

Einsatz von Induktionsanlagen in der Produktion von stranggepressten Edelstahlrohren

Induction systems in production of extruded stainless steel pipes

Stefan Beer

Im Strangpressverfahren hergestellte, nahtlose hochlegierte Stahlrohre, erfordern in der Prozessführung enge Erwärmungstoleranzen. Der nachfolgende Artikel beschreibt ein modernes Anlagenkonzept, welches besonders hinsichtlich Flexibilität und Energieeffizienz Vorteile bietet. Bedingt durch die steigenden Anforderungen, hat sich in den letzten Jahren die Nachfrage nach hochlegierten Nahtlosrohren merklich erhöht. Gleichzeitig nimmt der Anteil an Sonderlegierungen, bei gleichzeitig immer kleineren Produktionslosgrößen, immer weiter zu, was eine Verbesserung und höhere Flexibilität in der Prozessführung notwendig macht.

Production of extruded seamless high-alloy steel pipes demands tight heating-up tolerances. This article examines a modern system concept which offers significant benefits in terms of flexibility and energy-efficiency, in particular. Demand for high-alloy seamless pipes has increased noticeably in recent years, due to the need for enhanced service-performance. The percentage of special alloys ordered, accompanied at the same time by ever smaller production batches, is continuing to rise simultaneously, necessitating an improvement, and greater flexibility, in process control.

Einleitung

Die technische Entwicklung, um nahtlose Edelstahlrohre im Strangpressverfahren im größeren Umfang herzustellen, wurde in den späten 1950er Jahren bis in die 1960er Jahre stark forciert. Mehrere dieser Anlagen wurden zusammen mit entsprechenden Strangpressen bis einer Größe von 40MN gebaut und sind zum überwiegenden Teil in modernisierter Form noch heute im Einsatz. Seit 2005 wurden weltweit wieder einige Produktionslinien aufgrund der veränderten Marktsituation installiert.

Aufgrund der Konkurrenzsituation zu anderen Herstellungsverfahren, wie das Rohrkontinualverfahren, findet heutzutage der Einsatz des Strangpressverfahrens

in erster Linie bei hochlegierten austenitischen, ferritischen, Duplex- und Superduplex-Werkstoffen statt. Desweiteren bei Nickelbasislegierungen sowie Titanium- und Zirkoniumlegierungen [1].

Je nach Pressengröße liegen typische Bolzenabmessungen im Durchmesserbereich von 180 bis 450 mm, bei Bolzenlängen von bis zu 1500 mm, bei Zykluszeiten von ca. 60 s bei einem Blockdurchmesser von rund 200 mm, bis 3 min bei 350 mm Bolzen. Die Anwärmlistung einer solchen Erwärmungslinie beträgt je nach Anwendungsfall bis zu 15 t/h.

Bei komplexen Edelstählen ist der Bereich der Presstemperatur in sehr engen Temperaturbereichen angesiedelt, weshalb der Induktionsofen trotz höherer

Energiekosten das bevorzugte Aggregat ist. Die geringeren Energiekosten bei der Gaserwärmung spielen in erster Linie bei seltenen Legierungswechseln eine Rolle. Hier wurde bei aktuellen Projekten eine sinnvolle Kombination beider Konzepte realisiert, wobei speziell bei modernen Induktionsöfen durch geeignete Maßnahmen der Wirkungsgrad signifikant verbessert wurde.

Die Einsatzfelder solcher nahtlosen korrosionsresistenten, hochhitzebeständigen und hochdruckfester Nahtlosrohre finden sich in folgenden Bereichen:

- Onshore- und Offshore-Öl- und Gasindustrie
- Chemie und Petrochemie
- Kraftwerkstechnik
- Maschinen- und Anlagenbau
- Wasseraufbereitung
- Müllverbrennung
- Nuklearindustrie
- Nahrungsmittelindustrie
- Kohlevergasung
- Düngemittelproduktion
- Umweltschutz
- Luft- und Raumfahrt
- Marine-Technik
- Biotechnologie und Medizintechnik.

Ein Hauptziel des Rohrstrangpressens ist die kontinuierliche und prozesssichere Herstellung, bei minimaler Maßabweichung bei den Rohren [3].

Hauptursachen für eine erhöhte Exzentrizität bei den Nahtlosrohren sind in erster Linie:

- undefinierte Temperaturprofile
- schlechte Temperaturverteilung
- nicht konstante Prozessbedingungen
- mangelhafte Schmierung.

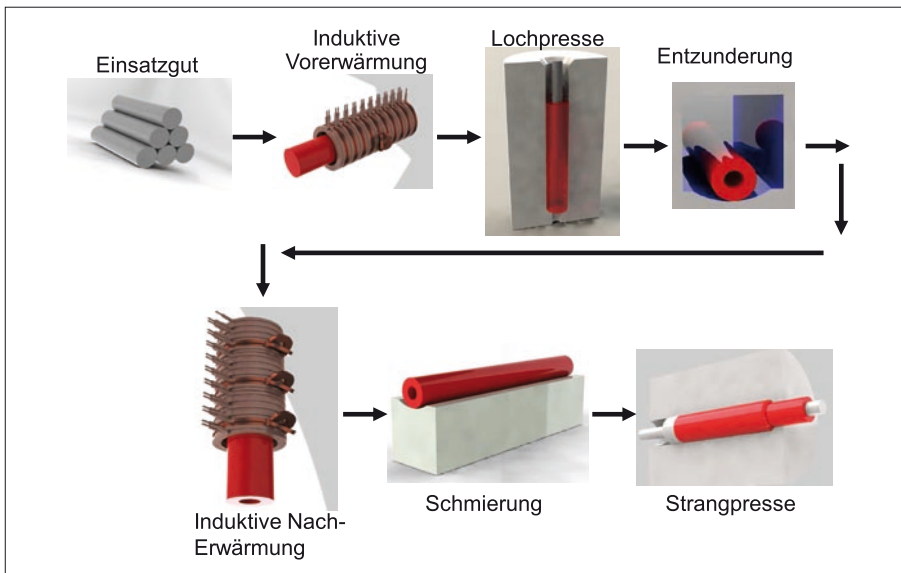


Bild 1: Prozesskette Edelstahlrohrherstellung in Strangpressverfahren

Fig. 1: The extruded stainless steel pipe production chain



Bild 2: Induktive horizontale Grunderwärmung

Fig. 2: Inductive horizontal base heating



Bild 3: Horizontale Grunderwärmung

Fig. 3: Horizontal base heating

Prozesstechnische Anforderungen:

- hohe Anzahl von Aufträgen mit nur wenig Bolzen gleicher Geometrie
- größere Variation der Bolzendurchmesser und kürzere Umrüstzeiten der Erwärmungsöfen
- neue Anforderungen hinsichtlich komplexerer Werkstoffe.

Zusammen mit den vorstehenden Punkten sowie der Reduzierung von Produktionskosten wird deutlich, welche hohen Ansprüche an die Erwärmungsanlage gestellt werden müssen, um dieses komplexe Aufgabengebiet zu handhaben (**Bild 1**).

Folgende Erwärmungskonzepte werden hier bei den verschiedensten Anwendern eingesetzt:

1. Horizontale induktive Grunderwärmung mit vertikaler, induktiver End-erwärmung
2. Gasbeheizte Drehherdöfen mit reduzierter Atmosphäre und vertikaler induktiver Nacherwärmung
3. Bei kleineren Bolzenabmessungen bis 180 mm und Betrieb ohne Lochpresse, horizontale Vorwärmungsanlagen
4. Gasvorerwärmung bis ca. 700 °C sowie induktive Zwischen- und Nacherwärmung

Darstellung Zwischen-erwärmung Lochpresse und vertikale Enderwärmung

Nach der erfolgten Grunderwärmung (**Bild 2** und **Bild 3**) in der die Bolzen auf eine Temperatur von ca. 1100 °C bis 1200 °C aufgeheizt werden, wird der Bolzen einer vertikalen Lochpresse (**Bild 4**) zugeführt. Dort wird der Bolzen auf definierte Durchmesser aufgeweitet.

Während diesem Umformprozess und dem nachfolgenden Weitertransport, kühlt der Bolzen partiell ab und weist vor dem Eintritt in die Nacherwärmung ein stark ungleichmäßiges Temperaturprofil auf. Ein Bolzen mit solch einem typischen Temperaturprofil ist auf **Bild 5** abgebildet und durch erhebliche Temperaturverluste von ca. 300 °C an der Oberfläche und den Front- und Stirnseiten gekennzeichnet. Um dieses für den weiteren Prozess unbrauchbare Temperaturprofil zu korrigieren und die Prozesstemperatur wieder auf 1200 °C bis 1300 °C anzuheben, kommt der induktiven Nacherwärmung eine entscheidende Funktion innerhalb des Gesamtprozesses zu.



Bild 4: Lochpresse und vertikale Nacherwärmung

Fig. 4: Punching press and vertical reheating

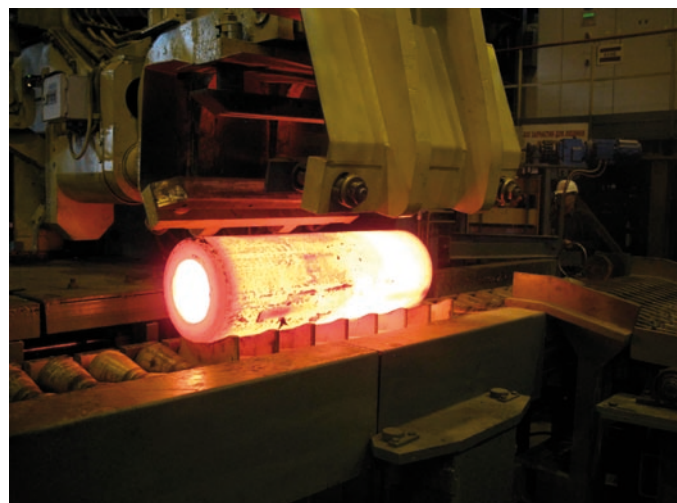


Bild 5: Bolzen nach Lochpresse

Fig. 5: Billet downstream from the punching press

Eine der wichtigsten Entwicklungen überhaupt basiert auf der partiellen Erwärkung der Bolzen in der vertikalen Enderwärmung vorzugsweise mit mehrzonigen IGBT-Umrichtern (**Bild 6** und **Bild 7**). Ab 2002 wurden hier die ersten Anlagen mit diesem Konzept ausgestattet. Diese von IAS verbesserte Technologie gewährleistet dem Kunden enge Temperaturtoleranzen, geringe Temperaturgefälle während der Erwärmung und gute Homogenität der Temperaturverteilung im Bolzen.

Durch Aufteilung der Spulen in mehrere axial angeordnete Teilzonen, die separat schaltbar sind, kann dem Prozess Rechnung getragen werden, den Bolzen gezielt in verschiedenen Zonen zu erwärmen, ohne das Material lokal zu überhitzen. Diese Technologie ist im Aluminium-

strangpressen schon seit Jahren als Stand der Technik zu bezeichnen und dient der gewünschten Aufbringung eines axialen Temperaturgradienten für das isotherme Strangpressen [2]. Gleichzeitig wird hierbei der Energieverbrauch reduziert.

Um Rückwirkungen infolge von Wärmeableitungen zu minimieren und um die negative Beeinflussung der Führungsschienen auf die Temperaturverteilung im Block in einer horizontalen Erwärmungslinie vollständig zu vermeiden, wird der Bolzen bei der Stahlerwärmung von einer horizontalen Lage durch eine 90° Drehung in eine vertikale Position gebracht. Der Bolzen kann unterschiedliche Längen aufweisen. Um eine definierte Positionierung des Bolzens in der Spule zu gewährleisten, ist oberhalb der Spule ein Gegenhalter installiert. Mit einer spe-

ziellen Vorrichtung werden die Bolzen gewendet und definiert in die mehrzonige Spule eingefahren, bis die obere, definierte Position erreicht wird (**Bild 8**).

Durch die parallele Anordnung von drei bis vier TEM-Pro-Heatern¹, in der End-erwärmung mit einer maximalen Einzelleistung von jeweils 850 bis 1000 kW, wird eine Zykluszeit von ca. 0,8 bis 1 Bolzen/min bei einer Blockgeometrie von D 200 x 900 mm und Temperaturdifferenz von durchschnittlich 350 °C gewährleistet. Die Spulen bestehen bei dieser Applikation jeweils aus vier galvanisch getrennten und einzeln regelbaren Einzelspulen, mit einer Leistung von ca. 230 kW. Die maximale Nutzlän-

¹ TEM-Pro-Heater: Eingetragenes Warenzeichen der I.A.S. GmbH + Co. KG

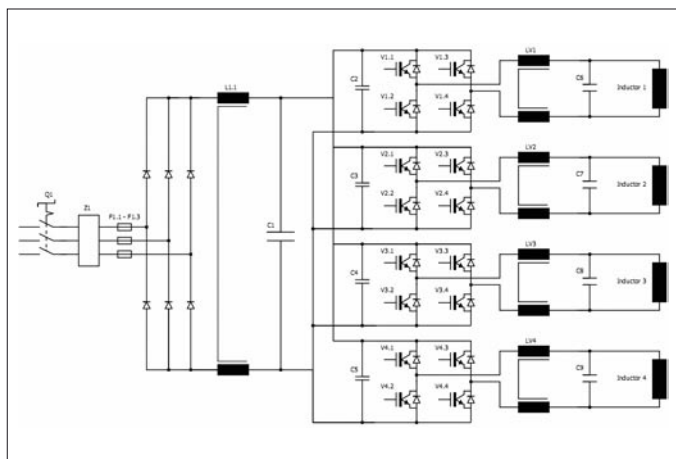


Bild 6: Prinzipschaltbild mehrzoniger IGBT-Umrichter

Fig. 6: Circuit diagram in principle of a multi-zone IGBT inverter



Bild 7: IGBT-Umrichter mit vier Ausgängen

Fig. 7: Four-output IGBT inverter



Bild 8: Vertikale Nacherwärmung mit drei Einblock-öfen

Fig. 8: Vertical reheating, using three monolithic furnaces



Bild 9: Vertikale Nacherwärmung

Fig. 9: Vertical reheating

ge richtet sich nach den Einsatzgutlängen und kann bis zu ca. 1500 mm betragen. Um auch kürzere Bolzen prozesssicher erwärmen zu können, sind an der Einschubvorrichtung speziell entwickelte, ungekühlte Feldverteiler eingesetzt (**Bild 9**). Durch den hohen spezifischen Widerstand des Einsatzgutes werden hier längere Spulenüberstände benötigt, um den Bolzen auch an den Enden homogen zu erwärmen.

Durch Einsatz von verlustarmen, mehrlagig ausgeführten Spulen, welche hohe Wirkungsgrade gewährleisten, werden in Verbindung mit einer verschleißfrei arbeitenden Schaltanlage, niedrige Betriebskosten bei gleichzeitig verbesserter Temperaturführung, erreicht. Je nach Konfiguration, werden elektrische Wirkungsgrade von bis zu 81 % erreicht. Bei Titanlegierungen sogar bis 83 %, da durch die mehrlagige Spule die Nennströme reduziert werden können. Die Leitergestaltung bei der Wicklungsführung hat einen signifikanten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Gleichzeitig kann die Frequenz angepasst werden, um hier der Forderung Rechnung zu tragen und eine Innenüberhitzung bei der Nacherwärmung zu vermeiden. Die zu erreichen-

den Genauigkeiten sind in **Bild 10** dargestellt.

Fazit

Durch Anwendung einer mehrzonigen Induktionserwärmungsspule in der Nacherwärmung, mit den Möglichkeiten der Frequenzanpassungen und einer stufenlosen Leistungsregelung mit IGBT Umrichtern, können das Temperaturprofil prozesssicher beeinflusst und enge Temperaturgrenzen erreicht werden.

Durch den Einsatz von mehreren vertikalen Einbolzenöfen, ist in Verbindung mit einer Grunderwärmung, die auch mittels Gas erfolgen kann, eine wirtschaftliche und vor allem flexible und reproduzierbare Prozessführung möglich.

Literatur:

- [1] Bauser; Sauer; Siegert: Strangpressen (2001). Aluminium Verlag Düsseldorf, S. 416–420; ISBN 3-87017-249-5
- [2] Beer, S.: ALUMINIUM 80 (2004) 5, Optimale Bolzenerwärmung im Strangpressbetrieb



Bild 10: Thermografische Auswertung des Einsatzgutes nach der Nacherwärmung

Fig. 10: Thermographic evaluation of the charge after reheating

[3] Muschalik, U.: Moderne Strangpresstechnik für die Produktion von hochlegierten, nahtlosen Stahlrohren. Vortrag bei S+C Edelstahlakademie, 9/2010

Dipl.-Ing. Stefan Beer
I.A.S. GmbH
Iserlohn



Tel.: 02371 4346-30
s.beer@ias-gmbh.de

Hotline

Chefredakteur:	Dipl.-Ing. Stephan Schalm	0201/82002-12	s.schalm@vulkan-verlag.de
Redaktionsbüro:	Annamaria Frömgen	0201/82002-91	a.froemgen@vulkan-verlag.de
Redaktionsassistentin:	Silvija Subasic	0201/82002-15	s.subasic@vulkan-verlag.de
Anzeigenverkauf:	Bettina Schwarzer-Hahn	0201/82002-24	b.schwarzer-hahn@vulkan-verlag.de
Leserservice:	Monika Kull	0201/82002-16	m.kull@vulkan-verlag.de