Formhohlraum. Wie von Professor John Campbell [2] ausführlich beschrieben, rufen schwebende und expandierende Luftblasen Spuren oxidischer Bifilme hervor, die dann die Schmelze kontaminieren (**Abbildung 3a**). Diese oxidischen Bifilme reichern sich während der Erstarrung an der Oberfläche der Dendriten an. Sie stellen damit eine Trennung der metallischen Primärkörner dar und setzen die mechanischen Eigenschaften von Gussteilen erheblich herab. Bifilme können während der Erstarrung Heißrisse auslösen. Weiterhin fungieren sie als Keimbildner bei der Bildung von nichtmetallischen Einschlüssen und von Ausscheidungen geseigerter Elemente, wie zum Beispiel Schwefel und Kohlenstoff, an den Korngrenzen. Die durch Bifilme erzeugten Materialtrennungen begünstigen die Entstehung von Heißrisissen und die Bildung von Haarrissen während der Wärmebehandlung und des Abschreckens. Bifilme enthalten auch Hohlräume mit verbliebener Gasatmosphäre, die sich während der letzten Phase der Erstarrung ausdehnen. Aufgrund des zu diesem Zeitpunkt breiigen Zustandes des Gusswerkstoffes, können sie nicht ausreichend gespeist werden (**Abbildung 3b**). Obwohl derartige Fehlstellen bei der Reparatur nicht sichtbar sind, rufen sie bei der Ultraschallprüfung Anzeigen hervor.

SCHUTZ DES GIESSSTRAHLS ZUR VERBESSERUNG DER GUSSTEILQUALITÄT

Um Stahlschmelzen vor Luftaufnahme und Bildung von Bifilmen während des Gießprozesses zu schützen und den steigenden Anforderungen an die Gussqualität und den kurzen Lieferzeiten gerecht werden zu können, wurde die HOLLOTEX Shroud entwickelt. Das neue Verfahren ist in Gießereien einsetzbar, die nach den neuesten Gesundheits- und Sicherheitsstandards arbeiten und unterscheidet sich von den in Stahlwerken eingesetzten sogenannten Schattenrohren, die mit Roboter-Manipulatoren betrieben werden. In Gießereien müssen mehrere Formen mit einer Gießpfanne gegossen werden können. Darüber hinaus wird eine sichere, schnelle und flexible Methode für ein derartiges Schutzsystem benötigt. Ein fest an die Pfanne montiertes Schattenrohr ist daher für den Einsatz in einer Gießerei nicht sicher und praktikabel. Die HOLLOTEX Shroud jedoch erfüllt diese Sicherheitsanforderungen. Sie wird in der Form positioniert und mit einem einfachen, effizienten und zuverlässigen mechanischen Bajonetthebesystem zum Pfannenausguss angehoben.



Abb. 2c: Abstich einer Schmelze aus einem Lichtbogenofen

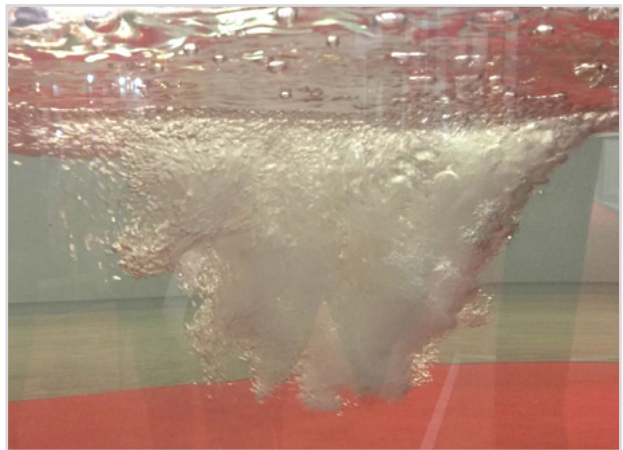


Abb. 2d: Wassermodell weist eine hohe Aufnahme von Luft aus



Abb. 3a: Luftblasen und Schweife von Bifilmen

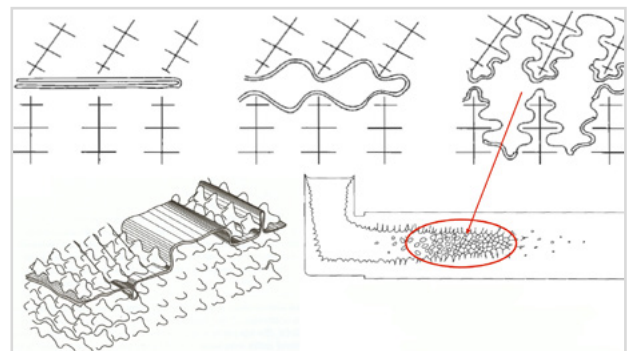


Abb. 3b: Bifilme an Korngrenzen und Entstehung von Mikroporositäten [1]

MONTAGE UND FUNKTIONSPRINZIP DES GIESSSTRAHLSCHUTZES

Die HOLLLOTEX Shroud (**Abbildung 4a und b**) besteht aus einem halbkugelförmigen Pfannenausguss, einer nahtlosen Dichtung und einem Schutzrohr, das in das Filtergehäuse eingeführt wird. Das Filtergehäuse befindet sich unterhalb des Formhohlraums in der bereits fertig montierten Form. Die Installation beginnt mit dem Aufbau des Filtergehäuses und des Gießsystems im Unterkasten (**Abbildung 5a**). Der Oberkasten wird mit einer Durchführung für das Schutzrohr versehen. Darüber hinaus wird an der Oberseite des Oberkastens eine Nut für die Aufnahme des Hebesystems geformt. Das Hebesystem wird aufgesetzt, sobald der Oberkasten montagefertig ist (**Abbildung 5b**). Nachdem die Form geschlossen und verklammert wurde, wird das Schutzrohr durch die Durchführung im Oberkasten eingeführt und reicht dann bis in das Filtergehäuse hinab (**Abbildung 6a**). Unmittelbar vor der Positionierung der Gießpfanne wird die Dichtung in den halbkugelförmigen Eingang des Schutzrohrs eingelegt. Das Bajonetthebeselement wird manuell mit Hilfe von aufgesteckten Metallrohren bedient. Durch die Drehung um seine vertikale Achse wird das Schutzrohr innerhalb der Form angehoben und gegen den in der Pfanne installierten

Ausguss gedrückt. Das Hebeselement ist selbsthemmend, so dass der Pfannenbediener nach dem Verdrehen und Abdichten mit dem Gießen beginnen kann, ohne das System weiter halten zu müssen (**Abbildung 6b**). Darüber hinaus ist der halbkugelförmige Ausguss selbstzentrierend, so dass, selbst wenn die Pfanne nicht perfekt über dem Schutzrohr ausgerichtet wurde, eine sichere Abdichtung erreicht werden kann. Während des Gießens gelangt die Schmelze ohne Aufnahme von Luft und Oxidation durch das Schutzrohr in das Filtergehäuse (**Abbildung 7a**). Das Filtergehäuse ist so gestaltet, dass bei Gießbeginn keine Metallspritzer entstehen. Nachdem die Schmelze die eingesetzten STELEX ZR *ULTRA* Filter passiert hat, gelangt sie in das Gießsystem, das aus keramischen Rohren gebildet wird (**Abbildung 7b**). Das Schutzrohr ist nach unten verjüngt ausgeführt, um eine vollständige Füllung mit Schmelze sicherzustellen. Um die Funktionalität des Konzepts nachzuweisen und sicherzustellen, dass alle damit verbundenen Gesundheits- und Sicherheitsaspekte Berücksichtigung finden, wurde die HOLLLOTEX Shroud während der Entwicklung zunächst im globalen Forschungs- und Entwicklungszentrum von FOSECO mit Sitz in Enschede (Niederlande) erprobt, bevor es zu Produktionsversuchen in der Gießerei UNEX kam.



Abb. 4a: Aufbau der HOLLLOTEX Shroud



Abb. 4b: Das Schutzrohr der HOLLLOTEX Shroud reicht in das Filtergehäuse



Abb. 5a: Installation des Filtergehäuses und des Gießsystems im Unterkasten



Abb. 5b: Hebesystem auf der Oberseite der Form



Abb. 6a: Einführung des Schutzrohrs der HOLLLOTEX Shroud in die Form



Abb. 6b: Gießprozess mit der HOLLLOTEX Shroud

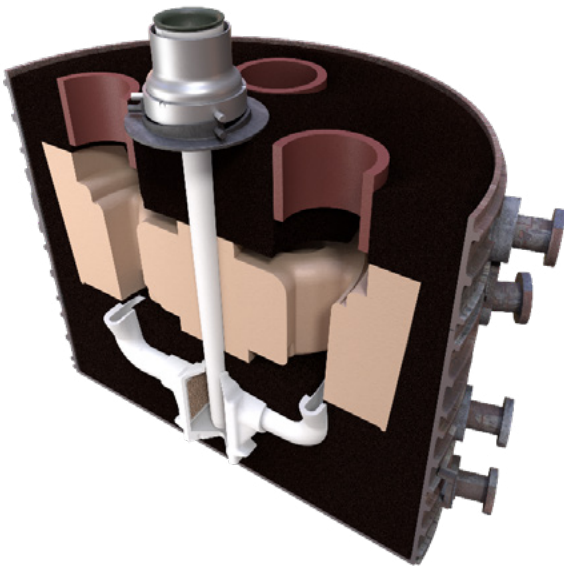


Abb. 7a: HOLLLOTEX Shroud System in der Form

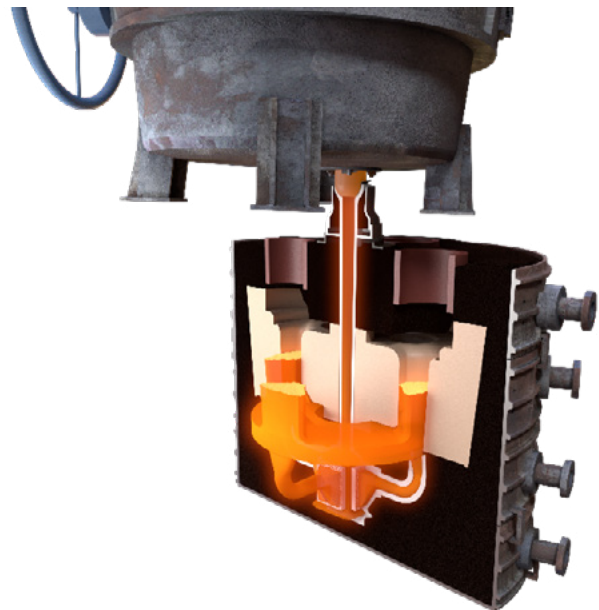


Abb. 7b: HOLLLOTEX Shroud System während des Gießvorgangs

Das HOLLLOTEX Shroud System ist auch bei leicht geneigten Formen anwendbar. Wird die Form in schräger Position gegossen oder steht sie auf unebenem Boden, kann das Schutzrohr aufgrund der halbkugelförmigen Gestaltung trotzdem sicher und dicht mit dem Pfannenausguss verbunden werden. Sie kann auch verwendet werden, wenn die Pfanne nicht perfekt über dem Schutzrohr ausgerichtet ist (**Abbildung 8a und b**).

FALLSTUDIE: KLEINER PLANETENTRÄGER

Die ersten an einem realen Gussteil mit der HOLLLOTEX Shroud durchgeführten Versuche erfolgten mit einem Planetenträger aus hochfestem, niedrig legiertem Stahl (G 42CrMo4 QT) mit einem Gießgewicht von 750 kg. Der untere Flansch (Wanddicke 16 mm) wies auf der Kernseite erhebliche Ansammlungen von Haarrissen in einem zum Schweißen schwer zugänglichen Bereich auf. Das Schmelzen erfolgte in einem mittelfrequenten Induktionsofen mit einer Kapazität von 4 t. Aus einer Stopfenpfanne mit einer Kapazität von 5 t wurden fünf Gussteile gegossen. Die Gießzeit betrug jeweils 20-24 s. Der Durchmesser des Ausgusses betrug 80 mm und der des Ausgangs des Schutzrohrs 35 mm. Die HOLLLOTEX Shroud Technologie ermöglicht den Einsatz eines universellen Ausgussdurchmessers für jedes Gießgewicht. Die Gießleistung wird durch den Querschnitt des Ausgangs des Schutzrohrs bestimmt und ist unabhängig vom Pfannenausgussdurchmesser (**Abbildung 9a und b**). Das bedeutet, dass kleine und auch große Gussteile aus ein und derselben Pfanne gegossen werden können.

Die bei der Magnetpulverprüfung festgestellten Fehlstellen der mit konventioneller Gießtechnologie gefertigten Gussteile konnten durch den Einsatz der HOLLLOTEX Shroud nahezu vollständig eliminiert werden (**Abbildung 10a und 10b**). Darüber hinaus erfüllten die mit der HOLLLOTEX Shroud gegossenen Bauteile erfolgreich die Röntgen-Gütestufe I und die Anforderungen der Ultraschallprüfung. Eine Probe von einem mit konventioneller Gießtechnik gefertigten Planetenträger wurde für eine REM-Untersuchung an der Universität Saarbrücken entnommen. Hierbei wurden komplexe Formationen von Reoxidationsprodukten festgestellt, die von dünnen Oxidschichten umhüllt waren (**Abbildung 10c & d**). Einige dieser Fehlstellen lagen unmittelbar an der Gussoberfläche. Andere befanden sich einige Millimeter unterhalb der Gussoberfläche und waren selbst bei der DC-Magnetpulverprüfung schwer zu erkennen. Diese Fehler treten in der Regel erst nach dem Schweißen anderer Fehlstellen zu Tage. Sie befinden sich in der Nähe der Komgrenzen, sind aber aufgrund von mitgerissenen Bifilmen voneinander getrennt. Dieses hat mehrfache Magnetpulverprüfungen und Schweißzyklen zur Folge.

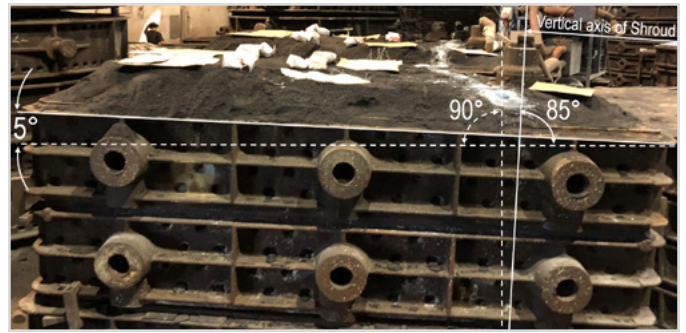


Abb. 8a: Die HOLLLOTEX Shroud ermöglicht das Gießen von leicht geneigten Formen



Abb. 8b: Die Pfanne befindet sich in Gießposition. Durch Drehen des Hebesystems mit Hilfe von Stahlrohren wird das Schutzrohr mit dem Ausguss dicht verbunden

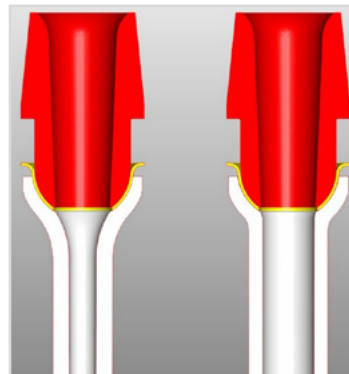


Abb. 9a: Ein Universalausguss für Schutzrohre unterschiedlicher Größe



Abb. 9b: Der in der Pfanne installierte Ausguss gebrauchsfertig montiert



Abb. 10a: Mit HOLLLOTEX Shroud gefertigtes Gussteil



Abb. 10b: Mit konventioneller Gießtechnik gefertigtes Gussteil

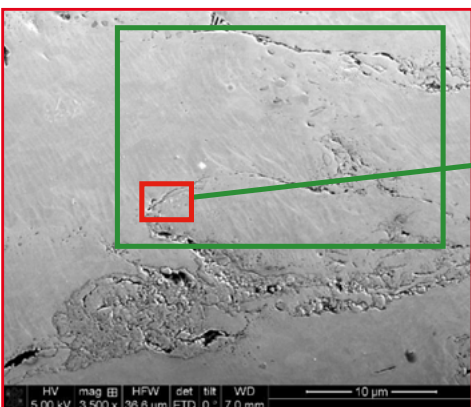


Abb. 10c: REM-Untersuchung eines Haarrisses der Universität Saarbrücken

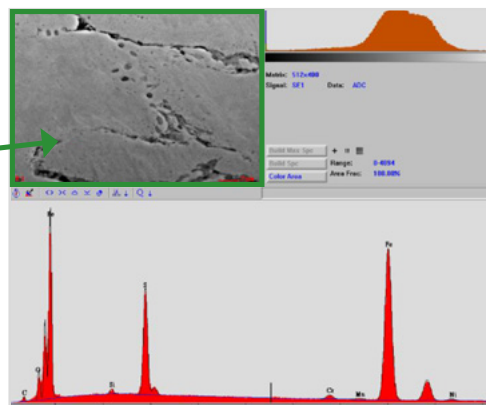


Abb. 10d: Die EDX-Analyse weist die Elemente O, Fe, Ni, Si, S, Cr, Mn aus

FALLSTUDIE: GROSSER PLANETENTRÄGER

Aufgrund der ermutigenden Ergebnisse erfolgten weitere Versuche mit einem größeren Planetenträger aus dem gleichen hochfesten, niedrig legierten Stahl mit einem Gießgewicht von 2500 kg. Dieses Gussteil wies eine deutlich größere Wanddicke und damit eine erheblich längere Erstarrungszeit auf, die es ermöglicht, dass Bifilme und Einschlüsse unter die Gussoberfläche aufschwimmen und sich dort ansammeln (Tiefe 5-12 mm). Das Abschrecken im Rahmen der Wärmebehandlung ruft Spannung im Bauteil hervor. Diese Spannungen führen zu einem Aufbrechen der durch Bifilme geschwächten Korngrenzen, was einen Ausfall des Gussteils im Rahmen der Magnetpulverprüfung zur Folge hat. Das bei der anschließenden Ausbesserung geschweißte Gussteil muss wärmebehandelt werden, wodurch die endgültigen mechanischen Eigenschaften verringert werden.

Das Schmelzen erfolgt in einem Lichtbogenofen. Die Stahlschmelze wird dann in eine Pflanze mit einer Kapazität von 8,5 t überführt. Bei der herkömmlichen Praxis wird die Schmelze mit Argon durch einen Spülstein im Pfannenboden gespült. Die Temperatur der Schmelze wird nicht während des Gießprozesses gemessen, sondern während des Spülens mit Argon. Dieser Prozess wird fortgesetzt, bis die Schmelze die erforderliche Temperatur erreicht hat und die Pflanze in den Gießbereich überführt werden kann. Der Gießprozess erfolgt direkt im Anschluss innerhalb von 5 bis 6 Minuten nach Ende der Argonspülung. Bei der ursprünglichen konventionellen Gießtechnik, bei der keramische Filter in Schaumstruktur eingesetzt wurden, betrug die Temperatur nach dem Spülen mit Argon 1575-1580 °C.

Die ersten mit HOLLOWEX Shroud gefertigten Gussteile (Auslassdurchmesser des Schutzrohrs 70 mm) wurden bei der gleichen Temperatur gegossen. Die Gießzeit betrug 20-24 s, und war damit deutlich kürzer als bei der ursprünglichen konventionellen Gießtechnik (40-60 s bei einem Pfannenausgussdurchmesser von 90 mm). Ursache für die längere Gießzeit bei konventioneller Gießtechnik war vermutlich der Gießer, der die Pflanze bedient. Um ein Überlaufen der Schmelze und Spritzen zu vermeiden, drosselt dieser den Gießprozess. Dieser erste Versuch mit der HOLLOWEX Shroud an diesem großen Planetenträger zeigte eine Verbesserung in Bezug auf Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit und darüber hinaus eine gleichmäßigere Gießzeit, da der Stopfen während des Gießprozesses vollständig geöffnet wurde. Unerwarteterweise wurde bei der Magnetpulverprüfung keine signifikante Reduktion von Haarrissen festgestellt (Abbildung 11a). Es wurde vermutet, dass die hohe Gießgeschwindigkeit eine turbulente Formfüllung zur Folge hatte.

Um die durch turbulente Formfüllung hervorgerufene Reoxidation zu eliminieren, wurde der Formhohlraum kurz vor dem nächsten Versuch mit der HOLLOWEX Shroud mit Argon gefüllt. Das Gießergebnis zeigte jedoch keine Verbesserung, obwohl der Sauerstoffgehalt in der Form von 20,9 % auf 0,3 % gesenkt worden war, wie Messungen mit einem Sauerstoffdetektor Greisinger GOX 100 kurz vor Gießbeginn gezeigt hatten. Unmittelbar nach Gießbeginn entwich das Argon aus dem Formhohlraum. Der Detektor zeigte innerhalb der ersten 2 s des Gießens einen Sauerstoffgehalt von 15,8 % an. Dieser Test wurde mit den gleichen Ergebnissen an mehreren Formen wiederholt, die keine nennenswerten Reduzierung der Fehler bei der Magnetpulverprüfung lieferten.

Um eine turbulente Formfüllung zu vermeiden, wurde das Schutzrohr mit einem Auslassdurchmesser von 45 mm versehen. Ziel dieser Maßnahme war, die Gießleistung zu reduzieren und das gesamte System während des Gießprozesses gefüllt zu halten sowie insbesondere zu Beginn der Formfüllung eine möglichst laminare

Strömung zu realisieren. Die Temperatur in der Pflanze nach der Argonspülung wurde auf 1550 °C reduziert. Die Gießzeit betrug 40-45 s. Es wurden keine Probleme beim Priming der Filter festgestellt. Nach dem Ausleeren wiesen die Gussteile noch dünne Grate an der Teilung auf, was die Möglichkeit einer weiteren Reduzierung der Gießtemperatur anzeigte. Die bei der Magnetpulverprüfung in kritischen Bereichen festgestellten Haarrisse hatten überwiegend eine Länge von weniger als die zulässigen 2 mm (Abbildung 11b). Bei der Röntgen- und Ultraschallprüfung erzielten die Gussteile Gütestufe I. Um diese Ergebnisse zu bestätigen, wurden die HOLLOWEX Shroud Versuche auf eine größere Serie ausgedehnt. Die Temperatur in der Pflanze nach dem Argonspülen wurde dabei nochmals auf 1530 °C reduziert. Um Heißrisse zu vermeiden, die durch die lineare Kontraktion bei der Erstarrung hervorgerufen werden, wurde eine möglichst geringe Gießtemperatur angestrebt. Eine derart geringe Gießtemperatur ist bei konventioneller Gießtechnik aufgrund von Kaltlauf nicht realisierbar. Das Gießen der Bauteile mit der HOLLOWEX Shroud verlief demgegenüber unauffällig; es gab keine Probleme mit vorzeitig erstarrtem Metall. Das Gießen der separat gegossenen Proben stellte sich jedoch, aufgrund von am Ausguss erstarrten Metalls, als problematisch heraus. Um diese Problematik zukünftig zu vermeiden, wurden die Prüfkörper als angegossene Proben ausgeführt. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde die HOLLOWEX Shroud in die reguläre Serienfertigung dieses Gussteils implementiert. Es wurden mit dieser Technologie bisher mehr als 100 Stück dieses Planetenträgers erfolgreich gegossen. Die Ergebnisse der Metallpulver- und Röntgenprüfungen dieser Gussteile sind unauffällig. Des Weiteren wurde die HOLLOWEX Shroud erfolgreich bei der Serienfertigung noch größerer Planetenträger (3500 kg Gießgewicht) etabliert.

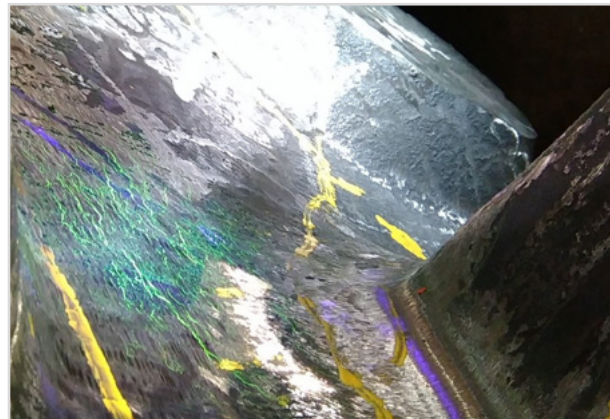


Abb. 11a: Haarrisse hervorgerufen durch turbulente Formfüllung

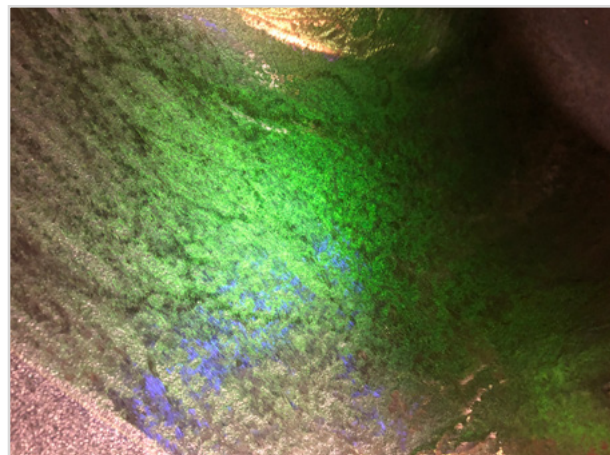


Abb. 11b: Gleicher Oberflächenbereich eines Gussteils mit reduziertem Austrittsquerschnitt

FALLSTUDIE: RADNABE EINES BERGBAU-LKW

Die Radnabe wurde aus dem Werkstoff GS-22 NiMoCr 56 mit einem Gießgewicht von 1200 kg gefertigt. Das Schmelzen erfolgte in einem Lichtbogenofen. Die anschließende Argonspülung in der Pfanne dauerte 5-6

Minuten. Das eingesetzte Schutzrohr wies einen Auslassdurchmesser von 35 mm auf. Bei einer Gießtemperatur von 1560-1570 °C betrug die Gießzeit 35-40 s. Es wurden sechs Gussteile aus einer Pfanne gegossen. Dieser Sachverhalt zeigt, dass mit der HOLLLOTEX Shroud Technologie auch mehrere, aufeinanderfolgende Abgüsse aus einer Pfanne problemlos gegossen werden

können (**Abbildung 12a und b**). Die Gussteile durchliefen die Ultraschall- und Magnetpulverprüfung ohne nennenswerte Beanstandungen (**Abbildung 12c und d**). Insgesamt wurde der Produktionsprozess ohne Verzögerungen und zusätzliche Nacharbeitskosten durchlaufen.



Abb. 12a: Radnabe mit HOLLLOTEX Shroud gefertigt



Abb. 12b: Oberfläche des Gussteils im oberen Bereich nach dem Strahlputzen



Abb. 12c: Magnetpulverprüfung nach dem Abschrecken

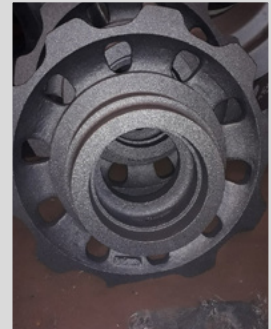


Abb. 12d: Oberseite des Gussteils nach Ultraschall- und Magnetpulverprüfung

FALLSTUDIE: RADNABE EINES GROSSEN BERGBAU-LKW

Die Radnabe wurde aus dem Werkstoff GS-22 NiMoCr 56 mit einem Gießgewicht von 3000 kg hergestellt. Die mit konventioneller Technologie hergestellten Gussteile wiesen erhebliche Fehlstellen auf, die bei der

Magnetpulverprüfung im oberen Bereich des Gussteils unterhalb des Kerns festgestellt wurden (**Abbildung 13a & b**). Derartige Fehlstellen rufen umfangreiches Schweißen und nochmalige Kontrollen hervor. Besonders kritisch waren aber besonders kleine Fehlstellen, die erst bei der Endbearbeitung aufgedeckt wurden und zu Ausschuss führten. Bei fünf derartigen Gussteilen wurde die HOLLLOTEX Shroud eingesetzt. Der Ausgangsdurchmesser

des Schutzrohrs betrug 45 mm (**Bild 13c**). Das Schmelzen erfolgte wiederum in einem Lichtbogenofen und die anschließende Argonspülung in der Pfanne dauerte 10 Minuten. Die Gießtemperatur betrug 1550-1560 °C und die Gießzeit 45-50 s. Mit der Anwendung der HOLLLOTEX Shroud konnten Sandeinschlüsse, Blasen und Anzeigen bei der Magnetpulverprüfung nahezu vollständig eliminiert werden (**Abbildung 13d**).

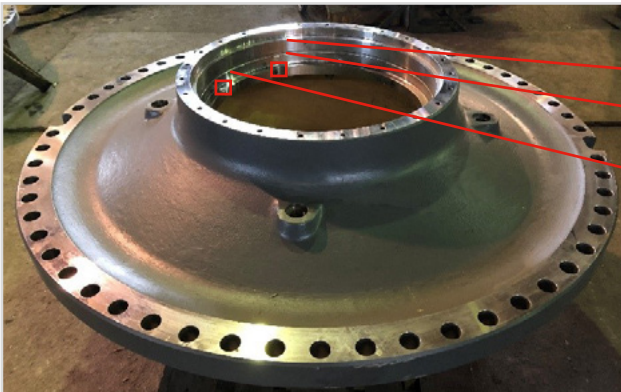


Abb. 14a: Fehlstellen nach der Endbearbeitung

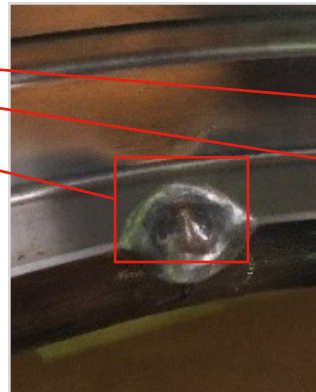


Abb. 13b: Beseitigung des Fehlers und Schweißen

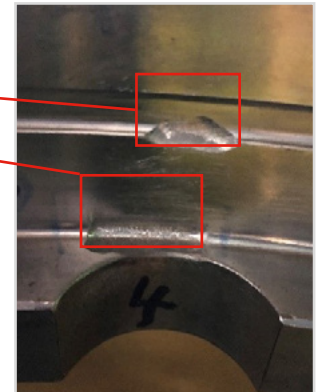


Abb. 13c: Gussteil mit HOLLLOTEX Shroud gefertigt



Abb. 13d: Gussteil nach der Magnetpulverprüfung

FALLSTUDIE: AUSLEGER EINES BAGGERARMS

Das Gussteil wurde aus einem modifizierten GS-24 Mn 6 mit einem Gießgewicht von 5000 kg gefertigt. Dieses sehr komplexe Gussteil wies eine große Oberfläche und ausgeprägte Wanddickenunterschiede auf. Bei den vorherrschenden Fehlern handelte es sich um Sand- und Schlackestellen sowie tiefe Gasblasen, die vor allem im oberen Bereich des Gussteils festgestellt wurden (**Abbildung 14a & b**). Um die Nacharbeit

zu reduzieren, waren bereits umfangreiche Versuche bezüglich einer Optimierung der Gießtechnik vorausgegangen, die aber kein zufriedenstellendes Ergebnis erbrachten. Beim Gießen mehrerer dieser Armausleger mit HOLLLOTEX Shroud wurde ein Schutzrohr mit einem Ausgangsdurchmesser von 45 mm eingesetzt. Das Schmelzen erfolgte in einem Lichtbogenofen und das Argonspülen in der Pfanne erfolgte innerhalb von 5-6 Minuten. Die Gießtemperatur betrug ca. 1550 °C und die Gießzeit 72-90 s. Das Gießsystem wurde an der Unterseite des Gussteils mit Hilfe von dünnen, ovalen

Anschnitten angebunden, um Hot-Spots zu reduzieren (**Abbildung 16a & b**). Sand- und Schlackefehler wurden bei der anschließenden Qualitätsprüfung an der Oberfläche nicht festgestellt und darüber hinaus waren die Gussteile frei von Gasblasen (**Abbildung 17a & b**). Es wurde eine deutliche Reduzierung der Nacharbeiten erreicht und da Schweißen der hauptsächlich limitierende Prozessschritt war, auch eine Steigerung der Produktionskapazität.



Abb. 14a: Typische Gasblasen an der Oberseite des Gussteils



Abb. 14b: Massive Sandeinschlüsse an der Oberseite des Gussteils

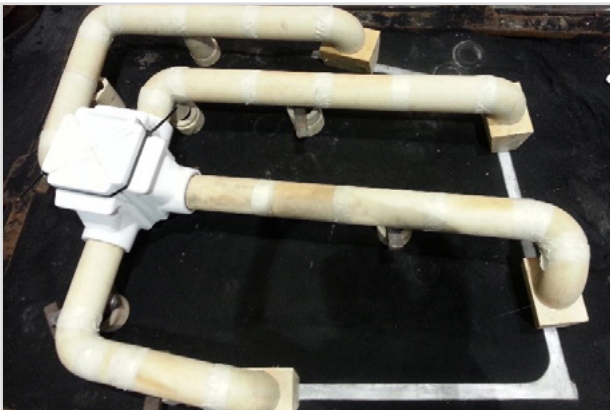


Abb. 15a: Aufbau des Filtergehäuses der HOLLLOTEX Shroud und des Gießsystems



Abb. 15b: Mit HOLLLOTEX Shroud gefertigtes Gussteil nach dem Strahlprozess



Abb. 16a: Oberfläche des mit HOLLLOTEX Shroud gefertigten Gussteils



Abb. 17b: Oberfläche frei von Sandstellen oder Gasblasen

ZUSAMMENFASSUNG

Die HOLLLOTEX Shroud ist eine innovative Technologie für den effektiven Schutz des Gießstrahls, die es den Gießereien ermöglicht, die derzeitigen Anforderungen an die Gussqualität zu erfüllen und zu übertreffen sowie die mechanischen Eigenschaften deutlich zu verbessern. Fehlerfreie Gussteile durchlaufen den Nachbearbeitungsprozess in der Gießerei

deutlich schneller und ermöglichen es so, auch kurzfristige Liefertermine realisieren zu können. Dieses verschafft der Gießerei einen Wettbewerbsvorteil, da sie als zuverlässiger Lieferant und bevorzugter Partner mehr Aufträge erhält.



Wesentlichen Vorteile der HOLLLOTEX Shroud

- Verbesserter Gesundheits- und Arbeitsschutz durch Ummantelung des Gießstrahles
- Verbesserte Prozesssicherheit durch konstante Gussqualität
- Regulierung der Gießleistung
- Kürzere Lieferzeiten von Gussteilen
- Reduzierung der Gießtemperatur
- Reduzierung nicht zulässiger Fehler bei Röntgen- und Magnetpulverprüfung
- Reduzierter Nacharbeitsaufwand
- Verbesserung der mechanischen Eigenschaften
- Reduzierung der Umweltbelastung (reduzierter Energie- und Schweißdrahtverbrauch etc.)

QUELLEN

[1] Kiger, K.T., & Duncan, J.H. (2012): Air Entrainment Mechanism in Plunging Jets and Breaking Waves. Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 44, pp. 563-596.

[2] Campbell, J. (2015): Complete Casting Handbook: Metal Casting Processes, Metallurgy, Techniques and Design (2nd ed.). Oxford, UK: Elsevier.

KONTAKT



STEPHAN GIEBING

European Product Manager
Ferrous Filtration

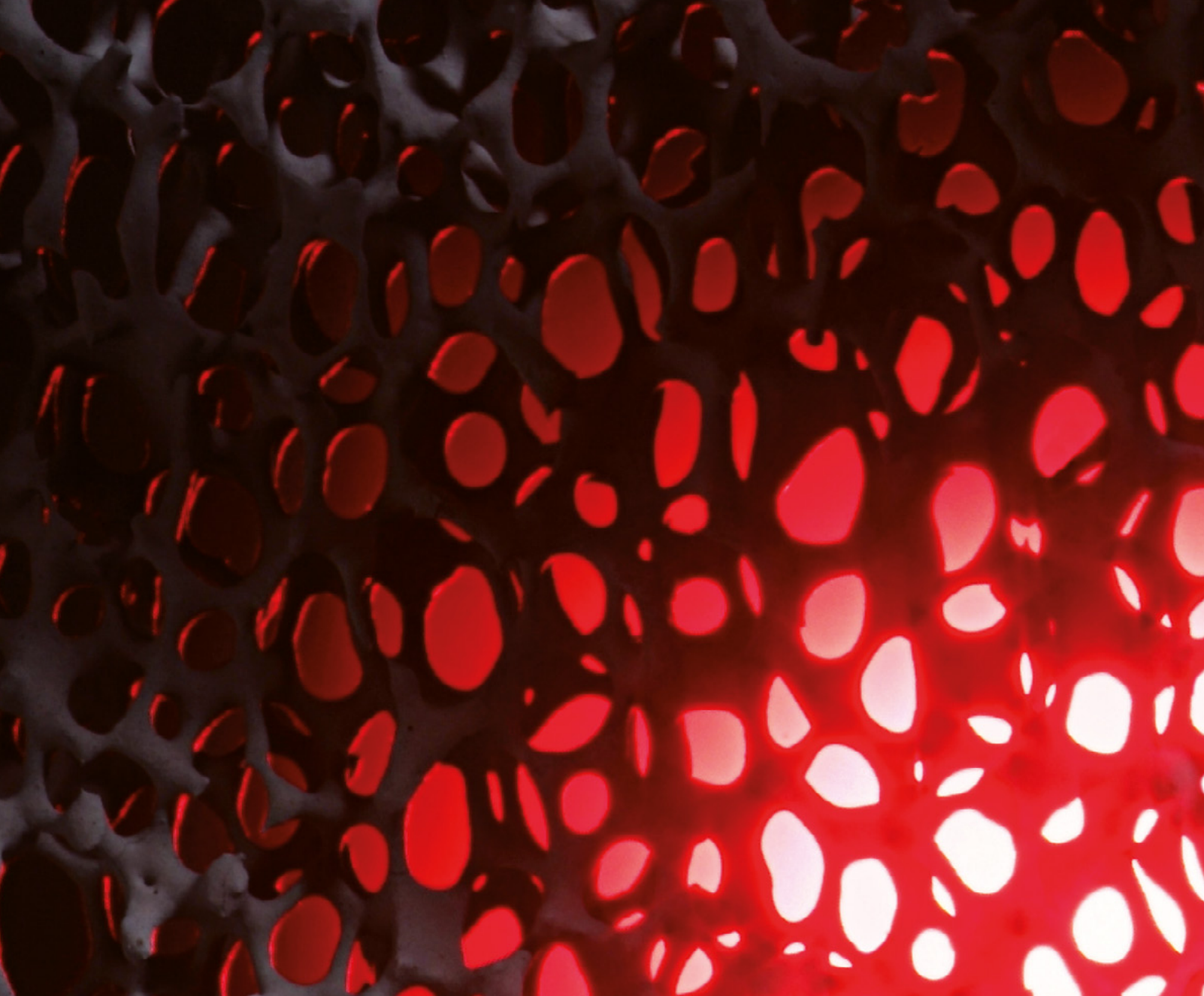
stephan.giebing@vesuvius.com

Tel.: +49 2861 83 285

MEHR ERFAHREN

Fallstudien / Animation
Webinaraufzeichnung...





SEDEX – EINE PRODUKTFAMILIE: VERSCHIEDENSTE PRODUKTMERKMALE FÜR UNTERSCHIEDLICHE ANFORDERUNGEN



FOSECO

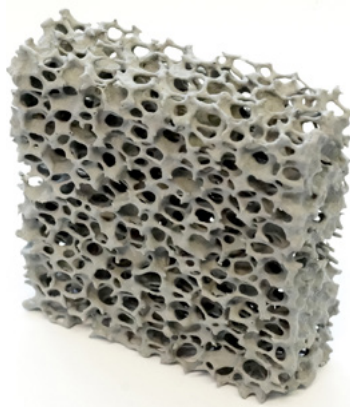
Autoren: Stephan Giebing und Andreas Baier

Bei der industriellen Fertigung von Erzeugnissen aus Gusseisen hat sich der Einsatz von SEDEX Filtern in den letzten Dekaden als anerkannter Stand der Technik etabliert. Die durch SEDEX Filter erzielte Abscheidung nichtmetallischer Verunreinigungen sowie die Strömungsberuhigung sind für eine wirtschaftliche Gussproduktion von integraler Bedeutung.

Im Rahmen der kontinuierlichen Weiterentwicklung von SEDEX Filtern sind die verschiedenen Produktmerkmale eingehend untersucht worden. Diese Untersuchungsergebnisse führten in der jüngeren Vergangenheit zur Markteinführung von zwei neuen keramischen Filtern in Schaumstruktur: SEDEX SUPER FLOW und SEDEX *ULTRA*, deren Eigenschaften und Potenziale hier im Vergleich zum bekannten SEDEX Filter diskutiert werden.

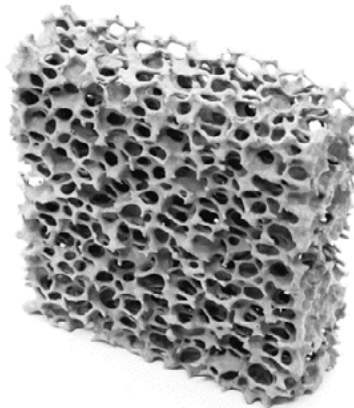
SEDEX FILTER

SEDEX Gießfilter werden seit mehr als 25 Jahren in Gießereien eingesetzt. Die Filter und ihre Anwendungstechnik wurden im Laufe der Jahre in Zusammenarbeit mit führenden Gießereien ständig verbessert. SEDEX Gießfilter sind ein Garant für die prozesssichere Herstellung von kostengünstigen Gussstücken.



SEDEX SUPER FLOW FILTER

Eine neue Generation von SEDEX Filtern mit einer gleichmäßigen offenporigen keramischen Schaumstruktur zur Entfernung von nichtmetallischen Verunreinigungen aus Eisenschmelzen. SEDEX SUPER FLOW hat eine verbesserte Schaumstruktur, die zu höheren Metalldurchflussraten führt, was den Einsatz von Filtern mit höherer Porosität ermöglicht und somit zu einer besseren Filtrationseffizienz führt.



SEDEX ULTRA FILTER

SEDEX *ULTRA* Filter stellen den neusten Stand der Technik unter den Filtern für den Eisenguss dar. Die Filter zeichnen sich durch einen vierseitigen Rahmen, der durch einen neuartigen Herstellungsprozess erzielt wird, aus. Durch diesen Rahmen wird die Handhabung der Filter deutlich verbessert.



GIESSTECHNISCHE UND STRÖMUNGSMECHANISCHE HINTERGRÜNDE

Die Abscheidung nichtmetallischer Verunreinigungen und die Strömungsberuhigung sind die beiden wichtigsten Funktionen von keramischen Filtern in Schaumstruktur innerhalb eines Gießsystems. Allerdings repräsentieren diese beiden Funktionen lediglich einen Teil der Erfolgsgeschichte der SEDEX Filter. Ein weiterer nicht zu unterschätzender Anteil geht auf das von Foseco entwickelte Konzept zur Gestaltung von Gießsystemen mit Filtern zurück. Im Gegensatz zu konventionellen Gießsystemen handelt es sich hier um eingusskontrollierte Gießsysteme, die eine Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeit bewirken und dadurch Turbulenzen während der Formfüllung minimieren. Die Kontrolle der Formfüllung in Bezug auf Geschwindigkeit bzw. Gießzeit erfolgt ausschließlich durch den in der Regel im Einguss platzierten geschwindigkeitsbestimmenden Querschnitt. Die Größe des Filters so zu wählen, dass der Filter in Bezug auf Durchflussmenge und -leistung niemals zum gießzeitbestimmenden Faktor während der Formfüllung wird.

Im Folgenden werden wir den durch gießtechnische Maßnahmen bedingten Druckabfall sowie den Einfluss von Filtern auf die Durchflussleistung näher untersuchen. Dabei gehen wir von einem Filter im Auslieferungszustand aus, das Zusetzen der Filter durch nichtmetallische Verunreinigungen wird nicht berücksichtigt.

Abb. 1 zeigt einige bei der Gestaltung von Gießsystemen übliche Komponenten wie das Rohr, das Erweiterungs- oder Reduzierstück, den Krümmer und das L-Stück. Die strömungstechnische Bedeutung ist ebenfalls angegeben sowie die in der Strömungslehre üblicherweise genutzten Gleichungen zur Berechnung des jeweiligen Druckabfalls, der durch diese strömungstechnischen Maßnahmen hervorgerufen wird. Dieser Darstellung zur Folge resultiert jede strömungstechnische Maßnahme in einem Druckabfall. Der Druckabfall wird durch den Strömungswiderstand der jeweiligen Komponente hervorgerufen

und ist abhängig von seiner Geometrie, aber auch von der Dichte und der Geschwindigkeit des strömenden Mediums. Der Druckabfall führt zu einer Reduzierung der Durchflussleistung. Dieser Sachverhalt trifft auch auf Drahtsiebe zu. **Abb. 2** zeigt den durch Drahtsiebe hervorgerufenen Druckabfall in Abhängigkeit von dem Drahtdurchmesser und der Maschenweite [1]. Bei gleichbleibender Maschenweite nimmt der Druckabfall mit zunehmendem Drahtdurchmesser zu. Auf der anderen Seite steigt der Druckabfall bei konstanter Drahtdicke und abnehmender Maschenweite.

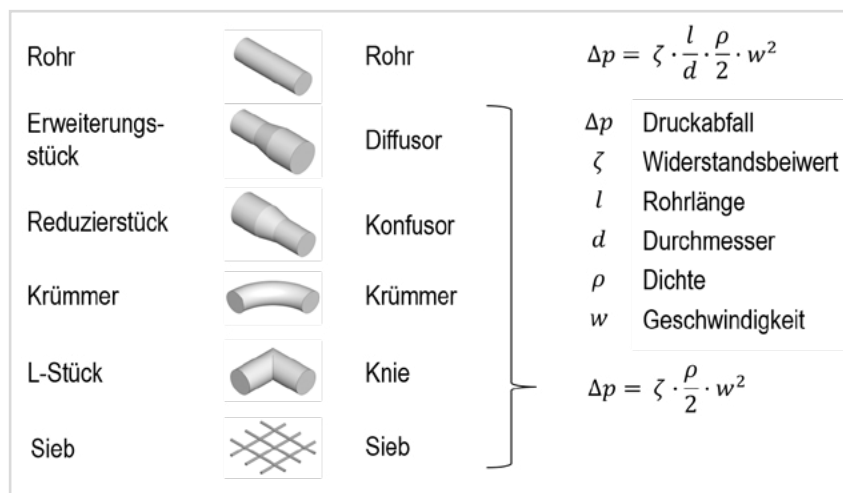


Abb. 1: Druckabfall durch verschiedene gießtechnische bzw. strömungstechnische Maßnahmen

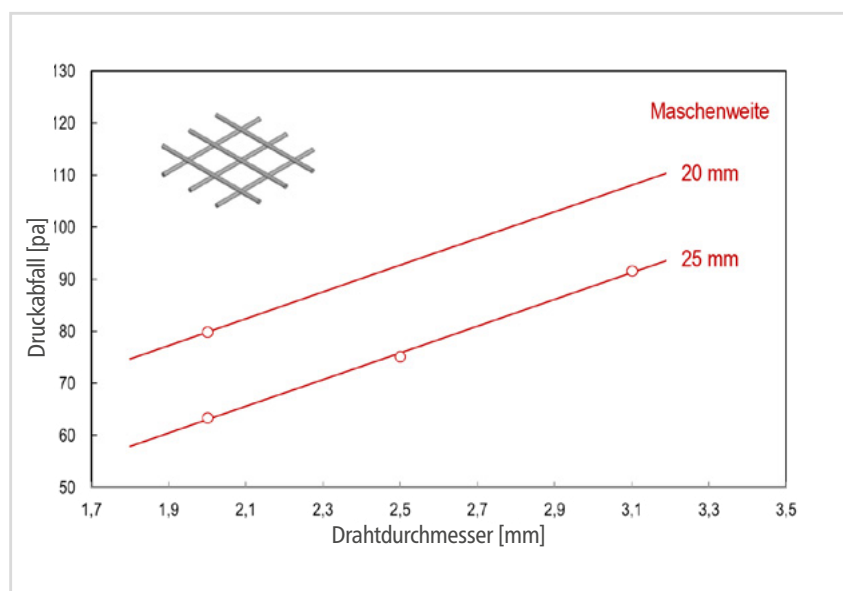


Abb. 2: Druckabfall durch Drahtsiebe in Abhängigkeit vom Drahtdurchmesser und der Maschenweite [1]

Die Merkmale Drahtdurchmesser und Maschenweite von Sieben können qualitativ auf keramische Filter in Schaumstruktur übertragen werden. Die Maschenweite entspricht der Porosität und der Drahtdurchmesser der Stegdicke. Das erklärt den bekannten Sachverhalt, dass bei gleicher Stegdicke und zunehmender Porosität der Druckabfall zu- und so die Durchflussleistung abnimmt. Auf der anderen Seite bewirkt eine Reduzierung der Stegdicke bei gleicher Porosität eine Abnahme des Druckabfalls, was zu einer Zunahme der Durchflussleistung führt.

BEDEUTUNG FÜR DEN EINSATZ IN DER GIESSEREIPRAXIS

Welche Bedeutung haben diese Sachverhalte für SEDEX SUPER FLOW und SEDEX ULTRA im Vergleich zum bekannten SEDEX? Beide Produkte sind gewichtsoptimierte Weiterentwicklungen des SEDEX Filters. Durch das niedrigere Filtergewicht wird eine geringere Stegdicke erzielt, die bei gleicher Porosität eine Reduzierung des Druckabfalls und eine Zunahme der Durchflussleistung zur Folge hat.

Beim SEDEX ULTRA stellt sich die Situation allerdings etwas komplexer dar. Über die Gewichtsreduzierung hinaus führt die Rahmenbildung zu einer Umverteilung der keramischen Masse innerhalb des Filters. Dieses resultiert beim SEDEX ULTRA in einer nochmals geringeren Stegdicke im Vergleich zum SEDEX SUPER FLOW und damit zu einer weiteren Reduzierung des Druckabfalls und zu einer Zunahme der Durchflussleistung. Die mechanische Integrität des Filters wird dabei durch den Rahmen unterstützt.

Der Einfluss von Gewichtsreduzierung und Rahmenbildung auf Stegdicke, Druckabfall und Durchflussleistung ist in **Abb. 3** schematisch dargestellt. Darüber hinaus zeigt **Abb. 4** vergleichend die Durchflussleistung der verschiedenen Produkte bei unterschiedlichen Porositätsklassen, die mit Hilfe von Wasser-Durchflussversuchen ermittelt wurde.

Zunächst ist **Abb. 4** am Beispiel des SEDEX Filters zu entnehmen, dass mit zunehmender Porosität die Durchflussleistung abnimmt. Die strömungstechnischen Hintergründe für diesen Sachverhalt wurden zuvor mit Hilfe der Analogie zu Drahtsieben erläutert. Darüber hinaus kann anhand der Porositätsklassen 20 und 30 ppi nachvollzogen werden, wie sich die Reduzierung der Stegdicke bei den weiterentwickelten SEDEX Filtern auf die Durchflussleistung auswirkt. Bei gleicher Porosität weist der SEDEX SUPER FLOW im Durchschnitt eine um ca. 8 % größere Durchflussleistung als SEDEX auf. Beim SEDEX *ULTRA* ist dieser Sachverhalt noch deutlicher ausgeprägt. Gegenüber SEDEX weist der SEDEX *ULTRA* bei gleicher Porosität im Durchschnitt eine ca. 15 % höhere Durchflussleistung auf.

Werden die in **Abb. 4** dargestellten Durchflussleistungen der Porositätsklassen 10, 20 und 30 ppi übergreifend verglichen zeigt sich, dass 20 ppi SEDEX SUPER FLOW und SEDEX *ULTRA* Filter Werte auf dem gleichen oder höheren Niveau wie 10 ppi SEDEX Filter aufweisen. Das gleiche Bild zeigt sich beim Vergleich von 30 ppi SEDEX SUPER FLOW und SEDEX *ULTRA* gegenüber 20 ppi SEDEX. Bedingt durch die Rahmenbildung und die damit verbundene geringere Stegdicke weisen SEDEX *ULTRA* Filter innerhalb einer Porositätsklasse grundsätzlich größere Durchflusswerte auf als SEDEX SUPER FLOW Filter.

Diese Durchflusseigenschaften ermöglichen den Einsatz feinerer Filter, was zu einer verbesserten Filtrationswirkung und dadurch zu einer Reduzierung des Ausschussanteils führt. Im Falle des SEDEX SUPER FLOW handelt es sich um den Einsatz von um eine Porenklasse feinerer Filter gleicher Größe und gleicher Durchflusskapazität im Vergleich zu SEDEX Filtern.

Die besonderen Durchflusseigenschaften des SEDEX *ULTRA* ermöglichen darüber hinaus den Einsatz kleinerer Filter, durch die eine Reduzierung des Kreislaufanteils und damit eine Kostenreduzierung bei der Gussteilfertigung erzielt wird. Des Weiteren weist der SEDEX *ULTRA* Filter aufgrund des geschlossenen Rahmens besonders günstige Eigenschaften für das automatisierte Einlegen von Filtern in die Gießform auf.

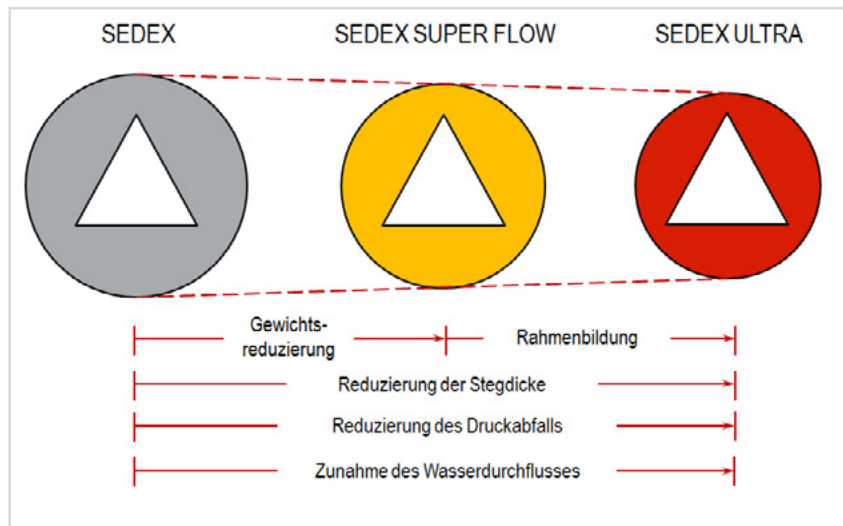


Abb. 3: Reduzierung der Stegdicke von keramischen Filtern in Schaumstruktur durch Gewichtsreduzierung und Rahmenbildung und deren Einfluss auf Druckabfall und Durchflussleistung (schematisch)

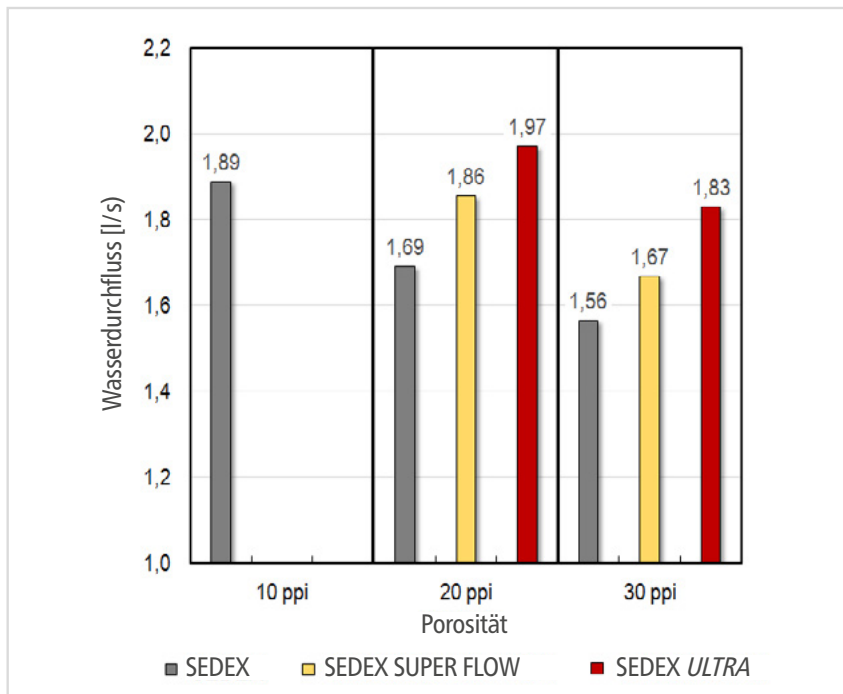


Abb. 4: Wasserdurchfluss der verschiedenen SEDEX Varianten bei 10, 20 und 30 ppi (50x50x22 mm)



Die Vorteile der weiterentwickelten SEDEX SUPER FLOW und SEDEX *ULTRA* Filter können folgendermaßen zusammengefasst werden:

Vorteile von SEDEX SUPER FLOW Filtern

- Offenerere Filterstruktur durch geringere Stegdicke
- Einsatz feinerer Filter gleicher Größe
- Reduzierung des Ausschussanteils durch verbesserte Filtrationswirkung

Vorteile von SEDEX *ULTRA* Filtern

- Besonders offene Filterstruktur durch geringere Stegdicke
- Einsatz kleinerer und feinerer Filter
- Reduzierung des Ausschussanteils durch verbesserte Filtrationswirkung
- Reduzierung des Kreislaufanteils durch den Einsatz kleinerer Filter
- Steigerung der Produktivität durch verbessertes Handling

Im Rahmen dieser Veröffentlichung werden vorrangig die Durchflusseigenschaften der verschiedenen Produkte und deren Anwendungsmöglichkeiten diskutiert. Grundvoraussetzung für derartige Entwicklungsarbeiten ist, dass andere Produktmerkmale wie Maßgenauigkeit, Kaltdruckfestigkeit und die durch den Impingementtest ermittelte Thermoschockbeständigkeit nicht negativ beeinflusst werden.

Über die Grundlagen der Qualitätssicherung von SEDEX Filtern wurde bereits in der Vergangenheit berichtet [2]. Darüber hinaus werden die Anforderungen an keramische Filter in Schaumstruktur durch die BDG-Richtlinie P100 definiert [3].

ANWENDUNGSBEISPIELE

SEDEX SUPER FLOW - REDUZIERUNG DES AUS-SCHUSSANTEILS DURCH EINSATZ FEINERER FILTER

Die Auswirkungen des Einsatzes feinerer SEDEX SUPER FLOW Filter und der daraus resultierenden verbesserten Filtrationswirkung sollen anhand von Schwenklagern aus GJS (**Abb. 5**) diskutiert werden.

Ursprünglich wurden diese Bauteile mit einem Gießgewicht von 43,0 kg unter Verwendung von zwei SEDEX 50x50x22/10 ppi (spez. Durchflussmenge 0,86 kg/cm²) bei einer Gießzeit von 8 s gefertigt. In diesem Anwendungsfall ist das eingesetzte Magnesiumbehandlungsverfahren von besonderer Bedeutung. Die Behandlung erfolgt mit Hilfe des Inmould-Verfahrens, das aufgrund möglicher Filterblockaden problematisch sein kann. Vor diesem Hintergrund wird für SEDEX Filter in diesem Anwendungsfall eine maximale spezifische Durchflusskapazität von 1,0 kg/cm² empfohlen. Auch kommen unter diesen Bedingungen in der Regel 10 ppi SEDEX Filter der Dicke 15 oder 22 mm zum Einsatz.

Trotz dieser kritischen Anwendungsbedingungen konnte bei der Umstellung auf SEDEX SUPER FLOW 50x50x15/20 ppi die Gießzeit von 8 s beibehalten und die Gussteile prozesssicher gefertigt werden. Der Ausschuss wurde um ca. 40 % gesenkt. Aufgrund dieser sehr positiven Erfahrungen wurde das gesamte Gussprogramm der betreffenden Gießerei auf SEDEX SUPER FLOW Filter umgestellt.

SEDEX ULTRA - REDUZIERUNG DES KREISLAUFANTEILS DURCH DEN EINSATZ KLEINERER FILTER

Praxiserfahrungen haben gezeigt, dass aufgrund der besonderen Durchflusseigenschaften von SEDEX *ULTRA* Filtern eine höhere Durchflusskapazität erzielt werden kann. Je nach Anwendungsfall ermöglicht dieses eine bis zu 20 % kleinere Filterfläche bei gleichzeitigem Einsatz von um eine Porositätsklasse feineren Filtern gegenüber der ursprünglichen Anwendung von SEDEX Filtern.

Das in den **Abb. 6 bis 8** dargestellte Beispiel einer Schwingscheibe aus GJS zeigt, wie durch den Einsatz von SEDEX *ULTRA* Filtern das Ausbringen durch eine Reduzierung der Filterfläche verbessert werden konnte. **Abb. 6** zeigt zunächst die Ausgangssituation mit einem konventionellen Gießsystem ohne Filter. Die Gießzeit für diese Modelleinrichtung betrug 15,5 s bei einem Gießgewicht von 25,0 kg.

Anfänglich kam ein SEDEX 50x50x15/20ppi Filter zum Einsatz, da zu diesem Zeitpunkt SEDEX *ULTRA* Filter noch nicht verfügbar waren (**Abb. 7**). Durch diesen Umbau konnte der Ausschuss deutlich gesenkt, das Gießgewicht auf 23,7 kg verringert (0,95 kg/cm²), die Gießzeit auf 10,5 s reduziert und damit die Produktivität deutlich gesteigert werden. Die hier erzielten Einsparungen in Bezug auf Kreislaufanteil und Gießzeit sowie die damit einhergehende massive Steigerung der Produktivität sind lediglich ein Beispiel für den Nutzen keramischer Filter in Schaumstruktur und für die Erfolgsgeschichte von SEDEX Filtern.

Stillstand bedeutet bekanntlich Rückschritt. Daher wurde einige Jahre später in einer weiteren Optimierung der oben genannte Filter durch einen SEDEX *ULTRA* 40x40x15/20 ppi ersetzt (**Abb. 8**). In diesem speziellen Anwendungsfall bedeutet dieses eine Reduzierung der Filterfläche von 36 %. Abgesehen von der geänderten Filterposition wurde das Gießsystem unverändert übernommen. Durch diese Maßnahme konnte das Gießgewicht bei gleicher Gießzeit um weitere 0,2 kg gesenkt werden (1,47 kg/cm²). Auf Basis einer Jahresproduktion von 50.000

Schwingscheiben ergibt die Reduzierung des Gießgewichtes von 0,2 kg eine Kreislaufreduzierung von 10.000 kg.

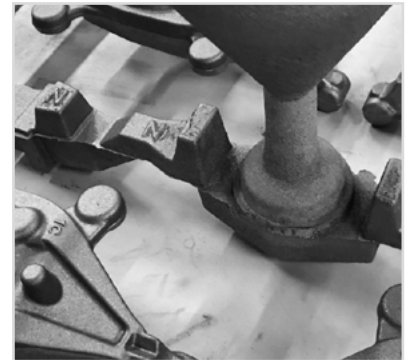


Abb. 5: Schwenklager aus GJS



Abb. 6: Schwingscheibe aus GJS - Ausgangssituation ohne Filter

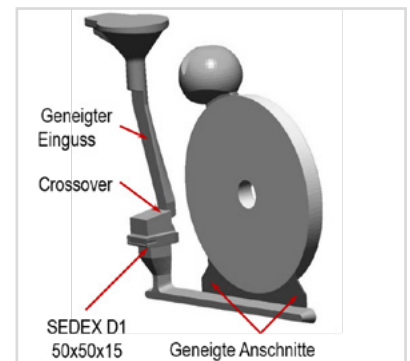
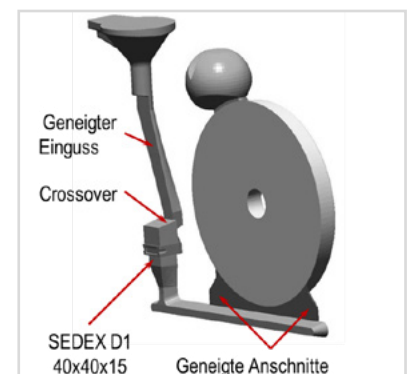


Abb. 7: Schwingscheibe aus GJS - Auslage mit SEDEX 50x50x15/20 ppi



Je nach Größe des eingesetzten Filters und der Filterposition kann das durch den Einsatz von SEDEX *ULTRA* Filtern realisierbare Einsparungspotenzial variieren. In Tabelle 1 werden die möglichen Einsparungen in Bezug auf Gewicht und Kosten anhand der weit verbreiteten Filterposition SEDEX FP4 für verschiedene Filtergrößen aufgezeigt. Die in Tabelle 1 dargestellten Verhältnisse werden in **Abb. 9** konkretisiert. Der ursprünglich genutzte SEDEX 60x60x22/10 ppi

wird durch einen SEDEX *ULTRA* 55x55x15/20 ppi ersetzt. In diesem Falle bedeutet dieses eine Reduzierung der Filterfläche um 16 %. Die entsprechende Filterposition weist ein um 0,5 kg geringeres Gewicht auf, was einer Kostenreduzierung von ca. 0,13 € entspricht (Schmelz- und Behandlungskosten 0,25 €/kg). Bei einem angenommenen jährlichen Verbrauch von 200.000 Filtern bedeutet dieses für die Gießerei eine Einsparung von 100.000 kg Kreislauf oder 25.000 €.

SEDEX		SEDEX <i>ULTRA</i>		Reduction	
FP4	Gewicht [kg]	FP4	Gewicht [kg]	Gewicht [kg]	Kosten [€]
50x50x22	1,53	45x45x15	1,15	0,37	0,09
50x75x22	2,38	55x55x15	1,52	0,86	0,22
60x60x22	2,02	55x55x15	1,52	0,50	0,13
50x100x22	3,2	67x67x15	2,55	0,66	0,17
100x50x22	2,89	67x67x15	2,55	0,35	0,09
75x75x22	3,46	67x67x15	2,55	0,91	0,23

Tabelle 1: Einsparungen in Bezug auf Gewicht und Kosten bei GJS durch den Einsatz von kleineren SEDEX *ULTRA* Filtern in der Filterposition SEDEX FP4 (Schmelz- und Behandlungskosten 0,25 €/kg)

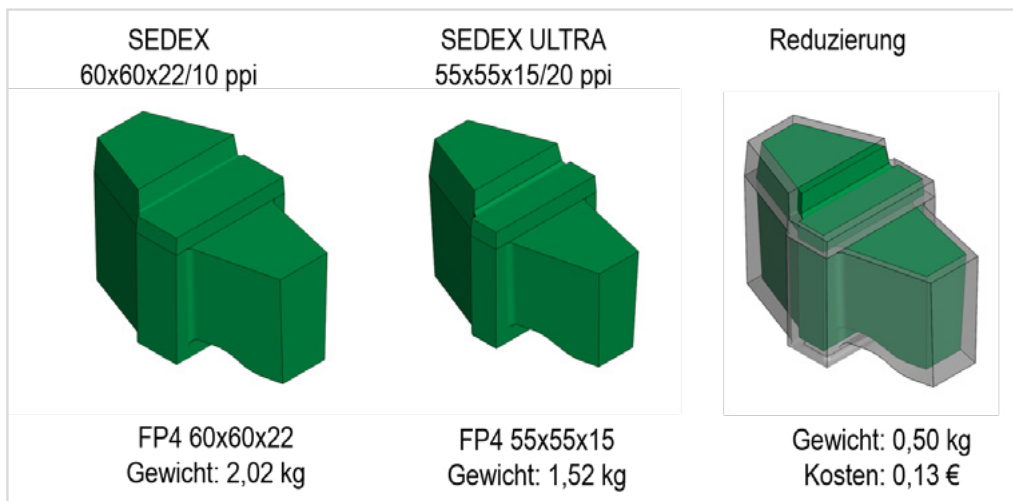


Abb. 9: Einsparung von Kreislauf durch den Einsatz kleinerer und feinerer SEDEX *ULTRA* Filter

SEDEX *ULTRA* - VERBESSERTE HANDHABUNGSEIGENSCHAFTEN

Das folgende Beispiel eines Trägers aus GJS und einem Gießgewicht von 11,4 kg verdeutlicht die günstigen Handhabungseigenschaften des SEDEX *ULTRA* Filters, die durch den vierseitig geschlossenen Rahmen realisiert werden konnten.

Ursprünglich wurde der in **Abb. 10** dargestellte Träger unter Einsatz eines SEDEX 40x40x15/10 ppi bei einer Gießzeit von 5 s gefertigt (0,71 kg/cm²). Durch die Umstellung auf einen SEDEX *ULTRA* 40x40x15/10 ppi konnte der durch den Kerneinleger in der Form positionierte Filter sicher platziert werden. Daraus resultierend konnte die Anzahl geformter Ballen von 300 auf 330 Stück/h gesteigert und die Produktivität um 10 % verbessert werden.

Außerdem ist dieser Träger auch ein Beispiel für die Reduzierung des Ausschussanteils durch den Einsatz feinerer SEDEX *ULTRA* Filter, denn im weiteren Verlauf des Projektes wurde auf den feineren SEDEX *ULTRA* 40x40x15/20 ppi umgestellt. Trotz der feineren Porosität von 20 ppi konnte die angestrebte Gießzeit von 5 s eingehalten werden. Der Einsatz des feineren 20 ppi SEDEX *ULTRA* Filters hatte eine Reduzierung des Ausschussanteils um 50 % zur Folge.



Abb. 10: Träger aus GJS - Verbessertes Handling und Einsatz feinerer SEDEX *ULTRA* Filter

ZUSAMMENFASSUNG

Die Einführung der bekannten und seit vielen Jahren fest etablierten SEDEX Filter hat maßgeblich zur wirtschaftlichen und prozesssicheren Fertigung von Erzeugnissen aus Gusseisen beigetragen. Die vorgestellten Weiterentwicklungen offenbaren weitere Möglichkeiten in Bezug auf Filtrationswirkung und Kreislaufreduzierungen. Die physikalischen Hintergründe wurden mit Hilfe von strömungstechnischen Überlegungen und anhand von Durchflussdaten erläutert. SEDEX SUPER FLOW Filter gestatten den Einsatz feinerer Filter gleicher Größe. Neben verbesserten Handlingeigenschaften ermöglichen SEDEX *ULTRA* Filter den Einsatz kleinerer und feinerer Filter.

LITERATUR

- [1] Bohl, W.; Elmendorf, W. (2014): Technische Strömungslehre. 15. Aufl., Vogel Buchverlag, Würzburg.
- [2] Giebing, S.; Baier, A. (2011): Prozesssicherheit durch sachgemäße Qualitätskontrolle. Foundry Practice 254.
- [3] BDG-Richtlinie P100 (2012): Keramische Filter in Schaumstruktur – Schaumkeramikfilter für Eisen- und Stahlguss. Düsseldorf.

KONTAKT



STEPHAN GIEBING

European Product Manager
Ferrous Filtration

stephan.giebing@vesuvius.com
+49 2861 83 285



ANDREAS BAIER

Technical Manager Ferrous

andreas.baier@vesuvius.com
+49 2861 83 294

MEHR ERFAHREN

Fallstudien / Broschüren /
Technische Produktdaten-
blätter...

DIE NEUE FEEDEX K TECHNOLOGIE - VAK

Autor: Christof Volks

Der Bedarf an Gussteilen mit immer dünneren Wandabschnitten und komplexeren Designs ist ein kontinuierlicher Trend in dem Gießereimarkt. Dieses führt zu Gussteilgeometrien mit einer größeren Anzahl an isolierten Abschnitten, welche eine Punktspeisung erfordern.

In diesem Artikel wird die Entwicklung und Optimierung der Anwendungstechnik von Aufformspeisern mit komprimierbarem Metallbrechkern behandelt. Die neueste Entwicklung ist das Ergebnis einer konsequenten Umsetzung von Erfahrungen im Bereich der Punktspeisung auf Hochdruckformanlagen.

MEHR ERFAHREN

Fallstudien, Videos,
technische Produktdaten-
blätter...



EINLEITUNG

Im Laufe der letzten 40 Jahre wurde die Entwicklung von Punktspisungs-Konzepten durch individuelle technische Anforderungen der Gießereien vorangetrieben. Änderungen im Fertigungsprozess der Gießereien, die beispielsweise zu höheren Formdrücken führten, mussten mit modifizierten Punktspisungskonzepten kompensiert werden.

Kostendruck und die immer komplexeren Gussteilgeometrien, die durch den Endkunden gefordert wurden, beeinflussten die Nachfrage nach reduzierten Speiserkontakt- und Speiserstellflächen. Dieses führte zur Entwicklung von Lösungen, die in Kombination mit einem optimierten Ausbringen, die niedrigsten Schleif- und Putzkosten erzielten.

ENTWICKLUNG DES KOMPRIMIERBAREN METALLBRECHKERNS

2004 wurde eine neue Generation von Punktspisern entwickelt und auf den Markt gebracht, die den steigenden Anforderungen der Gießereien nachkam (Abb. 1)

Das Konzept eines verdichtbaren Metallbrechkerns bietet zwei entscheidende Vorteile:

- Der Formdruck wird teilweise durch das Komprimieren des Metallbrechkerns und der Verdichtung des darunter befindlichen Formsandes absorbiert, sodass dieses Design höheren Formdrücken standhält, als andere herkömmliche Lösungen.
- Die Höhe des Speiserhalses wird während des Formens reduziert, welches sicherstellt, dass der Speiserhals offen bleibt, bis der Guss erstarrt ist (Abb. 2 - Rechts).



Abb. 1: Auswahl aus dem Produktportfolio der FEEDEX K -Punktspiser mit Kompressorblech

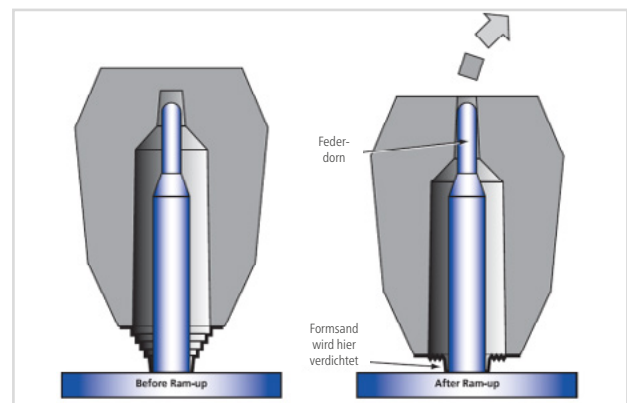


Abb. 2 : Speiser mit Metallbrechkern vor und nach der Verdichtung



Abb. 3: Anwendung von FEEDEX VAK



IN DEN LETZTEN 15 JAHREN HAT SICH DIESES SPEISERPRODUKT ALS ZUVERLÄSSIGE ANWENDUNGSLÖSUNG FÜR VIELE VERSCHIEDENE GIESSEREIEN ERWIESEN.

NEUESTE PUNKTSPEISER-ENTWICKLUNGEN

Eine Weiterentwicklung, die 2015 gestartet wurde, nutzt die Vorteile von Punktspeisern mit Kompressorblechen wie beispielsweise gleichbleibende Abschlagflächen, konstante Speiservolumina und hervorragende Formbarkeit. Das neue Design ermöglichte die Reduzierung der Wandstärken des Metallbrechkerns, wobei diese immer noch für den Einsatz in Hochdruckformanwendungen geeignet sind. Die Geometrie wurde von einem abgestuften zu einem gerillten Design geändert (Abb. 4).

Das neue Speiserkonzept ermöglichte eine Montage des Metallbrechkerns mit dem Speiser, ohne Verwendung von Klebstoffen mittels eines Einpressvorgangs. Der Brechkern selber ruht auf einem kleinen Sockel in der Öffnung des Speisers. Während des Formvorganges wird der gerillte Bereich des Metallbrechkernes verdichtet. Gleichzeitig bewegt sich der Hauptkörper des Speisers nach unten, in Richtung der Modellplatte, wodurch der Formsand zwischen Speiser und Modellplatte optimal verdichtet wird (Abb. 5).

Nach einer vollständigen Komprimierung wird der Großteil des Stahlbleches durch das hochexotherme Speisereinsatzmaterial erhitzt. Hierdurch sind im Vergleich zum Stufenblech nur noch 50% des Bleches im direkten Kontakt zum Formsand (Abb. 6). Verschiedene Feldversuche zeigten dadurch ein gleichwertiges oder sogar besseres Durchspeisungsverhalten im Vergleich zum bisherigen Konzept mit vergleichbaren guten Abschlagsergebnissen. (Abb 7).

Heute stellt FEEDEX VAK eine weitere Produktlösung dar, die bereits in einer großen Anzahl von Anwendungen in der Gießereiindustrie eingesetzt wird.

FAZIT

Das Konzept der komprimierbaren Metallbrechkerns bietet mehrere entscheidende Vorteile, z.B. gleichbleibend gute Formergebnisse auch bei höchsten Formdrücken, sowie verringerte Stell- und Kontaktflächen. Weiterentwicklungen führten zu einem verbesserten Design mit hervorragenden Durchspeisungseigenschaften. Die technischen Vorteile dieses Konzeptes wurden durch ein umfangreiches Testprogramm und Feldversuche validiert.

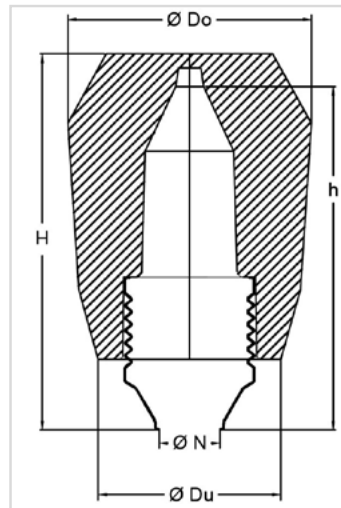


Abb. 4: Prinzipskizze des Kompressorbleches der neuen Generation in Kombination mit einem Speiser



Abb. 5: Neues Speiserkonzept vor und nach der Verdichtung – typischerweise mit 8 - 15mm Abstand zwischen Speiser und Gussteil



Abb. 6: Vergleich des neuen und des alten Designs nach der Anwendung



Abb. 7: Abschlagergebnis und Restspeiser des neuen Punktspeisungskonzeptes – Ein dichtes Gussteil bei dem weitere Putzarbeiten nicht erforderlich sind

KONTAKT



CHRISTOF VOLKS

Intl Marketing Manager
Feeding Systems

christof.volks@vesuvius.com

Tel.: 49 2861 83 243



5

MAGMASOFT® 5.4
autonomous engineering



VIRTUELLES EXPERIMENTIERFELD MIT DEM FOSECO PRO MODUL

Neue Speiserformen, Rezepturen, Anwendungen und unterstützende thermophysikalische Daten für eine verbesserte Gussqualität.

Autor: Máirtín Burns

Foseco ist Marktführer für Gießereihilfsstoffe für die globale Gießereiindustrie. Mit technischem Personal im gesamten Absatzmarkt agieren Foseco Anwendungstechniker in einem partnerschaftlichen Verhältnis mit dem Kunden der Gießereibranche, um gemeinsam individuelle Lösungen zu erarbeiten. Dieser kombinierte Lösungsansatz erlaubt eine flexible und zielgerichtete Anpassung der Foseco Produkte, sowie prozessgesteuerte Technologien maßgeschneidert auf individuelle Kundenbedürfnisse.

KONTINUIERLICHE TECHNOLOGISCHE WEITERENTWICKLUNG

Kontinuierliche technologische Entwicklung lenkt die Innovationen im Gussdesign und stellt die Gießereien vor immer neue und unterschiedliche Herausforderungen. Die Stärke von Foseco ist es, das Fachwissen des globalen technischen Netzwerkes mit lokalem Wissen zu vereinen und Lösungen für neue technische Anforderungen gemeinsam mit dem Kunden zu erarbeiten.

Um qualitativ hochwertige Gussteile auf den Markt zu bringen, ist es für die Gießertechnik erforderlich, sich ständig weiterzuentwickeln. Hierbei ist eine Kombination aus technischem Wissen, praktischer Erfahrung, Problemlösungskompetenz und "menschlicher" Intelligenz, zusammen mit einer ständigen Investition in Engineering- und Produktionstechnologie notwendig. Ein wichtiger Teil dieses Know-hows ist die erfolgreiche Nutzung der Computertechnologie, um die Komplexität der kommerziellen Herstellung von Gussteilen zu beherrschen.

Simulationstechnik ist daher ein wichtiges technisches Element, um Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Die Anwendungsmethodik und die Wahl der verwendeten Gießereihilfsstoffe spielen für Gussqualität und Produktionskosten eine bedeutende Rolle. Für neu designte aber auch für vorhandene Gussteile bietet die Computermodellierung mit dem Simulationstool MAGMASOFT® wertvolle Erkenntnisse, bevor Modellplatten oder Prozessänderungen vorgenommen werden. Dieses visuelle Analysewerkzeug hilft, ein gemeinsames Verständnis eines Problems oder einer Gelegenheit zu erforschen und nachfolgend zu ermitteln, wie es am besten gelöst werden kann.

Durch die enge Zusammenarbeit und den gemeinsamen Aktivitäten zwischen FOSECO und MAGMA gelingt es einen echten Mehrwert in den Bereichen Technologieentwicklung und Know-how für den Gießer zu entwickeln. Beide Partner wollen gemeinsam das Know-how der Gießerei in den Bereichen verbessertes Anschnitt- und Speiserdesign, solide Produktionspraktiken und ein besseres Bewusstsein für Kosten- und Qualitätsabwägungen vorantreiben. Hieraus resultieren verbesserte Lösungen und noch wettbewerbsfähigere Gussteile. Die Basis

für diesen Ansatz ist die Fähigkeit, Foseco Produkte zu quantifizieren und effektiv zu modellieren. Dies erfordert die Bestimmung der wichtigsten Materialeigenschaften mithilfe fortschrittlicher Messtechniken und deren anschließender Validierung in MAGMA. Die daraus resultierenden Informationen werden dem Gießer in dem FOSECO Pro Modul für MAGMASOFT® zur Verfügung gestellt.

Foseco arbeitet kontinuierlich an der Entwicklung neuer Produkttechnologien und Anwendungstechniken, um den sich ständig ändernden Anforderungen der Kunden gerecht zu werden. Die Simulation mit MAGMA spielt eine wichtige Rolle beim virtuellen Experimentieren und bei der Entwicklung neuer Speiser. In der Pro Modul Datenbank werden neue Ergänzungen der Foseco Speiser-Produktpalette bereitgestellt, damit MAGMA Anwender sie in ihre täglichen Methodenanalysen und Optimierungsarbeiten integrieren können.



Das Foseco Pro Modul ist eine parametrische 3D-Bibliothek von Speiser- und Filterprodukten, kombiniert mit proprietären thermophysikalischen Daten, die direkt in MAGMASOFT® integriert wurden. Der Hauptvorteil besteht darin, dass die Zeit zum Einrichten, Modellieren und Simulieren von Foseco Produkten verkürzt wird. Durch eine bessere Korrelation zwischen realen und simulierten Gussergebnissen erzielt die Gießerei eine verbesserte Gussqualität und robustere Produktionsprozesse.



Abb. 1: Die gemeinsame Methodenkompetenz von Foseco ist eine komplexe Kombination aus Gießertechnik, Produkt- und Rezepturenentwicklung, Anschnitt- und Speiserdesign und Simulation von Gießprozessen.

BEISPIELE

Beispiele der jüngsten Entwicklungen sind die Produktreihen FEEDEX VAK und FEEDEX SCK (Sleeve Construction Kit), die in der neuesten Version von MAGMASOFT® 5.4 integriert wurden.

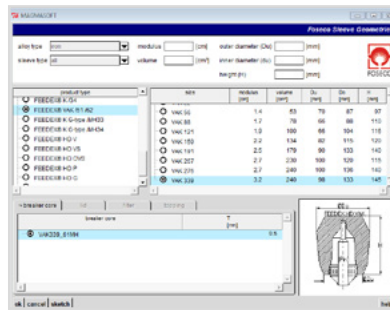


Abb. 2a: FEEDEX VAK in der Foseco Pro-Modul-Oberfläche

FEEDEX VAK ist eine Weiterentwicklung der bewährten Kompressor-Punkt-Speiser-Technologie für Grau- und Sphäroguss und Gusseisen mit Vermiculargraphit. FEEDEX VAK-Speiser sind mit einem patentierten, komprimierbaren Metall-Brechern ausgestattet, welche eine präzise Punkspeisung auf kleinsten Aufstandsflächen ermöglichen. Die VAK / 61-Serie ist für Formanlagen mit Standardformdruck und die VAK / 62-Serie ist für höhere Formdrücke ausgelegt. Die Metall-Brechkerne sind so konstruiert, dass eine zuverlässige Durchspeisung und ein optimales Abtrennverhalten des Restspeisers nach dem Gießen gewährleistet wird.

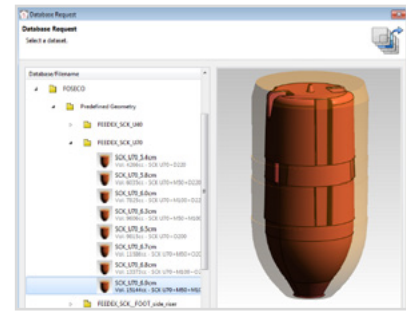


Abb. 2b: FEEDEX SCK-Bereiche in der Geometriedatenbank

Das FEEDEX SCK-Speisersystem ist ein innovatives, hybrides Baukastensystem, welches auf der Kombination von isolierenden und exothermen Bauteilen beruht. Das modulare System wurde für Eisen- und Stahlgießereien entwickelt. Das ineinandergreifende und montagefreundliche Sortiment von 8 Elementen bietet 31 Optionen (23 Eisen- und 8 Stahlelemente) mit Modulwerten zwischen 5,4 cm und 6,9 cm für eine Präzisions-Speisung bei großen Gussteilen. SCK bietet Flexibilität, Speisungseffizienz und kleine Kontaktflächen und optimiert so das Ausbringen und die Kosten für Nacharbeiten.

Um die SCK-Technologie in das Pro-Modul aufzunehmen, musste ein Materialdatensatz entwickelt werden, der die thermischen Eigenschaften des isolierenden Speiser-Halsmaterials C6_SCK beschreibt. Unter Verwendung eines Verfahrens, das zuvor in dem gemeinsamen Foseco MAGMA-Fachartikel „Erweiterte thermophysikalische Daten für die Simulation von Gießprozessen - die Bedeutung genauer Speisereigenschaften“ beschrieben wurde, begann der Prozess zur Entwicklung eines Materialdatensatzes im globalen Foseco Forschungs- und Entwicklungszentrum für Gießereien

in Enschede in den Niederlanden. Die Materialeigenschaften wurden zuerst im Labor ermittelt, um einen Basisdatensatz zu definieren. Eine eigens dafür entwickelte Gießform ermöglicht die Messung der Temperaturen im Guss- und Speisermaterial. Der reale physikalische Aufbau wurde nach den Messungen modelliert und die tatsächlichen Randbedingungen virtuell in MAGMA übertragen. Unter Verwendung der inversen Funktion zum Anpassen gemessener und berechneter Kurven wurde eine Reihe von Simulationsexperimenten durchgeführt. Hierbei wurden die endgültigen Materialeigenschaften für die

Verwendung in MAGMA verifiziert und verfeinert.

MAGMA ist weltweit führend in der Entwicklung von Software zur Simulation von Gießprozessen. Mit MAGMASOFT® v5.3 wurde im Jahre 2015 erstmals eine vollständig integrierte Methode zur Optimierung und virtuellen Versuchsplanung (D.O.E.) eingeführt. Die aktuelle Version MAGMASOFT® 5.4 erweitert die Fähigkeit zur umfassenden Modellierung und Simulation aller Phasen eines breiten Spektrums von Gussherstellungs- und Gießereiprozessen.

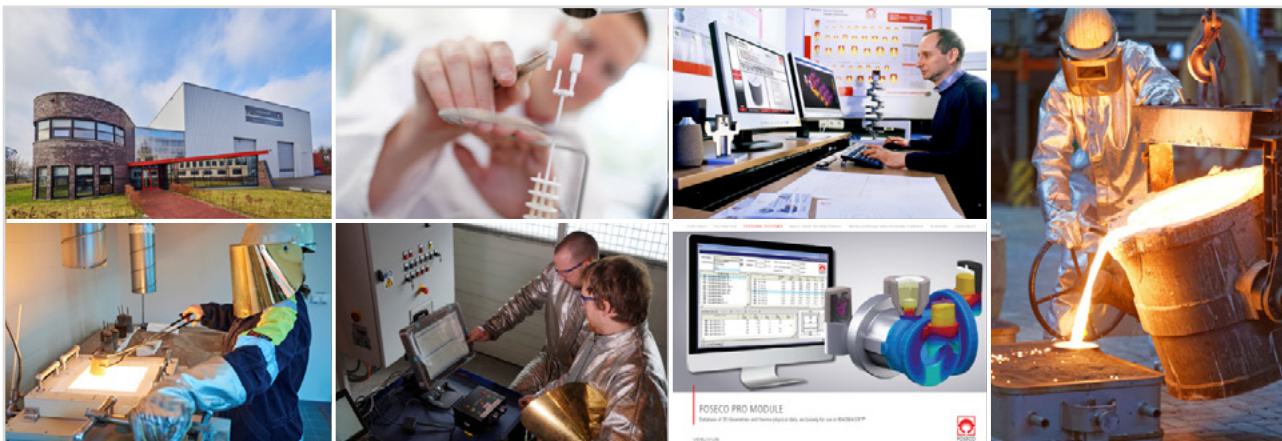


Abb. 3: Entwicklung thermophysikalischer Daten für Speiser im globalen F&E-Zentrum von Foseco in Enschede

Diese neue Generation von Hilfsmitteln bietet dem Benutzer die Möglichkeit, die Simulationsergebnisse visuell zu analysieren und statistisch auszuwerten. Die statistischen Auswertungsinstrumente geben einen relativen numerischen Wert für die speziell gewählten Kriterien an, der es dem Benutzer ermöglicht, konkurrierende Methoden, die ansonsten sehr schwierig oder unmöglich wären, quantifizierbar zu vergleichen. Ein Beispiel hierfür wäre die Quantifizierung der relativen Qualitätsunterschiede zwischen Vorschlägen für mehrere Anguss- oder Speisersysteme.

Ziel aller Simulationsmodelle ist es, die endgültigen Gusseigenschaften korrekt vorherzusagen. In allen Fällen sind genaue thermophysikalische Eigenschaften entscheidend für die endgültige Qualität der Simulationsergebnisse. Mit der neuen Generation moderner Simulationssoftware und Computerhardware kann der Gießer diese neuen Speiser-, Rezeptur- und Simulationstechnologien nutzen, um seine Gussherstellungsmethode zu optimieren.

OPTIMIERUNGSSTUDIE EINES ROLLENGUSS-TEILS AUS GJS

Die folgende Analyse ist ein typisches Beispiel dafür, wie mit dem Foseco Pro-Modul und MAGMASOFT® 5.4 eine Gießmethode untersucht und optimiert werden kann. Die Simulationsanalyse liefert wichtige Informationen für Entscheidungsprozesse in der Gießerei und liefert Erkenntnisse, die für zukünftige Guss simulationsanalysen relevant sein könnten.

Die Verwendung dieser neuen Generation von Simulationstechnologie-Hilfsmitteln, insbesondere der Methodik der virtuellen Versuchsplanung, erfordert einen etwas anderen Ansatz bei der Untersuchung eines Gussteils. Die Simulationsingenieure können eine unendliche Anzahl potenzieller Variablen variieren und analysieren und müssen einen effizienten Ansatz zum Einrichten und Ausführen von Optimierungs- und virtuellen Versuchsplanungsstudien verfolgen. Nachdem Sie zuerst die Ziele und Variablen betrachtet und definiert haben, müssen Sie das Modell korrekt vorbereiten und den D.O.E. definieren.

In der Abbildung 4, einem 1700 kg schweren Rollengussteil, besteht die Herausforderung darin, die massive Mitte des Gussteils zu speisen, wobei nur sehr wenig Platz für die Speiser vorhanden ist. Ähnliche Gussteile werden ausgiebig gekühlt, um die Erstarrung des Gussteils in Richtung der Speiser zu lenken. Ziel der Studie war es, herauszufinden, ob es möglich ist, die Gusskosten zu senken, indem entweder weniger Kühlleisen, kleinere Speiser oder weniger Materialzugabe in der Mitte des Gussteils verwendet werden können, während die Gussqualität konstant bleibt.

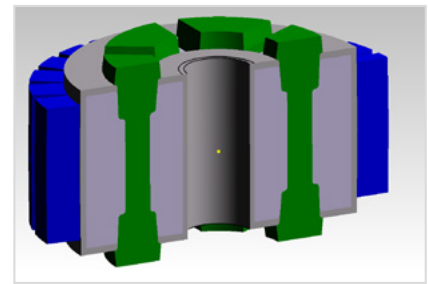


Abb. 4: Rollengussteil

Die Abbildungen 5a und 5b veranschaulichen die untereinander konkurrierenden Kompromisse zwischen zunehmender Anzahl der Materialzugabe auf Kosten einer Erhöhung des thermischen Modulus und Speisungsbedarfes, kombiniert mit

dem Einfluss, ob Kühlleisen in dem oberen / unteren Bereich verwendet werden. Kühlleisen verhindern zwar nicht die Schrumpfung, können diese aber gezielt lenken.

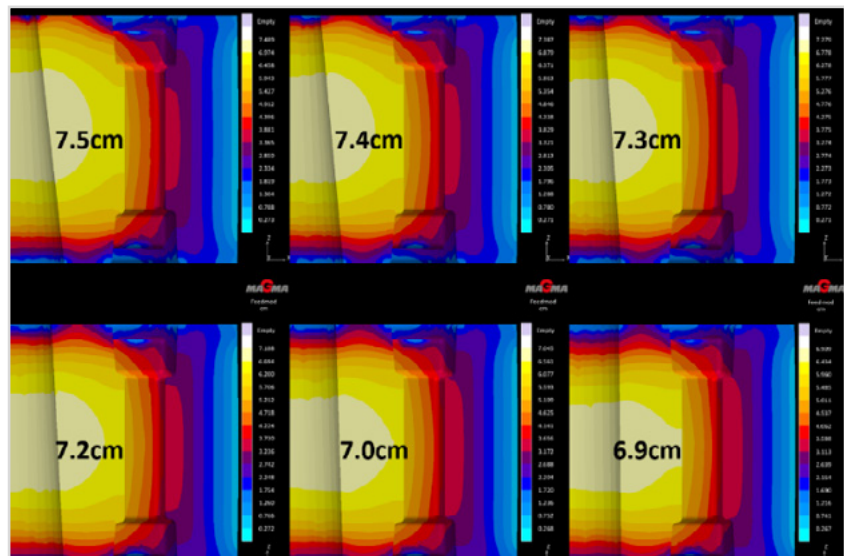


Abb. 5a: Einfluss der konischen Materialzugabe auf FEEDMOD-Ergebnis (ohne Speiser, mit allen Kühlleisen)

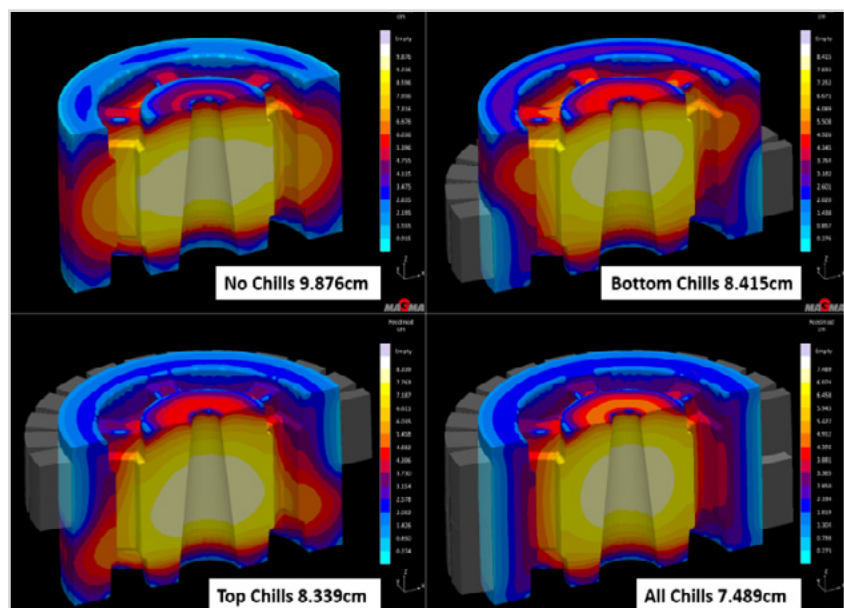


Abb. 5b: Einfluss unterschiedlicher Kühlleisen-Konfigurationen auf das FEEDMOD-Ergebnis

VARIABLEN

Um den bestmöglichen Kompromiss zwischen den konkurrierenden Faktoren zu ermitteln wurde ein D.O.E. eingerichtet, welches in der Übersicht in Abbildung 6 dargestellt ist. Die Gesamtzahl der Designs betrug 96.

Aus Effizienzgründen wurde dieses D.O.E. mit 96 Mustern mit einer relativ groben Maschenweite, ohne Angussystem gerechnet und daher wurde nur die Erstarrung betrachtet. Die Simulation wurde über Nacht auf einer 8 Kern Workstation simuliert.

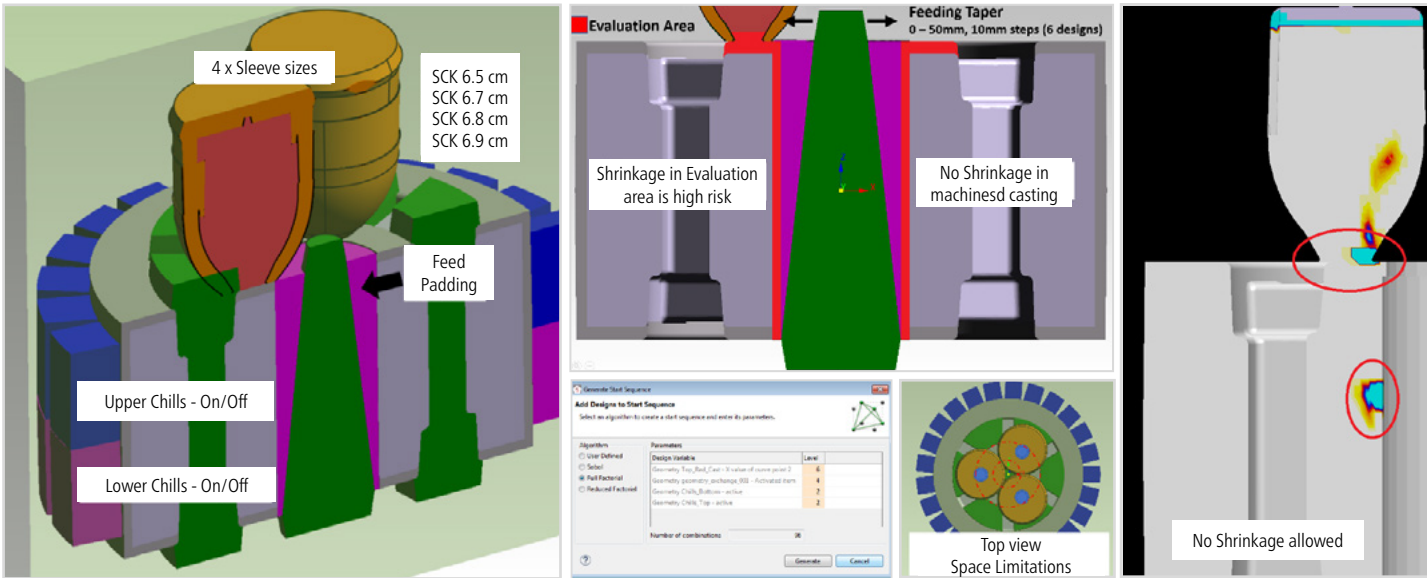


Abb. 6: Übersicht der Variablen, Speiser-Positionierungsbeschränkungen und der Größe des D.O.E.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE UND ANALYSE

Rank	Design	Increase Yield (-)	Porosity (-)	Reduce Porosity (-)
Rank 1	Design 91	0.674	0.0	0.452
Rank 2	Design 93	0.679	0.0	0.452
Rank 3	Design 92	0.677	0.0	0.452
Rank 4	Design 85	0.687	0.0	0.479
Rank 5	Design 87	0.692	0.0	0.492
Rank 6	Design 86	0.69	0.0	0.508
Rank 7	Design 79	0.701	0.0	0.514
Rank 8	Design 80	0.703	0.0	0.528
Rank 9	Design 81	0.706	0.0	0.537
Rank 10	Design 94	0.682	0.459	0.541
Rank 11	Design 88	0.695	0.438	0.564
Rank 12	Design 75	0.719	0.0	0.641
Rank 13	Design 82	0.709	0.536	0.583
Rank 14	Design 76	0.723	5.02	0.635
Rank 15	Design 77	0.727	4.08	1.51
Rank 16	Design 74	0.717	11.14	0.559
Rank 17	Design 73	0.714	36.67	0.548
Rank 18	Design 83	0.712	29.7	1.74
Rank 19	Design 95	0.685	33.5	1.75
Rank 20	Design 89	0.699	35.04	1.74
Rank 21	Design 78	0.731	62.62	5.44
Rank 22	Design 96	0.689	86.61	6.95
Rank 23	Design 90	0.702	87.86	6.8
Rank 24	Design 84	0.716	91.62	6.92

Abb. 7a: Vorsortierte Liste der Lösungsansätze

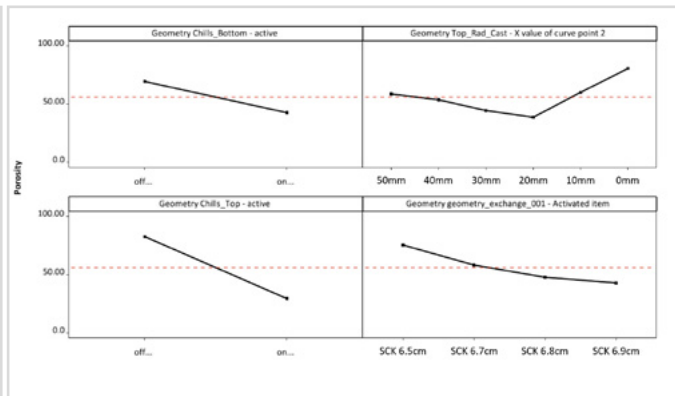


Abb. 7b: Ergebnisbewertung: Hauptwirkungsdiagramm

MAGMA erstellt eine Liste von Lösungsvorschlägen, die in Bezug auf die Ziele (in diesem Fall Porosität, Ausbringen und Gesamtporosität) eingestuft werden und eine relative numerische Bewertung erhalten. Abbildung 7b zeigt das Hauptwirkungsdiagramm, in dem der Einfluss der einzelnen Parameter zusammengefasst wird. Das Entfernen der oberen oder unteren Kühlleisen korreliert negativ mit einer Erhöhung der Porosität. Unterhalb einer Materialzugabe von 20 mm ist eine deutliche Änderung zu verzeichnen. Gleichzeitig ist ein Trend zu verzeichnen bei dem mit größeren Speisereinsätzen weniger Porositäten angezeigt werden.

Dieses konkurriert mit dem Ziel das Ausbringen zu verbessern. Die Betrachtung des generierten Ergebnisdiagrammes ermöglicht einen schnellen und gezielten Vergleich der verschiedenen Versionen.

In Abbildung 8a sind alle Ergebnisse im Parallel-Koordinaten-Diagramm dargestellt. Mit diesem Tool kann der Benutzer den Routen der Parameterkombination folgen, um bestimmte Lösungsvorschläge zu erhalten. Daraus werden deutliche Tendenzen abgeleitet, welche in Abbildung 8b zusammengefasst sind.

PARALLEL-KOORDINATEN-DIAGRAMM

1. Ohne oberes und unteres Kühlleisen: Porositäten im Gussstück
2. Mit oberem Kühlleisen / ohne unterem Kühlleisen: Porositäten im Bewertungsbereich (hohes Risiko)
3. Ohne oberes Kühlleisen: Porositäten im Speiserhals (Durchtritt)
4. Minimale Materialzugabe - 0 mm und 10 mm: Porositäten im Gussstück
5. 20 mm und 30 mm Materialzugabe kritische „fraction liquid“ Trennung zwischen Speiser und Gussstück
6. Kleinerer Speiser - SCK 6,5 cm Modul- Isolierter Hotspot - komplett verworfen
7. Größerer Speiser - SCK 6,9 cm Modul - keine Verbesserung bei geringerem Konus, schlechteres Ausbringen – verworfen

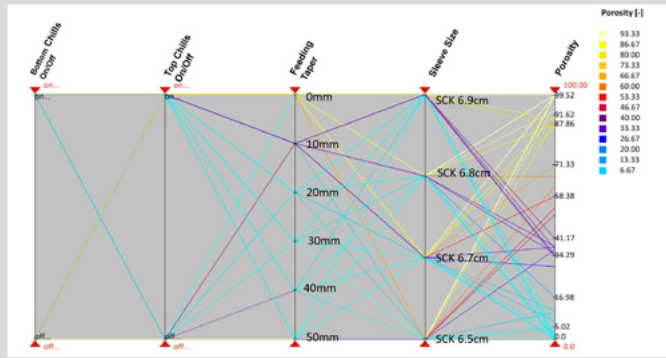


Abb. 8a: MAGMA-Parallel-Koordinaten-Diagramm mit allen Optionen und Porositätsresultaten

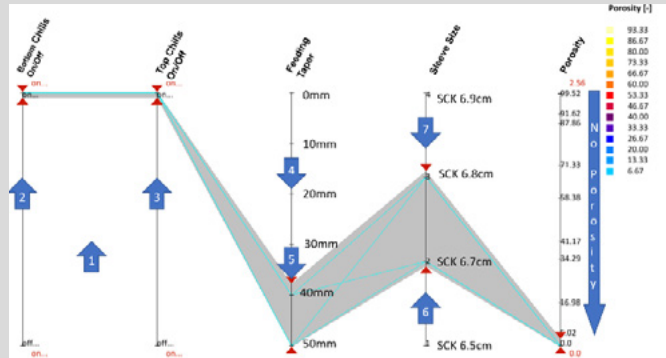


Abb. 8b: Nach der Analyse werden die bearbeitbaren Optionen auf 2 Größen der Speiser und 2 Materialzugaben eingegrenzt

Ein zweites D.O.E. wurde auf Basis der besten 4 Ergebnisse durchgeführt. Da es sich hierbei um eine lange Gießzeit handelt ist es wichtig, die Temperaturverteilungen am Ende der Füllung korrekt zu berücksichtigen. Hierbei wurde das Gießsystem hinzugefügt, die Maschenweite wurde verfeinert und die Füllung wurde ebenfalls berechnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 9 und Abbildung 10 dargestellt.

In jedem der vier in Abbildung 9 gezeigten Designs ist in den „fraction liquid“ Ergebnissen zu sehen, dass es zu einer Trennung zwischen dem flüssigen Metall im Speiser und dem Hotspot im Gussteil kommt.

Es sind Porositäten im Gussstück erkennbar, welche sich allerdings in die Material- und Bearbeitungszugabe verschieben (Abbildung 10). Bei keinem der vier Designs tritt eine Porosität des fertig bearbeiteten Gussteiles auf. Es besteht eine deutliche Tendenz, dass eine Verringerung der Materialzugabe die Oberflächenschumpfung erhöht (Abb. 10b, 10d) und dass die Durchspeisung beim SCK 6,7 cm Modul geringer ist (Abb. 10a, 10b). Um eine reproduzierbare und stabile Methode zu erreichen, die potenziellen Schwankungen bei der Gießtemperatur und der Eisenqualität standhält, ist es ratsam, den SCK-Speiser mit 6,8 cm Modul und 50 mm Materialzugabe zu wählen (Abb. 10 c).

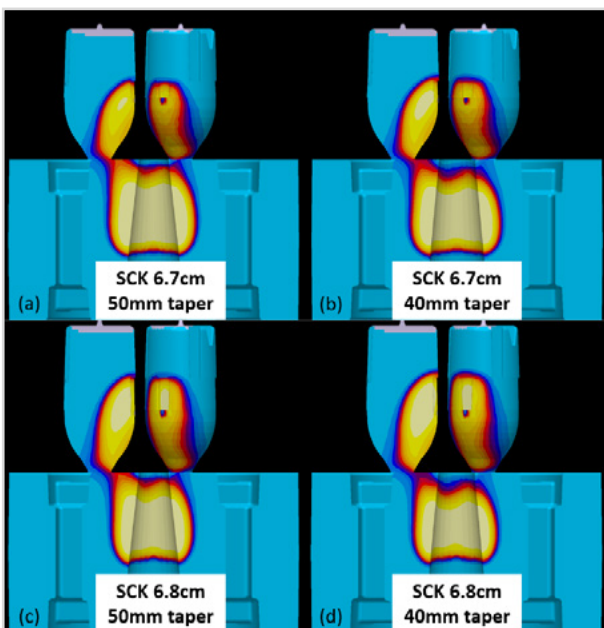


Abb. 8: „Fraction liquid“ Ergebnisse

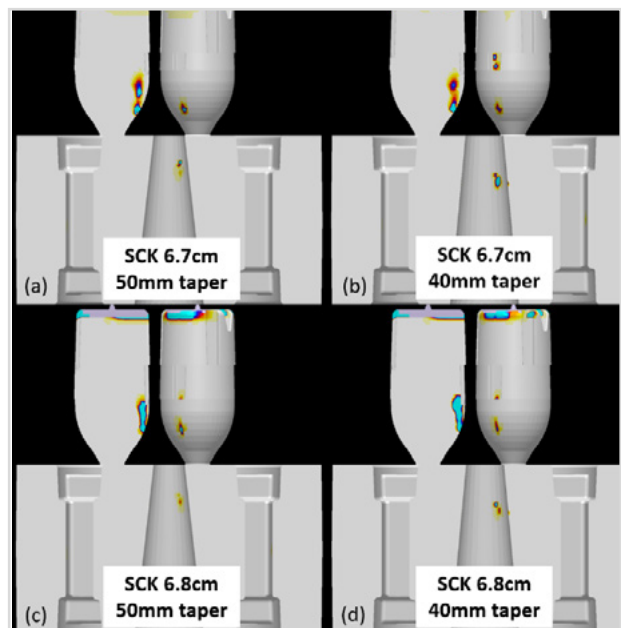


Abb. 9: Porositäten Ergebnisse

FAZIT

Informationstechnologien eingesetzt, um große Datenmengen zu analysieren und zu bewerten. Mit dieser neuen Generation von autonomen Engineering-Tools, die von MAGMA entwickelt wurden, besteht die Möglichkeit, Gießereiprojekte unter verschiedenen Gesichtspunkten erheblich einfacher zu simulieren und anschließend zu analysieren. Dieses Werkzeug ist sehr hilfreich um virtuell verschiedenste Lösungsansätze zu testen und zu verstehen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung aller gießereibezogenen Technologien erfordert Entwicklungen von Gießereien, Softwareunternehmen und Verbrauchsgüterherstellern in einer ähnlichen Weise.

Foseco erweitert fortwährend neue Speiser-, Brechkern- und Filterdaten in allen verfügbaren regionalen Datenbanken. Es werden kontinuierlich neue und verbesserte thermophysikalische Datensätze entwickelt, um die technischen Entwicklungen einfließen zu lassen. Die neueste Pro Modul-Datenbank, Version 2.5.4, ist auf der MAGMA-Installations-DVD enthalten. Um eine Aktualisierung durchzuführen ist es erforderlich die Pro-Modul-Datenbank zu installieren. Weitere Informationen zum Foseco Pro-Modul für MAGMASOFT® erhalten Sie von Ihrer lokalen Foseco-Niederlassung.

KONTAKT



MÁIRTÍN BURNS

REGIONAL SIMULATION MANAGER

mairtin.burns@vesuvius.com

+33 1 64 73 55 63

MEHR ERFAHREN

Videofallstudie
und Broschüre



PUNKTGENAUE SPEISUNG IM GROSSGUSS



Autor: Steffen Franke

Im Laufe der letzten Jahre wurde die Gießereiindustrie immer stärker mit konstruktiven Änderungen in Richtung Materialeinsparung bei Gussstücken konfrontiert. Dadurch wurde die gezielte Speisung dieser Gussstücke immer komplexer. Während der Fokus bisher meist auf Großserien im Maschinenformguss lag, setzt sich dieser Trend nun auch immer weiter im Handformbereich durch. Immer dünnere Wandstärken treffen auf massive Befestigungspunkte, sodass eine Durchspeisung durch dünnere Wandstärkenbereiche schwieriger bis unmöglich wird. Dennoch müssen die hochmoduligen Bereiche im Bauteil, in denen die thermischen Zentren auftreten, gespeist werden.

Durch das von Foseco neu entwickelte, rechtlich geschützte SCK-Speisersystem (Sleeve Construction Kit), kann dieses bei kleinsten Aufstandsflächen realisiert werden.

DAS KONZEPT

Das SCK-Speisersystem beruht auf einer modularen Bauweise, welche die Möglichkeit bietet, mit Hilfe von wenigen separaten Einzelteilen den Modulbereich von 5,4 bis 6,9 cm abzudecken. Häufig wird durch den Einsatz größerer Speiser der Durchtritt und somit auch die Aufstandsfläche vergrößert. Das führt zu einer Zunahme von Trenn- und Putzkosten.

Wird die Durchtrittsfläche reduziert, besteht die Gefahr, dass der Speiserhals abgeschnürt wird. Das wiederum führt zu Sekundärlunkern, das Gussstück ist unbrauchbar.

Mit dem SCK-Speisersystem kann dem entgegengewirkt werden, ohne eine Abschnürung des Speiserhalses zu generieren. Die Trenn- und Putzkosten können somit reduziert werden. Das System ist ein Hybridsystem aus hochexothermen und isolierenden Speisern, dadurch können Modul und Volumen den Anforderungen entsprechend bestmöglich ausbalanciert werden.

DER AUFBAU

Das System besteht aus verschiedenen Komponenten, die je nach Modul- und Volumenbedarf individuell zusammengestellt werden können. Dieses geschieht durch ein einfaches Stecksystem, ein Verkleben der einzelnen Komponenten ist nicht nötig.

Das Grundsystem besteht aus einem hochisolierenden Unterteil mit integrierter Brechkante sowie einem Deckel oder einem kappenförmigen Oberteil aus hochexothermen Speisermaterial. Füllt sich der Speiser mit flüssigem Material, wird im oberen Bereich des Speisers die nötige Energie erzeugt und im unteren Bereich wird das flüssige Metall heiß gehalten. Bei den exothermen Bauteilen setzt Fosco auf das bewährte FEEDEX* HD Material, beim Unterteil auf das hochisolierende KALMIN* 250.

Durch integrierte Williamskeile wird der Badspiegel offengehalten und damit eine optimale Speisungswirkung ermöglicht.

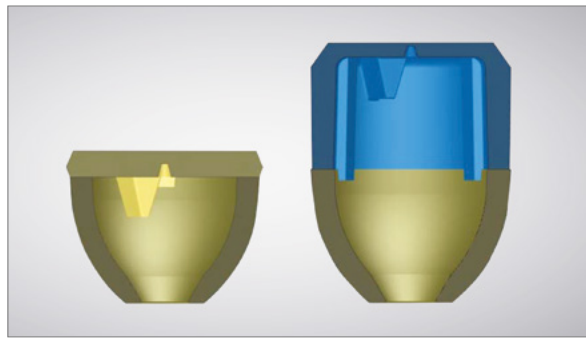


Abb. 1.
Grundkomponenten:
Modul 5,4 cm (links),
Modul 6,5 cm (rechts)

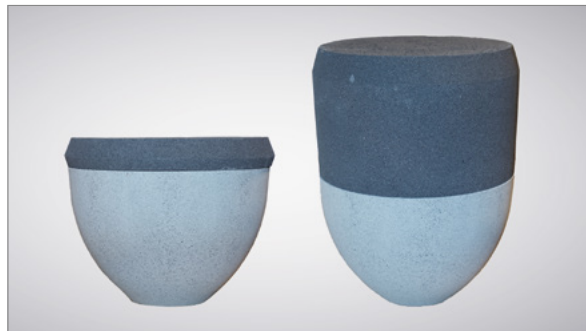


Abb. 1.
Grundkomponenten:
Modul 5,4 cm (links),
Modul 6,5 cm (rechts)

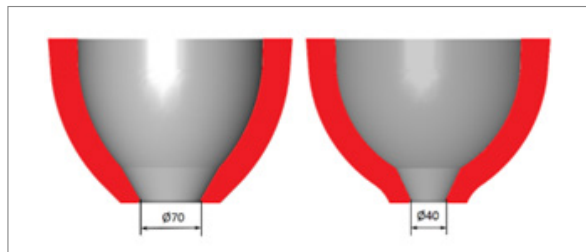


Abb. 3.
Durchtrittsvergleich: 70 mm
Durchtritt (links) und 40 mm
Durchtritt (rechts)

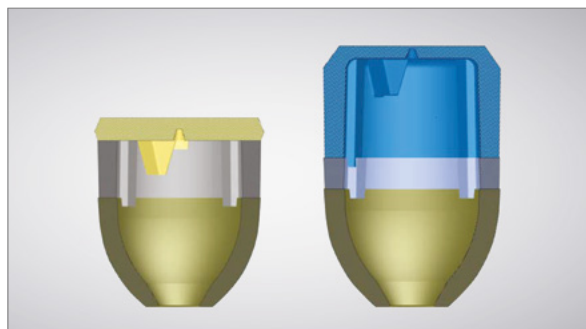


Abb. 4:
Grund- und
Ergänzungskomponenten:
Modul 6,0 cm (links), Modul
6,7 cm (rechts)

Im Eisenguss erlaubt die hervorragende Isolationswirkung des Unterteils, den Durchtritt bei einer Aufstandsfläche von nur 90 auf bis zu 40 mm zu reduzieren (Abb. 3).

Gegenüber herkömmlichen Speisertypen kann der Speiserhals, und somit die zu putzende Fläche, um bis zu 75 % verringert werden. Eine Positionierung auf speisungsrelevanten Knotenpunkten wird dadurch problemlos möglich. Die im Unterteil integrierte Brechkante erleichtert das Abschlagen der Speiser.



GEGENÜBER HERKÖMMLICHEN SPEISERTYPEN KANN DER SPEISERHALS, UND SOMIT DIE ZU PUTZENDE FLÄCHE, UM BIS ZU 75 % VERRINGERT WERDEN.

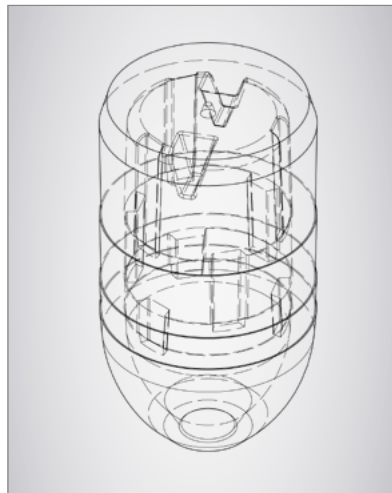
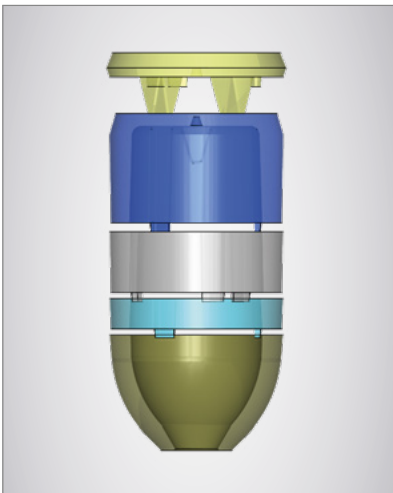


Abb. 5: Modularer Aufbau - Systembild (links), Drahtmodell (rechts)

Auf das zuvor beschriebene hochisolierende Unterteil können die verschiedenen hochexothermen Komponenten je nach Bedarf aufgebaut werden. Es ist dadurch möglich, Gussstücke mit einem Modul von 5,4 bis 6,9 cm mit kleinstmöglichem Durchtritt dicht zu speisen.

Durch unterschiedliche Kombination der Ergänzungskomponenten, die aus zwei verschiedenen Ringen mit einer Höhe von 50 oder 100 mm bestehen, können die benötigten Module oder das erforderliche Volumen eingestellt werden (Abb. 5).

Durch den modularen Aufbau des SCK-Speisersystems können aus sechs Komponenten 16 verschiedene Speiser im genannten Modulbereich zusammengestellt werden.

Damit wird die Typenvielfalt an konventionellen Speisern in der Gießerei stark reduziert und somit Lagerplatz frei. In Abb. 5 sind die verschiedenen Komponenten dargestellt. Für Module bis 6,3 cm verwendet man den exothermen Deckel, ab Modul 6,5 cm wird der Deckel durch das Oberteil ersetzt.

Im Produktmerkblatt des SCK-Speisersystems sind darüber hinaus Zentrierdorne aufgeführt. Durch ihren Einsatz können fehlerhafte Kombinationen ausgeschlossen werden, denn es ist nicht möglich, weniger oder kleinere Zusatzteile zu verbauen als vorgegeben.

In Tabelle 1 ist die Kombinationsmatrix des SCK-Speisersystems mit den entsprechenden Grund- und Erweiterungskomponenten dargestellt.

Modul [cm]	Vol. [dm ³]	Unterteil C6 SCK U			Mittelteil HD1 SCK M		Oberteil HD1 SCK O 200	Deckel HD1 SCK D 220
		Durchtritt			Höhe			
		40	70	110 (für Stahl)	50	100		
5,4	4,4	x	x	x			x	
5,8	6,2	x	x	x	x		x	
6,0	8,0	x	x	x		x	x	
6,3	9,8	x	x	x	x	x	x	
6,5	9,7	x	x	x			x	
6,7	11,5	x	x	x	x		x	
6,8	13,3	x	x	x		x	x	
6,9	15,1	x	x	x	x	x	x	

Tabelle 1: Kombinationsmatrix des SCK-Speisersystems bestehend aus Grund- und Erweiterungskomponenten

DIE ANWENDUNG

Umfangreiche Versuchsreihen wurden bei verschiedenen Gießereien durchgeführt. Hierbei sind zunächst Würfelproben gegossen und untersucht worden. Die Ergebnisse waren sehr zufriedenstellend und haben die Magma Simulationsergebnisse, die im Vorfeld durchgeführt wurden, bestätigt.

Nach erfolgreichen Vorversuchen wurden Gießproben an bestehenden Gussstücken durchgeführt.

Im Rahmen der ersten Versuche wurde das SCK-Speisersystem mit einem Durchtritt von 70 mm eingesetzt. Durch das hochisolierende Material konnte bereits bei zahlreichen Anwendungen der Speiserdurchtritt auf 40 mm reduziert werden. Dadurch kann das aufwändige Einschneiden der Speiserhäse beim Trennvorgang entfallen. Der Putzaufwand der Gussteile und die damit verbundenen Kosten sowie die Fertigungsdurchlaufzeiten verringern sich maßgeblich.

Ein Anwendungsbeispiel zeigen die Abbildungen 6 und 7. Das Gussteil Laufrolle aus GJS 600-3 und einem Stückgewicht von 1500 kg wurde mittels drei SCK Speisern Modul 6,8 cm (Unterteil, Mittelteil 100 mm und Oberteil), Abb. 6 abgegossen. Es wurde das Unterteil mit einem Bruchflächendurchtritt von 70 mm verwendet. Durch die hohe Isolationswirkung der Unterteile besteht bei diesem System die Möglichkeit, die Speiser sehr eng



Abb. 6: Abgegossener Speiser - Modul 6,8 cm



Abb. 7: Speiseranordnung - drei Speiser - Modul 6,8 cm

zu platzieren, da keine gegenseitige thermische Beeinflussung stattfindet (Abb. 7).

Durch die im Gussteil sehr zentral liegenden, in sich getrennten thermischen Zentren, war durch diesen Vorteil eine optimale Speisung möglich.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, das hochisolierende Unterteil in Form eines Speiserfußes zur Seitenspeisung in das System zu integrieren (Abb. 8). Es können die gleichen Vorteile in Bezug auf Trenn- und Putzkosten generiert werden.

Das hochisolierende KALMIN 250 Material, das bei den Speiserfüßen zur Anwendung kommt, hat den Vorteil, dass es sich problemlos an die Gusstückkonturen anpassen lässt. Das Material lässt sich mit einer Feile oder anderen Schleifmitteln sehr leicht bearbeiten.

Für den Bereich Stahlguss wird ebenfalls ein hochisolierendes Unterteil mit höherer thermischer Belastbarkeit angeboten. Hier kommt die Rezeptur KALMIN 70 zur Anwendung. Dabei wurde der Durchmesser des Speiserhalses der Stahlanwendung angepasst.

Mit einem Speiserhals von 110 mm und einer Aufstandsfläche von 160 mm lässt sich der Speiser problemlos auf entsprechenden Modellkonturen positionieren.

Die integrierte Bruchkante erleichtert das Abtrennen des Speisers vom Gussstück. Für Anwendungen mit offenem Speiser besteht die Möglichkeit, mehrere Ringe auf dem Unterteil zu positionieren und den Speiser nach dem Gießen mit Abdeckpulver abzudecken. Die zuvor dargestellten Zusatzkomponenten sind auch hier einsetzbar.

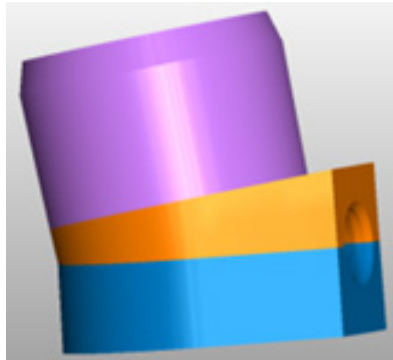


Abb. 8: Speiserfuß mit Oberteil - Modul 6,5 cm

Ein nicht zu unterschätzender Aspekt bei großmoduligen Speisern ist das Gewicht, das mit steigendem Modul sehr stark zunimmt. Durch die modulare Bauweise des SCK-Speisersystems können die einzelnen Komponenten separat in die Form eingebracht und erst dort zusammengefügt werden. Aus ergonomischer Sicht stellt dieses für die Mitarbeiter eine erhebliche Erleichterung dar.

ZUSAMMENFASSUNG

Mit Hilfe des SCK-Speisersystems lassen sich viele Vorteile für Gießereien und die einzelnen Mitarbeiter realisieren. Durch den geringeren Bedarf an Lagerplatz, reduzierte Trenn-, Putz- und Schleifkosten, einfache Montage und eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen, ist dieses System ein großer Schritt hin zur Kostenminimierung in der Gießerei.

KONTAKT



STEFFEN FRANKE

Produktmanager Anschitt- und Speisungstechnik

steffen.franke@vesuvius.com

Tel.: +49 2861 83 274

MEHR ERFAHREN

Fallstudien und Animationen

INTERESSIERT AN MEHR
FOUNDRY PRACTICE?

WENN SIE INTERESSE AN WEITEREN AUSGABEN UNSERES
FACHMAGAZINS HABEN, SCHREIBEN SIE UNS EINFACH:

foseco.communications@foseco.com

[Registrieren Sie sich für unseren Newsletter auf newsletter.foseco.de](https://newsletter.foseco.de)



Alle Rechte vorbehalten. Der Inhalt darf weder ganz noch auszugsweise ohne schriftliche Genehmigung des Inhabers des Urheberrechts reproduziert, gespeichert oder in irgendeiner Form oder auf irgendeine Weise weitergegeben werden, einschließlich Fotokopie und Aufzeichnung.

Alle hierin enthaltenen Aussagen, Hinweise und Daten sollen als Richtungsweiser dienen. Wenn auch die Richtigkeit und Zuverlässigkeit (im Hinblick auf die praktischen Erfahrungen des Herstellers) angenommen werden, garantieren weder der Hersteller, noch der Lizenzgeber, noch der Verkäufer oder der Herausgeber, weder ausdrücklich noch stillschweigend,

(1) ihre Richtigkeit/Zuverlässigkeit

(2) dass die Anwendung der Produkte keine Rechte Dritter verletzt

(3) dass für die Einhaltung örtlicher Gesetze keine weiteren Sicherheitsvorkehrungen erforderlich sind.

Der Verkäufer ist nicht zur Vertretung oder zum Vertragsabschluss im Namen des Herstellers/Lizenzgebers ermächtigt.

Allen Verkäufen des Herstellers/Verkäufers liegen dessen Verkaufsbedingungen, erhältlich auf Anforderung, zugrunde.

*Foseco, das Logo SEDEX, FEDEX, STELEX, HOLLOTEX und KALMIN sind Warenzeichen der Vesuvius Gruppe, registriert in bestimmten Ländern und unter Lizenz verwendet.

MAGMA und MAGMASOFT® sind eingetragene Warenzeichen der MAGMA Giessereitechnologie GmbH.

©Foseco International Ltd.

HINWEIS

Die Herausgeber bemühen sich, stets die neuesten Erzeugnisse und technischen Entwicklungen von Foseco herauszustellen. Deshalb kann es vorkommen, dass das eine oder andere Erzeugnis im Lande des Lesers noch nicht verfügbar ist. Auskünfte erteilen gerne die in den jeweiligen Ländern ansässigen Foseco Werke oder Vertretungen.



Foseco International Limited
P.O. Box 5516
Tamworth
Staffordshire
England B78 3XQ
Registered in England No. 468147

ISSN 0266 9994
Printed in Germany
400121428

VESUVIUS