

# 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.

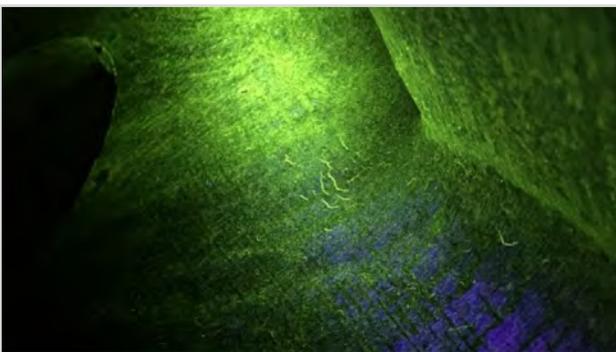


Abb. 1a: Haarrisse an der Gussoberfläche eines Bauteils aus niedrig legiertem Stahl

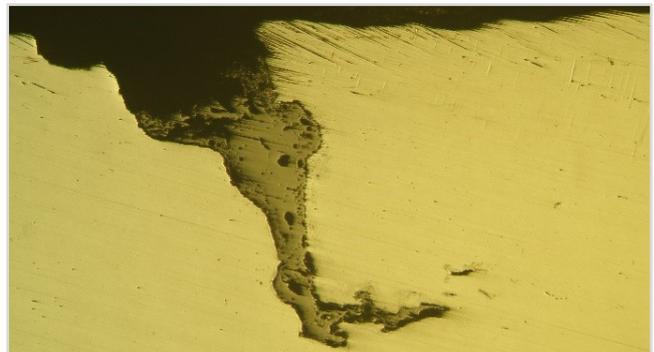


Abb. 1b: Vertikaler Schnitt durch einen Haarriss (Vergrößerung 100fach)

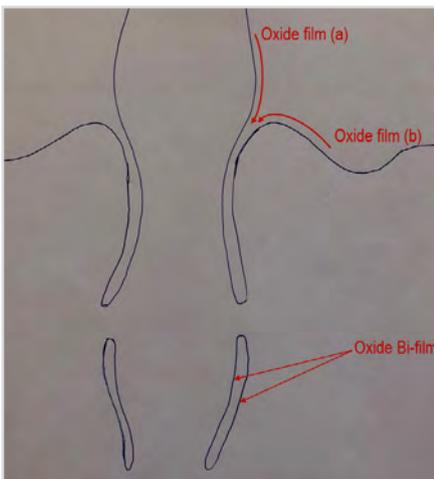


Abb. 2a: Luftaufnahme und Entstehung von Bifilmen

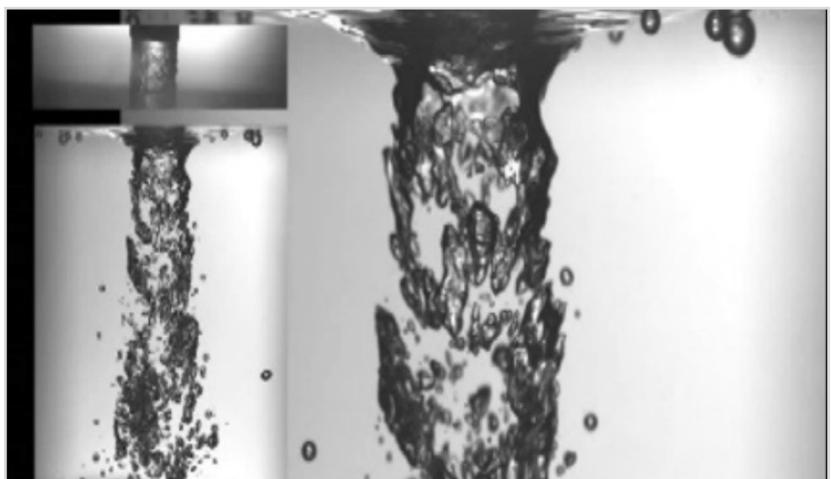


Abb. 2b: Mechanismus der Luftaufnahme [1]

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 Eingusstrichter zu. Sowohl die Oxidschicht auf dem Flüssigmetallstrom als auch die auf der Schmelze im Eingusstrichter 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]. 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 nicht-



Abb. 2c: Das Anzapfen verursacht Lufteinschlüsse und Doppelfilme.



Abb. 2d: Wassermodellierung des Zapfvorgangs

metallischen Einschlüssen und von Ausscheidungen geseigerter Elemente, wie zum Beispiel Schwefel und Kohlenstoff, an den Korngrenzen. Die durch Bifilme erzeugten Materialtrennungen begünstigen die Entstehung von Heißrisse 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 Bajonettbesystem zum Pfannenausguss angehoben.

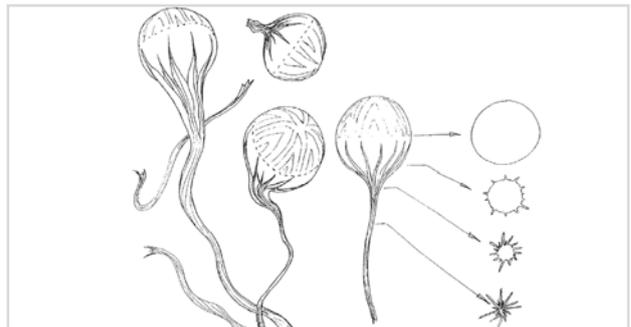


Abb. 3a: Luftblasen und Schweife von Bifilmen

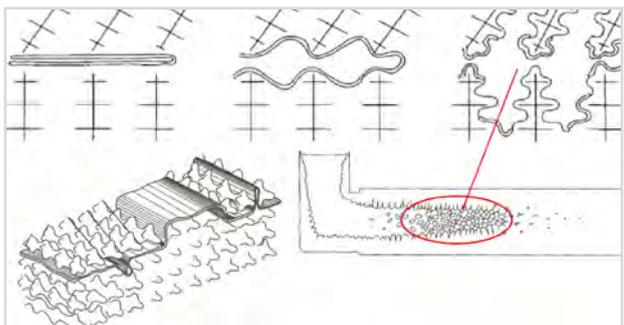


Abb. 3b: Bifilme an Korngrenzen und Entstehung von Mikroporositäten [1]

## 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 Hebessystems geformt. Das Hebessystem 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 Bajonetthebesystem 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 Hebessystem 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**).



Abb. 4a: Aufbau der HOLLLOTEX Shroud

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. 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**).



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

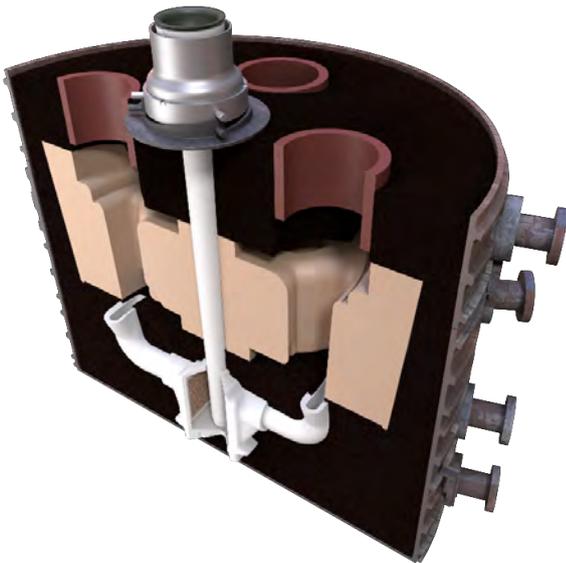


Abb. 7a: HOLLLOTEX Shroud System in der Form

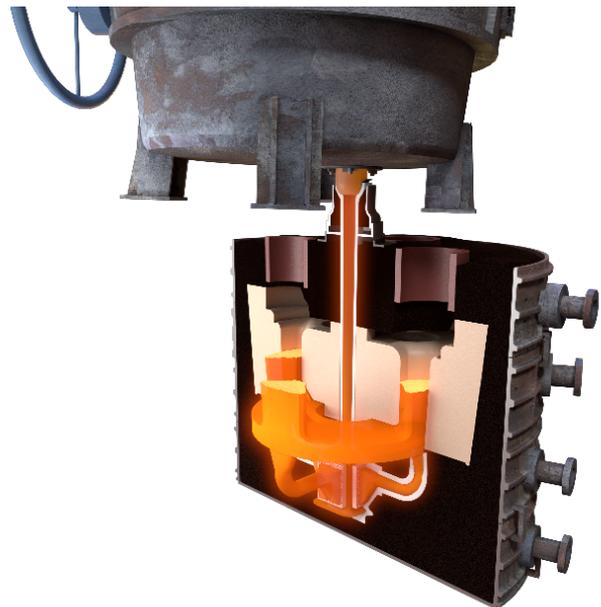


Abb. 7b: HOLLLOTEX Shroud System während des Gießvorgangs

## 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 Ausganges 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 Gießtechnik 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 und 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 Korngrenzen, sind aber aufgrund von mitgerissenen Bifilmen voneinander getrennt. Dieses hat mehrfache Magnetpulverprüfungen und Schweißzyklen zur Folge.

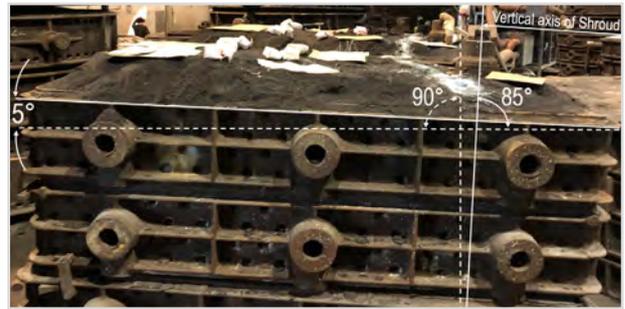


Abb. 8a: HOLLLOTEX Shroud ermöglicht das Gießen von leicht geneigten Formen



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

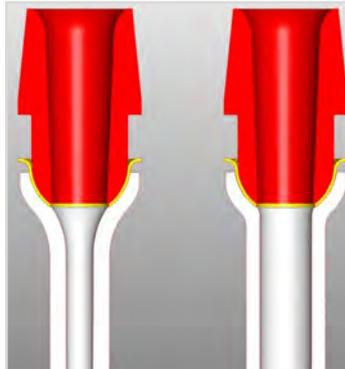


Abb. 9a: Ein Universalausguss für Schutzrohre unterschiedlicher Größe



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



Abb. 10a: Mit HOLLLOTEX Shroud gefertigtes Gussteil



Abb. 10b: Mit konventioneller Gießtechnik gefertigtes Gussteil

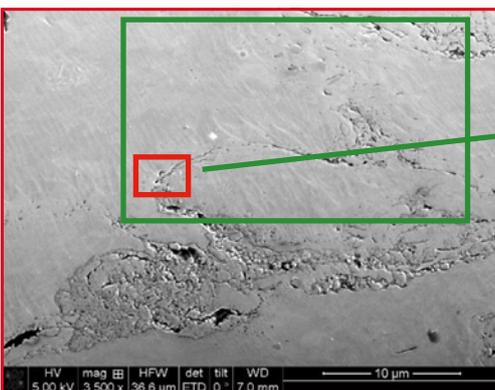


Abb. 10c: REM-Untersuchung eines Haarrisses der Universität Saarbrücken

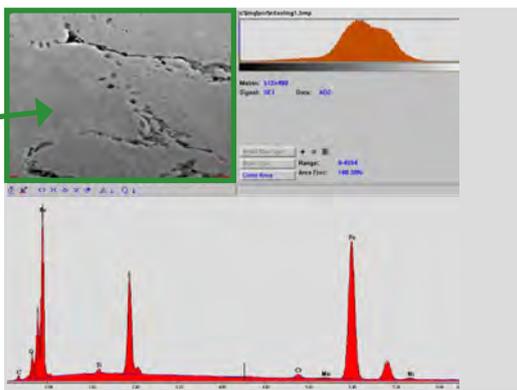


Abb. 10d: Die EDX-Analyse weist die Elemente O, Fe, Ni, Si, S, Cr, Mn aus

## 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 Pfanne 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 Pfanne 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 HOLLLOTEX 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 Pfanne bedient. Um ein Überlaufen der Schmelze und Spritzen zu vermeiden, drosselt dieser den Gießprozess. Dieser erste Versuch mit der HOLLLOTEX 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

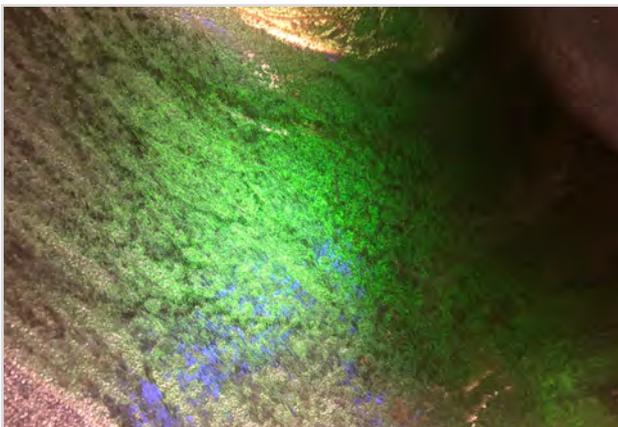


Abb. 11a: Haarrisse hervorgerufen durch turbulente Formfüllung

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 HOLLLOTEX 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 nennenswerte 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 Pfanne 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 HOLLLOTEX Shroud Versuche auf eine größere Serie ausgedehnt. Die Temperatur in der Pfanne 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.

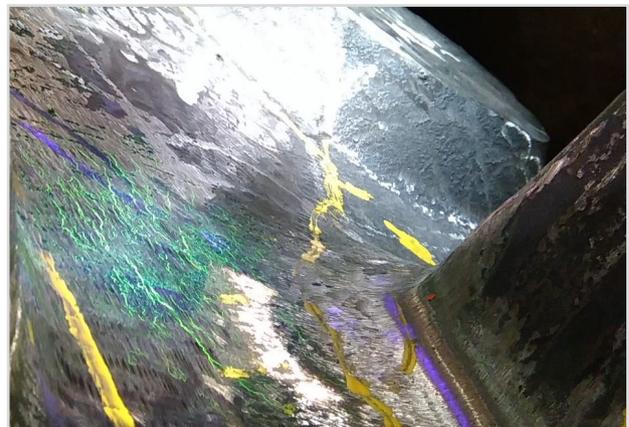


Abb. 11b: Gleicher Oberflächenbereich eines Gussteils mit reduziertem Austrittsquerschnitt

Das Gießen der Bauteile mit der HOLLOTEX 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 HOLLOTEX 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 HOLLOTEX Shroud erfolgreich bei der Serienfertigung noch größerer Planetenträger (3500 kg Gießgewicht) etabliert.

## 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 Pflanze 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 Pflanze gegossen. Dieser Sachverhalt zeigt, dass mit der HOLLOTEX Shroud Technologie auch mehrere, aufeinanderfolgende Abgüsse aus einer Pflanze 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 HOLLOTEX 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 HOLLOTEX Shroud eingesetzt. Der Ausgangsdurchmesser des Schutzrohrs betrug 45 mm

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

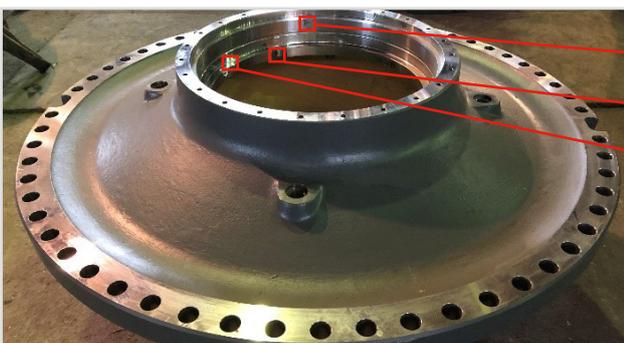


Abb. 13a: Fehlstellen nach der Endbearbeitung

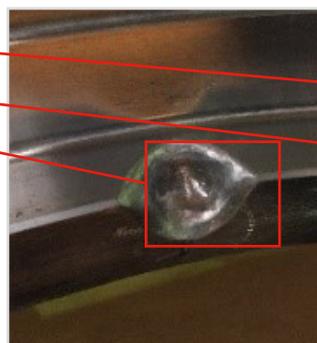


Abb. 13b: Beseitigung des Fehlers und Schweißen

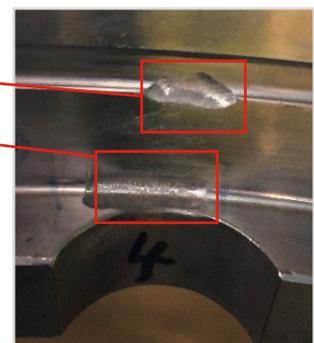


Abb. 13c: Beseitigung des Fehlers und Schweißen



Abb. 13c: Gussteil mit HOLLOTEX Shroud gefertigt



Abb.14d: 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 und 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 HOLLOTEX 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 15a und b**). Sand- und Schlackenfehler wurden bei der anschließenden Qualitätsprüfung an der Oberfläche nicht festgestellt und darüber hinaus waren die Gussteile frei von Gasblasen (**Abbildung 16a und 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 HOLLOTEX Shroud und des Gießsystems



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



Abb. 17a: Oberfläche des mit HOLLOTEX Shroud gefertigten Gussteils



Abb. 17b: Oberfläche frei von Sandstellen oder Gasblasen

## ZUSAMMENFASSUNG

Die HOLLOTEX 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.



### Wesentliche Vorteile der HOLLOTEX 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.)

### KONTAKT



#### DAVID HRABINA

European Application Manager -  
Ferrous Filtration

david.hrabina@vesuvius.com

Mob: +420 724 304 026

### 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