

Rohrförmige Hochleistungsfilter in Schaumkeramik für die Gießereiindustrie

Der Einsatz von schaumkeramischen Filtern aus hochreinem Zirkonoxid ist heute Stand der Technik im Gießereiwesen. Diese hochleistungsfähigen Metalloxide ermöglichen die Filtration von verschiedenen Arten von Stahl- und Eisenguss. Weltweit werden jeden Monat viele tausend Tonnen Stahl und Eisen durch diese Filter gegossen.

Die Hauptvorteile dieser Filter liegen in der optimalen Nutzung vorhandener Eingusssysteme und der erhöhten Produktionseffizienz durch die Reduzierung oder den kompletten Wegfall von Nachbearbeitungen.

In diesem Artikel wird gezeigt, wie Filter heute in der Produktion als kostengünstige Hilfsmittel zur Erhöhung der Produktivität eingesetzt werden. Beschrieben wird außerdem das Filtermaterial, seine einzigartige Struktur und seine Funktionsweise. Der Schwerpunkt dieses Artikels liegt auf der Filtration großer Stahl- und Eisengussstücke, bei denen die Filtration zwar sehr wichtig, aber auch sehr schwierig ist. Die gängigen Verfahren beim Einsatz von Schaumkeramikfiltern in diesem Anwendungsfeld stoßen an ihre Grenzen und können manchmal mehr schaden als nutzen. Ein äußerst wichtiger Aspekt bei jeder Filtration ist die Sicherheit, die gegeben sein muss, damit der Anwender sich darauf verlassen kann, dass keine unerwünschten Nebenwirkungen wie Risse oder Brüche auftreten. Um dies effektiv verhindern zu können wurde die Filtergeometrie erfolgreich dahingehend modifiziert, dass Schaumkeramikfilter in rohrförmiger Ausführung eingesetzt werden. Die Verwendung dieser Geometrie, die sich deutlich von den herkömmlichen Formen schaumkeramischer Filter abhebt, wird in diesem Artikel beschrieben und mit entsprechenden Fallstudien belegt

High Performance Tubular Foam Ceramic Filters for the Foundry Industry

The use of foam ceramic filters made of high purity zirconia is state-of-the-art within the foundry industry. These high performance oxides enable the filtration of various types of steel and iron castings. Worldwide thousands and thousands of steel and iron castings are poured through these filters each month.

Increased efficiency of manufacturers by the reduction or elimination of rework, together with optimum use of existing gating systems are the main benefits of using filters.

This paper shows how filters are presently being used in production as a cost-effective productivity enhancement. It provides a description of the filter material, its unique structure, and how it works. The main focus of this paper lies in the filtration of large steel and iron castings, where filtration is critical but even more difficult. The current methods of using ceramic foam filters for filtering large castings has limitations and can cause more problems than they solve. A very important part of each act of filtration is the safety that must be provided so the user can be sure no unexpected side effects like cracks or breakages occur. In order to effectively prevent this, the filter geometry has successfully been modified using ceramic foam filters in a tubular design. The use of this geometry, unique from the conventional shapes of foam ceramic filters, is described in this paper along with supporting case studies.

Einleitung

Aufgrund der steigenden Anforderungen an die Qualität heutiger Gussstücke – insbesondere bei sehr großen und dickwandigen Formen – ist die effektive und vor allem sichere Filtration während des Gießens unverzicht-

bar geworden. Der Einsatz herkömmlicher Filter in runder oder quadratischer Plattenform führt allerdings zu Einschränkungen und Sicherheitsrisiken, die sich häufig in Form von Filterbrüchen offenbaren.

Um dies effektiv verhindern zu können, wurde die Filtergeometrie erfolgreich dahin-

gehend modifiziert, dass Schaumkeramikfilter in rohrförmiger Ausführung im Stahl- und Eisenguss eingesetzt werden. Erste gemeinsame Versuche mit einer namhaften deutschen Gießerei, die hoch beanspruchte Gussteile für Windkraftanlagen herstellt, haben gezeigt, dass diese Geometrie gegenüber den weit verbreiteten plattenförmigen Standardfiltern beträchtliche Vorteile aufweist.

Die Gefahr von Filterbrüchen wurde nachhaltig reduziert während gleichzeitig die Handhabung vereinfacht und die effektive Filterfläche vergrößert werden konnte. Darüber hinaus sind die Stirnflächen der rohrförmigen Filter vollständig verschlossen worden, so dass ein mögliches Abbrechen der oberen oder unteren Kanten und damit das Risiko von Einschlüssen des Filtermaterials in der Gießform praktisch ausgeschlossen ist. Gleichzeitig konnte aufgrund der filtertechnischen Auslegung ein äußerst kompakter und in sich höchst stabiler Filter realisiert werden. Die Versuchsauswertungen haben gezeigt, dass die Filterstruktur nach der hohen Belastung beim Durchfluss vieler Tonnen flüssigen Metalls im zweistelligen Bereich keinerlei Verwindung, Verformung oder Rissbildung aufwies.

Rohrförmige Schaumkeramikfilter eignen sich ausgezeichnet für die sichere Filtration großer Mengen Schmelze und überzeugen durch höchste Robustheit. Zu den Vorteilen dieses Designs gehören eine, im Vergleich zu herkömmlichen Standardfiltern derselben Größe, mehr als dreifach größere Filterfläche, eine selbststützende Form, ein minimales Filterbruchrisiko, ein kompakter Aufbau sowie der schnelle und unkomplizierte Einbau.

Zusätzlich wurde für diese Filterart ein Universalgehäuse entwickelt, das sowohl im Eisen- als auch im Stahlguss eingesetzt werden kann. In Anlehnung an die Form des Röhrenfilters wurde ein sehr kleines, kompaktes aber leistungsfähiges Gehäuse entworfen. Dieses Konzept sieht vor, nur einen Röhrenfilter pro Gehäuse einzusetzen, was die Komplexität und die Anzahl der notwendigen Komponenten eines effektiven Filtrationssystems, bei gleichzeitiger Verbesserung der Systemsicherheit und -stabilität, reduziert. Aufgrund der überlegenen Auslegung von Rohrfilter und -gehäuse konnte die Gefahr

Autoren:

U. Voigt, ASK Chemicals Feeding Systems GmbH, Bendorf, Deutschland

L. R. Horvath, ASK Chemicals US LP, Dublin (OH), USA

Copyright 2014 World Foundry Organization

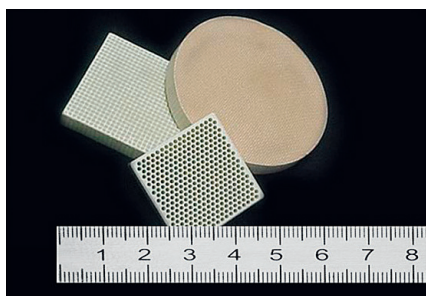


Bild 1: Gepresste und extrudierte Filter

eines Filterbruches praktisch gebannt werden. Mit diesem Komplettsystem verfügt der Gießer über ein sicheres, leicht handhabbares und effektives Instrument für die Filtration großer Mengen flüssigen Metalls.

Filtration geschmolzener Metalle

Die Filtration der verschiedensten flüssigen Metalle und ihrer Legierungen ist heute Stand der Technik und tägliche Praxis in der Gießereiindustrie [1]. Von den ersten Filtern, die im vergangenen Jahrhundert eingesetzt wurden, hat sich bis zu den heute verwendeten Modellen in der Entwicklung eine ganze Menge getan. Zunächst bei Metallen mit niedrigem Schmelzpunkt wie z. B. Aluminium getestet, zeigte sich, dass nichtmetallische Einschlüsse durch Einsatz von Filtern entfernt werden, wodurch höherwertige Gussstücke mit z. B. besseren physikalischen Eigenschaften gefertigt werden konnten. Die Filtertechnik wurde weiterentwickelt und mit einer Vielfalt anderer Metalloxide getestet. So konnte in Bereiche vorgedrungen werden, in denen Filter aufgrund der Gießtemperaturen und -zeiten vorher nicht eingesetzt werden konnten. Schließlich wurden die ersten Gussstücke aus Eisen und Stahl unter Einsatz dieser Filtertechnik produziert. Es wurden mehrere verschiedene Filterarten und -ausführungen entwickelt, zu denen einfache Siebe und gepresste bzw. extrudierte Filter gehören (Bild 1). In verschiedenen Untersuchungen und Artikeln wurde allerdings festgestellt, dass der Schaumkeramikfilter die effizienteste Filterstruktur aufwies [2].

Die Struktur bei dieser Art von Keramikfiltern besteht aus einem offenporigen, durchgängigen Netzwerk aus Hohlräumen, dessen Poren in dodekaedrisch ausgebildeten Zellen bestehen (Bild 2).

Die Metallschmelze fließt durch diese verwundenen und verschlungenen Kanäle. Durch die Fähigkeit diese keramische Struktur aus Hochleistungsoxid herzustellen, konnten diese Werkstoffe für die Filtration



Bild 2: Typische Filterzelle in Dodekaeder-Form

von Metalllegierungen bis zu einer Temperatur von über 1700 °C optimiert werden. Das am besten geeignete keramische Material für die Filtration von Stahl- und Eisenlegierungen ist ein teilstabilisiertes Zirkonoxid (PSZ/Mg) mit Magnesiumoxid als Stabilisierungsmittel [4]. Dieser Werkstoff besitzt eine exzellente Temperaturschockfestigkeit. Darüber hinaus weist er eine sehr gute chemische, mechanische und thermische Widerstandsfähigkeit auf.

Die Keramik kann plötzliche Temperaturwechsel von Raumtemperatur auf über 1700 °C ohne Kriechen oder gar Schmelzen vertragen. Sie ist reaktionsträge und daher in der Lage, den korrosiven Einwirkungen der Legierungen und Schlacken, mit denen sie in Kontakt kommt, zu widerstehen.

Aktuelle Filtrationsverfahren für große Gussstücke

Bei der Anwendung von Filtern bei großen Gussstücken müssen entsprechend große Filterflächen für die effektive und effiziente Filtration zur Verfügung stehen. Da die Leistungsfähigkeit eines Filters typischerweise in Kilogramm pro Flächeneinheit oder Flächeneinheit und Zeit angegeben wird, muss eine ausreichend dimensionierte Filterfläche eingesetzt werden. Dies kann bei zu filternden Schmelzen von mehreren Tonnen zu einer echten Herausforderung, sowohl für den Anwender als auch für den Hersteller des Filters, werden.

Wenn zum Beispiel ein Gussstück mit einem Gesamtgewicht von 12 Tonnen mithilfe von Schaumkeramikfiltern gegossen werden soll, ist eine wirksame Filterfläche von ca. 3000 cm² bis 3334 cm² erforderlich, ggfs. mehr je nach Metalltyp und weiteren Bedingungen. Dieser Wert wird durch die, in den Datenblättern verschiedener Hersteller von schaumkeramischen Filtern angegebene, durchschnittliche Filterleistung [5,6] näher bestimmt und vorgegeben.

Wenn man die erforderliche Filterfläche



Bild 3: Einsatz mehrerer Filter in Reihe

auf einen typischen Standardfilter umgerechnet, wären mindestens 14 Filterelemente mit einer Fläche von 150 mm x 150 mm notwendig. Dies ist zunächst ein theoretischer Wert, der in der Praxis eher höher ausfällt.

Leider ist es im Normalfall nicht möglich, die Anzahl der Filter so weit zu reduzieren, bis sie genau der Filtermenge entspricht, die durch die Techniker festgelegt wurde und für die Anzahl der Anschnitte am Gussstück optimal wäre. Ideal wäre es jeden einzelnen Anschnitt mit einem Filter (oder Filtrationssystem) zu versehen. Diese Filter sollten sich so dicht wie möglich am Anschnitt befinden, um die Vorteile des Filters voll und ganz zu nutzen.

Die Herstellung von entsprechend großen Filtern mit der erforderlichen Filterfläche in einem Stück ist ein technisch anspruchsvolles Unterfangen, das zusätzliche Risiken birgt und wirtschaftlich kaum vertretbar ist.

Diese und weitere Gründe haben dazu geführt, dass verschiedenste Wege beschritten worden sind, um Filter auch bei großen Gussstücken einsetzen zu können. Einige dieser Methoden sind nachfolgend beschrieben:

Mehrere Filter in einer Reihe

Diese Methode des Filtereinbaus ist relativ weit verbreitet und besonders in Eisengießereien zu finden. Standardfilter werden in großer Zahl Seite an Seite in einer „Filterbank“ angeordnet, um die erforderliche Filterkapazität zu erreichen.

In Bild 3 ist eine typische Anordnung mehrerer Filter in Reihe dargestellt. Hier kann man die nebeneinander installierten Filter ohne zusätzliche Stützung an den Stößen erkennen.

Filter mit großen Abmessungen

Selbstverständlich eignen sich entsprechend große Filter auch für die Filtration großer Mengen flüssigen Metalls. Mittlerweile sind Größen bis 300 mm im Durchmesser zu realisie-

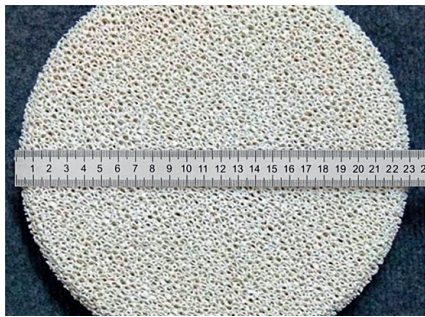


Bild 4: Großer Filter

ren. Bild 4 zeigt ein Beispiel eines solchen großen Filters.

Spezielle Filterhalter

Der Einsatz von Filterhaltern aus Schamotte oder anderen feuerfesten Werkstoffen (Bild 5) ist eine weitere Möglichkeit, wie derzeit größere Mengen flüssigen Metalls filtriert werden. Momentan verwenden die Metallgießer Filterhalter für Filter mit Durchmessern bis 250 mm. Ein Vorteil hierbei liegt darin, dass diese Elemente problemlos an standardisierte Gießsysteme angeschlossen werden können (sog. Holloware – vorgefertigte Standard-Gießsysteme).

Filterkarussell

Der Einsatz speziell entwickelter Einheiten wie das „Filterkarussell“ [7] ermöglichte es z. B. bei großen Gussstücken zum ersten Mal, die Vorteile von Filterhaltern und sehr großen Filterflächen zu vereinen (Bild 6). Dies führte zu einer Vergrößerung des Filtrationsvolumens in einem einzigen Bauteil. Wie der Filterhalter auch, kann das Filterkarussell direkt an die standardisierten Gießsysteme montiert werden, da die erforderlichen Anschlüsse vorhanden sind. Ein weiterer Vorteil ist die Verfügbarkeit dieser Typen in

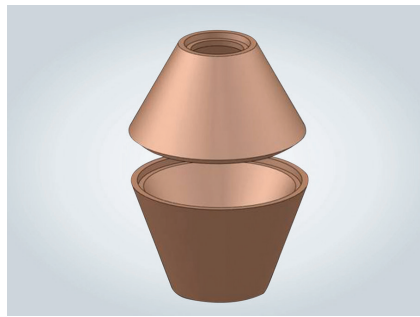


Bild 5: Typischer Filterhalter

verschiedenen Größen, sodass die Gießerei wählen kann, welche Bauart am besten zum jeweiligen Gussstück und der dafür erforderlichen Schmelzemenge passt.

Einschränkungen und Probleme bei aktuellen Filtrationsverfahren

Leider sind alle genannten Systeme in ihren Anwendungsmöglichkeiten eingeschränkt und können trotz der oben aufgeführten Vorteile auch mit potenziell großen Nachteilen behaftet sein. Jede dieser Anwendungen hat ihre Schwächen, die letztendlich auch zu einem verunreinigten Gussteil oder Gusschrott führen können. Die Nachteile der aktuell genutzten Systeme werden nachfolgend genauer beschrieben.

Mehrere Filter in einer Reihe

Diese Methode der Filtration ist relativ weit verbreitet und besonders in Eisengießereien zu finden. Standardfilter werden in einer Filterbank aneinandergereiht, bis die erforderliche Gesamtkapazität erreicht ist. Der Anwender kann die Filter sowohl (platzsparend) in einer Reihe anordnen als auch serienmäßige Standardprodukte verwenden. Für sich genommen wäre das sehr vorteilhaft, wenn es da nicht einige Punkte gäbe, die zum Nachteil gereichen:

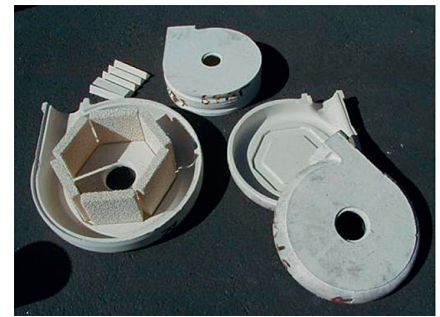


Bild 6: Filterkarusselle

- Filter können nur in großer Entfernung zum Anschnitt platziert werden, wodurch die vorteilhafte Verminderung von Turbulenzen nicht voll genutzt werden kann
- In den meisten Fällen können Filter nur in der Teilungsebene platziert werden
- Keine umlaufende Stützung der Filter
- Ungleichmäßige Verteilung des Metalls
- Ein paar wenige Filter müssen die gesamte Schmelze filtern, während der Rest der Filter in der Reihe nur wenig zur Filtration beiträgt

– Einige Filter können überlastet werden
 – Große Gefahr des Filterbruches
 Die Gefahr des Filterversagens durch die ungleichmäßige Belastung der Filter darf nicht unterschätzt werden. Dies wird durch die fehlende strukturelle Stützung an den Stoßstellen der Filter noch verstärkt. Des Weiteren können beim Aneinanderreihen der Filter Partikel aus der Filterfläche herausbrechen und in die Form gelangen.

In den Bildern 7 bis 9 sind Verteilungsmuster des Metalls zu sehen, die sich durch diese Filtrationsmethode ergeben. Diese Simulation wurde mit einer bewährten gießereitechnischen Simulationssoftware durchgeführt und zeigt wie schlecht sich das Metall verteilt, wenn mit aneinandergereihten Filtern gearbeitet wird.



Bild 7: Beginn des Gießens der Filterbank

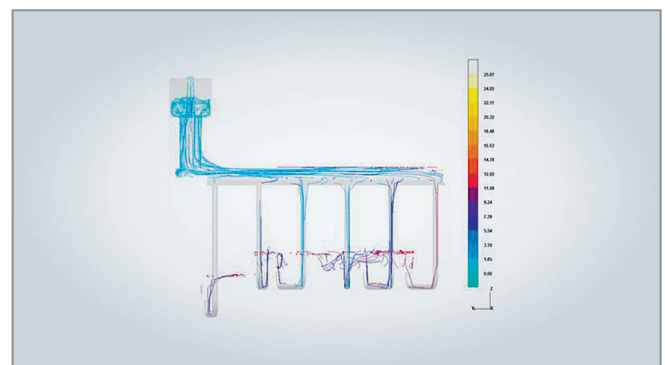


Bild 8: Während des Gießvorganges: Einige Zuläufe werden kaum genutzt, andere sind überlastet

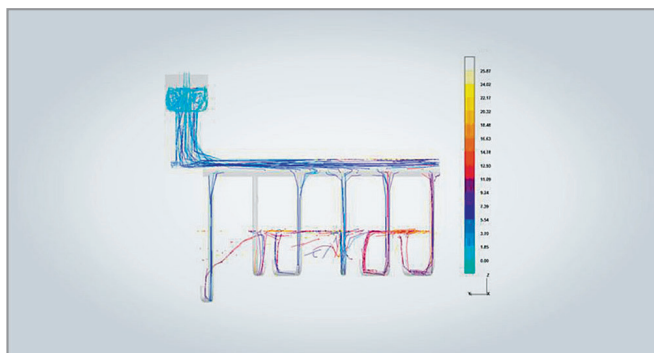


Bild 9: Während des Gießvorganges: im späteren Stadium der Füllung, aber keine signifikante Veränderung

Filter mit großen Abmessungen

Die Ideallösung wäre die Verwendung einiger weniger großer Filter, da so nur ein paar wenige sondergefertigte Filter nötig wären, um die erforderliche Anzahl an Anschnitten abzudecken. Darüber hinaus könnten diese Filter relativ nahe am Gussstück und den Anschnitten eingebaut werden.

Leider ist es in der Realität nicht möglich, Schaumkeramikfilter in jeder Größe und Form herzustellen. Jenseits einer bestimmten Größe ist die Herstellung mit heutigen Mitteln nicht mehr wirtschaftlich oder überhaupt möglich. Man kann momentan Schaumkeramikfilter für den Eisen- und Stahlgussbereich bis zu einer maximalen Größe von 300 mm herstellen (siehe auch Bild 10 – in einem Speiser) und für Nichteisenmetalle bis zu 600 mm (Bild 11).

Mit zunehmender Größe muss aber auch die Dicke des Filters erhöht werden. Damit einher steigt die Gefahr einer Filterblockade rasant an, da der Filter im Moment des Angießens nicht ausreichend aufgeheizt wird (Priming) und die Schmelze noch im Filter erstarrt.

Entsprechend große Filter sind dann sehr wirtschaftlich, wenn die Gießerei mit dem direkten Gießverfahren (z. B. Speisereingussverfahren) arbeitet. Durch den Wegfall

des Großteils des Gießsystems können Gussstücke sehr wirtschaftlich produziert werden. Leider sind Gießereien durch den bestehenden Kostendruck oftmals gezwungen, so viel Metall wie möglich durch einen Filter zu gießen. Und dies ist oft mehr als der Filter – basierend auf den Grenzen seines Leistungsvermögens – tatsächlich vertragen kann. Die Folge ist der sofortige Filterbruch (Bild 12).

Die Nachteile dieser Filteranwendung auf einen Blick:

- Der Filter wird vorwiegend an gesonderten Einbauorten platziert und benötigt besondere Stützkonstruktionen (innerhalb des Gießtumpels/-trichters)
- Hauptsächlich für das Direktgießen verwendet
- Ungenügendes Priming führt zu Filterblockaden
- Filter werden durch Anwender überlastet, was zu einem hohen Filterbruchrisiko führt

Spezielle Filterhalter

Die Verwendung spezieller Filterhalter aus feuerfestem Material scheint auf den ersten Blick eine gute Methode zu sein. Bei genauem Hinschauen erkennt man allerdings, dass diese Variante bei der Herstellung großer Gussteile ebenfalls anfällig für Fehler ist.

Bei Verwendung eines Filterhalters ist meist ebenfalls ein sehr großer Querschnitt für eine wirksame Filtration erforderlich. Wie oben erwähnt, stehen wir wieder vor dem Problem eine entsprechende große Menge Metall wirksam zu filtrieren. Wie schon gesagt, kann ein Filter nur bis zu einer bestimmten Größe hergestellt werden und daher meist nur einen Teil der erforderlichen wirksamen Filterfläche bieten. Es müssen also mehrere Filter – und damit auch mehrere Filterhalter – verwendet werden (mindestens ein Halter pro Filter).

In Bild 5 ist ein typischer Filterhalter zu sehen. Im Betrieb kann dieses System nur eine bestimmte Menge an Metall filtern, bis die Kapazität erschöpft ist. Diese zu erhöhen kann nur durch den Einsatz mehrerer Filterhalter erreicht werden. Das resultiert allerdings in einem Aufbau, welcher wieder dem Einsatz vieler Filter in einer Reihe entspricht! Dieser Fall (und seine Nachteile) sind hier bereits beschrieben worden. Darüber hinaus kann es zu einer übermäßigen Belastung kommen, die zur Durchbiegung und dem anschließenden Versagen (Bruch) des Filters führt (siehe Bild 13).

In Bild 13 kann man deutlich erkennen, dass der Filter hier kurz vor dem Bruch stand aber noch hielt – oder mit anderen Worten: Der Metallgießer hatte seinen Glückstag!

Zusammenfassend lassen sich folgende Nachteile aufführen:

- Der Filter muss in besondere Filterhalter aus feuerfestem Material eingesetzt werden
- Maximale Kapazität durch handelsübliche Filtergrößen begrenzt
- Mehrere Filter für große Gussstücke erforderlich
- Ungleichmäßige Verteilung der Schmelze (siehe „Filter in Reihe“)
- Häufig zu weit vom Anschnitt entfernt
- Unzureichendes Priming führt zu Filterblockaden

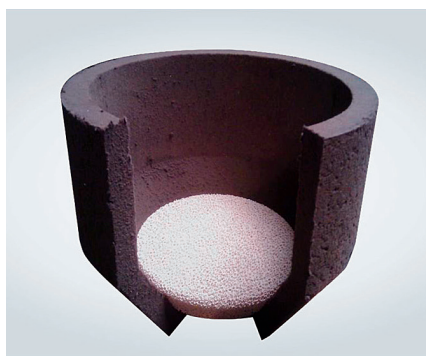


Bild 10: Nach unten zulaufender Speiser mit großem, angepassten Filter



Bild 11: Große Filter für Nichteisenmetalle



Bild 12: Filterteile im Gussstück: sichtbar nach Bearbeitung

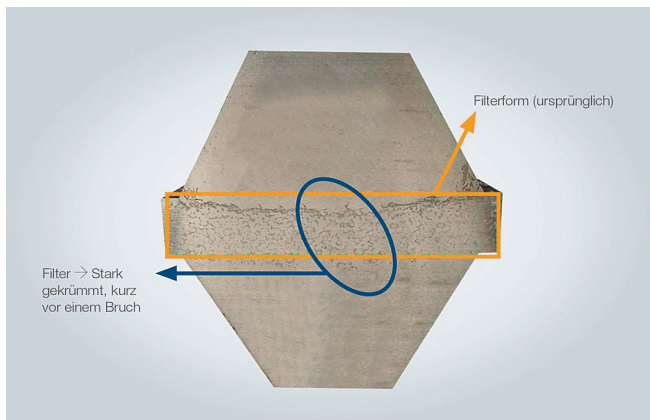


Bild 13: Schnitt durch Filterhalter nach Einsatz – Filter stark durchgebogen

- System ist sehr schwer
- Große Mengen an Kreislauf, die wieder eingeschmolzen werden müssen
- Eckstücke können brechen
- Hohes Filterbruchrisiko

- Filter werden durch Anwender überlastet
- Hohes Filterbruchrisiko

Filterkarussell

Mit der Markteinführung des Filterkarussells wurde es zum ersten Mal möglich, auch große Mengen flüssigen Metalls effektiver zu filtern. Mit einem einzelnen System, das zur Verwendung in vorgeformten Gießsystemen aus feuerfestem Material konzipiert ist, können mehrere Tonnen Flüssigmetall gefiltert werden. Dem gegenüber steht die relativ schwere und umständlich zu handhabende Konstruktion des Filterkarussells. Obwohl serienmäßige Filtergrößen verwendet werden können, stellte sich die Konstruktion des Gesamtsystems als umständlich heraus (Bild 14). Hinzu kamen Abmessungen und Gewicht des Filterkarussells, was zu langwierigen und durchaus komplizierten Einbauarbeiten in der Form führte.

Ein weiterer Nachteil ist das Gewicht des Filterkarussells. Es ist zwar für die Filtration großer Mengen Gießmetalls geeignet (für 4 bis 8 Tonnen Schmelze, eventuell mehr je nach Metalltyp und -art), kann aber ab einer bestimmten Größe nur mit mehreren Personen oder einem Kran angebaut werden

(siehe Beispiel in Bild 14 – mit dem Aufbau und Anschluss dieses Systems waren 2 bis 3 Arbeiter ca. 90 Minuten lang beschäftigt). Darüber hinaus schluckt dieses System aufgrund der eigenen Abmessungen große Mengen flüssigen Metalls, was eine höhere Schmelzleistung erfordert und für mehr Kreislaufmaterial sorgt.

Als sehr kritisch wurde das Vorkommen von Brüchen an den Eckstücken des Filters in diesem System bewertet. Die Bruchgefahr der Eckstücke – z. B. wenn diese kurzen, aber hohen Drücken ausgesetzt werden, wie sie beim Einströmen der Schmelze beim Gießen auftreten (Bild 15) – stellte ein großes Risiko dar.

Dies konnte zum Versagen der Eckstücke mit nachfolgendem Bruch der Filter führen, wie dann beim Schnitt der Gussstücke festgestellt wurde (Bild 16). Die Gussstücke sind dann mit hoher Wahrscheinlichkeit Schrott, was bei Gussgewichten weit in den zweistelligen Tonnenbereich hinein kein kleines Problem und einen großen Verlust für die Gießerei darstellt.

Zusammenfassend lassen sich folgende Nachteile festhalten:

- Schwierige Montage und Handhabung
- Einbau erfordert viel Zeit und Platz

Spezielle Filtergeometrie – rohrförmiger Filter

Sämtliche bisher aufgeführten Filter verfügen über eine sehr ausgeprägte und gefährliche Gemeinsamkeit: Die Gefahr des Filterbruchs! Dies ist das Worst-Case-Szenario bei Filtrationsanwendungen und führt häufig zur Verschrottung des betroffenen Gussstückes. Daher stellte sich die Aufgabe, diesen gießereitechnischen GAU zu verhindern und einen Filter zu entwerfen, der zuverlässigen Schutz vor Bruch bietet. So wurde der rohrförmige Filter für Anwendung im Eisen- und Stahlbereich entwickelt (Bild 17). Diese Ausführung des schaumkeramischen Filters vereint die bekannten Vorteile des Keramikschlammes mit weiteren sehr nützlichen Eigenschaften.

Diese Filterart wird in verschiedenen Ausführungen hergestellt und kann beidseitig (Bild 18) oder nur einseitig (Bild 19) offen sein.

Darüber hinaus können Länge und/oder Durchmesser der rohrförmigen Filter an die Anforderungen der jeweiligen Anwendung angepasst werden. Selbstverständlich können sie auch in den bekannten Porositäten und Materialien hergestellt werden, in denen schaumkeramische Filter mit Netzstruktur normalerweise geliefert werden.

Die Vorteile rohrförmiger Filter – abgesehen von den bei Schaumkeramikfiltern bereits bekannten – sind nachfolgend hervorgehoben:

- Mehr als die 3-fache Filterfläche im Vergleich zu herkömmlichen Standardfiltern derselben Größe bei wesentlich kompakterer Ausführung
- Selbststützende Geometrie



Bild 14: Aufbau von vier schweren Filterkarussells



Bild 15: Fehlendes Eckstück (aufgeschnittenes Filterkarussell nach dem Guss)

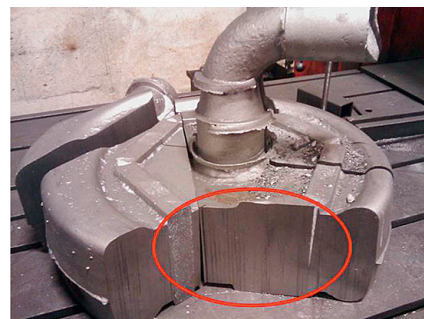


Bild 16: Fehlender Filter (aufgeschnittenes Filterkarussell nach dem Guss)



Bild 17: Verschiedene Arten von rohrförmigen Filtern

- Kompakte Abmessungen und Aufbau
- Schneller Einbau und unkomplizierte Handhabung
- Montage erfordert nur wenig Zeit und Platz
- Geringe Menge an Kreislauf, der wieder eingeschmolzen werden muss
- Einbau direkt vor dem Anschnitt möglich
- Stark reduzierte Gefahr des Filterbruches

Bei all den verschiedenen Vorzügen dieser Filterart sticht einer ganz besonders hervor. Der wichtigste Aspekt ist und bleibt SICHERHEIT!

Die Gefahr eines Filterbruches kann durch den Einsatz von rohrförmigen Filtern auf ein Minimum reduziert werden. Dies wird durch die kompakte Struktur des Filters erreicht. Die geometrische Form des Zylinders ist (neben der einer Kugel) ein äußerst effizientes Design. Beim rohrförmigen Filter fließt die Schmelze von außen nach innen, was bedeutet, dass die gesamten hydrodynamischen und ferrostatischen Drücke an der Außenfläche des Filters anliegen und ideal durch die selbsttragende Geometrie des Zylinders abgefangen werden.

So wird die Gefahr der Zerstörung des Filters durch Bruch nachhaltig reduziert. Gleichzeitig kann auf Grund dieser Geometrie die Filterfläche vervielfacht werden. Dadurch



Bild 18: Rohrförmiger Filter – beidseitig offen

ergibt sich eine tatsächliche Vergrößerung der Filterfläche bei verringertem Platzbedarf. Es eröffnet sich eine neue Dimension beim Einsatz von Schaumkeramikfiltern.

Spezielle Filtergeometrie – Gehäuse

Verwendung und Einbau eines Röhrenfilters innerhalb der Gussform unterscheiden sich zwar von der des Standardfilters, sind aber in keiner Weise schwieriger. Tatsächlich wird der Einbau durch diese Filterart vereinfacht, weil rohrförmige Filter für den unkomplizierten Einbau innerhalb der Gussform nahe dem Formhohlraum konzipiert worden sind! Sie können direkt am nächsten Anschnitt platziert werden (grundsätzlich die beste Lösung – siehe auch Bild 20) oder man kann ein geeignetes Positionsmodell verwenden [8].

Wenn das Gießsystem aus vorgefertigten Elementen besteht, ist es besser, ein darauf zugeschnittenes Gehäuse zu haben. Das wäre die beste Lösung, weil dann ein anwendungsspezifisches System vorhanden ist. Daher war die Entwicklung eines geeigneten und hochfesten Gehäuses für diesen Filtertyp nur die logische Konsequenz.

Aufgrund dieser Anforderung wurde ein



Bild 19: Rohrförmiger Filter – einseitig offen

Gehäusesystem entwickelt und es entstand ein einzigartiges und zuverlässiges Filtrationssystem für die Produktion großer Stahl- und Eisengussteile (Bild 21).

Dieses sichere Filtrationssystem ist nicht nur für die Produktion großer Gussstücke aus Stahl oder Eisen geeignet, sondern kann auch für Nichteisenmetalle eingesetzt werden. Das System vereint die Vorteile der röhrenförmigen Schaumkeramikfilter für große Gussstücke mit den überlegenen Eigenschaften geschlossener Gießsysteme, wodurch mehrere Tonnen Schmelze auf einmal gefiltert werden können.

Das Konzept sieht vor, nur einen rohrförmigen Filter pro Gehäuse einzusetzen, was die Komplexität und die Anzahl der Komponenten bei gleichzeitiger Verbesserung der Systemsicherheit und -stabilität verringert und damit ein effektives Filtrationssystem schafft.

Aufgrund der Auslegung von Rohrfilter und -gehäuse konnte die Gefahr eines Filterbruches praktisch gebannt werden. Durch den zusätzlichen tangentialen Zulauf des Gießmetalls durch das Gehäuse wird die Filterleistung verbessert, weil die Filterfläche länger von groben Verunreinigungen freigehalten wird.

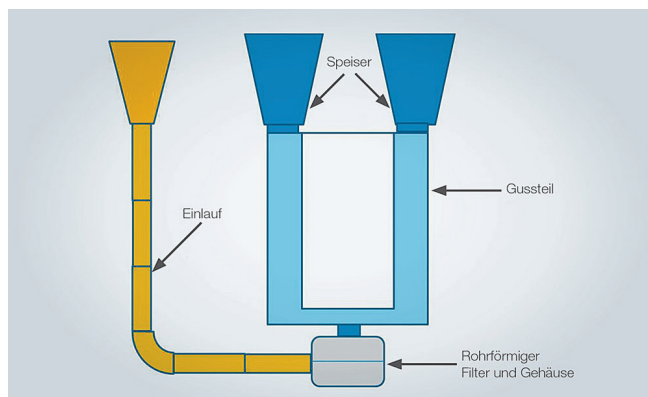


Bild 20: Einbau eines Röhrenfilters mit Gehäuse nahe dem Anschnitt

←

→
Bild 21: Gehäusesystem für rohrförmige Filter



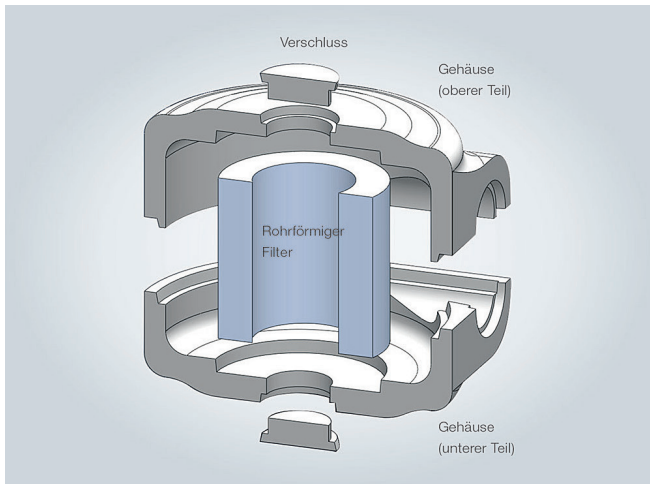


Bild 22: Gehäusesystem für rohrförmige Filter mit eingesetztem Filter

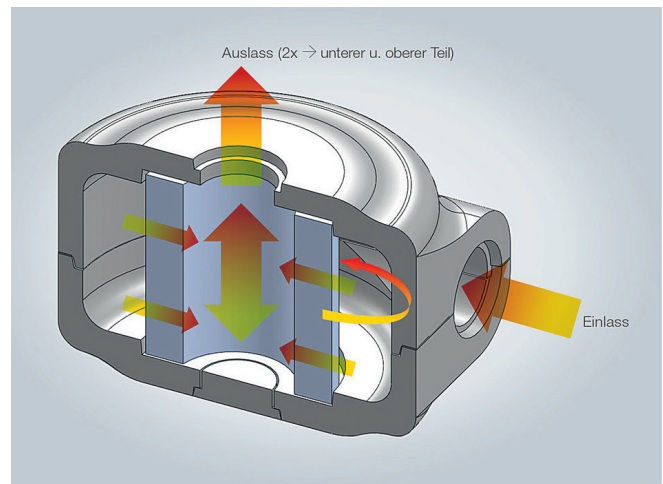


Bild 23: Gehäusesystem – schematische Funktionsweise

In Kombination mit röhrenförmigen Schaumkeramikfiltern kann das System einfach und ohne zusätzliche Klebstoffe oder andere zeitaufwendige Verfahren montiert werden. Bei Verwendung mehrerer Gehäuse pro Gussstück wird die Leistung des Systems erhöht und es können große Mengen Schmelze sicher gefiltert werden. Durch zwei wahlweise verschließbare Auslässe ist eine einzige Ausführung für alle Einbaulagen (rechts, links) anwendbar. Dadurch wird das Verfahren weiter verbessert und vereinfacht – und erspart dem Anwender unnötige Lagerbestände und eventuelle Verwechslungen.

Ein Gehäusesystem setzt sich zusammen aus:

- 1 Oberteil
- 1 Unterteil
- 1 Stopfen

Das Gehäuse besteht aus einem gebrannten, hochfeuerfesten Beton mit bester Abriebfestigkeit.

Das zu filternde Metall fließt in das Gehäuse und strömt durch den Filter zum Aus-

lass oder wahlweise zu den beiden Auslässen (Bild 23).

Die Vorteile beim Einsatz dieses Systems sind:

- Kompakte Abmessungen und Aufbau
- Schneller Einbau und unkomplizierte Handhabung
- Vielseitig in der Anwendung (keine rechten oder linken Teile)
- Gehäuse aus äußerst stabilem Feuerfestbeton
- Montage erfordert nur wenig Zeit und Platz
- Geringes Gesamtgewicht im Vergleich zu älteren Systemen
- Weniger Kreislaufmaterial
- Einbau direkt vor dem Anschnitt möglich

Simulation

Zusätzlich zu den bereits aufgeführten Vorteilen bei der Verwendung von rohrförmigen Filtern und einem speziell dafür konzipierten Gehäuse kommt hinzu, dass diese auch in einer entsprechenden Simulationssoftware nach- bzw. abgebildet werden können

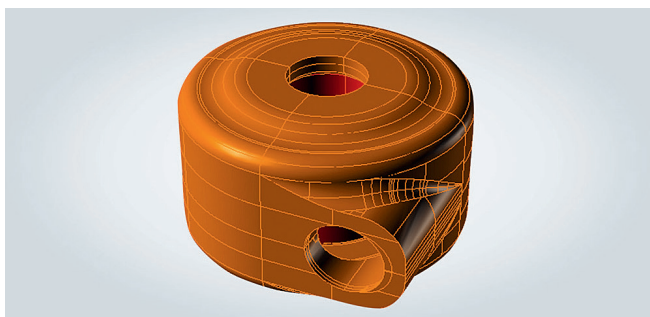
(Bild 24). Zu diesem Zweck wurden die dreidimensionalen Daten der rohrförmigen Filter und ihrer Gehäuse für diese Software berechnet und ein Modell erstellt.

Mithilfe dieser Daten können Gießsimulationen mit diesem Filtrationssystem schnell und einfach erstellt werden (Bild 25).

Fallstudien

Der rohrförmige Filter kam das erste Mal im Jahr 2012 in einer Gießerei zum Einsatz. Zu dieser Zeit wurden die ersten Versuche durchgeführt und ausgewertet – und es wurden noch einige Verbesserungen an den Filtern vorgenommen. Mitte 2012 wurden diese Filter in der großtechnischen Fertigung eingesetzt.

Zurzeit werden jeden Monat Gussstücke mit einem kumulierten Gewicht von über ein-tausend Tonnen mithilfe dieser Filter produziert, wobei die einzelnen Gussteile zwischen 2 und 22 Tonnen wiegen. Nachfolgend sind zwei Praxisstudien aufgeführt, die kurz erläutert werden.



↑ Bild 24: Gehäusesystem mit Filter für die Implementierung in die Simulationssoftware

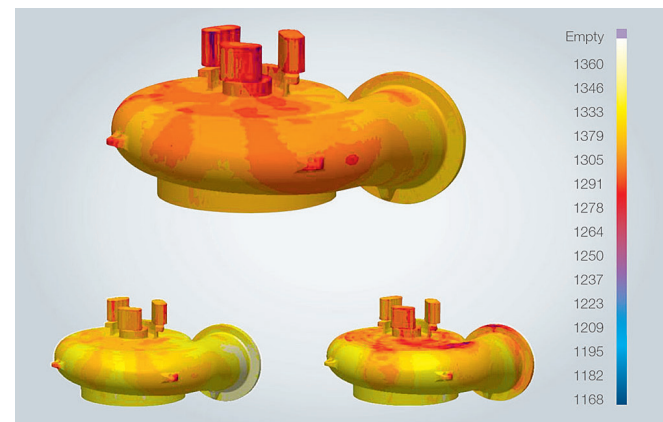


Bild 25: → Gießsimulation – Beispiel



Bild 26: Stirnseitige Kantenbeschichtung

Fallstudie 1

Bei dem ersten Fall geht es um die Verwendung von rohrförmigen Filtern in einer großen Eisengießerei.

Diese Gießerei stellt große und schwere Gussstücke aus Kugelgraphiteisenguss mit verschiedenen Abmessungen und Gewichten her – insbesondere für Windkraftanlagen. Um die hohen Anforderungen an die Gussstücke erfüllen zu können werden hier auch Schaumkeramikfilter eingesetzt. Diese Filter erhöhen sowohl die Reinheit der Schmelze, indem sie nichtmetallische Einschlüsse herausfiltern, und reduzieren Turbulenzen im Gießsystem.

Besonders bei der Herstellung großer Gussstücke wird mit Gießsystemen aus vorgefertigten Elementen gearbeitet – und in vielen Fällen kommen mehrere oftmals lange Querläufe zu den Anschnitten zum Einsatz. Dies kann das Entstehen von Turbulenzen begünstigen und damit auch das Risiko erhöhen, dass sich Reoxidationsprodukte in der Schmelze bilden.

Bei der ursprünglichen Anlage wurden handelsübliche Schaumkeramikfilter für große Teile mit den bekannten Abmessungen eingesetzt – also quadratische oder rechteckige Plattenfilter. Für jeden Guss wurden in Abhängigkeit der erforderlichen Schmelzmenge mehrere dieser Filter verwendet. Die Teile wurden in EN-GJS-400 gegossen, einem für diese Art Gussteil typischen Material. Zuerst wurden plattenartige Standardfilter mit besonderen Filterhaltern aus normalen feuerfesten Materialien in der Form installiert. Es kam in der Gießerei zu unerwarteten Filterblockaden – gefolgt von Rissbildung in den Filtern, was dazu führte, dass der Ausschuss stieg.

An diesem Punkt musste eine verbesserte, konsistentere und sicherere Lösung für die Filtration gefunden und implementiert werden. Hier kamen die rohrförmigen Filter ins

Spiel. Zuerst wurden einige Musterfilter ausgeliefert und die Gießerei begann mit der Prüfung dieser sozusagen ersten Generation der rohrförmigen Filter. Damals wurden die Filter noch auf herkömmliche Weise gefertigt. Die ersten Exemplare wurden zwar schon sehr erfolgreich getestet, es gab aber noch Potenzial für Verbesserungen.

Zu diesen Verbesserungen gehörte die Einführung einer Randbeschichtung (Bild 26) an den jeweiligen Stirnseiten der rohrförmigen Filter. Bei der Montage der ersten rohrförmigen Filter war aufgefallen, dass einige wenige der keramischen „Finger“ aus der Netzstruktur herausgebrochen waren. Dieses Phänomen trat nur an den Stirnseiten der Filter auf, weil sich hier die Filterstruktur und das keramische Gehäuse berühren, was dazu führte, dass (bei entsprechend grober Handhabung) einige Filterpartikel herausbrachen.

Um dies zu vermeiden, wurden die Stirnseiten der rohrförmigen Filter mit einer zusätzlichen Kantenbeschichtung (Edge Coating) versehen. Dadurch konnte das Ausbrechen der „Filterfinger“ bei der Montage erfolgreich vermieden werden, was die Handhabung des Filters viel sicherer machte. Dies



Bild 27: Oberflächenfehler am Gussstück

hat sich besonders in der rauen Gießereiumgebung als sehr nützlich und sicherheitsfördernd erwiesen.

Nach der Einführung der Kantenbeschichtung und dem Abschluss einer längeren Versuchsphase in der Gießerei wurde deutlich, dass die Gießerei mit dieser Art Filter auch auf Dauer ausgezeichnete Ergebnisse erzielen würde. Kein einziger Filter versagte und es gab keine Probleme in Bezug auf Blockaden oder Filterbruch. Die Gießerei erkannte darüber hinaus, dass man die Anzahl der erforderlichen Gießläufe erfolgreich reduzieren kann, was wiederum weitere Vorteile mit sich brachte. Dieser Vorteil der erhöhten Ausbringung ist besonders wichtig beim Guss großer Teile mit mehr als 20 Tonnen Gießgewicht.

Heute kommen bei dieser Gießerei Filter in verschiedenen Größen und Längen zum Einsatz. Welche genau, das hängt von den jeweiligen Gussteilabmessungen und den entsprechenden Gießgewichten ab. Das ungefähre Gewicht beträgt pro Gussteil typischerweise 16 Tonnen, kann aber schwanken. Das Leistungsvermögen der Filter ist gleichbleibend ausgezeichnet. Mithilfe der rohrförmigen Filter konnte die Gießerei ihre Ergebnisse nachhaltig steigern und – was noch wichtiger ist – die Filterbruchrate quasi auf null absenken. Dieser Filtertyp wird dort seither täglich eingesetzt, d. h., dass Zehntausende Tonnen Kugelgraphitguss durch diese Filter gegossen worden sind – und zwar mit beeindruckenden Resultaten.

Fallstudie 2

Bei der zweiten Fallstudie geht es um die Verwendung der rohrförmigen Filter in einer Stahlgießerei – diesmal in Verbindung mit dem Gehäuse Exactfill.

Bei der Herstellung eines Gussstückes stellte die Gießerei etliche Fehler an der Oberfläche des Teiles fest (Bild 27). Einige

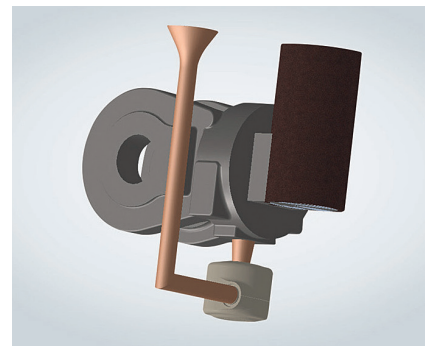


Bild 28: Gehäusesystem mit Filter für die Implementierung in die Simulationssoftware – Beispiel

dieser Fehler wurden als Mängel unterhalb der Oberfläche eingestuft, die hauptsächlich durch nichtmetallische Einschlüsse und wahrscheinlich übermäßige Turbulenzen verursacht worden sind. Diese Mängel mussten mit erheblichem Nachbearbeitungsaufwand beseitigt werden, um die Gussstücke in einen verkaufsfähigen Zustand zu bringen. Weil es sich hier um Stahlguss handelt, war dieser Aufwand besonders hoch. Hier waren mehrere Schritte nötig, wozu nicht nur das Ausschleifen der Fehlerstellen und das Schweißen gehörten, sondern auch die mehrmalige zusätzliche Wärmebehandlung.

Um in diesem Fall die nichtmetallischen Einschlüsse nachhaltig zu reduzieren, wurde der Einsatz von Filtern empfohlen. Die folgenden Umstände und Vorgaben mussten beim Gießen berücksichtigt werden:

- Gießgewicht ca. 2 Tonnen
 - NiCrMo-Stahl, niedriglegiert
 - Gießtemperatur 1580 °C
 - Filter muss schnell und einfach montierbar sein
 - Weniger Raum für die Montage
 - Beibehaltung der Gießzeit
 - Beibehaltung des vorhandenen Gießsystems
 - Gießsystem aus vorgefertigten Elementen
- All diese Vorgaben resultierten in der Verwendung eines rohrförmigen Filters mit dem neuen Gehäusesystem (Bild 28).

Hier konnte das System seine Fähigkeiten ausgezeichnet unter Beweis stellen. Das hervorragende Filtermaterial (Zirkonoxid) verfügt über die notwendigen Eigenschaften, die es ihm ermöglichen, den in einem Gießsystem wie diesem vorkommenden Temperaturen und Drücken mit exzellenten Ergebnissen zu widerstehen. Darüber hinaus sind die rohrförmigen Filter und das Gehäusesystem aus hochtonerdehaltigem Feuerfest-Material die optimale Wahl für diese Art der Herausforderung. Dies gilt insbesondere, da die Gießerei ein standardisiertes Gießsystem aus vorgefertigten Elementen verwendete und das Gehäuse einfach montiert werden kann, weil

dessen Ein- und Auslässe für den Anschluss an diese Gießsysteme ausgelegt sind. Die Umrüstung konnte schnell und unkompliziert erfolgen.

Während des Gießens mit eingebautem Filtrationssystem konnte die Gießerei, wie vorgegeben, keine wesentliche Verlängerung der Gießzeit feststellen. Das Füllen der Form konnte annähernd innerhalb derselben Zeit durchgeführt werden, die es ganz ohne Filter bräuchte!

Die nichtmetallischen Einschlüsse konnten unter Einsatz dieses Filtrationssystems erheblich verringert werden, was zu weniger Nacharbeit und dadurch zu mehr Ausbringung führte. Nicht zuletzt ist der einfache Einbau und die hohe Wirksamkeit, die aus dem perfekten Zusammenspiel von Filter und Gehäuse resultiert, ein weiterer Vorteil.

Fazit

Ein neues, und für die Filtration großer Mengen optimiertes, System ist bei verschiedenen branchenführenden Metallgießern getestet worden. Dieses neue System bietet zahlreiche Vorteile gegenüber den heute gängigen Verfahren mit Standardfiltern, die versagen können, weil sie nicht anwendungsgerecht eingesetzt und dimensioniert werden und dann nicht über die nötige Festigkeit verfügen. Der Einsatz von rohrförmigen Filtern stellt einen erheblichen Zuwachs an Sicherheit für den Metallgießer dar, der große Summen und viel Zeit in das Gießen großer Eisen- und Stahlgussstücke investiert. Mit diesem neuen System wird dem Gießereifachmann ein einfaches, aber wirkungsvolles Instrument an die Hand gegeben [9]. Bisherige Nachteile bei der Nutzung standardmäßiger Filter können leicht umgangen und der Einbau der Filter kann für jede Anwendung deutlich vereinfacht werden. Zum ersten Mal haben die Gießereien die Möglichkeit, keramische Schaumfilter mit spezieller Geometrie auf einfache Art und Weise einzusetzen und so sämtliche Vorzüge der Flüssigmetallfiltra-

tion zu genießen, ohne sich Gedanken über Filterbrüche machen zu müssen. Dies wird neben der Umsetzung einer neuartigen und wesentlich kompakteren Filtergehäuseauslegung hauptsächlich durch die einzigartige Ausnutzung spezieller Vorzüge der Geometrie erreicht. ◀

Danksagungen

Die Verfasser möchten allen Mitwirkenden für ihre umfassende Unterstützung bei der Erstellung dieses Artikels danken – ebenso wie für die Möglichkeit, verschiedenste Tests bis zu diesem Zeitpunkt durchführen zu können.

Besonderer Dank gebührt dem Unternehmen Bischoff Lüdinghausen – sowie den Mitarbeitern der Simulationsabteilung von ASK Chemicals in Hilden.

Quellen

- [1] Sievers, U.S.; Voigt, U.: „Hohe Ansprüche meistern“; Artikel Zeitschrift „Gießereierfahrungsaustausch“ 3/2008; S. 8–11
- [2] Giesserei-Jahrbuch 2003; Giesserei-Verlag GmbH Düsseldorf: „Formstoffe und Formverfahren“; S.189–194
- [3] His, Christian; Matthews, Andy; Braun, Jochen: „Effiziente Filtration mittelgroßer Schlacken- und Sandeinschlüsse“; Hamilton Porcelains Ltd., Brandfort, Kan; GIESSEREI 85 (1998) Nr.1
- [4] Morris, Jay; LeTarte, Paul; Oswald, Sam: „Taguchi Analysis of Quality Improvement by Filtration“; Veröffentlichung AFS 1991
- [5] Produktdatenblatt „Stalex ZR-Filter“; Foseco FS Limited Tamworth, Staffordshire; Okt. 2004
- [6] Produktdatenblatt „Udicell™ PSZ-Filter“; ASK Chemicals FS GmbH, Bendorf, 2011
- [7] Sievers, U.S.: „Udicell-Filter: Erfahrungen mit den neuen Anwendungstechniken, insbesondere bei der Filtration von schweren Stahlgussstücken“; technischer Fachartikel, 60. WFC Den Haag; Niederlande, 1993
- [8] Giesserei-Jahrbuch 2005; Giesserei-Verlag GmbH Düsseldorf: „Grundlagen der Gießereitechnik“; S.224–233
- [9] Produktdatenblatt „Udicell Tubular PSZ-Filter“ und „Exactfill Housing System“; ASK Chemicals GmbH, 2013