

Anforderungen an den Reinheitsgrad von Sauer gas- und IF-Stahl und Veränderungen in der metallurgischen Verfahrenstechnik

Dr.-Ing. Jürgen Cappel, Dr.-Ing. Heinz-Peter Kaiser
 und Dipl.-Ing. Jochen Schlüter

Hüttenwerke KRUPP-MANNESMANN GmbH
 Ehinger Straße 200
 D-47259 Duisburg, Germany

Einführung

Die Hüttenwerke KRUPP-MANNESMANN GmbH (HKM) sind ein integriertes Hüttenwerk für die Erzeugung von Stranggußvormaterial. Das Werk liegt im Westen der Bundesrepublik Deutschland am Stahlstandort Duisburg, der zu den größten der Welt zählt, **Bild 1**. Entsprechend günstig ist die logistische Anbindung an Seetransportwege, an gleisgebundene Transportwege und ein ausgedehntes Straßennetz. Die Gesellschaft HKM wurde im Jahre 1990 als joint-venture zwischen der Mannesmannröhren-Werke AG und der KRUPP-STAH L AG am Standort des Hüttenwerkes Duisburg-Huckingen gegründet und hat die rechtliche Form einer selbstständigen GmbH. Bedingt durch verschiedene Restrukturierungsvorgänge in der europäischen Stahlindustrie sind die Gesellschaftsanteile heute zwischen der THYSSEN-KRUPP STAHL AG (TKS) mit 50 %, der Mannesmannröhren-Werke AG (MRW) mit 20 % und der Vallourec & Mannesmann Tubes S.A. mit 30 % aufgeteilt [1], [2].

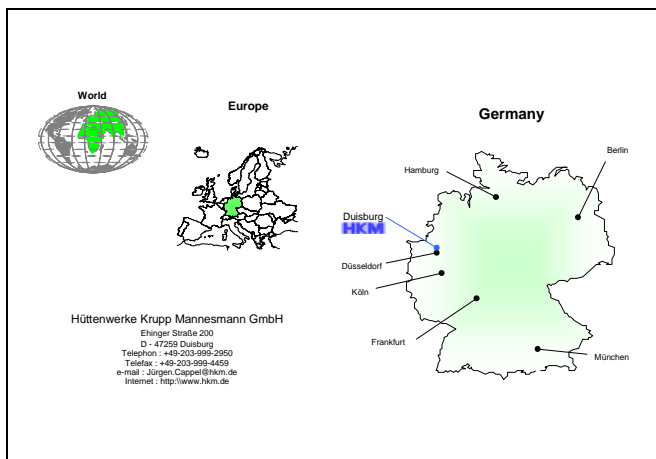


figure 1 : location of the HKM steelworks

Für die Erzeugung der geforderten Rohstahlmenge von bis zu 5,3 Mio t/a, **Bild 2**, stehen HKM eine Sinteranlage, eine Hüttenkokerei, zwei Großhochöfen und ein Blasstahlwerk mit Konverterstufe, Sekundärmetallurgie und vier Stranggießmaschinen zur Verfügung. Seit 1997 wird ein umfangreiches Investitionsprogramm mit einem Volumen von rd. 150 Millionen EURO abgewickelt, nach dessen Abschluß die Kapazität des Hüttenwerkes auf 6,0 Mio t/a erweitert ist. Durch dieses Investitionsprogramm wird das Stahlwerk der HKM zu einem der größten Einzelstahlwerke in der Welt ausgebaut.

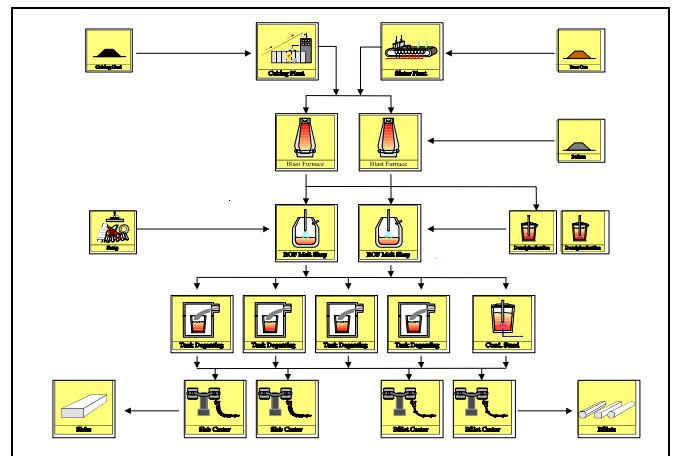


figure 2 : production equipment HKM 2001

Die Erzeugung ist in Brammen- und Rundstranggußmaterial aufgeteilt. Die Weiterverarbeitung der Produkte erfolgt an den verschiedenen Walzwerk-Standorten der Gesellschafter TKS, MRW und V&M. Das Lieferprogramm, **Bild 3**, teilt sich auf in Stranggußbrammen für warm- und kaltgewalzte Bleche mit einem Anteil von ca. 57 %, Stranggußbrammen für die Fertigung von Grobblechen mit einem Anteil von ca. 20 % und Rundstrangguß für nahtlose Rohre und Schmiedegütern mit einem Anteil von ca. 23 %.

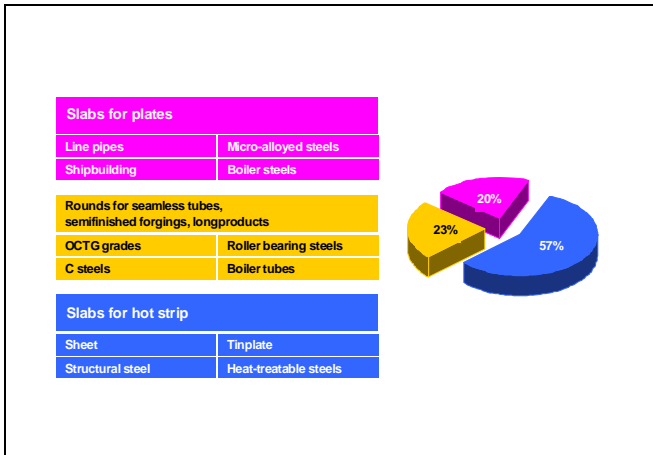


figure 3 : quality structure of the steel production

Die Vielfalt der Produkte erfordert besondere Flexibilität in den metallurgischen Verfahrenswegen. Dazu ist das Stahlwerk mit umfangreichem Anlagenbestand, **Bild 4**, ausgerüstet. Der Flüssigstahl wird in zwei Sauerstoffaufblas-Konvertern erschmolzen. Zur Minimierung der Produktionsunterbrechung für Konverterzustellung ist eine Wechselkonverteranlage vorhanden. Zwischen Konverter und Stranggießanlagen ist eine umfangreiche Sekundärmetallurgie installiert fungiert [3], [4], [5], [6]. Sie beinhaltet die nachfolgend aufgeführten Stationen, die beliebig miteinander zu Fertigungswegen kombiniert werden können :

- Konverterabstich incl. Legierungs- und Schlackenbildner-Zugaben
- Schlackenrückhaltevorrichtungen
- Spülständen in den Stahlwagengleisen und
- Vakuum-Standentgasungsanlagen

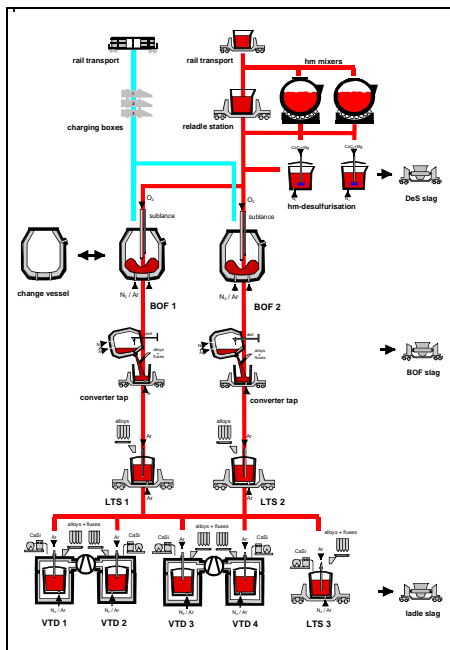


figure 4 : layout of the steelplant

Der fertig behandelte Stahl wird auf insgesamt vier Stranggießmaschinen vergossen. Zwei Maschinen mit insgesamt 11 Strängen produzieren Rundstrangguß in Formaten von 180 mm bis 406 mm. Die Anlagen sind als Kreisbogenmaschinen mit 10,5 m Radius ausgeführt. Als Besonderheiten der Gießtechnik sind strömungsoptimierte Verteilerrinnen und das Gießen mit engen Tauchausgüssen von 22 mm bis 35 mm zu nennen. Die Brammenproduktion wird auf zwei Ovalbogenanlagen mit einem Radius von 5 m abgewickelt. Die Verteilerrinnen sind mit doppelter Eingießkammer und die Maschinen sind mit einer statischen soft-reduction Zone ausgerüstet. Besonders hervorzuheben ist, daß die Brammenstranggießanlage 2 trocken gießt, d.h. ohne Sekundär-Spritzwasserkühlung. Diese Technik wurde im Stahlwerk Huckingen zur Gewährleistung rißfreier Brammenoberflächen entwickelt [7], [8].

Das breit gefächerte Lieferprogramm ist gleichermaßen als strategische Chance und als Hauptproblem in der Fertigung anzusehen. Auf der einen Seite gewährleistet die gleichzeitige Präsenz in den Märkten für Flach- und Langprodukte auch in konjunkturell schwachen Zeiten eine zufriedenstellende Auslastung des Werkes. Auf der anderen Seite sind im Stahlwerk sekundärmetallurgische Anlagen und Stranggießmaschinen installiert, die originär für die Erzeugung von Brammen für Grobblech und Rundstrangguß ausgelegt wurden. Heute werden mit den gleichen Stahlwerksanlagen, die natürlich im Lauf der Jahre modernisiert und erweitert wurden, mehr als 50 % Feinblechgüten erzeugt, deren qualitative Anforderungen sich grundsätzlich von denen für Grobbleche oder für Rundstrangguß unterscheidet. Nachfolgend wird dieser Unterschied und seine Auswirkungen auf den Fertigungsweg am Beispiel von Sauer gas-beständigen und IF-Stählen erläutert.

Erzeugung von Sauer gas-beständigen Stählen

Sauer gas-beständige Stähle werden ausschließlich für die Fertigung von Längs- oder Spiralnaht geschweißten Großrohren erzeugt. Die Anforderungen an den Werkstoff liegen in der Festigkeit, der Schweißneigung, der Zähigkeit bei tiefen Temperaturen und der Beständigkeit gegen wasserstoffinduzierte Rißkorrosion und Spannungsrißkorrosion. Schweißneigung, Tieftemperaturzähigkeit und Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion werden über die Stahlanalyse, d.h. die Begrenzung der Elemente C, N, H und S positiv beeinflusst, deren Einstellung den metallurgischen Verfahrensweg bestimmt. Zur Steigerung der Festigkeit sind Sauer gas-beständige Stähle mikrolegiert. Zur Vermeidung von wasserstoffinduzierter Rißkorrosion ist auch der oxydische Reinheitsgrad des Stahles von Bedeutung. Als ergänzende Maßnahmen im Strangguß sind Beeinflussung der Kernporosität und möglichst geringe mechanische Belastung der Strangschale zur Vermeidung

derung von Mikrorissen an der Brammenoberfläche zu nennen [9].

Die Erzeugung von Großrohrstählen hat bei HKM eine lange Tradition. Die Anlagen des Stahlwerkes wurden bereits in den 60er Jahren so ausgelegt, daß sie den Anforderungen an tiefste Schwefel-, Stickstoff-, und Wasserstoffgehalte entsprechen. In Kombination mit den Ovalbogen-Stranggießanlagen, die sich durch sehr gute Oberflächenqualität (gebogene Kokille und troc??kenes Gießen) und geringe Ausbildung von Mit-tenseigerungen (soft-reduction) auszeichnen, konnten die Produktanforderungen immer zufriedenstellend erfüllt werden. Der oxydische Reinheitsgrad war in der Vergangenheit meist von untergeordneter Bedeutung, da die Ovalbogenanlage dadurch gekennzeichnet ist, daß das Einschlußband nahe unter der Oberfläche der Brammenoberseite liegt. Die Brammenunterseite ist im Vergleich zur Oberseite sehr sauber. Durch die Berücksichtigung dieses Effektes bei der Rohrfertigung war es möglich, die Brammenoberseite auf die Rohraußenseite zu legen und dadurch an der Rohrin-nenseite auch Sauer gasbeständigkeit zu erreichen. Die ständig steigenden Anforderungen an die Werkstoffe und der Wettbewerb auf dem Markt machen jedoch auch in diesem Marktsegment in zunehmendem Maße eine Verbesserung des oxydischen Reinheitsgrades erforderlich.

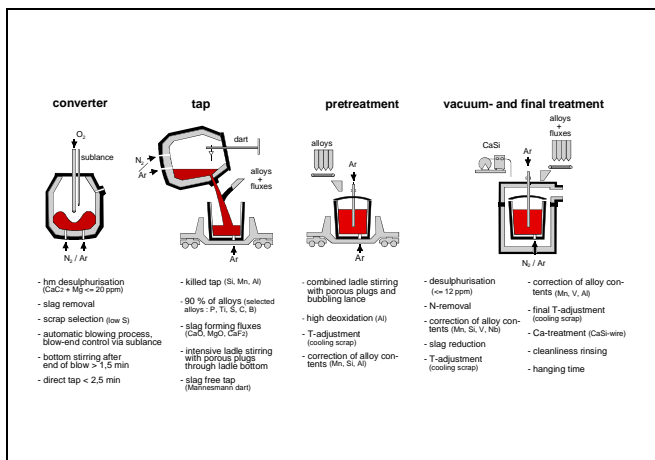


figure 5 : process route of HIC-resistant steel grades

Zur Verbesserung des oxydischen Reinheitsgrades wurde der bestehende Verfahrensweg zur Erzeugung von Sauer gasstählen überarbeitet, **Bild 5**. Sauer gasstähle werden kombiniert, d.h. mit Silizium, Mangan und Aluminium desoxidiert. Zur Tiefstentschwefelung wird eine kalkbasierte Topschlacke beim Abstich aufgegeben. Gleichzeitig dient die Schlacke zur Aufnahme der Desoxidationsprodukte. Ein positiver Nebeneffekt der Vakuumbehandlung ist, daß während der Behandlung eine weitgehende Reduktion eventuell mitgelaufener Primär- oder Pfannenrestschlacke erfolgt. Zur Verbesserung der Vergießbarkeit werden die Stähle mit Calcium-Draht behandelt. Der Verfahrensweg läuft über die Stationen : Roheisenschwefelung – Konverter – Vorbehandlung – Vaku-

umbehandlung – Stahlkonditionierung [6]. Die Flüssig-Metallurgie wird durch Maßnahmen im Stranggießbetrieb ergänzt. Zu nennen sind :

- Ableiten des Schiebersandes beim Öffnen des Pfannenausgusses
- Einsatz basischer Verteilerabdeckmassen
- Gießen mit Doppelkammer-Verteilerinnen
- Gießen mit Tauchausgüssen mit nach oben ausgerichteten Ports
- Gießen mit elektromagnetischer Schlack??kerkennung
- Gießen mit konstanter Geschwindigkeit von 0,75 m/Minute.

Bild 6 zeigt die Auswirkungen dieser Metallurgie auf die Vergießbarkeit der Stähle am Beispiel einer 4er-Sequenz. Der Darstellung ist zu entnehmen, daß der Gießspiegel in engen Toleranzen geregelt werden kann und der Verlauf des Stopfenschriebes gleichmäßig verschleißende Tendenz aufweist. Diese Art des Gießverlaufes ist als typisch für Calcium-behandelte Schmelzen anzusehen. Das im Stahl gelöste Calcium reagiert mit in der Schmelze schwebenden Tonerdepartikeln zu flüssigen Calcium-Aluminaten, die sich in der Verteilerinne und dem Gießspiegel der Kokille nahezu vollständig abscheiden lassen.

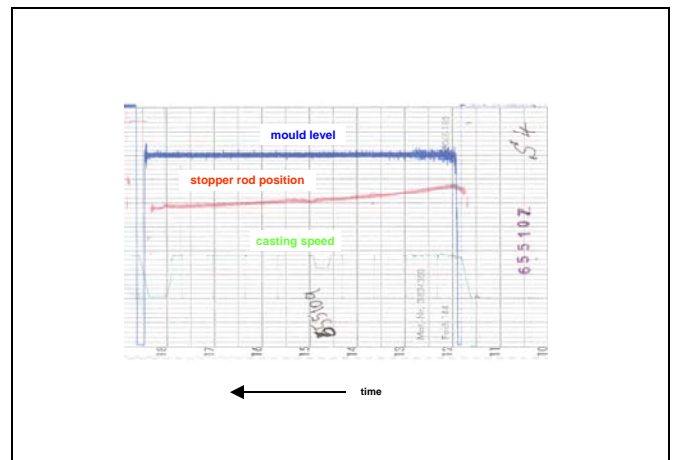


figure 6 : castability of HIC-resistant steel grades

In **Bild 7** sind willkürlich ausgewählte Beispiele für Ergebnisse von Reinheitsgraduntersuchungen an Surf-brettproben dargestellt. Es wird deutlich, daß es im Fall der Sauer gasgüten gelungen ist, einen Verfahrensweg zur Erzeugung von **clean-steel** zu entwic??keln. d.h. :

durch die Wahl eines geeigneten Verfahrensweges in der Sekundärmetallurgie und geeignete Maßnahmen im Stranggießbetrieb ist die Erzeugung von hochreinen, Al-beruhigten Stählen im Direktstrangguß mit Gießleistungen bis zu 5,5 t/min reproduzierbar möglich.

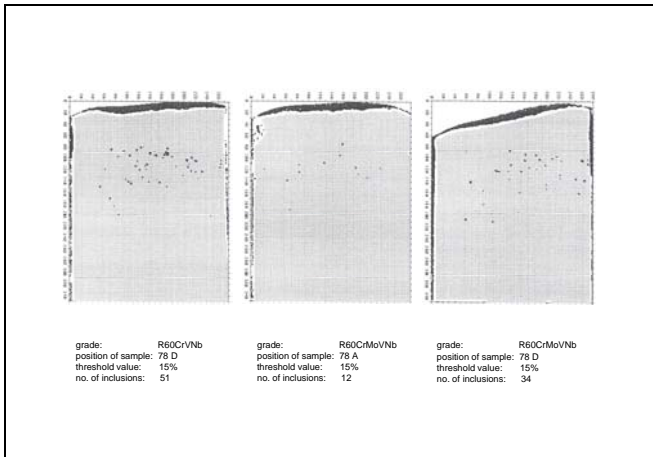


figure 7 : cleanliness of HIC-resistant steel grades

Erzeugung von IF-Stählen

IF-Stähle werden hauptsächlich für die Herstellung von Automobil-Karosserie-Teilen verwendet [11]. Die Festigkeitseigenschaften von IF-Gütern können durch die gezielte Einstellung der Stahlanalyse bezüglich der Elemente C, N, P, Cr, Ni, und Mo in engen Toleranzen erreicht werden. Dem Reinheitsgrad des Stahles kommt aufgrund der sehr hohen Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit der Bleche zunehmende Bedeutung zu.

Feinblechgütern inclusive ULC- und IF-Stähle werden bei in Huckingen erst seit der Gründung von HKM erzeugt [1], [2], [3]. Es wurden Verfahrenswege erarbeitet in den auf die Grobblecherzeugung ausgerichteten Stahlwerksanlagen Feinblechprodukte von höchstem Qualitätsstandard zu erzeugen. In diesem Zusammenhang wurde beispielsweise eine der beiden Ovalbogenanlagen von troc??kener Fahrweise auf Fahrweise mit Sekundär-Spritzwasserkühlung umgerüstet. Es war klar, daß sich in der Flüssigmetallurgie durch die Ausrüstung mit Vakuum-Standardgasungsanlagen eine im Vergleich zu anderen Stahlwerken völlig andere Arbeitsweise einstellen würde, eine Arbeitsweise, bei der die Schlack??kenmetallurgie im Vordergrund steht. Dieser Unterschied wurde in der Beurteilung der Metallurgie immer als Vorteil angesehen, da mit dieser Arbeitsweise die Vergießbarkeit und die Einschlußmorphologie des Stahles entscheidend beeinflusst werden können. Im Lauf der Jahre wurde ein Verfahrensweg entwickelt, der im **Bild 8** dargestellt ist.

Die Verfahrensrouteläuft über die Stationen : Roheisenentschwefelung – Konverter – Vakuumbehandlung – Stahlkonditionierung [3], [4], [5]. Nach unruhigem Abstich wird die Schmelze zur Entkohlung in die Vakuumanlage umgesetzt. Nach einer Entkohlungszeit von rd. 12 Minuten unter Tiefstvakuum werden gleichzeitig Aluminium zur Desoxidation und Schlackenbildner aufgegeben. Durch diese Arbeits-

weise entsteht eine homogene flüssige Calcium-Aluminat-Schlacke, die sehr gut zur Aufnahme der Des-

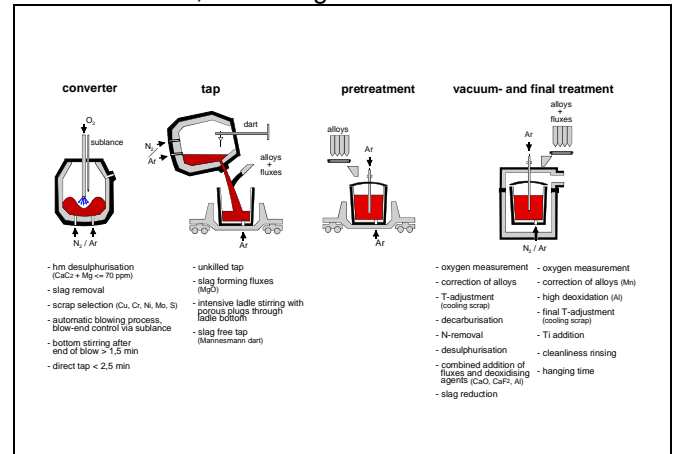


figure 8 : process route of IF steel grades

oxidationsprodukte geeignet ist. Nach dem Fluten der VD-Anlage bilden Legierungskorrektur und Reinheitsgradspülen den Abschluß der Behandlung in der Flüssigstufe.

Die Gießtechnik erfolgt mit Hilfe der gleichen Maßnahmen, wie bereits zuvor für die Sauer gas-beständige Stähle erläutert. Unterschiede liegen darin, daß :

- mit Argon-Spülung am Stopfen und
- einer deutlich höheren Gießgeschwindigkeit von 1,1 m/Minute

gefahren wird. Trotz der im Vergleich geringeren mittleren Strangbreite ergibt sich für eine Anfangsbreite in einer IF-Sequenz eine Gießleistung von mehr als 6,0 t/Minute.

Bild 9 zeigt die Auswirkung dieser Metallurgie auf die Vergießbarkeit von IF-Stahl.

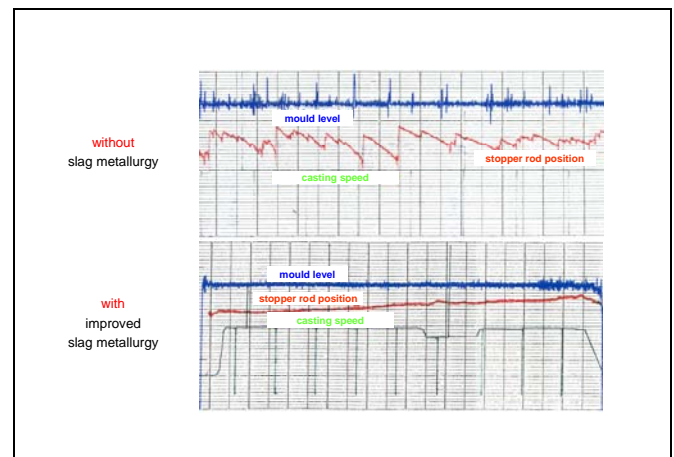


figure 9 : castability of IF- steel grades

In diesem Bild sind Gießschriebe von Schmelzen nach der konventionellen (Bild oben) und der verbesserten Metallurgie (Bild unten) vergleichend darge-

stellt. Während sich im oberen Teilbild der allgemein bekannte „Sägezahnverlauf“ ausbildet, der auf Anlagerung und Ablösung nichtmetallischer Bestandteile am Stopfensitz hindeutet, zeigt das untere Teilbild einen Gießverlauf, der einer Calcium-behandelten Schmelze sehr ähnlich ist.

Da IF-Stahl jedoch grundsätzlich nicht Calcium-behandelt wird, ist der gleichmäßige Gießschrieb eindeutig auf die verbesserte Schlackenmetallurgie zurückzuführen. Dadurch wurde die Vergießbarkeit und damit die Sequenzlänge und das Stahlausbringen reproduzierbar verbessert.

Bild 10 zeigt für zufällig ausgewählte Surfbrettproben von IF-Schmelzen die erreichten Reinheitsgradergebnisse. Die Anzeigen liegen zwischen 217 und 573. Trotz der Adaption aller Maßnahmen der Sauer gasmetallurgie und -gießtechnik wird im Fall der IF-Stähle ein deutlich schlechteres Ergebnis erreicht. Dies ist vermutlich auf eine verstärkte Neigung zur Bildung von Sekundärtonerde und ein schlechteres Abscheideverhalten für nichtmetallische Oxide zurückzuführen. Diese Oxide führen bevorzugt bei der Erzeugung von dünnen Blechen zu Schalen- bzw. Blasenfehlern.

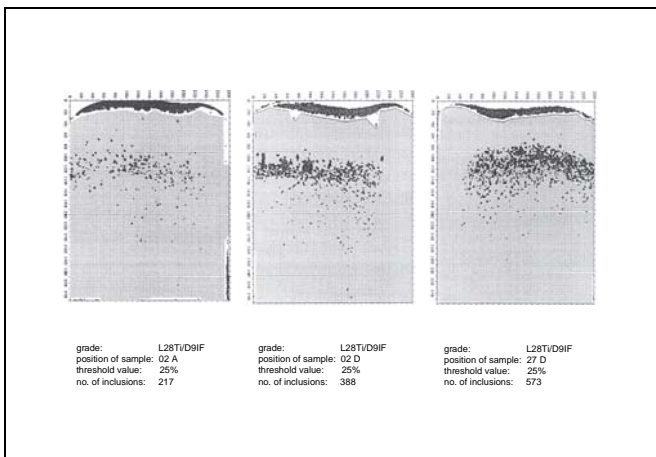


figure 10 : cleanliness of IF- steel grades

Zur Verbesserung des Ausfallzahlen im Walzwerk wurde ein Versuchsprogramm vereinbart, in dessen Rahmen ausgewählte Kundenaufträge durchgängig unter Betreuung erzeugt wurden. Ziel der Versuche war es, die zum Ausfall führenden Fehlerarten charakteristischen Ereignissen bei der Erschmelzung bzw. beim Stranggießen zuzuordnen. Die Inspektionsergebnisse der kaltgewalzten Bänder wurden von Mitarbeitern des Stahlwerkes in Protokollen festgehalten und mit den Gießverläufen und Schmelzdaten verglichen. In **Bild 11** ist der Befund für acht Coils aus Brammen einer IF-Sequenz exemplarisch dargestellt.

Die Farben rot und grün kennzeichnen das ausgefallene und das für den Kundenauftrag freigegebene Material. Die fehlerhaften Stellen auf den Bändern sind durch Markierungen gekennzeichnet. Das Bild

verdeutlicht, daß es unzweifelhaft Bänder mit starkem Befall und Bänder ohne Schalenfehler gibt. Darüber hinaus ist an der Mehrzahl der Bänder ein leichter Befall zu beobachten. Ob es zu einer Abwertung oder Freigabe dieser Bänder kommt, ist offensichtlich in starkem Maße von der individuellen Beurteilung an der Inspektionslinie abhängig. Darüberhinaus scheint auch das Reklamationsverhalten des Walzwerkskunden eine Rolle spielen.



figure 11 : defects on cold rolled coils

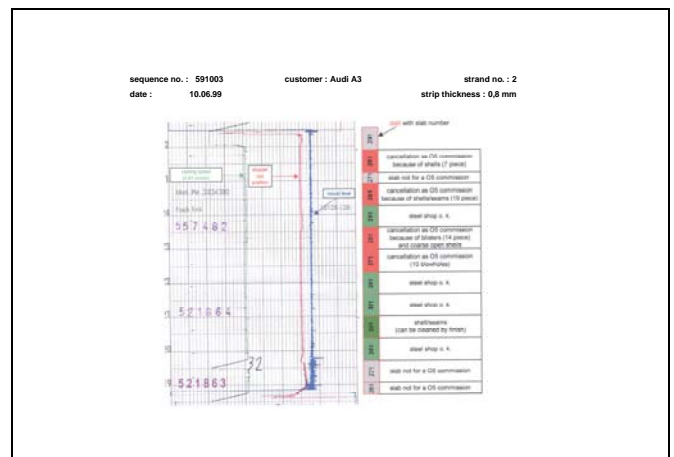


figure 12 : casting report and slab quality

Bild 12 zeigt den Gießverlauf einer IF-Sequenz mit drei Schmelzen. Die Gießgeschwindigkeit wurde konstant durchgeführt. Der Verlauf von Stopfenstellung und Gießspiegel sind durch einen sehr gleichmäßigen Verlauf gekennzeichnet. Im Stahlwerk wurden entsprechend diesem Gießverlauf alle Brammen aus dem Filetbereich für den Kundenauftrag freigegeben. Neben dem Gießverlauf sind in die Brammen eines Gießstranges in den Originallängen und mit ihren Walzwerksbefunden dargestellt. Die grau markierten Brammen aus dem Anfahr- und Endbereich des Gusses wurden durch das Stahlwerk abgewertet. Die nach dem Walzen ausgefallenen Brammen sind rot und die für den Auftrag freigegebenen Brammen sind grün markiert. Es wird deutlich, daß der Ausfall nicht aus dem Verlauf des Gießschriebes prognostiziert

werden kann. Entgegen allen Erwartungen ist selbst in den Übergangsbereichen zwischen zwei Schmelzen kein Schwerpunkt zu erkennen. Vergleicht man das Fehlerbild der Bänder aus **Bild 11** mit dem Gießverlauf in **Bild 12**, wird deutlich, daß es aus heutiger Sicht unmöglich ist, eine Korrelation zwischen sporadisch auftretenden Schalenfehlern auf einer Bandlänge von mehr als 2700 m und Ereignissen im Gießverlauf der zugehörigen Bramme mit einer Länge von 10 m zu finden. Noch problematischer ist der Rückschluß auf die Schmelzdaten, da eine Schmelze wiederum in mindestens 8 Brammen aufgeteilt wird. Erfahrungsgemäß kann von Unregelmäßigkeiten im Gießverlauf zwar auf verstärkte Ausfallneigung im Walzwerk geschlossen werden, umgekehrt ist jedoch ein einwandfreier Gießverlauf keine Garantie für ein niedriges Ausfallniveau im Walzwerk. Trotzdem kann durch die Einstellung gleichmäßiger Gießverläufe das Gesamtniveau des Ausfalles abgesenkt werden. Es läßt sich nachfolgende These aufstellen :

Im Fall von IF-Stählen ist es offenbar nicht möglich durch die Wahl des gleichen Verfahrensweges in der Sekundärmetallurgie und der gleichen Maßnahmen im Stranggießbetrieb wie im Fall von Sauer gas-beständigen Stählen hochreine Al-beruhigte Stähle im Direktstrangguß zu erzeugen. Weiterhin kann in diesem Fall der Gießverlauf im Strangguß nicht als eindeutiges Bewertungskriterium für das Ausfallgeschehen im Walzwerk herangezogen werden.

Ausblick

Trotz dieser Beurteilung ist der Unterschied im Ausfallniveau der im Konzern TKS verbundenen Stahlwerke nachweislich vorhanden und muß diskutiert werden. In **Bild 13** werden die Erzeugungswege für IF-Stahl über die Route RH-Verfahren und die Route VD-Verfahren direkt verglichen.

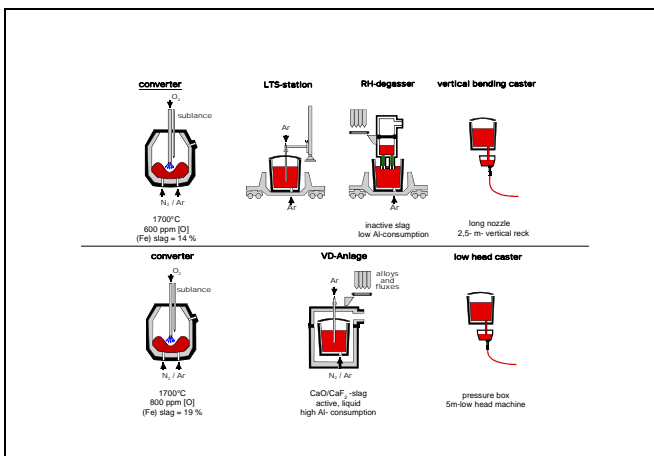


figure 13 : process routes for the production of IF- steel grades

Der Unterschied der beiden Verfahren ist in der Literatur vielfach beschrieben [10]. Während das VD-Verfahren durch eine intensive Metall-Schlacke-Reaktion gekennzeichnet ist, wird beim RH-Verfahren ver-

sucht, die Schlacke möglichst wenig an der Stahlbehandlung zu beteiligen. In vielen Werken ist es üblich Konverterschlacke bzw. Pfannenrestschlacke vor der Vakuumbehandlung durch Abschlagen der Stahlgießpfannen zu entfernen. Offenbar führt diese Arbeitsweise im Fall von LC- und ULC-Stahlsorten zu besseren Ergebnissen. In **Bild 14** werden die Reinheitsgradergebnisse unterschiedlicher Stranggießanlagentypen verglichen.

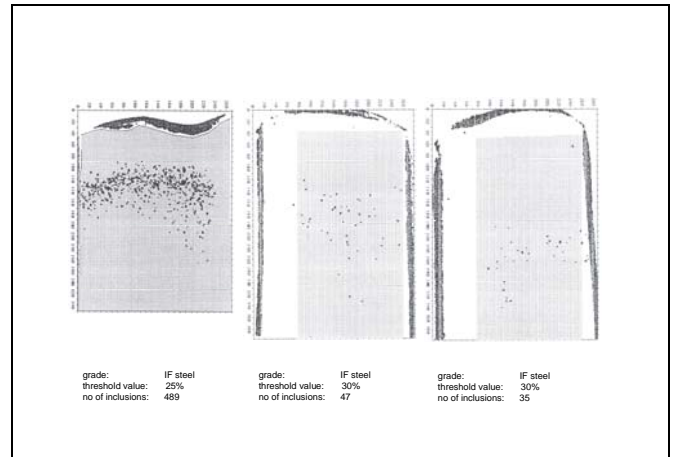


figure 14 : cleanliness in casting machine types

Es zeigt sich, daß in Abhängigkeit der Anlagenbauart die Anzahl der Einschlüsse geringer und das Einschlußband tiefer in die Brammenmitte verschoben wird. Welcher Effekt (metallurgischer Verfahrensweg oder Gießanlagenbauart) letztendlich bezüglich des Ausfallgeschehens am Kaltband überwiegt, muß in weiterführenden Untersuchungen geklärt werden. Fest steht, daß die Kombination von RH-Verfahrensweg und vertical bending-Gießmaschine zu höherem Ausbringen von IF-Stahl im Walzwerk führt. Aus diesem Grund und aufgrund der Tatsache, daß die Mengenanforderung der Gesellschafter an HKM kurzfristig gesteigert werden sollte, wurde beschlossen, im Stahlwerk der HKM eine neue vertical-bending-Gießmaschine zu errichten, die die bisherige Brammenanlage Nr. 1 ablösen wird. Dieser Anlagentyp wurde aus den möglichen Baukonzepten ausgewählt, da er die aus heutiger Sicht optimale Kombination zwischen Kapazität und Qualität darstellt.

Eine Veränderung des metallurgischen Verfahrensweges ist zunächst nicht beabsichtigt. Die neue Maschine ist für eine Gießleistung von 2,5 Mio t/Jahr ausgelegt. Geplante Inbetriebnahme ist Mitte November des Jahres 2000. Wir gehen davon aus, daß sich durch diese Investition auch eine deutliche Verminderung der Abwertungen durch Schalenfehler am Kaltband bei IF-Stählen einstellen wird. **Bild 15** zeigt eine Seitenansicht der Maschine [12].

Zusammenfassung

Aus den Erfahrungen bei der Erzeugung von qualitativ sehr anspruchsvollen Produkten wurden die nachfolgend aufgeführten Thesen abgeleitet.

1. Durch die Wahl eines geeigneten Verfahrensweges in der Sekundärmetallurgie und geeignete Maßnahmen im Stranggießbetrieb ist die Erzeugung von hochreinen, **Al-beruhigten** Stählen im Direktstrangguß mit Gießleistungen bis zu 5,5 t/min reproduzierbar möglich.
2. Im Fall von **IF-Stählen** ist es offenbar nicht möglich durch die Wahl des gleichen Verfahrensweges in der Sekundärmetallurgie und der gleichen Maßnahmen im Stranggießbetrieb wie im Fall von Wälzlagerstählen oder Sauergas-beständigen Stählen hochreine Al-beruhigte Stähle im Direktstrangguß zu erzeugen. Weiterhin kann in diesem Fall der Gießverlauf im Strangguß nicht als eindeutiges Bewertungskriterium für das Ausfallgeschehen im Walzwerk herangezogen werden.

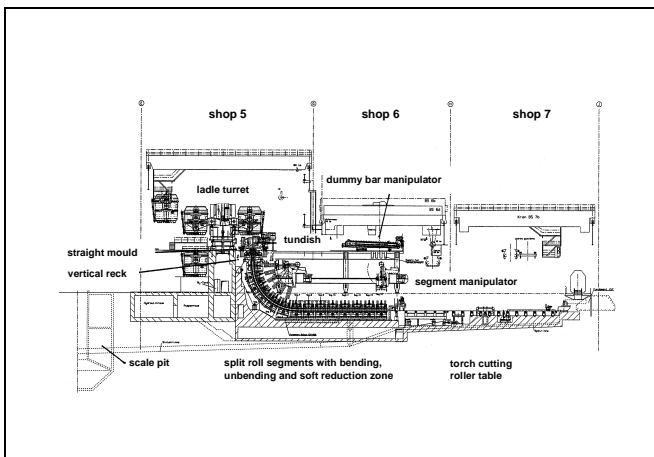


figure 15 : the new HKM slab caster

Da es offensichtlich nicht gelingt, das Ausbringen für niedrig-gekohlte Stähle im Walzwerk durch die Adaption von erfolgreichen Maßnahmen für Sauergas-beständige Stähle positiv zu beeinflussen, muß der metallurgische Verfahrensweg und die Konstruktion der Stranggießanlage neu bewertet werden. Offensichtlich ist die Verfahrensrouten RH-Vakuumbehandlung und vertical-bending-Stranggießmaschine für die Erzeugung von IF-Stahl besser geeignet, als die Route VD-Vakuumbehandlung und low-head-curved-mould-Stranggießmaschine. Bei HKM wird dieser Beurteilung anlässlich einer ohnehin geplanten Kapazitätssteigerung durch die Installation einer vertical-bending-Stranggießmaschine Rechnung getragen. Eine Veränderung des metallurgischen Verfahrensweges ist zunächst nicht beabsichtigt.

Literaturverzeichnis

1. Käding, G. :
„Hüttenwerke KRUPP-MANNESMANN GmbH“
Stahl und Eisen 117 (1997), Nr. 2, S. 39 – 42

2. Kaiser, H.-P. :
„Das Unternehmen HKM“
internal report 2000
3. Wiemer, H.-E.; Cappel, J.; Klärner, A.; Pfeiffer, A.;
Wünnenberg, K. :
„Metallurgische Prozeßtechnik in einem Stahlwerk mit breitem Erzeugungsprogramm,“
Stahl und Eisen 117 (1997), Nr. 3, S. 85 – 90
4. Cappel, J.; Ehrenberg, H.-J.; Kaiser, H.P. :
„Verbesserung der Vergießbarkeit durch gezielte Schlackenführung in der Sekundärmetallurgie“
Stahl und Eisen 118 (1998), Nr. 7, S. 41 – 47
5. Ehrenberg, H.-J.; Kluge, J.; Kaiser, H.-P. :
„Slag oriented metallurgy – a key to good castability and high productivity“
paper presented at the Conference, Madrid 1998
6. Cappel, J.; Kemper, G. :
„Maßnahmen in der Sekundärmetallurgie zur Verbesserung der Vergießbarkeit und des oxydischen Reinheitsgrades und zur Verminderung der Behandlungszeiten“
internal report 2000
7. Jacobi, H.; Ehrenberg, H.-J.; Wünnenberg, K. :
„Reinheitsgradentwicklung verschiedener Stähle für Flach- und Rundprodukte,“
Stahl und Eisen 118 (1998), Nr. 11, S. 87 – 95
8. Jacobi, H.; Rakowski, F. :
„Hohe Reinheit der Stähle als Kriterium der Werkstoffentwicklung,“
Stahl und Eisen 116 (1996), Nr. 5, S. 59 – 68
9. Kalwa, G.; Kaup, K.; Vlad, C. M. :
„Stähle für Fernleitungsrohre“
Werkstoffkunde Stahl, Band 2 : Anwendungen, Springer Verlag 1985
10. Bätmann; Jacobi; Klärner; Richter :
„Anwendung des MIDAS-Verfahrens zur Bestimmung des Reinheitsgrades von IF-Stählen“
internal report 2000
11. Wagner, R.; Hunger, H. :
„Feinblech im Automobilbau“
Stahl und Eisen 120 (2000), Nr. 5, S. 45 – 51
12. Ehrenberg, H.-J. :
„The new HKM slab caster“
internal report 2000

Bilderliste

Teil 1 : Einführung

- Bild 1 :** Standort HKM
Bild 2 : Produktionsanlagen des Hüttenwerkes
Bild 3 : Qualitätsstruktur
Bild 4 : Das Stahlwerk der HKM

Teil 2 : Sauer gasstahl R65VNb/C8

- Bild 5 :** Erzeugungsweg
Bild 6 : Gießverlauf
Bild 7 : Reinheitsgradergebnisse

Teil 3 : IF-Stahl L28Ti/D9IF

- Bild 8 :** Erzeugungsweg
Bild 9 : Gießverlauf
Bild 10 : Reinheitsgradergebnisse
Bild 11 : Fehlerausbildung am Kaltband
Bild 12 : Brammenbefund und Gießschrieb

Teil 4 : Schlußfolgerungen

- Bild 13 :** Vergleich der Erzeugungswege RH/VD
Bild 14 : Reinheitsgradergebnisse verschiedener Gießanlagentypen
Bild 15 : Die neue Stranggießanlage HKM

list of figures

part 1 : introduction

- figure 1 :** location of HKM
figure 2 : production facilities
figure 3 : quality structure
figure 4 : layout of the steelplant

part 2 : HIC-resistant steel grades

- figure 5 :** process route
figure 6 : castability
figure 7 : cleanliness

part 3 : IF-steel grades

- figure 8 :** process route
figure 9 : castability
figure 10 : cleanliness
figure 11 : defects on cold rolled coils
figure 12 : casting report and slab quality

part 4 : results

- figure 13 :** process routes for the production of IF steel grades
figure 14 : cleanliness in casting machine types
figure 15 : the new HKM slab caster