

Expect the best. **REFRA**TECHNIK



Handbuch Zustellpraxis Band 1 – Konverter

REFRA
ACA
DEMY
GROUP WORLDWIDE



Handbuch Zustellpraxis Band 1 – Konverter

Vorwort

Der fachgerechte Einbau von Feuerfestmaterialien ist ein entscheidender Parameter im Feuerfestkonzept. Aufgrund der jahrelangen Erfahrung der Refratechnik Servicetechniker im In- und Ausland, dem erlangten Wissen um Möglichkeiten und Machbarkeiten in allen Bereichen der Feuerfestzustellung ist es möglich, höchst komplexe Feuerfestkonzepte in die Praxis umzusetzen. Dieses Kompendium soll dazu beitragen, den Einbau von Feuerfestmaterialien zu erleichtern und schwierige Situationen professionell zu bewältigen. Installationshinweise sowie Skizzen und Bildmaterial tragen dazu bei, auftretende Schwierigkeiten beim Kunden vor Ort zu diskutieren und fachgerechte Lösungen zu finden, um ein positives Ergebnis des Feuerfestkonzepts zu erreichen. Es basiert in weiten Teilen auf den Berichten und Erfahrungen unseres langjährigen Richtmeisters Günther Schulz, dem an dieser Stelle gedankt werden soll.

Herausgeber:

Refratechnik Steel GmbH

Schiessstrasse 58

40549 Düsseldorf

Germany

Phone +49 211 58580

Fax +49 211 585849

steel@refra.com

www.refra.com

Redaktion:

Prof. Dr.-Ing. habil Helge Jansen

Inhalt

Vorwort.	1
Inhalt	3
Einleitung	5
1. Funktion und Beschreibung	9
2. Zonierung und Materialien	11
2.1. Oberkonus und Mündung	13
2.2. Abstichbereich und Schlackenzone	14
2.3. Zapfen	16
2.4. Unterkonus und Zylinder.	18
2.5. Boden	19
2.6. Schrottaufprallzone	20
3. Zustellungspraxis	21
3.1. Steinformate für Konverter	21
3.2. Vorbereitung der Konverterzustellung.	24
3.2.1. Dauerfutter	29
3.2.2. Anlegen der ersten Lage im Konverter	31
3.3. Konverterboden	32
3.3.1. Bodenkonstruktionen	32
3.3.2. Stampffuge	40
3.3.3. Spezialfall: Vollkugelboden	44

3.4.	Schrägverlegung im Oberkonus mit Hebern oder Querwölbern	51
3.5.	Setzen des Abstichs	57
3.6.	Dehnungskompensation	63
3.7.	Konverterabschlussvarianten	67
3.8.	Aufheizen des Konverters auf Betriebstemperatur	74

Einleitung

Die Erzeugung von Stahl ist ein komplexer Vorgang, der ohne die Verwendung von feuerfesten Materialien nicht denkbar wäre. Über die Auswahl und Qualität des Feuerfestmaterials sowie eine geeignete Konstruktion der feuerfesten Zustellung lassen sich folgende Faktoren beeinflussen:

- Die Güte und Analyse der erzeugten Stahlsorten
- Die Menge erzeugten Stahls pro Zeiteinheit
- Die Sicherheit der an der Herstellung beteiligten Menschen und Anlagen

Mangelhafte und minderwertige Feuerfestmaterialien behindern die Einstellung der Analysewerte des Stahls und der Schlacken. Die Aufnahme von Sauerstoff aus der Stahlschmelze wird z. B. durch das Oxidationspotential des verwendeten Feuerfestmaterials bestimmt.

Mit den vor Jahrzehnten gebräuchlichen, gestampften Sandpfannen wären z. B. die Anforderungen an die Reinheitsgrade von heute nicht darstellbar.

Das Aufbewahren, der Transport und die Verarbeitung hunderter Tonnen schmelzflüssigen Metalls und Schlacke erfordern eine maximale Zuverlässigkeit und Sicherheit des Feuerfestmaterials. Das Versagen der feuerfesten Zustellung kann zu durchbrechenden Gefäßen und damit zum Austritt flüssigen Stahls führen. Dadurch können Maschinen und Anlagen derartig beschädigt oder zerstört werden, dass die Produktion wochen- oder sogar monatelang unterbrochen werden muss.

Ein reibungsloser Reaktions-, Schmelz- und Veredlungsprozess ohne ungeplante Stillstandzeiten zur Reparatur oder Erneuerung des Feuerfestmaterials fügt sich harmonisch in den gesamten Stahlerzeugungsprozess ein. Störungen im Konverter- oder Pfannenbetrieb sorgen nicht nur für ausbleibendes Rohmaterial im Gießbetrieb, sondern auch für einen Stau in der Abnahme von Roheisen, welches dann – wenn möglich – zwischengelagert werden muss oder sogar ein Herunterfahren des Hochofenbetriebes nach sich ziehen kann. Frühausfälle von feuerfesten Zustellungen führen zu Betriebsunterbrechungen in denen kein Stahl produziert und mithin auch keine Wertschöpfung erzielt werden kann.

1. Funktion und Beschreibung

Als Konverter bezeichnet man ein Gefäß zur Überführung von Roheisen in Stahl. Durch das Auf- bzw. Einblasen von Sauerstoff über Lanzen oder Düsen auf das Stahlbad, das sog. Frischen, wird Kohlenstoff aus dem Roheisen oxidiert und dieses so zu Stahl umgewandelt. Die Größe, also die Aufnahmekapazität der Konverter, unterscheidet sich von Stahlwerk zu Stahlwerk. Die kleinsten Konverter nehmen nur 20 t., die größten über 400 t. Stahl auf. Die Zykluszeit wird vom Einfüllen der Charge bis zum Ausleeren des Aggregates gemessen. Konverter haben eine kesselartige Form und sind, um den hohen Temperaturen standhalten zu können, mit feuerfestem Material ausgekleidet. Im oberen Bereich befindet sich eine Öffnung zur Entleerung („Abstich“) des flüssigen Stahls. Der Prozesssauerstoff zur Überführung des Roheisens zu Rohstahl wird meist über eine zentrale Lanze in den Konverter gebracht. Überdies müssen

Spüler vorhanden sein, die beispielsweise im Boden oder an der Wand angebracht sind, um die metallurgische Arbeit im Konverter zu ermöglichen. Wenn der Blasprozess beendet ist und die Charge die gewünschte Temperatur und chemische Zusammensetzung aufweist, wird der Konverter gekippt, so dass der Rohstahl durch das Abstichloch in die Stahlgießpfanne fließen kann. Um auch die gebildete Schlacke ablaufen zu lassen, wird der Konverter danach zur anderen Seite geneigt und durch die Mündung in eine Schlackenpfanne ausgeleert.

2. Zonierung und Materialien

Im Vergleich zu einer Stahlgießpfanne ist der Konverter ungleich komplexer. Allein der Unterschied in der Menge des Feuerfestmaterials für Pfannen (ca. 20 – 50 t) und Konverter (ca. 100 – 600 t.) bedingt eine schwierigere Konstruktion, besonders hinsichtlich der thermomechanischen Beanspruchung, sowie eine weit aus aufwändigere Verlegearbeit. Hinzu kommt, dass an die Haltbarkeit der Zustellungen völlig andere Ansprüche gestellt werden. Konverterhaltbarkeiten sind in der Regel 20- bis 30-mal so hoch wie die von Stahlgießpfannen. Der Konverter ist das zentrale Schlüsselaggregat zur Stahlerzeugung.

Als Standardmaterial für die feuerfeste Auskleidung haben sich Magnesia-Kohlenstoff-Steine (MgO-C-Steine) durchgesetzt. Mit steigenden Anforderungen an die Ausmauerung ist der in Konkurrenz eingesetzte Dolomitstein aufgrund seiner geringeren Leistungsfähigkeit mittlerweile fast völlig verdrängt worden und der MgO-C

Stein zum weltweiten Standard geworden. Die folgenden Bilder zeigen Schnittzeichnungen durch einen Konverter mit der typischen Lage der einzelnen Zonen, die unterschiedlichen Beanspruchungen unterliegen.

2.1. Oberkonus und Mündung

Der Oberkonus, also der oberste, konische Teil des Konverters bis in den Zylinder (Bild 1) ist ein sehr unterschiedlich belasteter Bereich. Die Steine verschleifen hier durch Abrasion vorbeistreichender, partikelbeladener Gase sowie oxidativ durch Kohlenstoffabbrand. Häufig werden aber auch Steine aus den obersten Lagen bei Reinigungsarbeiten aus dem Steinverband herausgerissen. Wenn diese Stellen zu groß werden und nicht mehr durch Spritzmaterial repariert werden können, können diese Beschädigungen sogar zum Ausfall der gesamten Zustellung führen. Um den Oberkonus nicht zu stark zu verengen, kommen im Allgemeinen nur



Bild 1

Steinlängen bis etwa 600 mm in Betracht. Als Zustellmaterial haben sich Sorten mit 97%iger Sinter- oder Large-Crystal-Sintermagnesia + 5-10% Kohlenstoff bewährt. In Einzelfällen können Verstärkungen mit Schmelzmagnesia im Bereich der Mündung notwendig sein.

2.2. Abstichbereich und Schlackenzone

Der Badbereich während des Abstiches (Abstichkapelle) wird je nach Erzeugungsprogramm und Blasmodell stark bis sehr stark belastet. Sehr heiße und dünnflüssige, FeO- bzw. sauerstoffreiche Schmelzen und Schlacken sind u. U. in längerem Kontakt mit der feuerfesten Ausmauerung. Dadurch kommt es zu einer fortschreitenden Entkohlung und Bildung von niedrigschmelzenden Verbindungen unter Auflösung der Steinsubstanz. Wirkungsvoll wird das Mauerwerk durch das Einbringen von korrosionsbeständiger Schmelzmagnesia in

Anteilen bis zu 100% geschützt. Die Schlackenzone unterliegt durch den ständigen spülenden Kontakt mit der heißen Schlacken-Stahl-Emulsion ebenfalls einem erhöhten Verschleiß, besonders zu Anfang und Ende des Blasprozesses, wenn die Schlacke erhöhte FeO-Gehalte aufweist. Bedingt durch die unterschiedlichen Stellungen des Konverters im Blas- und Abstichbetrieb ergeben sich zwei Schlackenlinien. Besonders stark beansprucht ist das sogenannte Schlackenkreuz, also die beiden Schnittpunkte der Schlackenlinien des liegenden und stehenden Konverters (Bild 2).



Bild 2

2.3. Zapfen

Durch das Schwenken des Konverters können nach dem Abstich große Bereiche des FF-Mauerwerks mit kalkreicher Schlacke bedeckt werden. Die Schlacke hat in diesem Fall eine schützende Wirkung, da sie mit MgO angereichert wird (meist Dolomit oder Dolo-Kalk) und auf der Oberfläche der Steine auffrieren kann. Die Anreicherung mit MgO sorgt dafür, dass das Lösungspotential der feuerfesten Ausmauerung aus MgO-C in der Schlacke herabgesetzt wird. Die Zone im Bereich der Tragezapfen des Konverters (Bild 3) kann allerdings durch die



Bild 3

niedrige Füllhöhe des Gefäßes nicht mit Schlacke in Berührung kommen. Dadurch ist es nicht möglich, durch Schwenken eine schützende Schlackenschicht auf die Oberfläche zu bringen. Der Zapfenbereich ist jedoch im Vergleich zum Oberkonus höheren Temperaturen und damit verstärkter Oxidation ausgesetzt. Durch die Erhöhung des Kohlenstoffanteils auf 15% wird der Stein besonders dicht. Der hohe Oxidationswiderstand des eingebrachten Flockengraphites sorgt für einen verzögerten Abbrand. Durch Zugabe von Schmelzmagnesia kann der Schutz zusätzlich erhöht werden.

2.4. Unterkonus und Zylinder

Die Verhältnisse in Unterkonus (Bild 4) und Zylinder (Bild 5) sind denen in der Schlackenzone ähnlich. Teilweise wird sogar auf eine gesonderte Zonierung der drei Bereiche verzichtet. Die Belastungen sind hier etwas niedriger als in der Schlackenzone, da das Stahlbad eine niedrigere Aggressivität aufweist als die Schlacken. Zum Einsatz kommen Sorten auf Basis Sintermagnesia mit Anteilen an Schmelzmagnesia. Im Bereich von Bodendüsen kann durch die lokal stärkere Erosion eine Verstärkung notwendig sein.



Bild 4

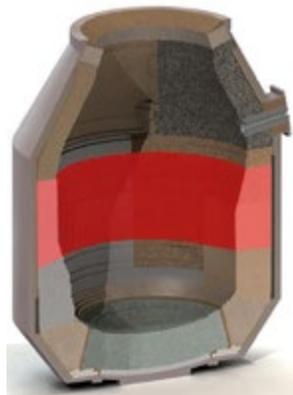


Bild 5

2.5. Boden

Der Boden unterliegt einem erhöhten Verschleiß durch den ständigen Kontakt mit heißer Schmelze und durch die lokal stärkere Erosion im Bereich von Bodendüsen. Häufig spielen auch thermomechanische Einflüsse eine Rolle, insbesondere dann, wenn die thermische Dehnung der Steine durch zu starre Einpassung behindert ist. Ebenso können die Steine durch auftretende Biegemomente, die durch Hohlraumbildung im Schwalbenschwanzmuster verlegter Böden (s. Kapitel 3.3.) auftreten, brechen und bei fortschreitendem Verschleiß der Zustellung herausfallen. Zum Einsatz kommen meist schmelzmagnesiahaltige Steine auf Basis von FM 97 und FM 98 mit 10% Kohlenstoff.



Bild 6

2.6. Schrottaufprallzone

Die Schrottaufprallzone (Bild 7) ist in den meisten Konvertern der am stärksten belastete Bereich. Schrottstücke mit einem Einzelgewicht bis zu einigen Tonnen fallen aus einer Höhe von 5 – 10 m auf die heißen Steine. Nur durch den festen Mauerverbund können die Steine diesen Belastungen überhaupt widerstehen. Eine zusätzliche Belastung liegt dann vor, wenn die Schrottaufprallzone auf der gleichen Seite liegt wie der Abstich. Dann wird sie neben der mechanischen Belastung zusätzlich korrosiv-oxidativ belastet. Mit edelstahlfaserarmierten Steinen auf Basis von 100% FM 98 sowie 10% Kohlenstoff werden im Schrottaufprall die besten Haltbarkeitsergebnisse erzielt.



Bild 7

3. Zustellungspraxis

3.1. Steinformate für Konverter

Die Steine zur Zustellung von Konvertern sind die längsten und schwersten, die im Stahlwerk verwendet werden. Je nach Größe des Konverters kommen Querwölber mit Steinlängen zwischen 300 und 1200 mm zum Einsatz, in Einzelfällen – besonders in Asien – sogar bis zu 1.500 mm. Das Lagenmaß variiert dabei zwischen einheitlich 100 mm in Europa, Afrika, dem Nahen Osten und Teilen Asiens, bzw. 3" (76 mm) in Amerika und anderen Teilen Asiens. In Asien werden auch Steine mit Lagenmaßen von 150 mm verwendet. Die Einzelsteingewichte können dabei bis zu 80 kg betragen.

Als A-Seite oder Kaltseite bezeichnet man die breite Seite zum Sicherheitsfutter hin, die schmale B-Seite zeigt zum Konverterinneren.

Die Abtreppungen im konischen Bereich der Konverter führen zu einer unbefriedigenden Erhöhung der inneren Oberfläche der Zustellung und damit der Angriffsmöglichkeit für Verschleiß, zu einer Verringerung der effektiven Steinlänge im Verhältnis zur Steinlänge und zu ungünstigen Wärmedehnungen der freistehenden Enden. In den letzten Jahren hat sich daher ein spezielles Format zur Zustellung der konischen Teile des Konverters durchgesetzt, der Doppelkeilquerwölber. Im Vergleich zum normalen Querwölber

weist er eine zweite, horizontale Keilung auf, die es ermöglicht, die Steinlagen zur Zustellung der konischen Bereiche anzuwinkeln. Die Vorteile sind eine gleichmäßige, glatte Innenfläche des Konverters mit minimaler Verschleißfläche, die Möglichkeit, die Steinlänge vollständig auszunutzen sowie eine günstigere Verteilung der Wärmespannungen.

Bild 8 zeigt den Vergleich zwischen einer normalen, abgetreppten Zustellung (links) und einer angewinkelten Zustellung mittels Doppel-

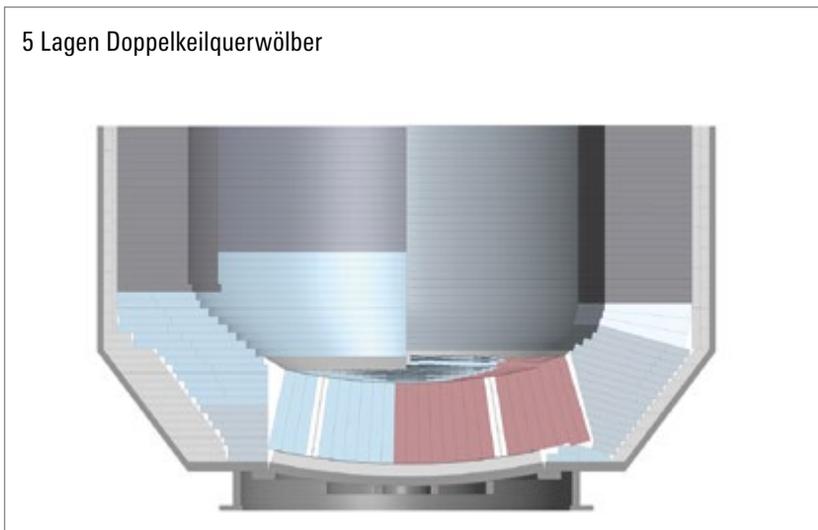


Bild 8

keilquerwölbern (rechts), Bild 9 zeigt die Ausführung der Zustellung des Oberkonus. Durch mehrere Lagen doppelkeilformatiger Steine kann die Zustellung gekippt und nach innen oder außen geführt werden. Der Abschluss in der Mündung, bzw. der Anschluss zum Boden ist dann wieder horizontal. Da der erhöhte Kippwinkel ein Rutschen der Steinlagen bei der Montage begünstigt, werden die Steine mit einer rauhen Beschichtung versehen, die das Abgleiten der Steine sicher verhindert.

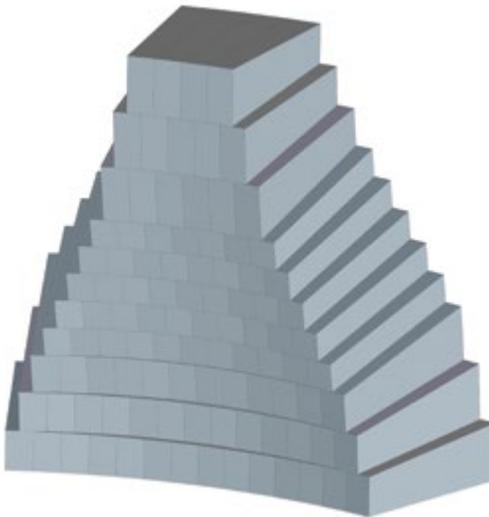


Bild 9

3.2. Vorbereitung der Konverterzustellung

Die Vorbereitung einer Konverterzustellung beginnt mit einer optischen Begutachtung des Gefäßes. Verschiedene Gefäßformen, Konvertergrößen und Verfahren führen dazu, dass eine Vielzahl von Zustellungsvarianten möglich ist. Die metallischen Gefäße weisen teilweise eine Laufzeit von über 20 Jahren auf, weswegen ihre Stahlhülle häufig deformiert ist. In einem ersten Schritt zur Planung der Konverterzustellung müssen daher gemeinsam mit dem Kunden Deformationen festgestellt und berücksichtigt werden, um die passenden Qualitäten und Formate auszuwählen. Werden die Deformationen nicht ausreichend berücksichtigt, führt das zu einer abweichenden Berechnung der Stückzahlen und somit zu einem höheren Aufwand bei der Zustellung (Umschneiden der Steine etc.). Die Referenzmessung stellt bei alten Aggregaten eine Möglichkeit dar, eine Verformung des Stahlbaus festzustellen. Vorbeugend können dann Maßnahmen für zusätzliche Isolierung und das Erstellen von Ringtabellen und Stückzahlen entwickelt werden. Bevor der Konverter angelegt wird, sollte der Wandbereich

In der Referenzmessung wird das Konvertergefäß ohne feuerfeste Zustellung mittels Laser vermessen, um eine Basis zur Berechnung der erforderlichen Steinformate bzw. zur Ermittlung des Futterverschleißes zu gewinnen.

(Verschleißfutter) am Dauerfutter gekennzeichnet werden. Beginnend senkrecht unter dem Abstich sind zu beiden Seiten Meterrisse anzuzeichnen, um dann auf der gegenüberliegenden Seite vom Abstich genau die Mitte zu erhalten. Nun können anhand der Meterrisse auch die Gradzahlen angegeben werden.

Anhand der von Kunden gegebenen Informationen müssen die geeigneten Qualitäten für den Konverter bestimmt und in Zeichnungen der Einbau der Feuerfestmaterialien festgelegt und umgesetzt werden. Um Absätze, Versetzungen oder sogar Spalten im Arbeitsfutter zu vermeiden, muss der Konverter durch den Richtmeister zunächst im Detail betrachtet werden. In Bereichen stärkerer Gefäßdeformierungen muss die Zustellung evtl. auch abweichend von der Zustellzeichnung ausgeführt werden. Bei einem Konverter mit abnehmbarem Boden sollte auf der Konsole eine 20 – 30 mm starke Waage verlegt und etwa 1 – 2° nach hinten zum Dauerfutter geneigt werden. Bei einer Spiralverlegung gilt das gleiche Prinzip, nur dass auf der Konsole

Als Konsole oder Kragstein (auch Krage) wird im Bauwesen ein aus der Wand herausragender, tragender Vorsprung bezeichnet.

eine Rampe betoniert oder eine solche aus Stahl eingezogen werden muss. Bei einer Rampe die eingebaut werden muss, ist zu beachten, dass von 0 auf 100 mm angelegt wird. Auf einer Länge vom halben Umfang muss entweder gedrittelt oder geviertelt werden, damit jeweils der Startstein der Rampe bis zum nächsten Stein gelegt wird.

Es gibt einfache, doppelte, dreifache und vierfache Spiralen, wobei es auf die Größe des Umfanges des Konverters ankommt. Zu beachten ist dabei, dass je mehr Spiralgänge angelegt werden, desto steiler die Spirale verläuft. Diese Art der Zustellung hat den Vorteil, dass keine Schlusssteine geschnitten werden müssen. Auf das Schließen unter dem Lippring muss trotz der nicht ganz einfachen Handhabung besonderer Wert gelegt werden.

Tipp:

Durch die Anordnung von Brettern in bestimmten Abständen, kann die Masse gleichmäßig wellenlos abgezogen werden. Auch ein Nagelbrett kann für eine ebene Verteilung hilfreich sein. Mit 30 mm x 30 mm Abstand und einer Nagellänge von 30 mm, erhält man also eine Massestärke von 30 mm.

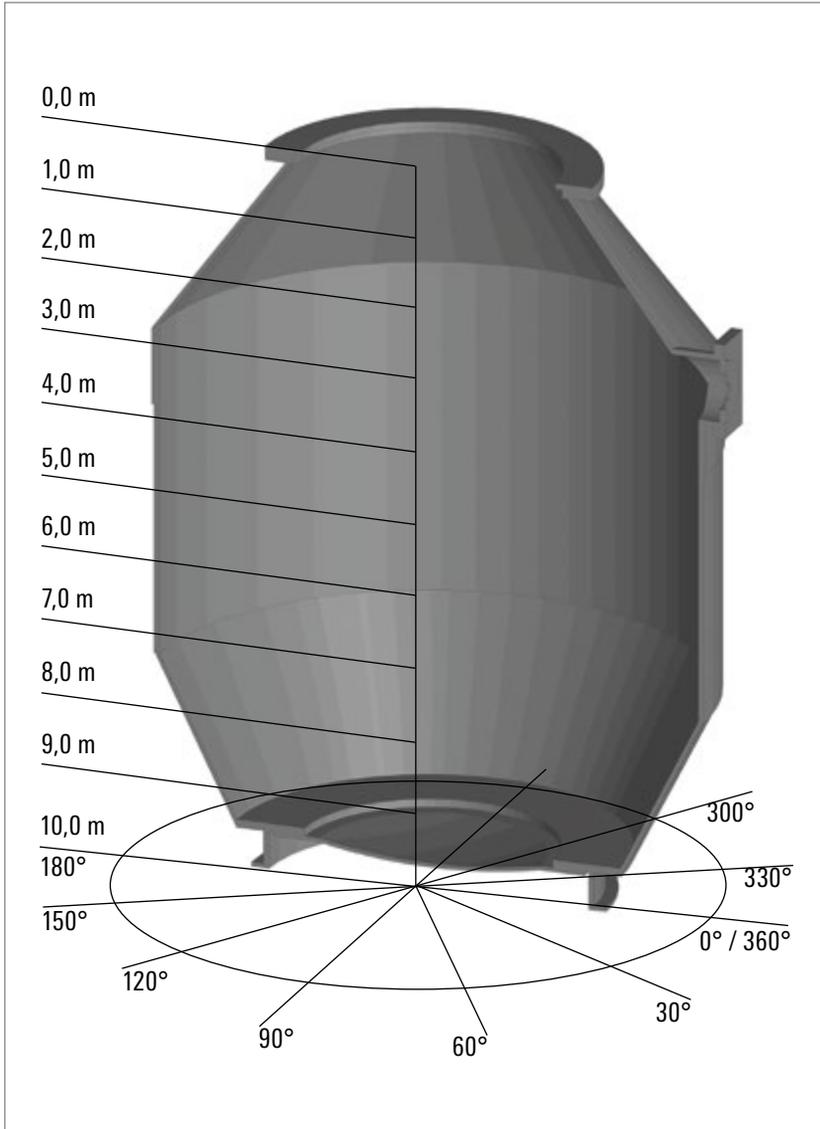


Bild 10

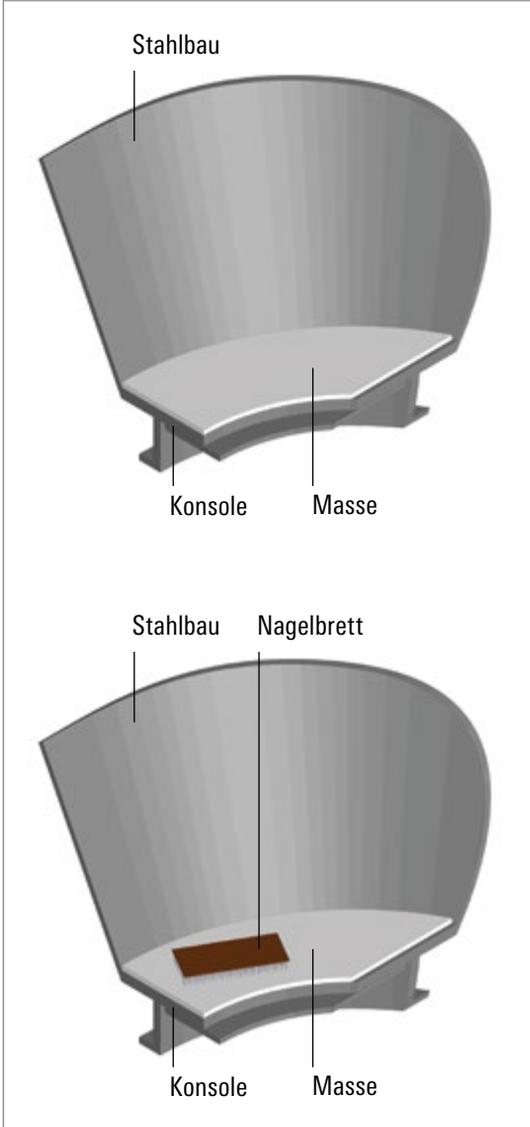


Bild 11

3.2.1. Dauerfutter

Das Dauerfutter verbleibt für mehrere Reisen im Konverter und dient als Grundlage für die Vermauerung und als Sicherheitsfutter. Als Material kommen sowohl gebrannte MgO-Steine als auch einfache MgO-C-Sorten zum Einsatz. Das Dauerfutter verdient immer besondere Aufmerksamkeit. Bei sachgerechter Verlegung und entsprechend angebrachter Horizontal- und Vertikalkonsolen kann das Dauerfutter mehrere Zustellungen halten. Größere Fugen und Übergänge an Konsolen müssen mit basischen Mörtel und Massen geschlossen werden. In erster Linie kann so zusätzliche Stabilität des Gefäßes und ein Schutz vor erhöhter Temperatur während der gesamten Reise gewährleistet werden. Das Dauerfutter dient auch als Verschleißindikator bei durchgeschlissenen Verschleißfutter und kann Durchbrüche von flüssigem Stahl verhindern.

Nach Anlegung der ersten Lage sollten die einzelnen Zonen des Verschleißfutters wie Schrottaufschlag, Zapfenbereiche etc. am Sicherheitsfutter angezeichnet werden. Durch Ziehen einer meterweisen Linie von der Mitte des Abstichs

Eine Anpassung des Verschleißfutters an das Dauerfutter sollte unbedingt vermieden werden, da sonst im Innern des Konverters größere Absätze entstehen können!

erhält man gegenüberliegend exakt die Mitten, um von dort aus die Zonen festzulegen. Qualitäten, Stückzahlen und das Mischungsverhältnis aus der Ringtabelle sollten hier angeschrieben werden.

Die Verlegung von Hinterstellern im Konverter ist eine Variante, um den Schrottaufschlag zu verstärken. Durch das 100 mm stärkere Futter können eine längere Haltbarkeit und gute Verschleißkontrolle gewährleistet werden, da der Hintersteller sichtbar wird, wenn das Verschleißfutter im Schrottaufprall vollständig verschliffen ist. Geeignete Maßnahmen zur Pflege dieses Bereiches können dann sofort eingeleitet werden. Man schützt das Dauerfutter dadurch zusätzlich vor den schweren Schlägen beim Einfüllen des Schrottes. Der Abstich befindet sich meistens am Übergang vom Zylinder in den Oberkonus. Hier ist es immer ratsam, mit den vorgegebenen Formaten 4 – 5 Lagen mit jeweils einem Stein trocken auszulegen um dann festzulegen, wie dieser Übergang gestaltet werden kann. Auch das Anfertigen einer Schablone für diesen Bereich ist zweckmäßig, insbesondere bei einer Zustellung mit Heberformaten.

3.2.2. Anlegen der ersten Lage im Konverter

Die Konverterzustellung erfolgt naturgemäß von unten nach oben. Man beginnt mit dem Auftrag einer Ausgleichsschicht auf die Konsole. Dabei sollte eine basische Ausgleichsmasse verwendet werden, die nicht stärker als 30 mm ist. Bei der Verlegung der ersten Lage ist es wichtig, dass der innere Durchmesser freigehalten wird, damit der Einbau des Bodens fehlerlos verlaufen kann. Der Konverter muss dazu exakt senkrecht stehen. Wird dies nicht eingehalten, muss die genaue Position der Konsole mit einer Wasserwaage geprüft werden. Dann kann entsprechend die erste Lage so angelegt werden, dass man zum Lippring an der Konvertermündung überall den gleichen Abstand bekommt. Wird die Masse nicht entsprechend aufgetragen, verläuft der Wandaufbau zwar waagrecht, jedoch entstehen unter dem Lippring unterschiedlich starke Fugen, die wiederum zu unterschiedlichen Mastestärken führen. Während des gesamten Einbaus ist es wichtig, stark verschlissenes Dauerfutter auszuwechseln bzw., Auswaschungen im Dauerfutter gut zu verstampfen.

3.3. Konverterboden

3.3.1. Bodenkonstruktionen

Es wird zwischen verschiedenen Bodenarten und Zustellungen unterschieden (Boden mit und ohne Spüler):

1. Teilkugelboden mit Wandaufbau im Bodenbereich und Bodenfuge (Bild 12)
2. geschlossener Boden mit Stampffuge und seitlichem Wandaufbau im Bodenbereich (Schwalbenschwanz) (Bild 13)
3. geschlossener Boden mit Stampffuge und doppelagiger Bodenzustellung (Bild 14)
4. geschlossener Boden mit geschnittener Seite für den Wandaufbau (Bild 15)
5. Vollkugelboden mit integriertem Wandaufbau (s. folgendes Kapitel)

Die Bodenzustellung muss exakt in der Mitte begonnen werden. Zur Vermessung des Mittelpunktes benötigt man zwei Schnüre die kreuzweise gespannt werden. Am Kreuzungspunkt werden mit einem Hängelot der Mittelpunkt und damit die Position des ersten Steins markiert. Um Keilfugen zu vermeiden, müssen die Steine unbedingt im rechten Winkel verlegt werden. Der am Rand entstehende Graben, auf den der Wandaufbau erfolgt, sollte, je nach Neigung des Unterkonus', unten und oben den gleichen Abstand aufweisen.

Generell sollten bei jedem Konverterboden, der im sogenannten „Schwalbenschwanzmuster“ verlegt wird, die ersten drei bis fünf Reihen (abhängig vom Bodendurchmesser) in eine Richtung ausgerichtet werden, um eine bessere Stabilität zu gewährleisten.

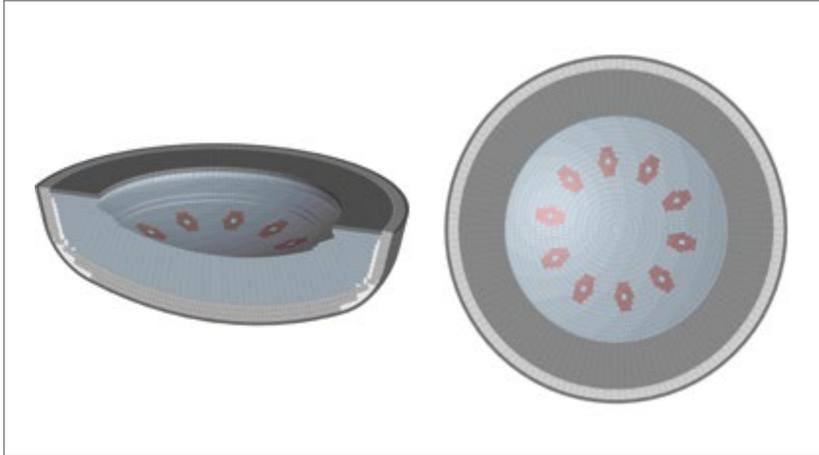


Bild 12

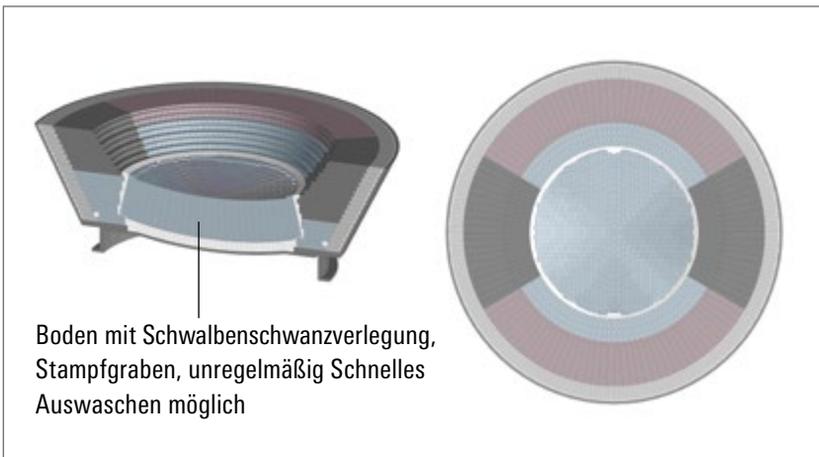


Bild 13

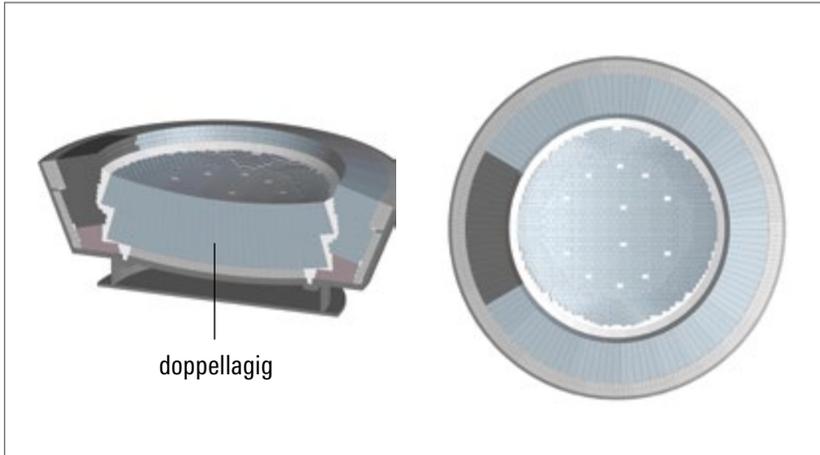


Bild 14

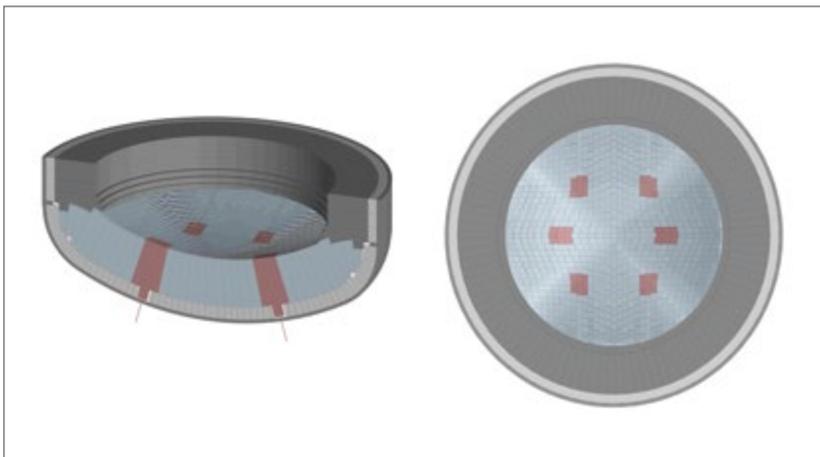
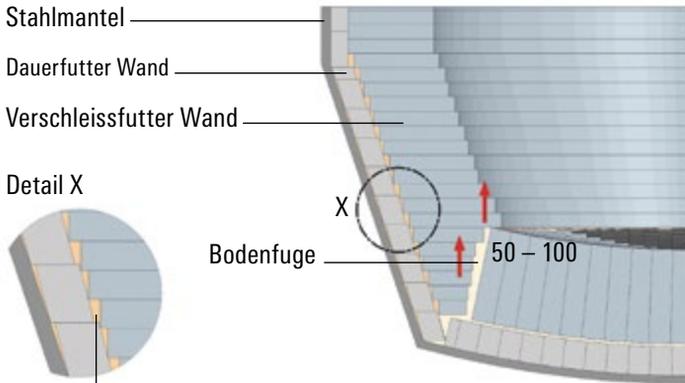


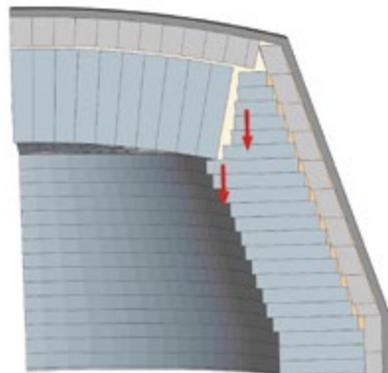
Bild 15

Richtig



Masse am Dauerfutter verstampfen, um die Lagen zu verspannen.

Als Hinterfüllung kann eine Masse mit einer geringeren Qualität als für die Bodenfuge verwendet werden.



Boden kann sich beim Kippen des Converters in der Wand verankern.

Bild 16

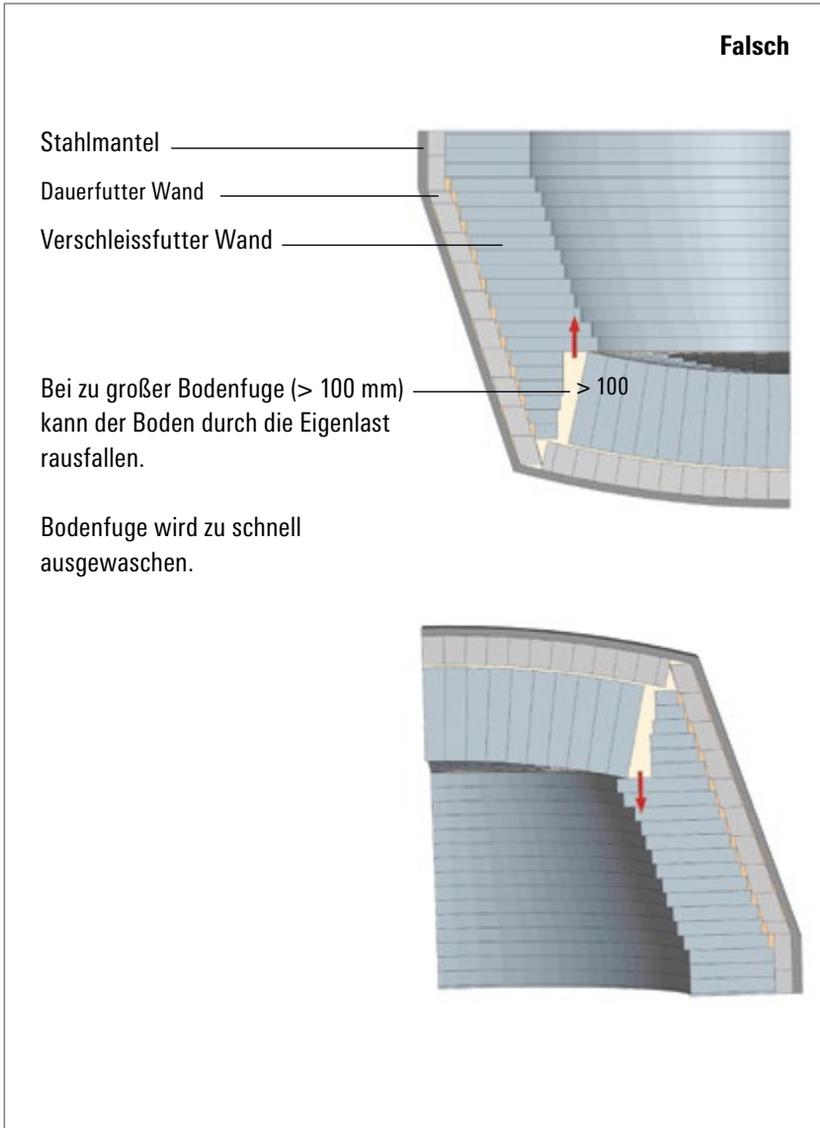


Bild 17

Um einen exakten 90° Winkel von den erst verlegten Längsreihen zu den aus der Mitte verlegten Querreihen zu erreichen, misst man 800 mm auf die erstverlegte Reihe. Dann zeichnet man 600 mm auf der Querreihe, sodass die Länge zwischen den beiden Endpunkten exakt 1.000 mm beträgt (Bild 18). Somit benötigt man nur ein Maßband oder einen Zollstock, um einen exakten 90° Winkel zu verlegen. Das Verlegen des Bodens richtet sich nach den jeweiligen Bauarten der einzelnen Aggregate in den Werken. Bild 19 zeigt das typische Muster einer Verlegung im „Schwalbenschwanzmuster“. Um im Konverter eine möglichst glatte Fläche zu erreichen, müssen die Steine immer im Winkel von 90° zum Dauerfutter verlegt werden. Der Druck in den einzelnen Ringen verteilt sich so gleichmäßig auf die seitlichen Steinflächen. Die Druckbelastung muss in Richtung des Dauerfutters mit der gesamten Fläche der A-Seite des Steines erfolgen. Sind die Steine verkantet verlegt, entstehen Absätze und Kanten an den Innen- und Außenflächen des Dauerfutters. Diese führen zu Spannungsspitzen und damit zu möglichen Rissen

Tipp:

Um ein Kreuz zu erhalten, mit einer Schnur im Konverter von $0^\circ/360^\circ$ auf 180° und von 90° auf 270° spannen.

und Brüchen auf der Innenseite des Konverters (B-Seite des Steines). Der Druck des Steines auf der A-Seite zum Dauerfutter erfolgt punktuell und nicht mit der gesamten Fläche. Weiterhin sollte das vorgegebene Mischungsverhältnis in den Lagen eingehalten werden, da sich die Steine sonst unter- oder überwölben können. In deformierten Abschnitten kann das Mischungsverhältnis jedoch abweichen und muss dort eventuell angepasst werden.

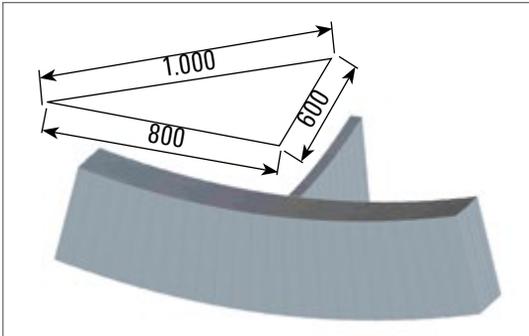


Bild 18

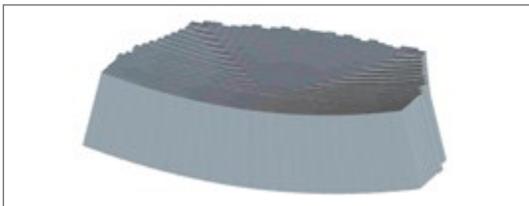


Bild 19

3.3.2. Stampffuge

Der Übergang des Bodens in die Wand ist bei herkömmlichen Konverterzustellungen durch eine Stampffuge, auch Stampfgraben genannt (Bild 20), gekennzeichnet. Die Stampffuge verankert damit die Bodenzustellung gegenüber der Wandzustellung und sichert sie so vor dem Herausfallen beim Kippen des Konverters, dient als fester Ausgleich zwischen Dauerfutter und Verschleißfutter, nimmt Spannkraften auf und ist ein wichtiger Träger zur Stabilisierung und Haltbarkeit des Konverters. Des Weiteren hat er in bestimmtem Maße auch eine isolierende Wirkung (Wärmedurchfluss der Verschleißfuttersteine).

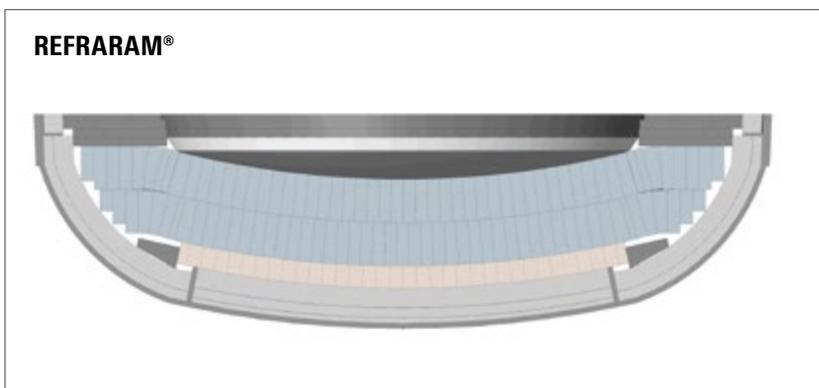


Bild 20

Grundsätzlich ist die Stampffuge eine Schwachstelle im Konverter, da verstampftes MgO-C-Material nicht die gleichen Eigenschaften (Festigkeit, offene Porosität, Verschlackungsbeständigkeit etc.) aufweist wie gepresste Steine. Der Ausführung der Stampffuge ist daher größte Sorgfalt zu widmen. Durch gutes und dichtes Verstampfen werden die einzelnen Lagen in sich verspannt, die Steine in Keilrichtung getrieben und somit eventuell offene Fugen geschlossen. Die Verlegung mit einer Stampffuge hat aber auch Vorteile:

1. Deformierungen im Bereich des Verschleißfutters können ausgeglichen werden. In aus der Form geratenen Bereichen erhält man dadurch geringere Absätze. Größere Absätze, vor allem in Segmenten der größeren Flüssigmetallbewegung, sorgen dafür, dass das meist vorstehende Steinmaterial einem schnelleren Verschleiß unterliegt.

2. Bei Verschleiß des Arbeitsfutters und sich öffnenden Fugen kann es zu Fugenläufern kommen. Das Flüssigmetall breitet sich dann im Stampfgraben aus und das Dauerfutter wird geschützt.
3. Der Stampfgraben nimmt die thermische Dehnung der Steine im Boden auf.
4. Besserer und schnellerer Ausbruch des Konverters (Arbeitsfutter).
5. Schutz des Dauerfutters während des Ausbruchs.

Bei der Anlegung des Stampfgrabens muss berücksichtigt werden, dass dieser minimal 20 mm und maximal 80 mm beträgt. Um einerseits eine gute Verdichtung zu erreichen, andererseits die Fuge aber nicht zu groß werden zu lassen, sollte der Durchschnitt dabei etwa 50 mm ausmachen. Die Verstampfung sollte in 3 Lagen erfolgen, die gleichmäßig mit Masse aufgefüllt und gut eingestampft werden. Man stampft jeweils so weit, dass der Graben immer wieder bündig zur nächsten Lage ist, also im allgemeinen wieder um 100 mm tiefer liegt und die Lage sauber nach hinten abgefegt werden kann. Es dürfen

keine Hohlräume entstehen, um zu verhindern, dass die Masse bei schlechter Verdichtung im Laufe der Konverterreise nachsinkt. Durch Leerstellen werden die Steine des Verschleißfutters nach hinten gedrückt und offene Fugen können sich bilden.

Beim Verstampfen der Ringe muss unbedingt darauf geachtet werden, dass zuerst am Dauerfutter, danach erst zwischen Boden und Wandaufbau verstampft wird. Durch die Verstampfung auf der Dauerfutterseite werden die Steine nach innen gedrückt, wodurch der Ring zusätzlich gespannt und die Fugen gut geschlossen werden. Die Stampfmasse ist lagenweise einzubringen und sollte nicht höher als 300 mm sein und zunächst mit einem Brett gleichmäßig verteilt werden. Beim Stampfen ist es wichtig, dass die gesamte Fläche miteinbezogen wird. Um schneller und besser stampfen zu können, ist es günstig, wenn mit zwei Stampfhämmern gearbeitet wird. Dadurch können auch darauffolgende Lagen sauber abgefegt und die weiterhin waagerechte Verlegung gesichert werden.

3.3.3. Spezialfall: Vollkugelboden

Der Vollkugelboden ist eine sehr komplexe Verlegetechnik im Konverter. Die Zustellung weist einen nahtlosen Übergang vom Boden zur Wand auf. Dabei entfallen die kritische Bodenfuge sowie auch der Arbeitsaufwand für das Einstampfen, die spannungsausgleichende Wirkung des Stampfgrabens fehlt allerdings. Bild 21 zeigt das Schema einer Bodenverlegung als Vollkugelboden. Die Herstellung der Steine für diese Bodenart ist aufwendig, der Einbau hingegen einfach und schnell. Die Steine werden im Herstellungswerk als doppelkeilige und einfachkeilige Querwölber gefertigt, auf einem der Geometrie des Konverters entsprechenden gekümpelten Stahlblech vormontiert, durch Schneiden und Schleifen formschlüssig angepasst, mit

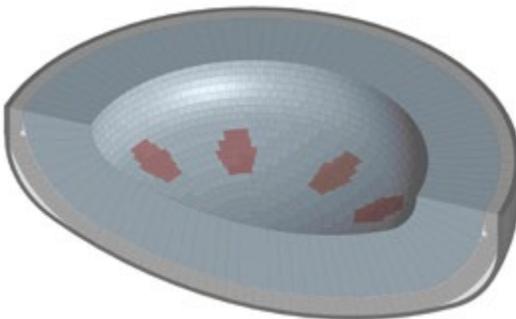


Bild 21

Positionsnummern versehen und entsprechend dem Verlegemuster auf Paletten abgelegt und verpackt. Die Zustellung erfolgt dann durch Entnahme der nummerierten Steine in der entsprechenden Reihenfolge wie in einem Bausatz. Durch entsprechend auf den Paletten abgelegte Steine können die Steine an zwei Stellen gleichzeitig im Ring verlegt werden, was die Verlegezeit erheblich verkürzen kann.

Ausgang der Zustellung ist der sogenannte „Königsstein“, ein Polygonalstein oder Kegelstumpf, der zentral im Konverterboden platziert wird und um den die Zustellung der angepassten Steine zirkular-radial erfolgt. Durch den vollständigen Formschluss der Steine werden Biegespannungen und punktuelle Belastungen vermieden. Die gesamte thermische Dehnung der Zustellung wird über den zylindrischen Teil bis zur Mündung geführt. Ist eine Bewegungsmöglichkeit der Zustellung nach oben hin gewährleistet, stellt die Vollkugelizustellung sowohl spannungstechnisch als auch von der Beschaffenheit und Dichte des Fugenbildes her das Optimum einer Konverterzustellung dar.

Der Königsstein muss absolut genau gesetzt werden. Jeder Fehler in der Positionierung des Königssteins führt zu großen Problemen bei der Zustellung des restlichen Konverters.

Zunächst muss das Dauerfutter sorgfältig gereinigt werden. Danach erfolgt die Beseitigung von Absätzen, Stahl und Schlackenanbackungen oder Erhöhungen am Dauerfutter. Durch Anbringen von Markierungen am Dauerfutter wird die Mitte des Bodens ermittelt (Vierteln oder Achteln des Konverters). Hiernach erfolgt das Aufbringen einer Ausgleichsschicht von 10 – 20 mm Masse auf das Dauerfutter geben, um Unebenheiten auszugleichen. Der Boden hat keinen direkten Kontakt zum Dauerfutter. Gleichzeitig dient die Masse als Ausgleichsschicht, damit der Boden ohne Absätze auf der Heißseite zugestellt werden kann.

Zunächst muss an der Schnittstelle mit einem Lot der Mittelpunkt des Steines ermittelt werden. Dann muss der Stein zentriert werden, was bedeutet, dass der Stein absolut senkrecht stehen muss. Die Senkrechtstellung des Steins erfolgt folgendermaßen:

1. Die Wasserwaage über Kreuz auf den Stein legen und somit den Stein fixieren. Der obere Rand des Steines muss von der Herstellung genau sein.
2. Seitlich mit der Wasserwaage loten, Wasserwaage an der A-Seite anlegen und oberhalb der B-Seite den gleichen Abstand auf 4 Seiten abmessen. Eine Wasserwaage mit Gradeinstellung (Schornsteinbau) ist optimal (Bild 22).

Steht der Königsstein nicht senkrecht, hat das gravierende Auswirkungen auf die gesamte Zustellung. Der Boden würde schräg laufen und somit auch der Wandaufbau nicht waagrecht erfolgen.

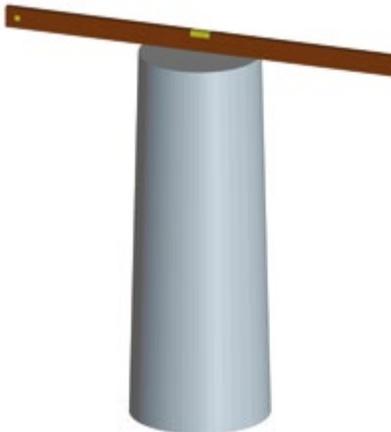


Bild 22

Der Königsstein und der jeweilige erste Stein sind mit einem weißen Strich oberhalb zu markieren. Wenn diese Markierung bei jedem Ring genau anliegt, passen auch alle weiteren Steine und offene Fugen zum vorherigen Ring werden vermieden. An den Spülern sollte nur mit ganzen Steinen gearbeitet werden, geschnittene Steine können dann mittig zwischen die Spüler gesetzt werden. Bei Bedarf kann ein geeigneter Mörtel eingesetzt werden, der aber vollfugig verarbeitet werden sollte und nicht nur an den Kanten. Zur Dauerfutterseite wird jeder Ring mit Masse verfüllt und verstampft. Die Stampfung sollte nach dem Vorbild der Zeichnung eingebaut

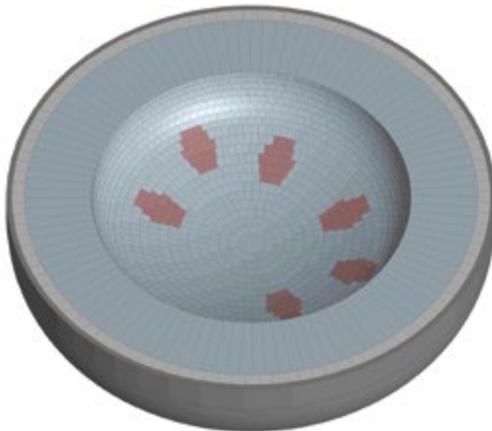


Bild 23

werden. Abweichungen müssen mit dem Kunden besprochen, in der Zeichnung vermerkt und gegebenenfalls auch gegengezeichnet werden. Der Graben muss frei von Fremdstoffen wie Holzstücke, Pappenreste, Steinresten oder ähnliches sein. Um beim Versatz der Lagen eine gute Stampfdichte zu erreichen, sollten nicht mehr als 3 Lagen mit 300 mm Höhe verlegt werden. Diese werden mit Stampfmasse gefüllt.

Der richtige Winkel und die richtige Länge (jeweils aggregatbezogen) sind auch für den korrekten Einbau im Bereich des Abstichs erforderlich. Außerdem ist es wiederholt wichtig, dass die Steine nicht verkantet, sondern sauber eingesetzt werden. Weiterhin sollten die Steine um den Abstich, durch schneiden angepasst werden. Dieser Bereich erfordert überdies den Einbau von geeignetem Feuerfestmörtel. Zusätzlich muss darauf geachtet werden, dass die Steine nicht unter die Hälfte des Originalmaßes geschnitten werden. Durch die Anwendung von Riffelsteinen im unteren Konus- und Hutbereich, erhält man die eigentliche Kugelform des Konverters. So kann ein glatter Innenabschluss

im gesamten Gefäß gewährleistet werden, um bessere Strömungsverhältnisse zu erreichen. Außerdem werden Abplatzungen und Schlackenlagerungen im Hutbereich vermieden. Auf Kleber kann bei diesen Steinen verzichtet werden. Sie werden lediglich in einem Winkel bis zu 25° Neigung verlegt werden. Ein sauberer Abschluss jeder Lage ist jedoch vor allem im Hutbereich erforderlich.

3.4. Schrägverlegung im Oberkonus mit Hebern oder Querwölbern

Die für eine Schrägverlegung benötigten Doppelkeilformate wurden bereits in Kapitel 3.1. vorgestellt. Sie werden auch als „Heber“ bezeichnet. Die Heberlagen gibt es in Plus- und Minus-Ausführungen, je nachdem, in welche Richtung die Lagen umgelenkt werden sollen. Plus steht hier für die höhere Seite. Bei der Arbeit mit Hebern sollte besonders auf das Verlegen der unteren Auflage geachtet werden, um den Steinen einen sicheren Halt zu geben. Dafür werden Steine mit Riffeln, einer rauhen Beschichtung als Rutschbremse oder spezielle Kleber verwendet. Auch können blechummantelte Steinformate eingesetzt werden.

Rutschen die Steine, kann man auch hilfsweise ein feuchtes Papier als Unterlage verwenden oder Klammern zur Befestigung anfertigen. Hier eignen sich abgewinkelte Flacheisen, die sich hinter der unteren Lage einhängen und das Verutschen des Steines verhindern.

Hilfreich sind außerdem Querwölberformate (Bsp. 90/80), da diese hochkant oder keilförmig zugeschnitten als Ersatz dienen können, wenn die Heberformate aus irgendeinem Grund nicht ausreichen. Dieses Verfahren kann auch bei fehlenden Abschlusssteinen verwendet werden. Mit langen Querwölbern kann man den Mangel an spitzen und stumpfen Größen beheben.

Ebenso kann man die Lagen über ein Hilfswerkzeug sichern, das einfach angefertigt werden kann. Die Klemme kann nun auf den Stein gelegt werden und hängt sich auf der A-Seite hinter den letzten Stein der letzten Lage. Durch die Abwinkelung des Flacheisens auf der B-Seite kann der Stein nicht rutschen. Je nach Größe des Konverters benötigt man 20 Klemmen, die dann immer umgesetzt werden bis der Ring geschlossen ist. So wird ebenfalls mit dem nächsten Ring verfahren.

Um frühzeitig einschätzen zu können, wie der Abschluss des Konverters unter dem Lippring verlegt werden soll, empfiehlt sich eine Auslegung mit drei bis vier Lagen. Zwischen der letzten Lage und der Unterkante des Lipprings sollte ein Abstand von 40 mm nicht unter-, und 140 mm nicht überschritten werden. Den letzten Ring sollte man so beginnen, dass man an der einbautechnisch günstigsten Stelle des Lipprings den Schlussstein setzen kann. Dieser Bereich sollte gut verstampft werden, damit die Masse beim Schwenken und Einfüllen nicht herausrutscht. Hilfreich kann hierbei die Anheftung eines dünnen Bleches auf beiden Seiten der Kipprichtung nach der Verstampfung sein.

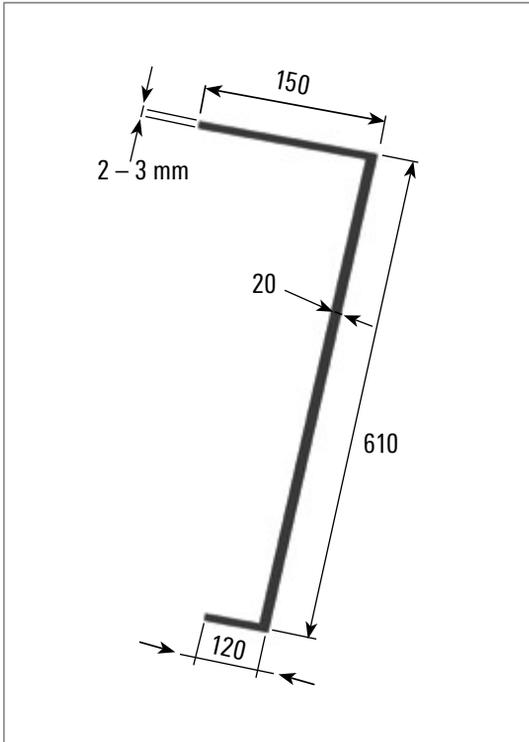
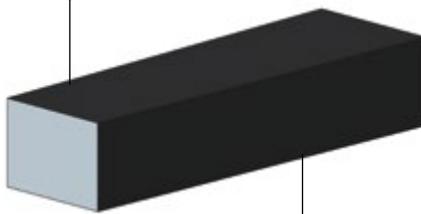


Bild 24

Anfertigen eines
Hilfswerkzeugs
(Bild 24): Klemme,
z. B. für Querwölber,
Steinlänge 600 mm:
Flacheisen (2 – 3 mm
stark, 20 mm breit)
oder aus Rundeisen
8 – 10 mm; 610 mm
lang; A-Seite
abgewinkelt 150 mm;
B-Seite 120 mm

Querwölber 4-seitlich blechummantelt

Stahlblech 0,8 mm –
Ober-/Unterseite eingepresst



Stahlblech 0,8 mm,
seitlich geklebt

abgewinkeltes Blech

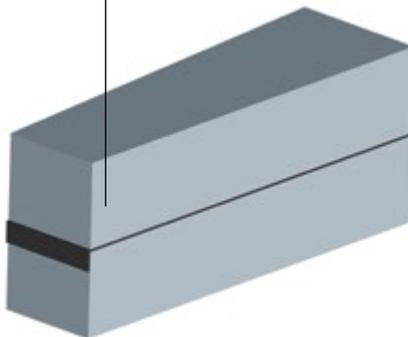


Bild 25

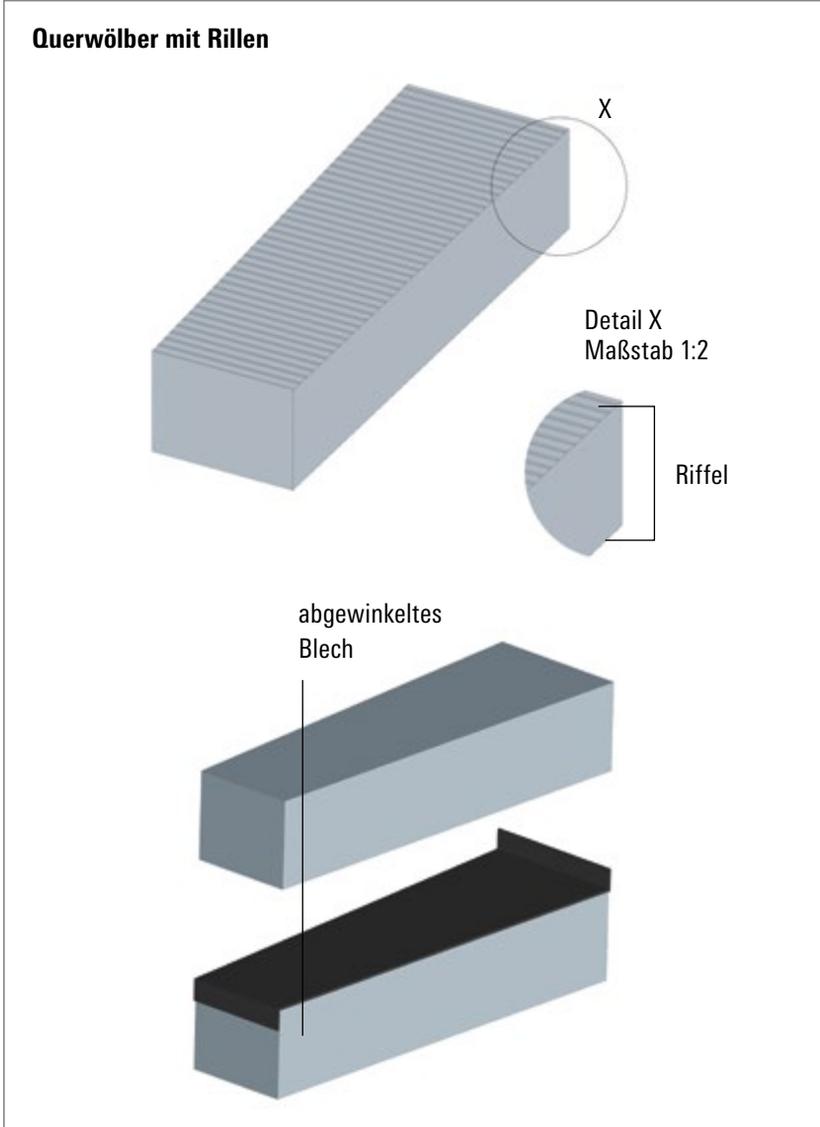


Bild 26

3.5. Setzen des Abstichs

Vor dem Mauern des oberen zylindrischen Teils des Konverters sollte zunächst der Abstich gesetzt werden. Man umgeht körperlich schwere und unsichere Arbeit. Danach muss dieser Bereich sauber unterschritten und seitlich im Halbverband montiert werden. Unter Berücksichtigung des Winkels, bzw. der Neigung, werden dann unter- und oberhalb die Steine zugeschnitten. Bei einem fast waagerechten Abstich ist es ideal, die Querwölber hochkant gestellt und angezeichnet zu schneiden, sodass man einen sauberen, geraden Abschluss in den Lagen bekommt.

Der Abstichbereich sollte mit Mörtel verlegt werden, da Steinsägen oftmals nicht genau im Winkel sägen und es somit in diesem Bereich zu offenen Fugen oder Brüchen kommen kann.

Der Konverter wird dann in Richtung Konverterbühne gedreht, sodass an der Abstichöffnung mittig ein Rohr im Durchmesser der Innenhülse fixiert werden kann. Anschließend wird er so weit nach unten gedreht, dass das eingesetzte Metallrohr senkrecht steht. In dieser Stellung

werden dann die Innenhülse und die Blöcke (Mutterstein) im Wechsverband verlegt, damit keine durchgehende Fuge zwischen Innenhülse und Block entsteht. Durch diese Art der Installation bekommt der Abstichblock in sich Halt, die Fugen sind überlappend und bilden keine Schwachstelle. Dabei sollte beachtet werden, dass die Innenhülse im rechten Winkel eingebaut wird, um Beschädigungen des Muttersteins beim Wechseln der Innenhülse zu vermeiden.

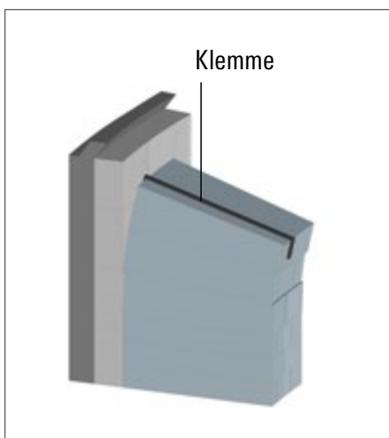


Bild 27

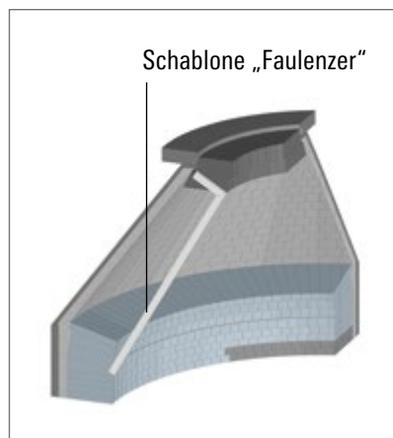


Bild 28

Nach Abschluss der Installation wird eine Stahlplatte montiert und am Rohr angeschweißt. Zwei Winkeleisen oder Rundeisen werden zusätzlich seitlich und im Winkel 45° nach oben zum Lippring angeschweißt. Der nach außen ragende Abstichkasten kann nun mit Masse eingestampft werden. Anschließend wird der Konverter in die Arbeitsstellung gedreht, sodass mit der Zustellung begonnen werden kann.

Der so vormontierte Abstich ist vorteilhaft, da man eine Schnur vom Abstich zur ersten Lage befestigen und dieser Bereich glatt zum Abstich hin zugestellt werden kann. Der in diesem Bereich meist nach außen verformte Stahlmantel kann für die Zustellung entsprechend glatt installiert werden. Bei der Entleerung bleibt nun kein Reststahl mehr im Konverter. Wird nur gegen das Sicherheitsfutter gemauert, entsteht unterhalb des Abstiches eine Senke, in der sich Reststahl sammelt, da der Konverter nicht vollständig entleert werden kann.

Der Abstich unterliegt einer großen Beanspruchung und ist daher mit einer entsprechend widerstandsfähigen Steinqualität versehen. Der Hauptverschleiß entsteht durch die Strudelwirkung bei der Entleerung des Flüssigstahls. Durch die Strudelwirkung vergrößert sich das Abstichloch, was negative Folgen haben kann. Der Abstichstrahl ist zu stark und somit zu schwer für den Aufprallbereich in der Pfanne. Auch die Schlackenstopper werden so beeinträchtigt und erhöhter Schlackenangriff und Schlackenausfluss mit dem Stahl sind die Folge. Daher wird in der Regel die Innenhülse nach einer bestimmten, werksinternen Abstichzahl gewechselt. Bei der Auswechslung des Abstiches sind Herausmeißeln, Bohren oder Schneiden mit einem Hohlbohrkörper Alternativen. Beim Meißeln oder Bohren wird von außen mit viel Druck Richtung Konverterinneres gearbeitet. Die angrenzenden Steine werden stark beansprucht und dadurch Risse verursacht. Schlimmstenfalls werden die Steine sogar in den Innenraum gedrückt. Aus diesem Grund ist das Schneiden mit einer Bohrvorrichtung die optimale Variante. Die Vorteile einer Bohrvorrichtung liegen auf

der Hand: Keine Vibrationen und ein einheitlicher Durchmesser und somit exakter Einbau der Innenhülse. Der Bohrer ist ein hohlwandiges, wassergekühltes Rohr mit entsprechendem Durchmesser, das vorne mit gehärtetem Stahl oder Diamanten besetzt ist. Es wird durch eine entsprechende Vorrichtung fixiert und durch Rotation mit Motorkraft in den Abstichbereich

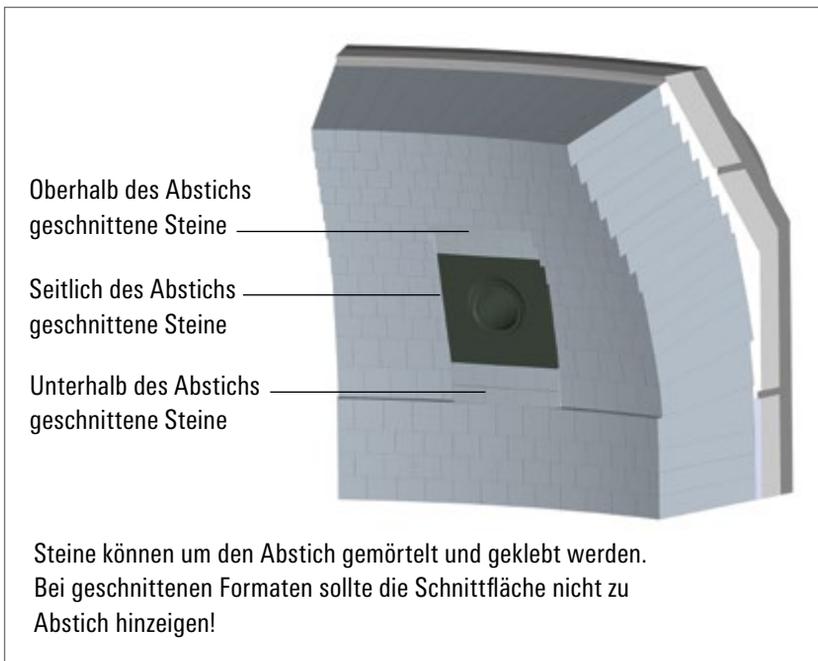


Bild 29

gedrückt. Wichtig ist beim Vergießen, dass die Gießmasse bis zur Kaltseite durchläuft. Um eine gute Abdichtung der Innenhülle zu erzielen, sollte vor dem Gießen die Innenhülle vorher aufgeheizt werden.

Wenn die Innenhülle vorher aufgeheizt wird, kann sofort mit dem Gießen begonnen werden und man spart Zeit. Im Inneren des Konverters sollte der Bereich des Abstiches dann großflächig mit angegossen oder beigespritzt werden, um einen gleichmäßigen Abguss zu erhalten. Eine gute Möglichkeit zur Abdichtung der Innenhülle beim Wechseln bietet die Einpressung der angemischten Masse von der Kalt- zur Heizseite. Dies geschieht bestenfalls durch angebrachte Fülllöcher an der am Konverter montierten Stahlplatte nach Einsetzen der Innenhülle. So geht man sicher, dass sich keine Hohlräume bilden können. Außerdem wird der Wassereinsatz geringer gehalten und die Masse daher dichter und schneller ausgehärtet.

3.6. Dehnungskompensation

Durch die relativ hohe Wärmedehnung der MgO-C-Steine befindet sich eine Konverterzustellung im Einsatz unter hohen Spannungen. Ein Teil der Spannungen sind für eine wirkungsvolle Verspannung des Mauerwerks und damit für dessen Stabilisierung notwendig, ein anderer Teil wird durch das sich ebenfalls deh nende Stahlgefäß kompensiert. Wenn in einem Konverter von 70 – 100 Lagen keine Pappen in die Lagerfugen eingebaut würden, würde die Ausdehnung in Richtung oberer Konus bis zur Mündung so groß, dass die Steine unter erheblichen Druck geraten, der die Festigkeit der Steine überschreiten und damit zur Zerstörung des Steingefüges führen kann. Dieses gilt besonders für den Zapfenbereich, wo eine zusätzliche mechanische Beanspruchung auftritt. Ein weiterer Punkt ist, dass durch diese Ausdehnung nach oben auch der Abstich angehoben werden kann.

Im Konverter ist das Einbringen von Pappen zur Dehnungskompensation sowohl in den Stoß- als auch in den Lagerfugen unerlässlich, um Abplatzungen und Spannungsrisse in der Zustellung zu vermeiden.

Um die Spannungen nicht zu groß werden zu lassen, muss ein Teil dadurch kompensiert werden, dass Raum durch die Verwendung von ausbreitenden Materialien wie z. B. Pappe geschaffen wird, welche während des Einbaus zwischen die Steine platziert werden. Das Einlegen der Pappen erfolgt sowohl in die Stoß- als auch in die Lagerfugen. Mit dem Einlegen der horizontalen Pappen sollte etwa zwei Lagen über dem Badbereich begonnen werden. Zur Kompensation der Wärmedehnungsspannung wird bei konventioneller Horizontalverlegung die Einlage einer 0,8 mm starken Bitumenpappe nach jedem 3. Stein im Ring vorgeschrieben.

In Konvertern, in denen auch im Oberkonus (Hut) waagrecht zugestellt wird, sollte man bis zum Lippring diese kombinierte Pappenverlegung wählen. Beim Einbau mit Umlenkern (Steine mit Doppelkeilformaten) ist dies nicht notwendig. Durch die Schrägverlegung entstehen bei jedem Stein in der Stoßfuge von oben

anliegend nach unten offen bis zu 2 – 3 mm Raum, die sich beim Aufheizen schließen und somit als Dehnung ausreichend ist. Allerdings gerät der Stein durch diese einseitige Belastung unter eine gewisse Biegespannung, die berücksichtigt werden muss.

Obwohl es gelegentlich in der Praxis vermieden wird, um den Steinverband nicht zu schwächen, sollten Pappen für die (horizontalen) Lagerfugen auch im Bereich des Schrottaufschlags gelegt werden. Die mangelnde Ausdehnungsfähigkeit kann sonst zu Rissen, Steinermübrungen oder Abplatzungen führen. Außerdem beträgt beim Verlegen von Pappen von 2 mm Stärke jede 4. bis 5. Lage die Lagenhöhendifferenz nach 35 Lagen bereits 15 – 20 mm, wenn im Schrottaufschlag keine Pappen eingelegt werden. Dadurch entsteht im Aufschlagbereich eine Stufe, die dann auf der linken und rechten Seite vertikal offene Fugen bildet.

Während des Aufheizens ist es zunächst wichtig, dass sich der Stein auf der B-Seite ausdehnen kann. Die Ausdehnung des Steines in Richtung A-Seite tritt erst nach einiger Zeit ein, da die Steine erst nach mehreren Chargen vollständig durchwärmt sind. Auch hier muss Raum zum Dehnen der Steine geschaffen werden, insbesondere, wenn direkt an das Dauerfutter gemauert wird. Bei einer Hinterfüllung hat der Stein die Möglichkeit, sich auch nach hinten zu dehnen. Der Ring wird im Durchmesser größer und die Ringspannung nimmt entsprechend ab.

Diese oben aufgeführten Probleme werden in Zustellungen mit Vollkugelboden noch verstärkt. Ein Boden mit Stampfgraben hat genügend Spiel, um sich in den Stampfgraben hineinzu dehnen. Durch diese Ausdehnung wird der Bereich zwischen Boden und Wand zusätzlich verpresst und ein Herausfallen der Steine verhindert. Hier baut man keine Pappen ein, weil sonst der Presseffekt aufgehoben werden würde und die Verspannung möglicherweise nicht mehr stark genug wäre. Im Kugelboden besteht nur eine geringe Ausdehnungsmöglichkeit in Richtung

Die Pappen für die horizontale Dehnung müssen großflächig sein und über die ganze Steinlänge reichen.

Beispiel:

Stein 800 mm Länge,
Pappe 2 mm x 850 mm,
A-Seite 800,
B-Seite 700 mm.

Dauerfutter im Unterkonus. Somit schieben sich diese Kräfte in Richtung Wand, bzw. Konvertermündung. Der Ausdehnungsweg beträgt bei der thermischen Dehnung von MgO-C von ca. 1,5% bei 1.200 °C einige Zentimeter.

3.7. Konverterabschlussvarianten

Durch Verstampfung oder Spritzen der letzten Lage zum Lippring wird der Konverterrand abgeschlossen. Dies variiert je nach Art des Gefäßes. Bild 30 zeigt verschiedene Varianten der Ausführung des Konverterabschlusses, Bild 31 Varianten des Setzens der Schlusssteine.

Aufgrund der senkrechten Positionen der letzten zwei Ringe an den Konvertermündungen, kann man diese gut miteinander verknüpfen. Dadurch entsteht eine Verbindung, die sich vor allem durch ihre Haltbarkeit beim Putzen bewährt. Zu beachten ist dabei, dass gleiche Formate übereinander gesetzt werden müssen. Die geschnittenen Steine sollten außerdem nach dem Sägen gekennzeichnet werden. Zwar entsteht so ein höherer Zeitaufwand

während der Zustellung, die Stabilität wird jedoch verbessert. Durch den Verzicht auf Absätze bei den letzten Lagen am Konverter, kann die Anhaftung von Schlacke, das Abreißen der Steine und die Anhebung der Lagen vermieden werden. Bild 32 zeigt drei mögliche Varianten.

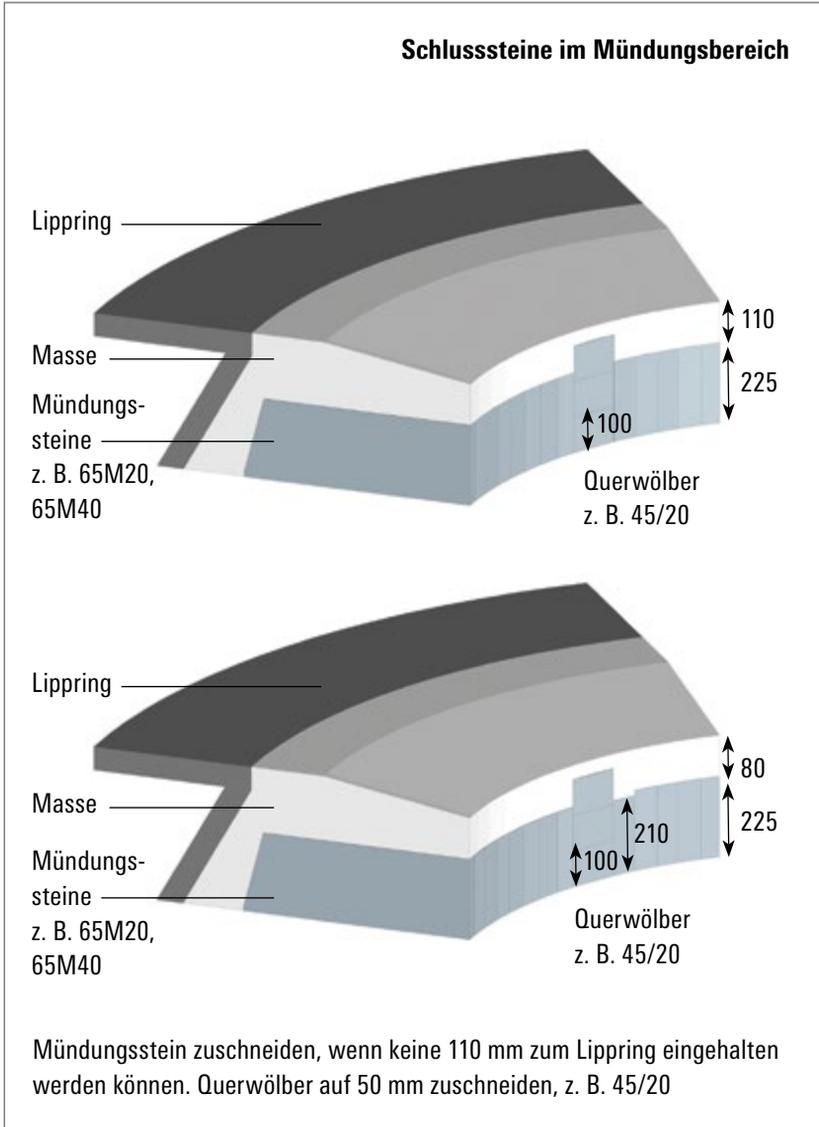


Bild 30

Mündungsbereich

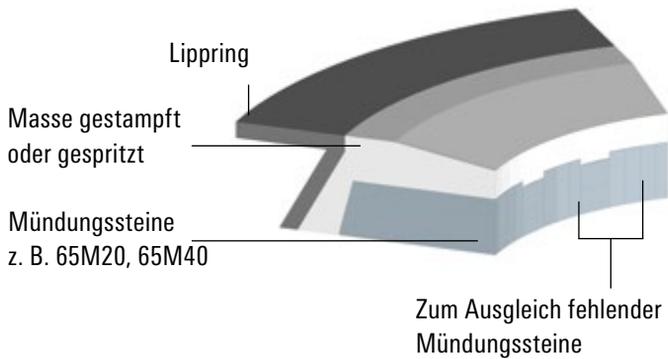
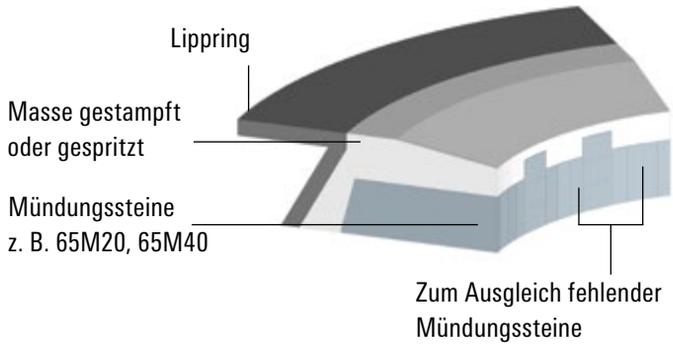
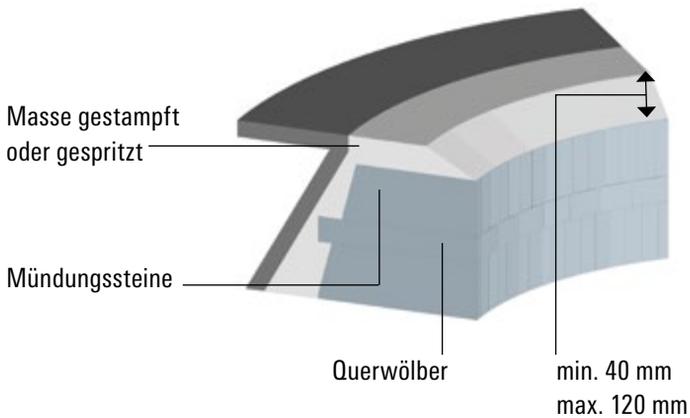
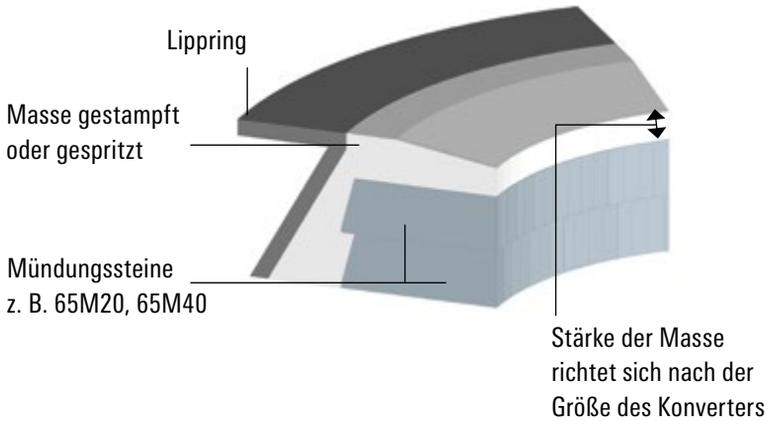


Bild 31



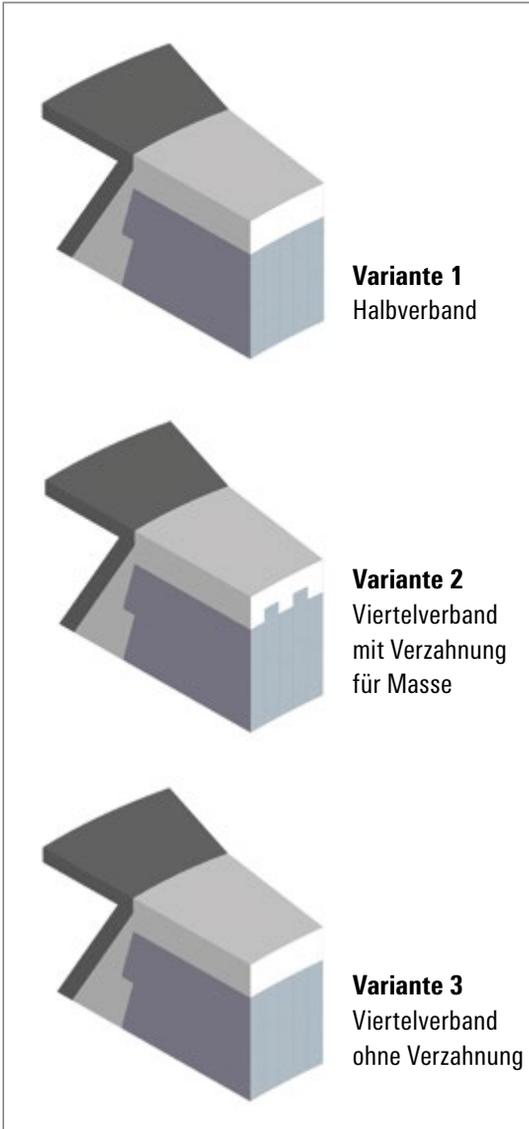


Bild 32

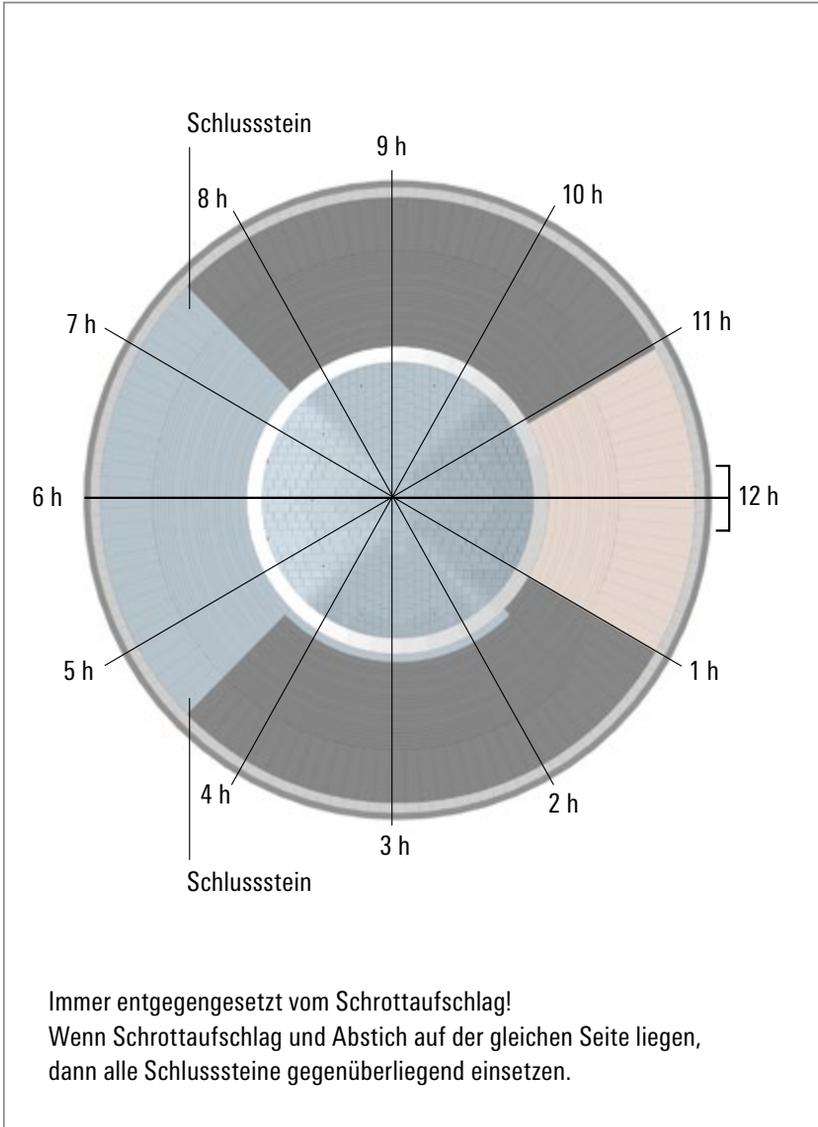


Bild 33

3.8. Aufheizen des Konverters auf Betriebstemperatur

Die Vorheizung des Konverters muss mit höchster Vorsicht und Sorgfalt vorgenommen werden, um Schäden an der Zustellung zu vermeiden (s. a. Kap. 3.6. Dehnungskompensation). So sollten vor allem Unebenheiten, die die Steine überwölben, die ungenaue Verlegung der Dehnpappen sowie große Absätze oder Stufen im Verschleißfutter vermieden werden, da so die Aufheizung unregelmäßig verläuft und Dehnungs- und Spannungsdifferenzen entstehen. Dies wiederum kann Abplatzungen und Rissbildung im Steingefüge verursachen. Folgende vier Hauptforderungen müssen berücksichtigt werden:

1. Maximierung der Konverterverfügbarkeit
2. Mindestwärmeeintrag in die Feuerfestzustellung, um die erste Roheisenschmelze blasfähig zu halten.
3. Minimierung der Thermoschockbelastung bei Erstchargierung mit Roheisenschmelze
4. Minimierung der Entkohlung der Feuerfestausmauerung

Zur Erhöhung des Wärmeeintrages in die Feuerfestzustellung und zur Minimierung der Thermochockbelastung ist ein langsames Aufheizen notwendig, dem jedoch die Forderung nach maximaler Verfügbarkeit und minimaler Entkohlung der Feuerfestzustellung entgegensteht.

Als Faustregel galt früher, vor der Erstchargierung eine zur Roheisenschmelze vergleichbare Oberflächentemperatur von ca. 1.330 °C anzustreben. Dies war bei keramisch gebundenen und später auch pechimprägnierten Zustellungen notwendig, um ein großflächiges Abplatzen während der Erstchargierung bzw. innerhalb der ersten 30 Chargen zu vermeiden. Die heutigen MgO-C-Feuerfestmaterialien verhalten sich gegenüber Temperaturwechselbeanspruchung toleranter. Dies ist zum einen auf deren elastischere Bindung mit Thermo- bzw. Duroplasten, zum anderen auf deren höhere Wärmeleitfähigkeit zurückzuführen.

Konverter haben ein Fassungsvermögen von bis zu 400 Tonnen. Trotz ihrer Größe bedürfen sie jedoch im Vergleich zu einer Stahlgießpfanne einer eher kurzen Aufheizphase, die sich zwischen zwei und sechs Stunden bewegt. Die Aufheizung wird mittels Verbrennen von Steinkohlens unter Einblasen von Sauerstoff vorgenommen. Hierbei wird durch die Sauerstoffflanze Sauerstoff auf den Koks geblasen. Durch die Reaktion von C mit O_2 wird der Koks entflammt. Dadurch werden die für das Einfüllen von Roheisen notwendigen Temperaturen von mehr als 1.100 °C in der feuerfesten Zustellung erreicht. Zu Beginn reagiert eine größere Menge Koks im Konverter, weiterhin werden in Intervallen bestimmte Mengen hinzugegeben. Dies geschieht entweder mit der Schrottmulde über den Konverterrand oder über die Kalk-Erzrutsche. Dabei werden Ruhephasen eingelegt, in denen die Temperatur eine gewisse Zeit konstant gehalten wird. Gleichzeitig wird die Lanzenstellung in der gesamten Aufheizphase so geändert, dass sich

das Konvertervolumen entsprechend aufheizt. Die Endtemperatur liegt hier ebenfalls bei 1.000 bis 1.200° C. In allen Werken gibt es für Zustellungen Aufheizdiagramme, die von Stahlwerk zu Stahlwerk variieren und auf Erfahrungen beruhen. Vorwiegend wird mit Koks und Sauerstoff aufgeheizt und mit der Sauerstofflanze die Lanzenhöhe variiert. Bei OBM-Konvertern wird auch durch die Bodendüsen Erdgas und Sauerstoff eingeblasen. In folgender Tabelle sind die wesentlichen Kennziffern typischer stahlwerksspezifischen Aufheizvorschriften zusammengestellt.

Allgemeine Aufheizempfehlung – lineares Aufheizen über vier Stunden – mit einer spez. Koksmenge von rund 25 kg/t Nennkapazität- und einer Sauerstoffmenge, die bei der Verbrennung zu einem Lambda-Wert von rund 2 führt.

Stahlwerk	Nennkapazität [to]	Nennkapazität [kg/t]	Sauerstoff [Nm ³]	Koksmenge [kg]
A	60	3,0	50.0	7.200
B	90	2,5	27.8	9.600
C	180	10,0	55.6	34.500
D	185	3,8	20.3	27.600
E	200	6,0	30.0	10.200
F	210	4,8	22.9	14.400
G	230	5,0	21.7	8.760

Aus der Tabelle lässt sich eine große Spannweite der dargestellten Kennziffern feststellen, die die Ableitung einer allgemeingültigen Aufheizempfehlung nicht ohne weiteres zulässt. Zwar ist eine Abhängigkeit der eingesetzten Koksmenge von der Nennkapazität erkennbar, doch variiert der auf die Nennkapazität bezogene Kokeinsatz zwischen 21,7 bis 50 kg Koks/t Nennkapazität. Noch schwieriger ist es, eine Abhängigkeit der beim Aufheizvorgang eingesetzten Sauerstoffmenge von der Nennkapazität zu erkennen.

Lambda	Aufheizzeit [min]	Aufheizgeschwindigkeit [°C/min]	Oberflächen- temperatur vor Erstchargierung [°C]
1,46	480	2,7	n. b.
2,33	240	5,4	n. b.
2,10	420	3,1	1.000
4,47	240	5,4	n. b.
1,03	240	5,4	n. b.
1,82	240	5,4	n. b.
1,07	120	10,8	n. b.

Durch Berechnung des Lambda-Wertes, d. h. des Brennstoff/Sauerstoff-Verhältnisses bezogen auf die stöchiometrische Verbrennung zu CO_2 , ist eine Abschätzung der Flammentemperatur möglich. Die höchste Flammentemperatur wird bei einer stöchiometrischen Verbrennung mit einem Lambda-Wert von 1 erreicht. Mit zunehmendem Lambda-Wert sinkt dann die Flammentemperatur. Die Werte liegen zwischen 1,03 und 4,47. In den beiden letzten Spalten ist die für das Aufheizen aufgewendete Zeit und,

mangels Kenntnis der realen Oberflächentemperaturen vor der Erstchargierung, die theoretische Aufheizgeschwindigkeit auf Roheisenschmelzentemperatur dargestellt. Für das Aufheizen werden demnach zwischen 2 und 8 Stunden aufgewendet.

Die theoretische Oberflächenaufheizgeschwindigkeit auf Roheisenschmelzentemperatur schwankt dann zwischen 2,7 und 10,8 °C/min. Da jedoch die Oberflächentemperatur vor der Erstchargierung i. A. weit unterhalb der Roheisenschmelzentemperatur bleibt – so wurde in Stahlwerk C trotz einer Aufheizzeit von 8 Stunden und einer Koks menge von 10 t nur eine Oberflächentemperatur von 1.000 °C erreicht – wird der höchste Temperaturschock während der Erstchargierung erzeugt.

Der nächsthöhere Aufheizgradient wird dann während des ersten Blaszyklus von Roheisentemperatur auf Abstichttemperaturen mit bis zu 20 °C/min erreicht. Aus der Tabelle ist zu entnehmen, dass die extremsten Aufheizbedingungen in dem mit G gekennzeichneten Stahlwerk herrschen.

Innerhalb von nur 120 Minuten wird bei nahezu stöchiometrischer Verbrennung und somit maximaler Flammentemperatur die Zustellung aufgeheizt. Obwohl sich damit die anfänglich erwähnte Zielsetzung des Aufheizens, nämlich die Oberflächentemperatur möglichst der Roheisenschmelztemperatur anzunähern, bei weitem nicht erreichen lässt, können MgO-C-Steine aufgrund ihrer hohen Wärmeleitung und ihrer flexiblen Bindung den bei Erstchargierung enormen Temperaturschock abplatzungsfrei überstehen.

Die Nachahmung ist aber auch aus ökologischer Sicht nicht empfehlenswert. Bei einer nahezu stöchiometrischen Verbrennung können die aus der Zustellung entweichenden Pyrolysegase nicht quantitativ zu CO_2 und Wasser verbrannt werden, weshalb mit der Emission umweltschädlicher Gase gerechnet werden muss. Zwar oxidieren die Pyrolysegase von Kunstharz im Vergleich zu Bindepech schneller, was visuell leicht an der nahezu rußfreien Verbrennung erkenntlich ist, jedoch ist mit einer quantitativen Verbrennung erst im Lambda-Bereich oberhalb 1.5 zu rechnen.

Ein sehr sanftes Aufheizen bezüglich Thermochockbeanspruchung wird im mit C gekennzeichneten Stahlwerk praktiziert. Innerhalb von 8 Stunden wird die Zustelloberfläche nahezu linear auf 1000 °C aufgeheizt. Es ist jedoch zu befürchten, dass bei dieser langen Aufheizzeit der Kohlenstoffabbrand an der Zustelloberfläche unnötig gefördert wird.

Während des Konverterbetriebes gilt es, alle betrieblichen Möglichkeiten auszuschöpfen, um eine höchstmögliche Chargenzahl zu erreichen. Hier wirkt sich der effiziente Umgang mit Schrott beispielsweise positiv aus. So sollten also Sortierung, Aufbereitung und Vorwärmung, sowie die Beladung von Mulden mit Kleinschrott vorbereitet werden. Auch eine korrekte Chargierung, Lanzenspiel, Sauerstoff, Blasdauer und Spülvorgänge sind erforderlich. Den Schutz der Schlacke zu nutzen und die spezielle Pflege mit geeigneten Spritzmassen, sind ebenfalls wirksam für eine lange Laufzeit.

Weitere Informationen zu unserem
Wissensmanagement-Programm erhalten Sie unter:

www.refra-academy.com



Refratechnik Steel GmbH
Schiessstrasse 58
40549 Düsseldorf
Germany
Phone +49 211 5858 0
Fax +49 211 5858 49
steel@refra.com
www.refra.com