

Gasdichtes Schiebersystem reduziert Sauerstoffaufnahme beim Gießen von Stahl

Gas-tight slide gate valve reduces reoxidation during steel casting

Aufgrund wachsender Ansprüche an Stahlprodukte arbeiten Stahlhersteller an verschiedenen Methoden, das Risiko einer Reoxidation von Stahl im Herstellungsprozess zu minimieren. Einen wichtigen Punkt stellt die Beantwortung dieser Fragestellung beim Blockguss dar; hier wird Sauerstoff aus der Umgebungsluft sowohl im Inneren des Schiebers als auch im Übergang vom Schieber zum Gießtrichter aufgenommen. Es wurde ein neuartiges, gasdichtes Drei-Platten-Pfannenschiebersystem entwickelt und unter betrieblichen Bedingungen getestet. Der Bericht gibt einen Überblick über die Entwicklung des neuen Systems und die betrieblichen Erfahrungen.

Robert Hellermann,
Frank Hippenstiel,
Nikolaj Hofmann,
Wolfgang Schönbrenner
und Paul Seitz

Due to increasing demands for steel products, the steel manufacturers work on several measures to reduce the risk of reoxidation during steelmaking. One important point is answering the key question with respect to ingot casters: the oxygen pick-up at the slide gate and the gap between slide gate and trumpet of the runner channel of an ingot casting system. Recently, developments were made and practical tests with a gas-tight slide gate valve were carried out. The paper gives an overview of the development work to create a gas-tight version of a three-plate system and of the handling experience at a steel plant.

Seit 2002 ist die Knöllinger Flo-Tec GmbH als Hersteller für Pfannenschieber bekannt. Als mittelständischer Betrieb kann sie nicht nur auf besondere Kundenwünsche eingehen, sondern beschreitet auch vollkommen neue Wege im Bereich Pfannenschieber. Hierbei ist vorteilhaft, dass Knöllinger Flo-Tec nicht an einen Hersteller von Feuerfestmaterial für die Pfannenschieber gebunden ist. Die Kunden sind somit frei, das Feuerfestmaterial auf dem Markt zu beziehen. Die Tatsache, dass die von Knöllinger Flo-Tec entwickelten Pfannenschieber mit unterschiedlichen Plattenformaten betrieben werden können, erleichtert dem Kunden die Auswahl nach Plattenformat, Preis und Qualität der für ihn optimalen Feuerfestkomponenten. Mit dem neu entwickelten gasdichten Drei-Platten-Schieber trägt Knöllinger Flo-Tec den Ansprüchen von Stahlherstellern im Premiumsegment Rechnung.

BGH Edelstahl Siegen GmbH produziert in Siegen eine sehr große Palette von Edelbaustählen und nichtrostenden Stählen. Der Stahl wird in einem 60-t-Elektrolichtbogenofen erschmolzen, anschließend folgen die sekundärmetallurgischen Behand-



Beim Blockguss muss die Reoxidation während des Gießprozesses vermieden werden
In ingot casting the pick-up of oxygen during the casting process has to be avoided

lungen im Pfannenofen, AOD-Konverter und/oder der VD/VOD-Anlage. Nach dem Raffinationsprozess wird der Stahl im Blockgussverfahren mit Blockgewichten von zwei bis 50 t vergossen. Der größte Teil der Rohstahlproduktion wird in den eigenen Schmiedebetrieben zu Stabstahl und Freiformschmiedestücken weiterverarbeitet. Es erfolgt eine 100%-Prüfung der Produkte mittels modernen, automatischen Ultraschallprüfanlagen; die Entscheidungsgrenzen richten sich nach Kundenvorschriften bzw. internen Prüfkriterien und reichen bis zu 1 mm KSR.

Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, verbessert die BGH Edelstahl Siegen GmbH die metallurgischen Prozesse durch die Betrachtung und Überprüfung aller Prozessschritte im Stahlwerk. Dabei wird sich hauptsächlich auf die Reduktion der nichtmetallischen Einschlüsse, die aus verschiedenen Quellen wie Desoxidation, Reoxidation und chemischen Reaktionen entstehen können, konzentriert. Die folgenden Ansätze können helfen, die nichtmetallischen Einschlüsse auf ein Minimum zu reduzieren [1]:

- ▷ Vorbeugung der Bildung von Oxideinschlüssen während der Erschmelzung
- ▷ Vermeidung der Agglomerationen von mikroskopischen Einschlüssen
- ▷ Schutz der Schmelze vor Aufnahme von Feuerfestmaterialien beim Gießen
- ▷ Vermeidung von Gießpulvereinzug in die Schmelze
- ▷ Keine mitlaufende Schlacke während des Gießprozesses
- ▷ Schutz der Schmelze vor Reoxidation.

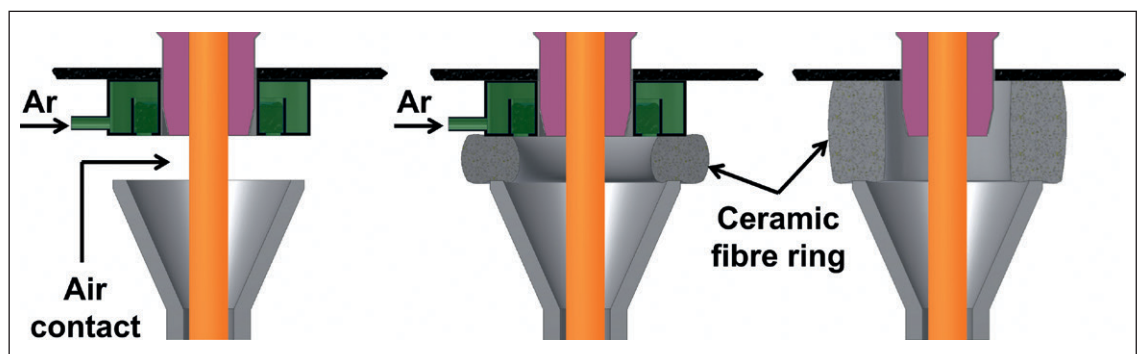
Exogene Einschlüsse sollen, so gut es geht, minimiert werden. Die Abschirmung des Gießstrahls ist dabei von besonderer Bedeutung, weil dieser in engem Kontakt mit der Umgebungsluft ist. Vor allem im Bereich des Stahlaustrittes wird ein sehr turbulenter Strahl gebildet. Entsprechend groß ist die für die Reaktion mit Sauerstoff zur Verfügung stehende Fläche. Eine funktionierende Gießstrahlabschirmung in diesem Bereich reduziert die Sauerstoffaufnahme deutlich.

In der Vergangenheit wurden viele Entwicklungen getestet, wie z. B. die Injektion von Argon direkt in die Feuerfestplatten oder in den Trichterbereich. Diskontinuierliche Betriebsbedingungen können ein Grund sein, dass die bisherigen Ansätze, die Gießpfannenschieber bezüglich der Reoxidation zu verbessern, nicht zu den gewünschten Qualitätsverbesserungen geführt haben.

In Untersuchungen über die Herkunft von Einschlüssen im Stahl hat sich herausgestellt, dass ca. 60 % der nichtmetallischen Einschlüsse mit einer Größe von mehr als 20 μm , durch Reoxidation bei der Stahlherstellung zustande kommen. Bei dem Prozessschritt Gießen gibt es drei Hauptquellen von Sauerstoff:

- ▷ Aufbrennen der Innenhülle vor dem Gießen
 - ▷ Kontakt der Gießbadoberfläche mit der Umgebungsluft
 - ▷ Kontakt des Gießstrahls mit der Umgebungsluft [2].
- Die Badoberfläche ist beim steigenden Guss nur sehr kurz der Umgebungsluft ausgesetzt, da das Stahlbad mit einer Schlackenschicht aus Gießpulver bedeckt ist. Der Gießstrahl hat allerdings Reynolds-Zahlen im Bereich von 10^5 , also sehr turbulent. Es ist daher anzunehmen, dass der Hauptteil der Sauerstoffübertragung im Gießstrahl stattfindet. Die Reoxidation kann daher schon reduziert werden, wenn nur der Gießstrahl vor der Umgebungsluft abgeschirmt wird. Es ist offensichtlich, dass durch die Injektion von Argon in diesen Bereich die Sauerstoffaufnahme weiter reduziert werden kann.

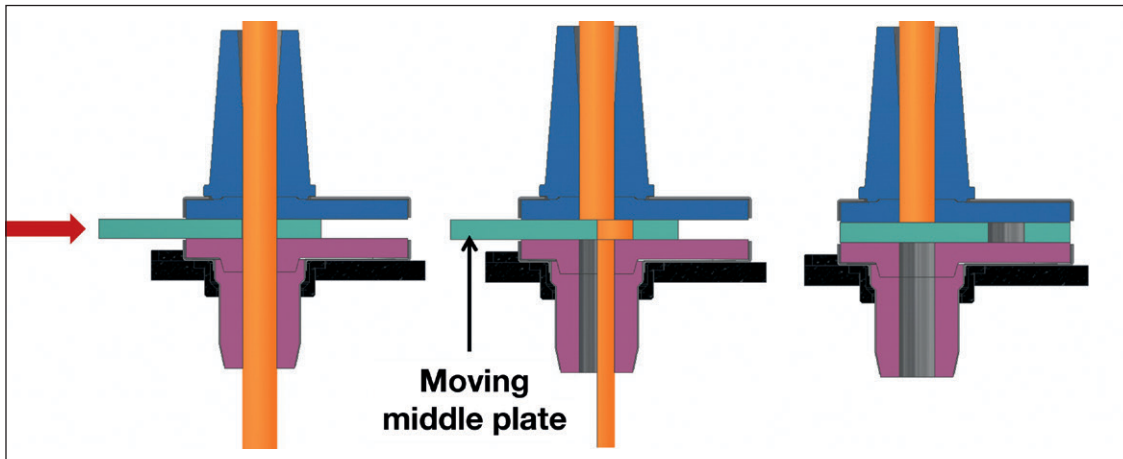
Bild 1 zeigt einige erprobte Konzepte, um den Gießstrahl vor Reoxidation zu schützen. In zwei Konzepten wird Argon verwendet, um den Gießstrahl von der Atmosphäre abzuschirmen. Ein anderes Konzept besteht darin, den Abstand zwischen Schieber und Trichter durch eine flexible feuerfeste Lösung abzudichten [3]. Der aktuelle Stand der Technik ist meist eine Kombination aus Keramikfasermatte und Injektion von Argon in den Gießtrichter. Mit den oben beschriebenen Maßnahmen kann eine deutliche Verminderung



1

Schematische Darstellung unterschiedlicher Konzepte von Gießstrahlabschirmungen

Difference concepts of pouring stream protections, schematic drawing



2

Schematische Darstellung eines Gießpfannenschiebers mit drei Feuerfestplatten

Schematic drawing of a sliding gate valve with three refractory plates

der Reoxidation erzielt werden. Es bleibt allerdings das Risiko, dass Sauerstoff im Inneren des Schiebers aufgenommen werden kann. Ebenso kann unter Umständen der Faserring nicht gänzlich abdichten, so dass unbemerkt Umgebungsluft angezogen wird.

Schieberkonzepte

Bei den Schiebersystemen für Stahlgießpfannen hat sich der Zwei-Platten-Schieber beim Strangguss durchgesetzt. Für den Blockguss ergeben sich mit diesem System aber einige Nachteile. Beim Positionieren der Pfanne über dem Trichter muss berücksichtigt werden, dass der Ausguss sich während des Verfahrens noch bewegt. Des Weiteren ist die Gießachse beim Drosselvorgang des Schiebers nicht mehr fluchtend mit der Gießachse der Pfanne. So kann es notwendig sein, dass die Position der Gießpfanne mit dem Kran korrigiert werden muss, um nicht gegen den Trichteraufbau zu gießen.

Diese Nachteile werden mit einem Drei-Platten-Schieber eliminiert, Bild 2. Dabei sind die obere und die untere Platte feststehend und das Schließen und Regeln wird mit einer dritten Platte, der Mittelplatte, realisiert. Aufgrund dieser Anordnung wird die Positionierung der Pfanne über dem Trichter einfacher und auch während des Drosselvorgangs bleibt die Gießachse immer konstant.

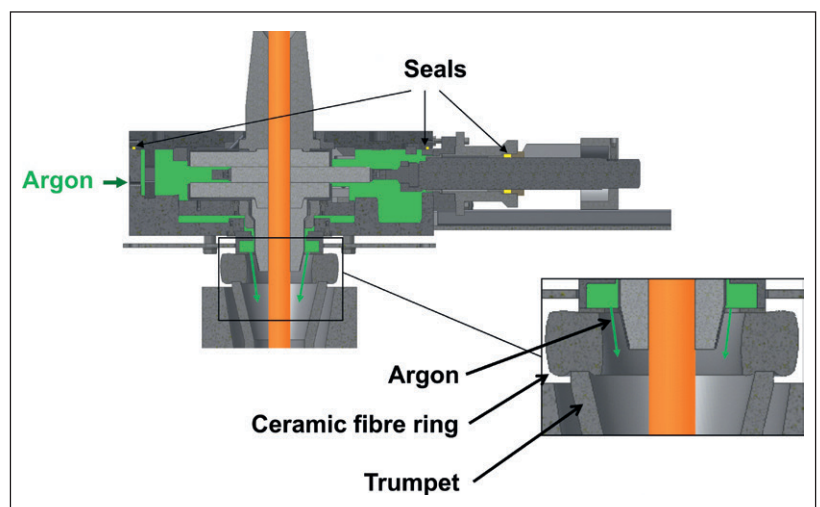
Das neue Schiebersystem ist mittels hochtemperaturfesten Dichtungen gekapselt und wird während des Gießprozesses mit Argon (oder ein anderes Gas) kontrolliert geflutet. Dadurch wird der Einzug der Umgebungsluft ausgeschlossen und somit eine inerte Atmosphäre im Inneren des Gehäuses geschaffen. Überschüssiges Schutzgas wird gezielt zum Ausguss geleitet und tritt dort aus dem Schieber aus. Somit wird auch dieser kritische Bereich Pfanne/Schieber und Gießtrichter vor der Aufnahme von Sauerstoff aus der Umgebungsluft geschützt.

Zwar wurde in der Vergangenheit vereinzelt auch schon Argon auf die Kontaktfläche der Platten geleitet, dies war jedoch relativ aufwendig und kostenintensiv.

Mit dem in Bild 3 gezeigten Schiebersystem ist es nun möglich, mit nur einem Anschluss für das Schutzgas das Schieberinnere zu schützen und das Gas von dort, am Ausguss vorbei, an den Gießstrahl zu leiten.

Betriebserfahrungen

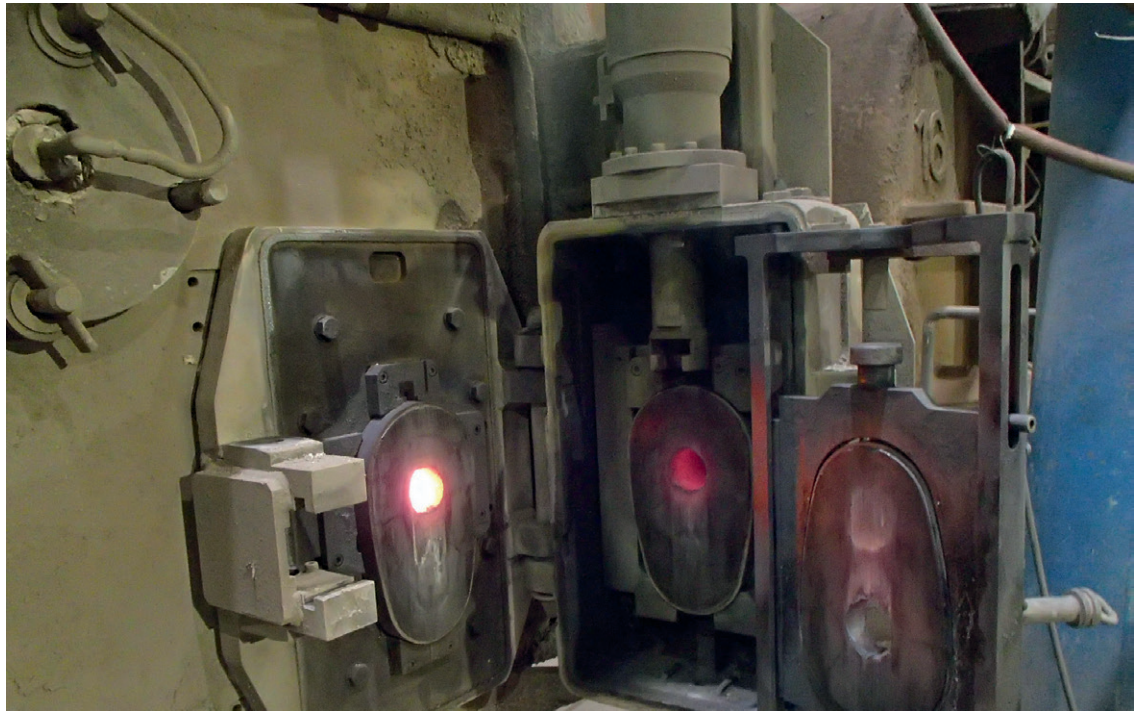
Die BGH Edelstahl Siegen GmbH startete die Versuche mit diesem Schiebermodell im Oktober 2013. Basierend auf den positiv verlaufenen Versuchen, hat BGH Edelstahl Siegen seit August 2015 komplett auf dieses System umgerüstet. Bild 4 zeigt den



3

Schematische Darstellung des gasführenden Drei-Platten-Schiebers

Schematic drawing of the newly developed gas-tight sliding gate



4
FT3 160 GT bei BGH Edelstahl Siegen am Pfannenplatz
FT3 160 GT at BGH Edelstahl Siegen GmbH at ladle station

Drei-Platten-Pfannenschieber in geöffneten Stellung am Pfannenplatz.

Das neue Schiebersystem bietet folgende Vorteile:

- ▷ Bessere Positionierung der Pfanne über dem Gießtrichter
- ▷ Vereinfachung der Gießstrahlabschirmung mit einer Leitung. Die Zufuhr des Schutzgases wird über eine Ventilstation geregelt.

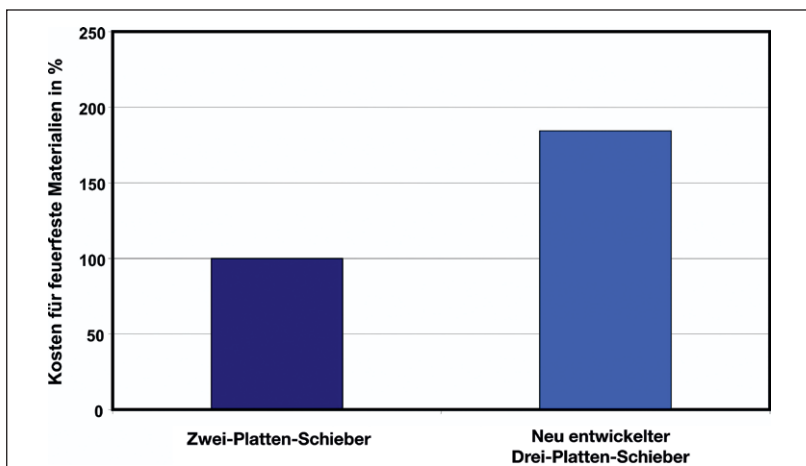
▷ Genauere Regelung der Gießparameter.

Es hat sich in der betrieblichen Praxis gezeigt, dass der neue, gasdichte Drei-Platten-Pfannenschieber gegenüber dem Zwei-Platten-Pfannenschieber im Handling wesentlich angenehmer für einen Blockgussbetrieb ist. Nach den ersten Schulungen des Betriebspersonals wurde der Schieber aufgrund der angeführten Punkte als Verbesserung angesehen.

Allerdings erhöhen sich die Betriebskosten, was sich sowohl in der Wartung und Pflege wie auch dem Verbrauch von feuerfesten Materialien wie Hülsen und Platten widerspiegelt. Im Bereich der Wartung wurden im Laufe der ersten Tests einige konstruktive Verbesserungen durch Knöllinger FloTec und BGH Edelstahl Siegen entwickelt, sodass zukünftig von einem normalen, d. h. mit einem dem Zwei-Platten-Schieber vergleichbaren Wartungsaufwand ausgegangen werden kann.

Um die Betriebskosten des neuen Drei-Platten-Pfannenschiebers sukzessive zu senken, wurden verschiedenartige feuerfeste Massen für die Schieberplatten getestet. Hierbei kam die Tatsache, dass der Schieber die verschiedensten Feuerfestlösungen aufnehmen kann, der Optimierung sehr entgegen.

Getestet wurden auch Schieberplatten unterschiedlicher Hersteller. Als bestes Konzept hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Verhältnisses hat sich eine hochtonerdehaltige Masse mit niedrigem Silicium- und Eisenoxidgehalt sowie einem bestimmten Anteil an Zirkonoxid bewährt. Es bleibt jedoch fest-



5
Vergleich der Kosten für feuerfeste Materialien für einen Zwei-Platten-Pfannenschieber im Vergleich zu einem Drei-Platten-Pfannenschieber
Refractory costs of a gas-tight slide gate with three plates in comparison to a slide gate with two plates

zuhalten, dass sich die Feuerfestkosten des Schiebersystems gegenüber dem Zwei-Platten-Schieber um rd. 85 % erhöht haben, wie Bild 5 zeigt.

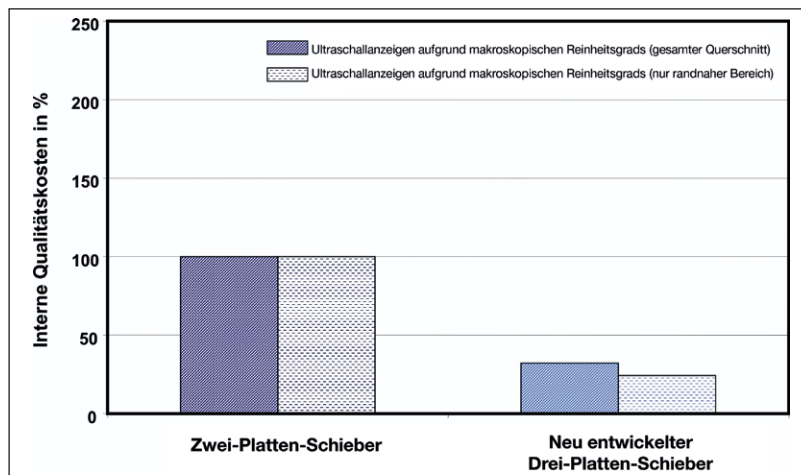
Die Anforderungen an Stabstahl und Freiformschmiedestücke können sehr komplex sein und reichen von der Einstellung einer reproduzierbaren chemischen Zusammensetzung bis hin zu einer hohen Reinheit. Insbesondere der makroskopische Reinheitsgrad rückt in den Fokus, da heute die Möglichkeit einer schnellen 100 %-Prüfung von Stabstahl mittels automatischer Prüfanlagen einschließlich einer aussagekräftigen Dokumentation der Prüfergebnisse möglich ist. Im Rahmen der Beurteilung der Funktionalität des entwickelten Drei-Platten-Pfannenschiebers wurden zunächst die Stickstoffgehalte der Schmelzen nach dem Vakuumprozess mit den Stickstoffgehalten im Schmiedestück verglichen. Eine Stickstoffaufnahme während des Gießprozesses konnte nicht festgestellt werden. Somit war frühzeitig erkennbar, dass das System der Gießstrahlabschirmung zuverlässig funktionierte.

BGH Edelstahl Siegen prüft sämtliche Produkte zu 100 % mittels Ultraschall auf in der Regel automatisierten Prüfanlagen. Sollten Produkte intern aufgrund von Ultraschallanzeigen, die entweder den Kundenanforderungen oder den internen Regelwerken nicht entsprechen, aussortiert werden, erfolgt eine Bewertung der Anzeigen durch die Qualitätsstelle einschließlich einer Untersuchung. Diese Vorgehensweise dient zur konsequenten Verbesserung der Herstellprozesse, kann aber auch für die Darstellung von Entwicklungstrends genutzt werden.

Bild 6 vergleicht die internen Ausfälle aufgrund von Ultraschallanzeigen. Als Basis dient ein Zwei-Platten-Pfannenschieber (2 707 geprüfte Schmelzen) mit einer zusätzlichen Gießstrahlabschirmung mittels Argon unter der Pfanne sowie im Gießtrichter. Mit dem entwickelten Drei-Platten-Pfannenschieber wurden 1 455 Schmelzen geprüft und ausgewertet. Des Weiteren soll noch unterschieden werden zwischen allen makroskopischen Fehlererscheinungen über den gesamten Stabquerschnitt und den makroskopischen Fehlererscheinungen im Randbereich des Stabstahls. Es zeigt sich in beiden Fällen eine signifikante Reduzierung des internen Ausfalls. Werden alle makroskopischen Fehlererscheinungen betrachtet, so hat sich der interne Ausfall um rd. zwei Drittel reduziert, bei den randnahen Fehlern ergibt sich eine Reduzierung des Ausfalls um rd. drei Viertel.

Fazit und Ausblick

Mit der Einführung des gasdichten Drei-Platten-Pfannenschiebers der Knöllinger Flo-Tec kann der Herstellungsprozess von Edelstahlprodukten weiter optimiert werden. Hierbei spielen zwei we-



6

Qualitätskosten aufgrund von internen Ausfällen bei der Ultraschallprüfung in Abhängigkeit des Schiebersystems

Quality costs due to internal malfunction caused by ultrasonic inspection as function of slide gate system

sentliche Punkte eine Rolle: Zum einem wird die Wiederkehrgenauigkeit der Stahlwerksprozesse hinsichtlich einer funktionierenden Gießstrahlabschirmung erhöht und zum anderen kann hierdurch die Reoxidation beim Gießen merklich minimiert werden. Die Qualitätskosten werden gesenkt und tragen die Mehrkosten des neuen Schiebersystems.

Nach dem Bau des ersten Prototyps im Jahre 2010 hat sich der gasdichte Schieber von Knöllinger Flo-Tec in der Praxis bewährt. In der Zwischenzeit haben bereits vier Stahlwerke komplett auf dieses neue System umgerüstet. Als Fortführung dieser Innovation werden nun Versuche mit einem gasdichten Zwei-Platten-Schieber für den Stranggussbereich durchgeführt.

Dipl.-Ing. Robert Hellermann, Leiter Gießbetrieb; Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Frank Hippenstiel, Geschäftsführer Technik; Dipl.-Ing. (FH) Nikolaj Hofmann, Qualitätswesen-Verfahrenstechnik, BGH Edelstahl Siegen GmbH, Siegen; Wolfgang Schönbrenner, Verkaufsleiter; Paul Seitz (B. Eng), Konstruktion und Entwicklung, Knöllinger Flo-Tec GmbH, Hillscheid.

paul.seitz@knoellinger.de

LITERATUR

- [1] Fauland, H.-P.; Hochörtler, J.; Perko, J.: Optimization of ingot casting – the road to highest quality. 1. Intern. Conf. on Ingot Casting, Rolling and Forging, Aachen, 3. – 7. Juni 2012.
- [2] Zhang, L.; Rietow, B.; Thomas, B.; Eakin, K.: Large inclusions in plain-carbon steel ingots cast by bottom teeming, ISIJ Intern. 46 (2006) Nr. 5, S. 670/79.
- [3] Tezanos, J.; Elvira, R.; Postigo, C.; Llanos, M.: Steel making process for increasing the fatigue life of continuous grain flow monoblock crankshafts, Proc. 16th Intern. Forgemasters Meeting (IFM), Sheffield, Großbritannien, 15. – 19. Okt. 2006, S. 139/48.