

3

Herstellung der Rohre, Formstücke und Armaturen

- 3.1 Erschmelzen des Eisens
- 3.2 Magnesium-Behandlung
- 3.3 Gießverfahren
- 3.4 Nachbehandlung
- 3.5 Aufbringen der Umhüllungen und Auskleidungen
- 3.6 Kennzeichnung
- 3.7 Prüfung
- 3.8 Literatur

3 Herstellung der Rohre, Formstücke und Armaturen

Der Grundstoff des Eisengusses ist das Roheisen; es wird mit Hilfe von Koks aus Eisenerzen im Hochofen reduziert (Eisen erster Schmelzung). In den meisten Fällen wird dieses Eisen in fester Form (Roheisenmasseln) in den Eisengießereien weiterverarbeitet. Vereinzelt wird das flüssige Roheisen auch direkt zu Rohren und Formstücken weiterverarbeitet.

Üblicherweise erschmelzen die Gießereien ihr Eisen im Kupol- oder Elektroofen aus Recyclingmaterial und Roheisen. Dabei ist Koks, Erdöl oder Erdgas der Brennstoff; Reduktionsarbeit wird nicht geleistet. Die Kristallisation des im flüssigen Eisen gelösten Kohlenstoffes in Form von Grafitkugeln wird durch Zugabe von Magnesium in die Schmelze bewirkt.

Rohre werden heute ausschließlich im Schleudergießverfahren erzeugt, bei welchem die Zentrifugalkräfte die Rohrwand erzeugen. Die dabei angewandte Schnellkühlung macht eine Wärmebehandlung der Rohre erforderlich, damit sie das verformbare Grundgefüge erhalten. Formstücke, Armaturengehäuse und Zubehörteile werden in Sandformen

gegossen, hier ist die Abkühlgeschwindigkeit gering genug, sodass keine thermische Nachbehandlung erforderlich wird.

Im Stofffluss der Fertigung schließt sich i. d. R. die Applikation der Auskleidungen und Schutzüberzüge an. Rohre und Formstücke mit Flanschen, sowie die meisten Bauteile der Armaturen werden nach dem Gießen zunächst einer mechanischen Bearbeitung unterzogen. Erst danach werden sie beschichtet. Über dem gesamten Fertigungsablauf liegt ein definiertes System von Kontrollen und Prüfungen zur Sicherung der vorgegebenen Produkteigenschaften einschließlich der Kennzeichnung. **Bild 3.1** zeigt an einem Beispiel den Stofffluss der Fertigung.

3.1 Erschmelzen des Eisens

Eisen zur Herstellung von Rohren, Formstücken, Armaturen und Zubehörteilen wird in den meisten Fällen als Recyclingwerkstoff aus Stahlschrott, Gussbruch, und Gießereiroheisen im Kupolofen oder im Elektroofen erzeugt.

3.1.1 Das Schmelzen im Kupolofen

Der Kupolofen (**Bild 3.2**) ist das typische Schmelzaggregat der Eisengießerei; es ist ein aufrecht stehender Schachtofen, der von oben mit den Rohstoffen Stahlschrott, Gussbruch, Kreislaufmaterial und Koks als Brennstoff beschickt wird.

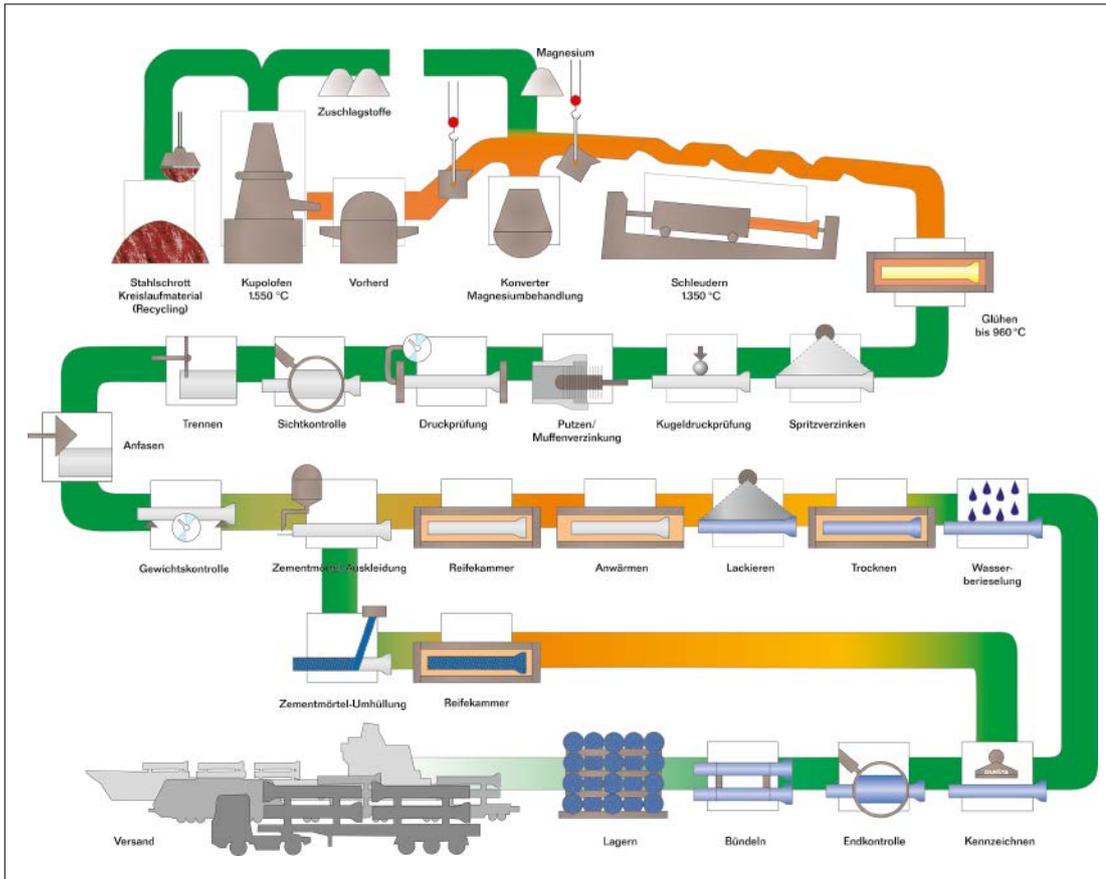


Bild 3.1:
Herstellung eines
duktilen Gussrohres

 **Video 03.01:**
Gussrohrgießerei

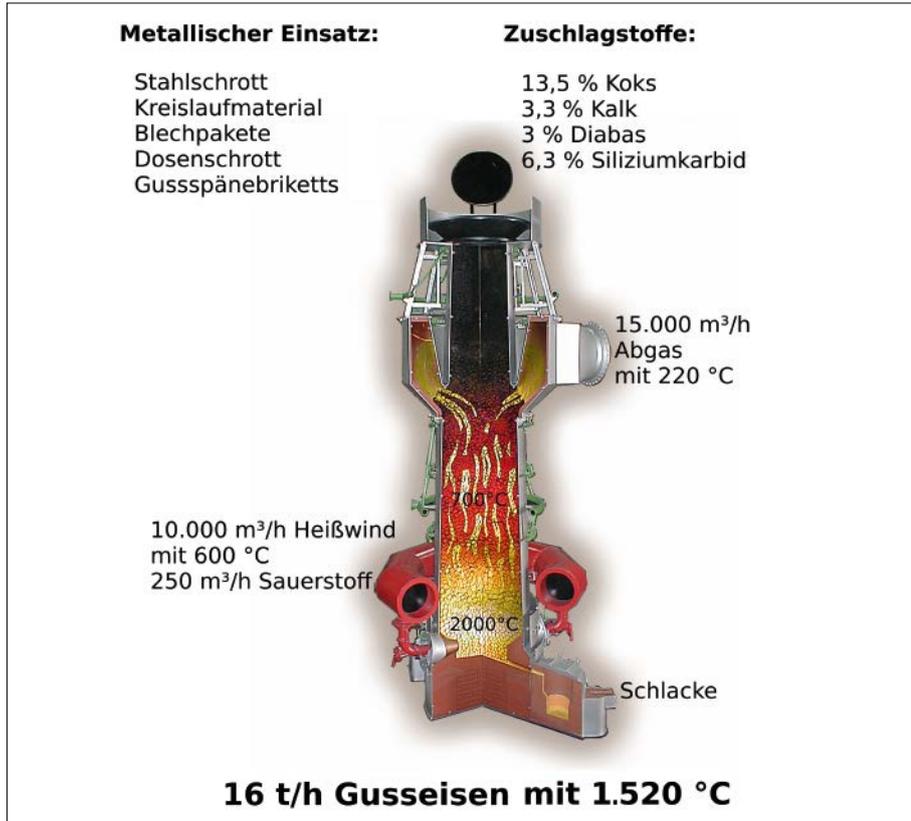


Bild 3.2:
Schnittbild und Betrieb eines Kupolofens



Bild 3.3:
Eisenentnahme aus dem Mischer

Von unten wird erwärmte Luft eingeblasen, mit der der Koks verbrennt. In der damit erzeugten Hitze schmilzt der metallische Einsatz und tropft im unteren Teil des Schachtes zur Eisenschmelze zusammen. Sie fließt kontinuierlich mit etwa 1.450 °C über eine Rinne in ein Sammelgefäß, den Mischer, aus dem das Eisen chargenweise entnommen und entschwefelt wird (**Bild 3.3**).

Der Kupolofenprozess zeichnet sich durch eine sehr gute Ökobilanz aus, weil hier der metallische Einsatz bis zu 100 % aus Schrott bestehen kann.

Der Kupolofen ist ein Allesfresser, selbst Autoschrottpakete, verrostete Stahlträger oder ausgegrabene Graugussrohre werden problemlos wiederverwertet, wobei organische Verunreinigungen verbrannt werden und somit zur Energiebilanz beitragen. Zink aus den heutzutage immer häufiger verwendeten verzinkten Karosserieblechen verdampft, verbrennt zu Zinkoxid, welches mit den anderen Stäuben aus dem Abgasstrom des Ofens herausgefiltert und der Wiederverwertung zugeführt wird.

Der im Kupolofen verwendete Koks enthält immer einen geringen Anteil an Schwefel, der sich im flüssigen Eisen löst und die mechanischen Eigenschaften des Eisens negativ beeinflussen kann. Somit muss sich an die Erzeugung des flüssigen Eisens ein Schritt anschließen, in welchem der Schwefel entfernt wird. Dies geschieht mit Hilfe geeigneter Rohstoffe, z.B. Kalziumkarbid, an die der Schwefel chemisch gebunden wird. Die Reaktionsprodukte schwimmen als Schlacke auf der Eisenschmelze und können so abgetrennt werden.

3.1.2 Der Elektroofen

Ein ebenfalls gebräuchliches Schmelzaggregat in Eisengießereien ist der elektrische Induktionsofen (**Bild 3.4**). Sein feuerfest ausgekleidetes zylindrisches Gefäß ist mit einer Spule umgeben, durch die ein Wechselstrom fließt, der im Kern des metallischen Einsatzes einen Sekundärstrom induziert. Damit wird der rein metallische Einsatz erhitzt und aufgeschmolzen. Andere Energieträger, z. B. Koks, werden nicht benötigt. Energiezufuhr und Temperatur lassen sich leichter und schneller regulieren als im Kupolofen.

3.2 Magnesium-Behandlung

Das im Kupol- oder Elektroofen erschmolzene Eisen würde ohne zusätzliche Behandlung eine überwiegend lamellare Grafitausbildung bekommen. Erwünscht ist aber die typische, kugelige Grafitausbildung des duktilen Gusseisens. Diese erreicht man überwiegend durch Zugabe von Magnesium. Entscheidend ist dabei die hohe Affinität des Magnesiums zu

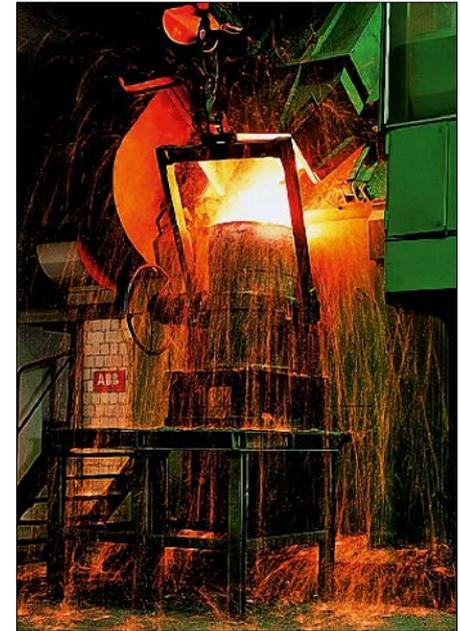


Bild 3.4:
Elektrischer Induktionsofen

Sauerstoff und Schwefel. Das Magnesium reduziert fast alle in der Schmelze vorhandenen Oxide und bindet den Schwefel als Magnesiumsulfid.

Die spezifisch sehr leichten Magnesiumoxide und erhebliche Mengen des Magnesiumsulfides steigen im flüssigen Eisen an die Oberfläche und werden dort als Schlacke abgezogen.

Es ist trotz umfangreicher Forschung auch heute noch nicht eindeutig geklärt, über welchen Mechanismus die Magnesiumbehandlung letztlich zur Ausbildung der Grafitkugeln führt. Favorisiert wird die Modellvorstellung, wonach durch die Entfernung des Schwefels bis auf wenige ppm die Grenzflächenspannung zwischen der Oberfläche der sich bildenden Grafitkristallkeime und dem flüssigen Eisen erhöht wird, was die Grafitkristalle zu einem kugelförmigen Wachstum mit kleinster Grenzfläche zwingt.

Es existieren verschiedene Verfahren, z.B. wird Magnesium rein oder legiert in keramischen Tauchglocken auf den Boden einer mit flüssigem Eisen gefüllten Pfanne gedrückt, oder Magnesium wird in sogenannten Konvertern in eine Kammer gegeben und durch Kippen im abgedeckten Kon-

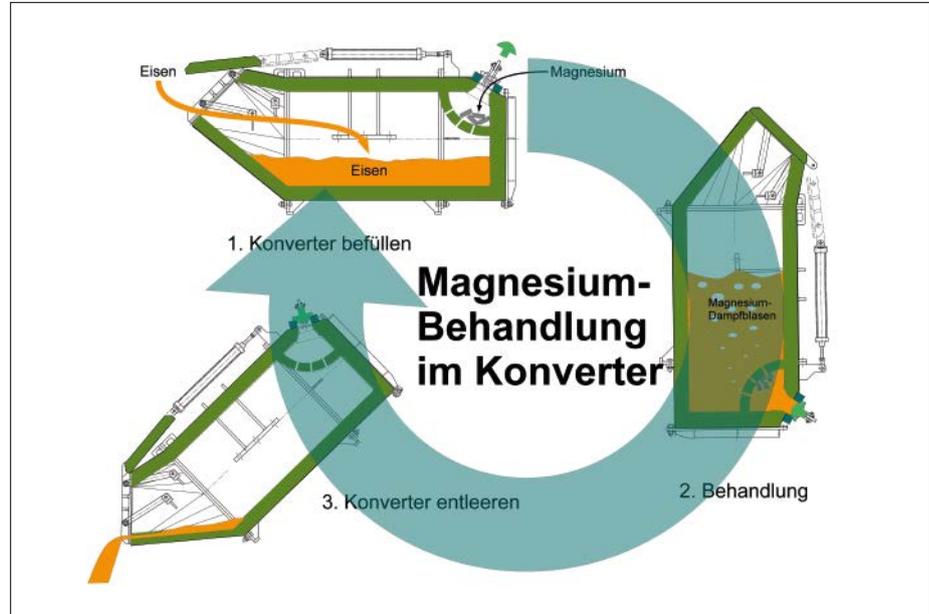


Bild 3.5:
Magnesium-Behandlung im Konverter

verter unter das flüssige Eisen gebracht (**Bild 3.5**). Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz eines mit Magnesium gefüllten Drahtes.

Bei der Herstellung von Formstücken und Armaturengehäusen im Sandguss-Verfahren hat sich die Magnesium-Behandlung in der Gießform (Inmold-Verfahren) bewährt (**Bild 3.6**).



Bild 3.6:
Reaktion des flüssigen Eisens während der Magnesium-Behandlung

Bei allen Verfahren verdampft das Magnesium im Eisenbad, durchwirbelt dieses und reagiert so optimal mit Sauerstoff und Schwefel und wird in geringen Mengen im Eisen gelöst.

3.3 Gießverfahren

3.3.1 Rohrherstellung nach dem Schleuderguss-Verfahren

Der Gedanke, Rohre durch Schleudern von Gusseisen in Metallformen herzustellen, geht auf ein Patent des Ingenieurs Eckhardt im Jahre 1809 zurück. Diese Erfindung konnte sich aber wegen des fehlenden Bedarfs und unzureichender technischer Voraussetzungen nicht durchsetzen. Eine besondere Schwierigkeit bestand in der Zuteilung des flüssigen Eisens in die um ihre waagerechte Drehachse rotierende Gießform.

1910 erfand Otto Briede aus Benrath die bewegliche Gießmaschine. Seine Idee wurde von dem Brasilianer de Lavaud verwirklicht, nach dem das heute in aller Welt verbreitete Rohrschleuderverfahren „De-Lavaud-Verfahren“ genannt wird. Geschleuderte Gussrohre wurden in Deutschland erstmalig 1926 hergestellt.

Es haben sich im Wesentlichen zwei Arbeitsweisen durchgesetzt:

- 1) Schleudern in Metallformen (Kokillen) nach dem De-Lavaud-Verfahren (**Bild 3.7**) und
- 2) Schleudern in Metallformen mit Auskleidung nach dem Wetspray-Verfahren.

Die Rohraußenkontur wird bei beiden Verfahren durch eine metallische Form (Kokille) vorgegeben. Die Kokille befindet sich in einem längsverfahrbaren Maschinengehäuse. Sie ruht an mehreren Stellen auf Laufrollen und wird durch obere Andruckrollen in ihrer Lage gehalten. Wasser sorgt für die Kühlung von außen. Durch einen Elektromotor angetrieben, rotiert die Kokille um ihre Längsachse. Die Kokilleninnenform bestimmt die Außenform des Rohres. In die muffenseitige Aufweitung der Kokille wird ein entsprechend der Muffeninnenform des Rohres ausgebildeter Kern, der aus Sand und Bindemittel gefertigt ist, eingesetzt. Dieser Kern schließt gleichzeitig die Kokille ab.

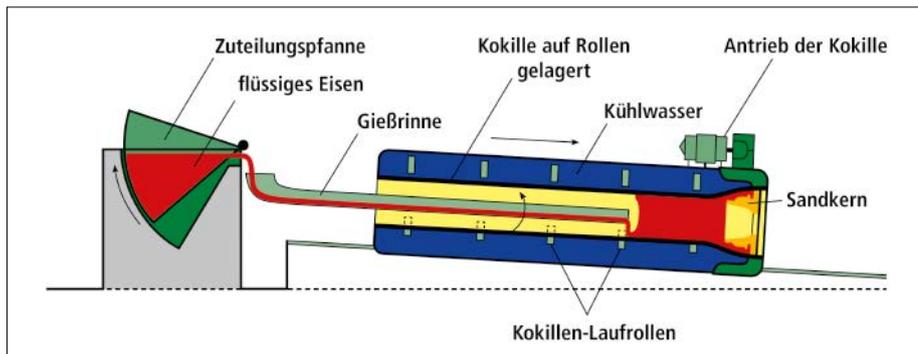


Bild 3.7:
Schleudergießmaschine – Rohrschleuderverfahren in Metallformen nach de Lavaud

Video 03.02: Schleudergießmaschine – Animation

An der Seite des Einsteckendes der Kokille ist ein etwa der Wanddicke des Rohres entsprechender Kragen angebracht. Die so ausgerüstete Gießmaschine ist zur Muffenseite hin geneigt und auf Laufschiene längs verfahrbar angeordnet. Am oberen Ende des Rahmens befindet sich die Gießeinrichtung mit der Zuteilungspfanne, die die Flüssig-eisenmenge für ein oder mehrere Rohre aufnehmen kann. Durch eine geregelte gleichmäßige Kippgeschwindigkeit

wird erreicht, dass während des Gießvorganges eine konstante Eisenmenge pro Zeiteinheit über die Gießlippe der Zuteilungspfanne in das Gießhorn und von da aus in die Gießrinne fließt. Die Rinne ragt bei Gießbeginn fast bis zum Muffenende in die Kokille hinein. Vor dem Einfließen des Eisens wird die Kokille in Rotation versetzt. Das an der Gießrinnenspitze ausfließende Eisen wird von der sich drehenden Kokille erfasst, füllt zunächst den Raum zwischen Muffenkern



Bild 3.8:
Zurückgezogene Gießrinne aus der Kokille

und Kokille aus und bildet anschließend beim Längsverfahren der Gießmaschine infolge der Zentrifugalkraft den Rohrschaft (**Bild 3.8**).

Das Eisen legt sich durch die Überlagerung der Bewegungen wendelförmig an die Kokillenwand und verläuft im flüssigen Zustand zu einem homogenen Rohr. Eine dickere oder dünnere Rohrwand ergibt sich durch Änderung der Eisenmenge für den Gießvorgang.

Die Umdrehungszahl der Kokille wird so gewählt, dass eine Zentrifugalkraft von 15 g bis 30 g auf das flüssige Eisen einwirkt. Durch die Zentrifugalkraft und durch die gerichtete Erstarrung der Rohrwand von der Kokillenseite zur Rohrinnenseite hin bildet sich ein besonders dichtes Gefüge aus. Die Zentrifugalkraft bewirkt ferner, dass die während des Gießvorganges entstehenden Oxidationsprodukte und eventuell mitge-

rissene Schlacke aufgrund ihrer Wichte nach innen abgedrängt werden und beim späteren Putzen leicht zu entfernen sind. Durch die Abkühlungsgeschwindigkeit und die bei der Verfestigung auftretende Volumenverminderung des flüssigen Eisens löst sich das Rohr von der Kokillenwand und kann zur Muffenseite aus der Kokille herausgezogen werden (**Bild 3.9**).



Bild 3.9:
Gussrohr wird mit der Muffe voran aus der Gießmaschine gezogen

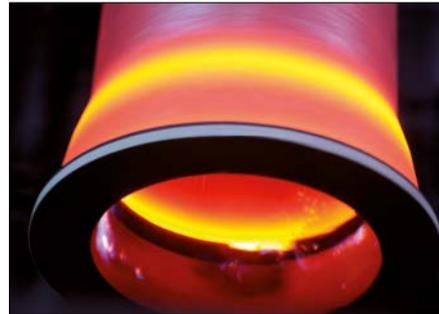


Bild 3.10:
Erstarrtes Rohr wird aus der Kokille gezogen

3.3.2 De-Lavaud-Verfahren

Die Kokille wird bei diesem Verfahren von außen durch Wasser gekühlt. Ihre Innenoberfläche erhält durch Hämmern kalottenartige Vertiefungen. Diese Kaltverformung erhöht die Festigkeit der Oberfläche und unterstützt die Mitnahme des flüssigen Eisens bei der Rotationsbewegung der Kokille. Die in metallischen Formen geschleuderten Gussrohre erhalten so die für sie typische Oberfläche. Während oder kurz vor dem Gießvorgang wird ein pulverförmiges Impfmittel in die Kokille gegeben. Das Verfahren ermöglicht extrem kurze Taktzeiten, weil das sehr schnell erstarrte Rohr innerhalb weniger Sekunden gezogen werden kann; unmittelbar danach kann das nächste Rohr gegossen werden (**Bild 3.10**).

In den nicht ausgekleideten Kokillen des de-Lavaud-Verfahrens unterliegt die Oberfläche der Kokille erheblichen Wärmebeanspruchungen durch Temperaturwechsel:

- außen, die im Vergleich zur Innenoberfläche nur gering schwankende Wassertemperatur,

- innen, die Gießtemperatur des flüssigen Eisens, etwa 1.300 °C.

Zwischen zwei Gießvorgängen kann die Innentemperatur auf 200 °C und tiefer absinken. Die Beanspruchung der Kokille durch diese ungedämpften Temperaturwechsel ist demgemäß hoch, wodurch ihre Standzeit begrenzt wird.

3.3.3 Wetspray-Verfahren

Beim Wetspray-Verfahren erhält die Kokille eine ungefähr 0,5 mm dicke Auskleidungsschicht. Diese Schicht (mit Bentonit gebundenes Quarzmehl) wird vor jedem Gießvorgang nass aufgespritzt. Das Verfahren stammt aus dem englischen Sprachraum und trägt die allgemein gebräuchliche Bezeichnung Wetspray (wet = nass, spray = spritzen).

Durch die dünne Auskleidung werden die Amplituden der Temperaturwechsel in der Kokillenwand verringert, was der Standzeit der Kokille zugutekommt. Allerdings muss die Auskleidung nach jedem Abguss erneuert werden; dadurch verlängert sich die Taktzeit entsprechend.

3.3.4 Ältere, heute nicht mehr gebräuchliche Herstellung von Rohren

Der Sandguss ist die älteste Herstellungsart für gusseiserne Rohre und Formstücke. Zur Herstellung von Rohren wurden ursprünglich liegende zweiteilige Sandformen benutzt. Das Verfahren hatte wegen des starken Kernauftriebs beim Gießen eine Beschränkung der Rohrlänge zur Folge. Eine Weiterentwicklung war das Formen und Gießen in stehenden, nahtlosen Sandformen (**Bild 3.11**).

Das Modell besteht aus Muffen- und Schaftteil. Das Muffenmodell wird von unten in den senkrecht stehenden Formkasten eingesetzt und befestigt. Das Schaftmodell wird von oben eingeführt und mit einem konischen Zapfen im Muffenmodell zentriert.

Der Formsand wird in den Hohlraum zwischen Modell und Formkasten eingebracht und verdichtet.

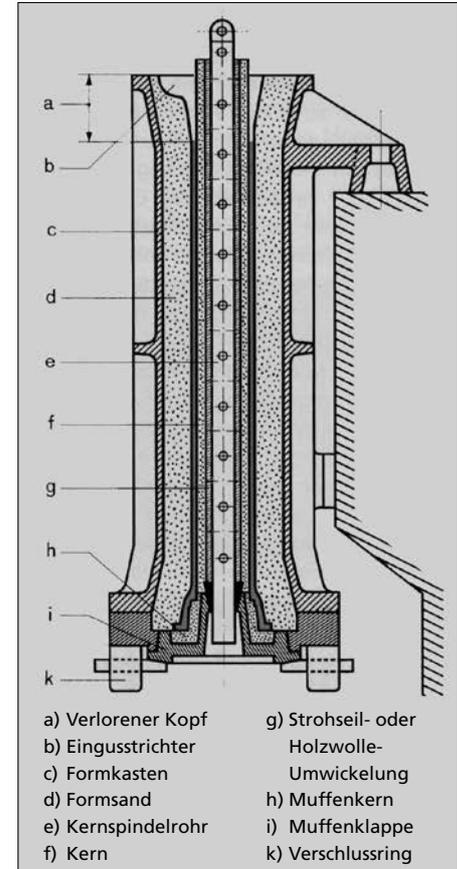


Bild 3.11:
Prinzip des vertikalen
Standgusses von Rohren



Bild 3.12:
Blick in die Gießhalle
mit einem Rohrgießkarussell

Zur Steigerung der Produktivität wurden diese stehenden Formen in Karussells angeordnet (**Bild 3.12**). Je nach Ausbildung der Formen und Kerne ließen sich glatte Rohre oder solche mit bis zu zwei Muffen oder Flanschen herstellen.



Bild 3.13:
FFG DN 150/500 mit angegossenen
Integralflanschen

3.3.5 Herstellung von Flanschrohren

Flanschrohre (**Bild 3.13**) mit kürzeren Baulängen werden vorwiegend in zweiteiligen, liegenden Formen gefertigt (FFG). Des Weiteren gibt es Flanschrohre, die durch Vorschweißen oder Aufschrauben von gusseisernen Flanschen an geschleuderte, gusseiserne Rohre entstehen. Ebenso ist ein Aufschumpfen und Verschweißen gängige Praxis (**Bild 3.14**).



Bild 3.14:
Detailaufnahme des aufgeschnittenen
Schrumpfsitzes

3.3.6 Herstellung von Formstücken und Armaturengehäusen im Sandguss-Verfahren

Mit dem Schleuderguss-Verfahren lassen sich nur rotationsymmetrische Gegenstände mit zylindrischer bis konischer Außenkontur herstellen. Bauteile mit Krümmungen, Abzweigen oder mehreren Verbindungen (Muffen oder Flanschen) sowie Armaturengehäuse benötigen ein anderes Formgebungsverfahren.

Hier werden Modelle aus Metall, Kunststoff oder Holz eingesetzt, welche die Außenkontur des Bauteils vollständig abbilden. Mit diesen Modellen werden Formen aus reinem Quarzsand, mit einem Bindemittel vermischt, als Negativ der Außenkontur des Bauteils erzeugt. Diese Sandform hält dem Druck und der Temperatur des flüssigen Eisens stand, bis es erstarrt ist. Danach wird die Sandform zertrümmert, der Sand wird im Kreislauf wieder verwendet. Die Form ist bei jedem Abguss „verloren“.

Die Innenkontur des Gussstückes wird ebenfalls nach diesem Verfahren gebildet, wobei der Quarzsand für den hier benötigten „Kern“ meist mit einem organischen Bindemittel seine Festigkeit erhält. Die Kerne müssen außerdem der Gießtemperatur von über 1.300 °C widerstehen. Dennoch müssen sie dem Schwindungsdruck bei der Erstarrung nachgeben, damit der Hohlkörper beim Aufschumpfen auf den Kern nicht reißt. Schließlich sollen sie nach dem Erkalten des Stückes leicht entfernbar sein. Bei der Erstarrung des Gießmetalls verbrennt dieser Binder, der Kern verliert seinen Zusammenhalt, und der

lose Sand kann aus dem abgekühlten Gussstück entfernt werden. **Bild 3.15** zeigt die fließbandmäßige Formstückherstellung mit verlorenen Kernen. Die **Bilder 3.16, 3.17 und 3.18** zeigen beispielhaft die vorbereitenden Arbeiten zur Formstückherstellung mit verlorenen Kernen.



Bild 3.15: Formstückherstellung mit verlorenen Kernen



Bild 3.16: Modell zur Herstellung des Sandabdruckes

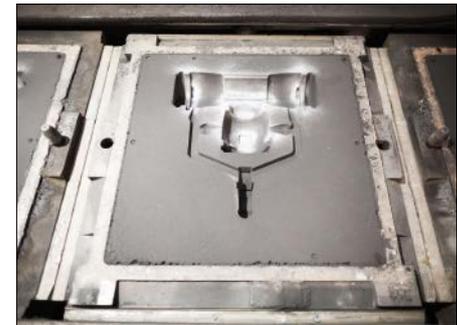


Bild 3.17: Vorbereitete Sandform zum Einlegen des verlorenen Kerns



Bild 3.18:
In die Sandform einlegter verloreener Kern

Großserienstücke werden auf Formmaschinen hergestellt. Die Modelle bestehen aus Kunststoff oder Metall. Als Formmaterial bevorzugt man tongebundenen Quarzsand mit Beimengungen, meist Kohlenstaub. Der Formstoff wird durch Rütteln, Pressen oder Schießen verdichtet. Eine weitere Methode ist das kastenlose Formen. Dabei bildet ein aushärtendes Sand-Kunstharz-Gemisch den Formstoff.

Ferner gibt es das Vakuumform-Verfahren. Hierbei erzielt man die Festigkeit des binderlosen Formsandes durch Unterdruck.

Kleinere Serien und größere Teile werden in Einzelformkästen geformt, wobei zur Verdichtung des Formsandes ein sogenannter Sandslinger zum Einsatz kommt. Er schleudert mit hoher Geschwindigkeit den Formstoff auf das Modell und den bereits eingefüllten Sand. Dabei verfestigt sich das Sand-Ton-Gemisch. Die Modelle bestehen aus Holz oder Kunststoff.

Kerne für Formstücke und Armaturen werden überwiegend aus Quarzsand mit kalt- oder warmhärtenden Bindern hergestellt. Sie müssen so fest sein, dass sie dem Gießdruck standhalten, der infolge der Dichte des Eisens schon bei einer statischen Gießhöhe von 1,40 m etwa 1 bar erreicht. Generell gilt, dass Sandguss-Verfahren eine nahezu uneingeschränkte Gestaltungsfreiheit der Bauteile zulassen.

3.4 Nachbehandlung

Unter Nachbehandlung sind alle Vorgänge an Rohren, Formstücken und Armaturengehäusen zu verstehen, die nach dem Gießen stattfinden.

3.4.1 Thermische Nachbehandlung

Einige der beschriebenen Herstellungsverfahren für Rohrleitungsteile machen eine thermische Nachbehandlung notwendig.

Der Grund dafür ist, dass sich der im flüssigen Eisen gelöste Kohlenstoff im festen Zustand entweder als elementarer Grafit ausscheidet oder im Eisen gelöst bleibt.

Je größer die Abkühlungsgeschwindigkeit ist, umso höher ist auch der Anteil an gelöstem Kohlenstoff im Eisen (Zementit). Dieses Gefüge hat eine hohe Härte und eine geringe Dehnung. Ein nachfolgender Glühprozess zerlegt den Zementit in Ferrit und Grafit, wobei die Form des Grafits beim duktilen Gusseisen kugelig ausfällt.

Beim Sandguss ist im Regelfall die Abkühlungsgeschwindigkeit so gering, dass nach dem Erstarren ein weitgehend ferritisch-grafitisches Gefüge mit geringen Anteilen an Perlit vorliegt und die geforderten mechanischen Werte ohne Glühen erreicht werden.

Eine schnelle Abkühlung ist hingegen charakteristisch für das Gießen von Rohren in wassergekühlten Kokillen. So entstandene Rohre müssen, im Hinblick auf die notwendige Bearbeitbarkeit und Dehnung, geglüht werden. Das geschieht in meist gasbeheizten Durchlauföfen. Bei Temperaturen von etwa 920 °C bis 950 °C rollen die Rohre mit gesteuerter Geschwindigkeit durch den Ofen (**Bild 3.19**). Zur Fortbewegung dienen Mitnehmer, die an einer umlaufenden Kette befestigt sind. Die Glühzeit und die Temperatur sind in einem Zeit-Temperatur-Diagramm des Ofens festgelegt und werden automatisch gesteuert.

Großrohre können auch auf der Muffe stehend in Kammeröfen geglüht werden. So lässt sich ein Ovalisieren des Rohres vermeiden.



Bild 19:
Rohre im Durchlaufglühofen



Bild 3.20:
Gussteile nach dem Putzstrahlen

3.4.2 Putzen und mechanische Bearbeitung

Form- und Kernsand wird von den Gussstücken mit Hilfe von Drahtkorn abgestrahlt (Putzstrahlen) (**Bild 3.20**). Gussnähte, Anschnitte und Steigeransätze werden abgetrennt und beschliffen.

Formstücke werden nach EN 545 [3.1] vor dem Aufbringen der Beschichtung auf Dichtheit geprüft. Anschließend werden gegebenenfalls die Flansche und Einsteckenden bearbeitet. Bauteile für Armaturen werden nach dem Putzen i. d. R. mechanisch bearbeitet. Anschließend werden sie gestrahlt und in direktem Anschluss daran dem Prozess der Oberflächenbeschichtung zugeführt. Nach dem Beschichten werden die Bauteile in der Montage zu Armaturen komplettiert. Im abschließenden Prozess werden die Armaturen einer Dichtheits- und Funktionsprüfung unterzogen.

3.5 Aufbringen der Umhüllungen und Auskleidungen

3.5.1 Rohre

Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung

Der Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug wird auf die Rohre nach ihrer thermischen Behandlung aufgebracht. Bei der metallischen Spritzverzinkung wird ein Zink-Draht (Reinheit mindestens 99,99 %) oder Zink-Aluminium-Draht (Zn85Al15) in einer Flamme oder in einem elektrischen Lichtbogen aufgeschmolzen. Die feinen metallischen Tropfen werden mit hoher Geschwindigkeit auf die zu beschichtende Oberfläche geblasen. Dies geht in automatisch arbeitenden Anlagen vor sich; dabei bewegt sich z. B. die Spritzpistole an dem sich drehenden Rohr entlang. So wird der Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug in einer Schraubenlinie aufgetragen (**Bild 3.21**).



Bild 3.21:
Aufbringen des Zink-Aluminium-Überzuges

Dem Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug folgt zunächst, auf vollautomatisierten Prüf- und Putzstrecken, die Prüfung der Rohre auf Maßhaltigkeit und Dichtheit. Darüber hinaus gehört zu dieser Art des Rohrschutzes eine Deckbeschichtung, die durch Spritzen auf das sich drehende Rohr aufgetragen wird. Die Muffeninnenseite erhält dabei eine gesonderte Behandlung.

Der Zink- bzw. Zink-Aluminium-Überzug für Rohre aus duktilem Gusseisen ist in EN 545 [3.1] und EN 598 [3.2] genormt.

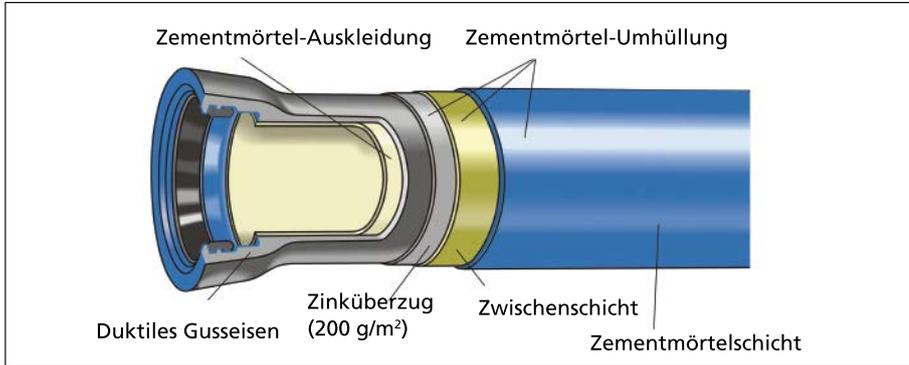
Zementmörtel-Umhüllung

Die Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) ist eine mehrschichtige Rohrumhüllung mit folgendem Schichtaufbau (**Bild 3.22**):

- Zink-Überzug,
- mit oder ohne Zwischenschicht (Zwei-Komponenten-Kunstharzbeschichtung),
- Zementmörtelschicht.

Die Zementmörtelschicht ist eine Schicht faserhaltigen Zementmörtels auf der Basis von Hochofenzement, der kunststoffmodifiziert, pigmentiert und mit einem Bandagierstoff umhüllt sein kann. Die Zwischenschicht kann entfallen, wenn ein kunststoffmodifizierter Zementmörtel verwendet wird. Die dem Mörtel beigemischten Fasern können Glas- oder Kunststofffasern sein.

Für die Applikation der Zementmörtel-Umhüllung kommen zwei Verfahren zum Einsatz. Beiden Verfahren sind gemeinsam, dass in den kunststoffmodifizierten Mörtel, der aus dem Zwangsmischer kommt, eine bestimmte Menge auf Länge geschnittene Fasern eingemischt wird. Der Mörtel wird anschließend zu

**Bild 3.22:**

Schichtaufbau eines Rohres mit Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) und Zementmörtel-Auskleidung (ZM-A)

**Bild 3.23:**

Aufspritz-Verfahren

**Bild 3.24:**

ZM-U - Extrusions-Verfahren

einer kreisförmigen Spritzdüse (Spritz-Verfahren) oder einer Breitschlitzdüse (Extrusions-Verfahren) gepumpt.

Beim Spritz-Verfahren wird der Mörtel mit Pressluft auf das sich drehende Rohr gespritzt (**Bild 3.23**). Die Spritzdüse ist auf einem Support montiert und fährt langsam am Rohr entlang. Eine Glättvorrichtung reduziert anschließend die Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) auf die vorgegebene Schichtdicke.

Beim Extrusions-Verfahren tritt der Zementmörtel aus einer stationären Breitschlitzdüse aus und wickelt sich in gleichmäßiger Schichtdicke bandförmig um das rotierende, langsam an der Düse vorbeifahrende Rohr. Synchron mit dem Mörtelauftrag erhält dieser eine PE-Netzgewirk-Bandage. Fast zeitgleich mit der Bandagierung findet über eine ebenfalls stationär angebrachte Glättvorrichtung eine Nachglättung der Mörteloberfläche statt. Nach diesem Vorgang ist das PE-Netzgewirk vollkommen von einer dünnen Mörtelschicht überdeckt (**Bild 3.24**).

Mörtelförderleistung, Rohrumfangsgeschwindigkeit und Vorschubgeschwindigkeit sind bei beiden Verfahren so aufeinander abgestimmt, dass die Nennschichtdicke für die Zementmörtel-Umhüllung über die gesamte Rohrschaftlänge den Wert von 5 mm einhält. Muffenstirn und Rohreinsteckende bleiben frei von Zementmörtel. Diese Partien haben ebenfalls einen Zinküberzug und werden nach dem Erhärten der Zementmörtel-Umhüllung mit einer Deckbeschichtung versehen.

Die ZM-Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen ist in EN 15542 [3.3] genormt. Nach EN 545 [3.1] können diese Rohre in Böden beliebiger Korrosivität eingebaut werden.

Polyurethan-Umhüllung

Das verwendete Polyurethan (PUR) ist ein lösungsmittelfreies Zwei-Komponentensystem mit Harz und Härter. Polyurethan, Mineral-Füllstoffe, Pigmente und Zusätze sind so gewählt, dass das Enderzeugnis die festgelegten Funktionsanforderungen und die Trinkwasserzulassung erfüllt.

Vor Aufbringung der PUR-Umhüllung wird die Oberfläche der Rohre gesäubert, damit sie technisch rein, frei von Rost, losen Materialteilchen, Schmutz, Öl, Fett und Feuchtigkeit ist. Um diese Anforderungen zu erhalten, wird die Oberfläche der Rohre gemäß dem Reinheitsgrad SA 2 1/2 nach EN ISO 8501-1 [3.4] gestrahlt. Die Rohre werden zunächst auf etwa 50 °C erwärmt, um eine Beschleunigung der Polymerisation der Komponenten zu einer mechanisch belastbaren Umhüllung sicherzustellen. Das Polyurethan wird anschließend auf das rotierende Rohr aufgespritzt (**Bild 3.25**). Die porenfreie PUR-Umhüllung wird durchgehend von der Muffenstirn bis einschließlich dem Einsteckende auf den gesamten Rohrschaft aufgebracht. Nach dem Beschichtungsvorgang wird die Umhüllung zudem auf Porenfreiheit geprüft.

Die PUR-Umhüllung weist in Farbbild, Glätte und Gefüge ein einheitliches, gleichmäßiges Aussehen auf. Haftfestigkeit, Porenfreiheit, Härte und Schichtdicke werden täglich in der Produktion kontrolliert (**Bild 3.26**).



Bild 3.25:
Aufbringen der schwarzen PUR-Umhüllung



Bild 3.26:
Duktiles Gussrohr mit Polyurethan-Umhüllung und Polyurethan-Auskleidung

Die PUR-Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen ist in EN 15189 [3.5] genormt. Nach EN 545 [3.1] können diese Rohre in Böden beliebiger Korrosivität eingebaut werden.

Polyethylen-Umhüllung

Die Polyethylen-Umhüllung besteht aus LDPE (Low-Density-Polyethylen). Sie wird unter Verwendung eines Weichklebers auf die Rohre aufgebracht; bis einschließlich DN 500 geschieht dies im Schlauchextrusions-Verfahren, ab DN 400 einschließlich im Wickelextrusions-Verfahren.

Die PE-Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen ist in EN 14628 [3.6] genormt. Nach EN 545 [3.1] können diese Rohre in Böden beliebiger Korrosivität eingebaut werden.

Zementmörtel-Auskleidung

Im Rotationsschleuderverfahren wird nach dem Einbringen des Frischmörtels (Sand-Zement-Wasser-Mischung) das Rohr auf eine so hohe Rotationsgeschwindigkeit gebracht, dass die Zen-

trifugalbeschleunigung mindestens das Zwanzigfache der Erdbeschleunigung beträgt. Durch diese Beschleunigung und durch zusätzliche Rüttelkräfte erfährt der Frischmörtel eine Verdichtung und Glättung (**Bild 3.27**).

Beim Rotationsschleudern wird ein Teil des Zugabewassers angetrieben. Zur Oberfläche der Zementmörtel-Auskleidung hin entsteht eine Anreicherung von Feinkorn und Feinbestandteilen. In Reifekammern härtet die Zementmörtel-Auskleidung (ZM-A) bei definierter Luftfeuchte und Temperatur aus. Die ZM-A von Rohren aus duktilem Gusseisen ist in EN 545 [3.1] und EN 598 [3.2] genormt.

Polyurethan-Auskleidung

Das verwendete Polyurethan ist ein lösungsmittelfreies Zwei-Komponentensystem mit Harz und Härter. Polyurethan, Mineral-Füllstoffe, Pigmente und Zusätze sind so gewählt, dass das Enderzeugnis die festgelegten Funktionsanforderungen und die Trinkwasserzulassung (z. B. DVGW) erfüllt. Vor Aufbringung der Polyurethan-Auskleidung wird die Innenfläche der Rohre



Bild 3.27:

Rotationsschleudern – Eintrag einer Zementmörtel-Auskleidung (ZM-A)

gesäubert, damit sie technisch rein, frei von Rost, losen Materialteilchen, Schmutz, Öl, Fett und Feuchtigkeit ist. Um diese Anforderungen zu erhalten, wird die Innenfläche der Rohre geschliffen und gemäß dem Reinheitsgrad Sa 2.5 nach EN ISO 8501-1 [3.4] doppelt gestrahlt. Die Rohre werden zunächst auf etwa 50 °C erwärmt, um eine Beschleunigung der Polymerisation der Komponenten zu gewährleisten.

Dadurch werden hohe Taktzeiten im Beschichtungsprozess erzielt.

Das Polyurethan wird anschließend auf das sich drehende Rohr mittels einer Lanze mit einer Rotationsdüse aufgespritzt (**Bild 3.28**). Die Fliehkraft, verursacht durch die Eigenrotation des Rohres, bewirkt eine sehr glatte Oberfläche, welche gute hydraulische Eigenschaften erzielt. Die porenfreie



Bild 3.28:
Aufbringen der PUR-Auskleidung mittels einer Lanze mit Rotationsdüse

Polyurethan-Auskleidung wird durchgehend auf die gesamte Rohroberfläche aufgebracht.

Auch die Innenseite der Muffe wird mit Polyurethan ausgekleidet. In Kombination mit der PUR-Umhüllung entsteht ein Gussrohr mit einem integralen Korrosionsschutz.

Nach dem Beschichtungsvorgang wird die Auskleidung auf Porenfreiheit geprüft. Die Polyurethan-Auskleidung weist in Farbbild, Glätte und Gefüge ein einheitliches, gleichmäßiges Aussehen auf. Haftfestigkeit, Porenfreiheit, Härte und Schichtdicke werden täglich in der Produktion kontrolliert.

Die Polyurethan-Auskleidung von Rohren aus duktilem Gusseisen ist in EN 15655 [3.7] genormt.

3.5.2 Formstücke und Armaturen

Epoxidharz-Beschichtung

Ähnlich wie bei den Armaturen gewinnt die Pulver-Beschichtung von Formstücken mit Epoxidharz eine immer größere Bedeutung. Nach EN 545 [3.1] sind derart umhüllte Formstücke für Böden aller Aggressivitätsklassen geeignet. Dasselbe gilt auch für mit Epoxidharzpulver beschichtete Armaturen.

Die Gussstücke werden zu diesem Zweck zunächst einer Oberflächenbehandlung durch Strahlen (Reinheitsgrad SA 2 1/2) unterzogen. Danach werden die Teile auf eine Objekttemperatur von ungefähr 200 °C erhitzt und in ein Wirbelsinterbecken mit Epoxidharz-Pulver getaucht (**Bild 3.29**) oder mit Hilfe einer Sprühpistole elektrostatisch beschichtet (**Bild 3.30**).

Dabei werden porenfreie Schichten mit Schichtdicken von mehr als 250 µm erreicht. Je nach Anlagentyp kann der Beschichtungsvorgang automatisiert werden. Laufende Überwachung der Beschichtung in Bezug auf Vernetzung,



Bild 3.29:
Epoxidharz-Pulver-Auftrag mit Roboter im Wirbelsinterverfahren



Bild 3.30:
Elektrostatischer Epoxidharz-Pulver-Auftrag mit einer Sprühpistole

mechanische Eigenschaften, Unterwanderung und Schichtdicke sichern eine gleichbleibende Qualität.

Die Epoxidharz-Pulver-Beschichtung von Formstücken aus duktilem Gusseisen ist in EN 14901 [3.8] und RAL - GZ 662 [3.9] genormt. Die Epoxidharz-Beschichtung von Armaturengehäusen ist in DIN 30677-1 [3.10], DIN 30677-2 [3.11], DIN 3476 [3.12] und RAL - GZ 662 [3.9] genormt.

Zementmörtel-Auskleidung

Formstücke werden mit Zementmörtel nach EN 545 [3.1] und EN 598 [3.2] im Anschleuderverfahren ausgekleidet. Bei diesem Verfahren wird der Zementmörtel mit Hilfe einer Schneckenpumpe durch einen Schlauch gepumpt und durch ein mit Pressluft angetriebenes Schleuderrad an die Wand geschleudert und dabei verdichtet. Nach einer Reifung bei definiertem Raumklima werden die Formstücke weiterverarbeitet.

In Abhängigkeit vom Einsatzfall kommt dabei im Allgemeinen Hochofenzement zum Einsatz. Bei dieser Art der Mörtelapplikation kann kein überschüssiges Wasser ausgetrieben werden; die Verarbeitung des Mörtels mit dem erforderlichen niedrigen Wasser-Zement-Wert wird durch Zugabe einer Kunstharzdispersion ermöglicht.

Die Gesamtschichtdicke beträgt in Abhängigkeit von der Nennweite 2,5 mm bis 9 mm.

Als Außenbeschichtung werden die mit Zementmörtel ausgekleideten Formteile üblicherweise mit einer Bitumenbeschichtung von 70 µm versehen. Im Einzelfall werden auch eine 2-Komponenten-Zinkstaubfarbe und eine Bitumen-Deckbeschichtung eingesetzt.

Die ZM-Auskleidung von Formstücken aus duktilem Gusseisen ist in EN 545 [3.1] und EN 598 [3.2] genormt.

Technische Emaillierung

Technisches Email als Beschichtungsmaterial findet dort seinen Einsatz, wo Behälter, Rohre, Formstücke und Armaturen gegen chemische Belastungen, auch in teilweise extremer Ausprägung, geschützt werden müssen (**Bild 3.31**).

Mit duktilem Gusseisen als Grundwerkstoff bildet Email einen Werkstoffverbund, der sich durch eine Reihe wesentlicher Eigenschaften auszeichnet, beispielsweise:

- glatte, antiadhäsive Oberfläche,
- hohe Härte,
- glasartige vollständig anorganische Struktur,
- hohe chemische Resistenz.

Der Trägerwerkstoff wird häufig vor der Emaillierung geglüht, um die Emaillierfähigkeit zu verbessern.

Im Anschluss an die Glühbehandlung wird die Oberfläche gestrahlt (EN ISO 12944-4 [3.13]; SA 2 1/2). Durch das Strahlen wird die Oberfläche gereinigt, aktiviert und eine bestimmte Oberflächenrauigkeit erzielt. Außerdem wird die spezifische

Oberfläche wesentlich vergrößert. Damit bietet sie im folgenden Emaillierprozess die Voraussetzung für den Aufbau des Werkstoffverbundes.

Der Grundstoff sind so genannte Emailfritten. Diese werden bei über 1.200 °C aus den natürlichen anorganischen Rohstoffen Quarz, Feldspat, Borax, Soda, Pottasche, Aluminiumoxid und weiteren Metalloxiden erschmolzen, abgeschreckt und gebrochen. Die Emailfritten werden mit Zusatzstoffen und Wasser zu einem Emailsclicker gemahlen.



Bild 3.31:
Außen und innen mit Email beschichtete
Armatur

Die Schlicker werden durch Tauchen, Fluten (**Bild 3.32**) oder Spritzen (**Bild 3.33**) auf die Gussstücke aufgetragen und anschließend bei ≤ 110 °C getrocknet. Daran schließt sich das eigentliche Brennen an, je nach Emailqualität im Temperaturbereich zwischen 750 °C und 900 °C.



Bild 3.32:
Email-Auftrag durch Fluten



Bild 3.33:
Email-Auftrag durch Spritzen

Die Emaillierung von Formstücken und Armaturen aus duktilem Gusseisen ist in DIN 51178 [3.14] genormt. Eine detailliertere Darstellung der Emaillier-technik findet sich in **Kapitel 7.2**.



Bild 3.34:
Beispiele der Kennzeichnung von duktilen Formstücken

3.6 Kennzeichnung

3.6.1 Kennzeichnung von Rohren und Formstücken aus duktilem Gusseisen

Die Kennzeichnung von Rohren und Formstücken (**Bild 3.34**) ist in den Produktnormen EN 545 [3.1] und EN 598 [3.2] sowie in der EADIPS®/FGR® - Norm 33 [3.15] festgelegt. Die Kennzeichnung des zulässigen Bauteilbetriebsdrucks (PFA) längskraftschlüssiger beweglicher Steckmuffen-Verbindungen von Rohren ist in der EADIPS®/FGR® - Norm 75 [3.16] geregelt (**Bilder 3.35 und 3.36**).

Die Kennzeichnungen des Werkstoffs, des Herstelldatums und der Nennweite sind vertieft oder erhaben eingegossen.

Das Kennzeichen für den Werkstoff „duktiles Gusseisen“, das auch nach dem Einbau sichtbar sein muss, sind drei im Dreieck liegende, erhaben oder vertieft angebrachte Punkte oder drei parallele, kerbförmige Vertiefungen an der Muffenstirnfläche.

Bei den nach dem Schleuderguss-Verfahren hergestellten Muffenrohren wird die Kennzeichnung grundsätzlich in der Muffe angebracht.

**Bild 3.35:**

Kennzeichnung eines duktilen Gussrohres mit längsraftschlüssiger beweglicher Steckmuffen-Verbindung nach [3.16]

**Bild 3.36:**

Kennzeichnung des zulässigen Bauteilbetriebsdrucks (PFA) nach [3.16]

Dabei sind Nennweite, Herstellerkennzeichen und Jahreszahl im Inneren der Muffe vertieft eingegossen, wo sie die Funktion der Verbindung nicht stören.

Farbliche Kennzeichnungen für die Wanddickenklasse sowie für die Art von Auskleidung und Umhüllung, aber auch zusätzliche Kennzeichnungen werden auf der Muffenstirn oder direkt hinter der Muffe aufgebracht.

Formstücke werden nach den Produktnormen wie folgt gekennzeichnet:

- Kennzeichen des Herstellers,
- Kennzeichen des Herstelljahres,
- Kennzeichen für duktilen Gusseisen,
- Nennweite DN,
- Nenndruck PN bei Flanschen,
- die Gradstellung bei Bögen.

Die Kennzeichnungen sind außen auf dem Formstückkörper aufgegossen.

Folgende Kennzeichen können ebenfalls aufgegossen, mit Farbe aufgebracht oder der Verpackung beigegeben werden:

- Hinweis auf die maßgebende Norm (z.B. EN 545 [3.1]),
- Kennzeichen der Zertifizierungsstelle (z. B. DVGW).

Bei Flanschrohren mit vorgeschweißten, aufgeschumpften bzw. aufgeschraubten Flanschen wird die Kennzeichnung auf der Flanschrückseite eingegossen, bei gegossenen Flanschrohren ist sie auf dem Rohrschaft angebracht.

Das Kennzeichen FGR® mit einer Zahl (die Zahl ist einem Hersteller zugeordnet), z.B. FGR® 2, weist darauf hin, dass dieser Hersteller Mitglied der European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS® / Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR®) e. V. ist.

3.6.2 Kennzeichnung von Armaturen aus Gusseisen mit Kugelgrafit

Die Kennzeichnung von Armaturen (Bilder 3.37, 3.38, 3.39 und 3.40) erfolgt entsprechend der Vorgaben der EN 19 [3.17] und der EN 1074-1 [3.18].



Bild 3.38:
Kennzeichnung eines Schiebers DN 100,
GR 14



Bild 3.39:
Kennzeichnung eines Ringkolbenventils
DN 800, PN 10/16



Bild 3.37:
Kennzeichnung eines Düsenrückschlagventils



Bild 3.40:
Kennzeichnung einer Absperrklappe
DN 800, PN 10

3.7 Prüfung

3.7.1 Prüfung der Rohre

Nach dem Glühprozess und der Dichtheitsprüfung werden duktile Gussrohre mit oder ohne Verzinkung auf kombinierten Putz- und Prüfstraßen einer maßlichen Prüfung unterzogen. Zudem erfolgt eine Prüfung auf äußere und innere Fehler durch visuelle Inspektion. Wanddickenmessungen führt man zum Beispiel mit Schnellastern durch. Die Muffen und Einsteckenden werden mit Grenzlehren überprüft. Zur nachträglichen Beurteilung des Glühprozesses dient die Härteprüfung. Aussagen über den Ferritisierungsgrad und die Duktilität (Dehnung) liefert die Ringfaltprüfung (Verformung eines zuvor abgeschnittenen Ringes) an der Putz- und Prüfstrecke; die Zusammendrückbarkeit ist ein Anhaltsmaß für die Dehnung.

Statt der Ringfaltprüfung kann auch eine Kugeleindruckprüfung stattfinden. Die genauen mechanischen Festigkeitswerte (Zugfestigkeit, 0,2-%-Dehngrenze, Bruchdehnung und Brinellhärte) werden in Werkstofflabors ermittelt.

Diese Werte werden an Rundproben aus der Rohrwand nachgewiesen.

Die Anforderungen an die Auskleidung sowie die erforderlichen Prüfungen sind in EN 545 [3.1] und EN 598 [3.2] festgelegt. Regelmäßige Prüfungen im Rahmen von Zertifizierungen stellen eine gleichbleibende Qualität sicher, wie z. B. nach DVGW-Prüfgrundlage GW 337 [3.19] und DVGW-Beiblatt GW 337-B1 [3.20].

3.7.2 Prüfung von Formstücken und Armaturen

Für in Sandformen hergestellte Gussstücke, Formstücke und Armaturenhäuser, gelten ähnliche Prüfkriterien wie für Rohre. Abweichend von der Vorgehensweise bei Rohren kann jedoch bei Formstücken die Proben nicht aus dem Stück selbst entnehmen, ohne es zu zerstören. Die mechanischen Eigenschaften werden an runden Zugproben nachgewiesen, die aus getrennt gegossenen U- oder Y-Proben herausgearbeitet sind; die Härte ist am Formstück selbst messbar. Zur Schnellprüfung der Duktilität dient

die Schallgeschwindigkeitsmessung mittels Ultraschall, entweder am getrennt gegossenen Probestab oder am Formstück selbst.

Dichtheits- und Funktionsprüfungen an Formstücken und Armaturen sind an geeigneter Stelle in den gesamten Stofffluss ihrer Herstellung eingebettet. Dies gilt ebenso für alle Prüfungen von Werkstoffeigenschaften, Abmessungen und sonstigen Kriterien, wie sie in den Produkt- und Beschichtungsnormen zur Prozesskontrolle gefordert werden.

Die Ergebnisse der Prüfungen von Rohren, Formstücken und Armaturen bescheinigt, je nach Vereinbarung, ein Werkszeugnis oder ein Abnahmeprüfzeugnis nach EN 10204 [3.21].

3.8 Literatur

- | | | |
|--|--|---|
| <p>[3.1] EN 545
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren] 2010</p> | <p>[3.3] EN 15542
Ductile iron pipes, fittings and accessories – External cement mortar coating for pipes – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Zementmörtelumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren] 2008</p> | <p>[Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit – Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen (ISO 8501-1:2007)] 2007</p> |
| <p>[3.2] EN 598
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for sewerage applications – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren] 2007+A1:2009</p> | <p>[3.4] EN ISO 8501-1
Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Visual assessment of surface cleanliness – Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings (ISO 8501-1:2007)</p> | <p>[3.5] EN 15189
Ductile iron pipes, fittings and accessories – External polyurethane coating for pipes – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Polyurethanumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren] 2006</p> |

- [3.6] EN 14628
Ductile iron pipes, fittings and accessories –
External polyethylene coating for pipes –
Requirements and test methods
[Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen –
Polyethylenumhüllung von Rohren –
Anforderungen und Prüfverfahren]
2005
- [3.7] EN 15655
Ductile iron pipes, fittings and accessories –
Internal polyurethane lining for pipes and fittings –
Requirements and test methods
[Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen –
Polyurethan-Auskleidung von Rohren und Formstücken –
Anforderungen und Prüfverfahren]
2009
- [3.8] EN 14901
Ductile iron pipes, fittings and accessories –
Epoxy coating (heavy duty) of ductile iron fittings and accessories –
Requirements and test methods
[Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen –
Epoxidharzbeschichtung (für erhöhte Beanspruchung) von Formstücken und Zubehörteilen aus duktilem Gusseisen –
Anforderungen und Prüfverfahren]
2006
- [3.9] RAL - GZ 662
Güte- und Prüfbestimmungen –
Schwerer Korrosionsschutz von Armaturen und Formstücken durch Pulverbeschichtung –
Gütesicherung
[Quality and test provisions –
Heavy duty corrosion protection of valves and fittings by powder coating –
Quality assurance]
2008
- [3.10] DIN 30677-1
Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Armaturen; Umhüllung (Außenbeschichtung) für normale Anforderungen
[Corrosion protection of buried valves; coating for normal requirement]
1991
- [3.11] DIN 30677-2
Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Armaturen; Umhüllung aus Duroplasten (Außenbeschichtung) für erhöhte Anforderungen
[External corrosion protection of buried valves; heavy-duty thermoset plastics coatings]
1988

- [3.12] DIN 3476
Armaturen und Formstücke für Roh- und Trinkwasser – Korrosionsschutz durch EP-Innenbeschichtung aus Pulverlacken (P) bzw. Flüssiglacken (F) – Anforderungen und Prüfungen [Valves and fittings for untreated and potable water – Protection against corrosion by internal epoxy coating of coating powders (P) or liquid varnishes (F) – Requirements and tests] 1996
- [3.13] EN ISO 12944-4
Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 4: Types of surface and surface preparation (ISO 12944-4:1998) [Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung (ISO 12944-4:1998)] 1998
- [3.14] DIN 51178
Emails und Emailierungen – Innen- und außenemailierte Armaturen und Druckrohrformstücke für die Roh- und Trinkwasserversorgung – Qualitätsanforderungen und Prüfung [Vitreous and porcelain enamels – Inside and outside enamelled valves and pressure pipe fittings for untreated and potable water supply – Quality requirements and testing] 2009-10
- [3.15] EADIPS®/FGR® 33
Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Kennzeichnung von Rohren und Formstücken [Ductile iron pipes and fittings – Marking of ductile iron pipes and fittings] 2013-06
- [3.16] EADIPS®/FGR® 75
Rohre aus duktilem Gusseisen – Kennzeichnung des zulässigen Bauteilbetriebsdrucks (PFA) längskraftschlüssiger beweglicher Steckmuffen-Verbindungen von Rohren – Ergänzung zur EN 545:2010 [Ductile iron pipes - Marking of the allowable operating pressure PFA of restrained flexible push-in socket joints of pipes – Supplement to EN 545:2010] 2013-06
- [3.17] EN 19
Industrial valves – Marking of metallic valves [Industriearmaturen – Kennzeichnung von Armaturen aus Metall] 2002

- [3.18] EN 1074-1
Valves for water supply –
Fitness for purpose requirements
and appropriate verification tests –
part 1: General requirements
[Armaturen für die Wasser-
versorgung –
Anforderungen an die Gebrauchs-
tauglichkeit und deren Prüfung –
Teil 1: Allgemeine Anforderungen]
2000
- [3.19] DVGW-Arbeitsblatt GW 337
Rohre, Formstücke und Zubehö-
rteile aus duktilem Gusseisen für die
Gas- und Wasserversorgung –
Anforderungen und Prüfungen
[DVGW worksheet GW 337
Ductile cast iron pipes, fittings
and accessories for gas and
water supply –
Requirements and tests]
2010-09
- [3.20] DVGW-Arbeitsblatt GW 337-B1
Beiblatt 1 zu DVGW-Prüfgrundlage
GW 337 Rohre, Formstücke und
Zubehörteile aus duktilem Gusseisen
für die Gas- und Wasserversorgung –
Anforderungen und Prüfungen
[DVGW worksheet GW 337-B1
Supplement 1 to DVGW test
specification GW 337
Ductile cast iron pipes, fittings and
accessories for gas and water supply –
Requirements and tests]
2012-08
- [3.21] EN 10204
Metallic products –
Types of inspection documents
[Metallische Erzeugnisse –
Arten von Prüfbescheinigungen]
2004

