

# Strangpressen

Tagungsband des Symposiums Strangpressen des  
Fachausschusses Strangpressen der DGM

Herausgegeben von  
Horst Gers

**DGM**  
Deutsche Gesellschaft  
für Materialkunde e.V.



WILEY-  
VCH

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA



# Strangpressen

Tagungsband des Symposiums  
Strangpressen des Fachausschus-  
ses Strangpressen der DGM

Herausgegeben von  
Horst Gers

**Weitere Titel aus unserem Programm:**

A. Hazotte (Ed.)

Solid State Transformation and Heat Treatment

ISBN 3-527-31007-X

D. M. Herlach (Ed.)

Solidification and Crystallization

ISBN 3-527-31011-8

K. U. Kainer (Hrsg.)

Magnesium – Eigenschaften, Anwendungen, Potenziale

ISBN: 3-527-29979-3

M. Peters, C. Leyens (Hrsg.)

Titan und Titanlegierungen

ISBN: 3-527-30539-1

# Strangpressen

Tagungsband des Symposiums Strangpressen des  
Fachausschusses Strangpressen der DGM

Herausgegeben von  
Horst Gers

**DGM**  
Deutsche Gesellschaft  
für Materialkunde e.V.



WILEY-  
VCH

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Herausgeber:  
Horst Gers  
Honsel GmbH & Co. KG  
Presswerk Soest  
59494 Soest

Symposium Strangpressen  
vom 26.–27. Oktober 2006 in Weimar.  
Organisiert vom Fachausschuss Strangpressen der  
DGM

### Programmausschuss

Wolfgang Eckenbach  
Marx GmbH & Co. KG, Iserlohn

Klaus Müller  
Technische Universität, Berlin

Gernot Fischer  
Meinerzhagen

Uwe Muschalik  
SWS Eumuco GmbH, Leverkusen

Horst Gers  
Honsel GmbH & Co. KG, Soest

Andreas Schmidt  
Umicore AG, Hanau

Erich Hoch  
F. W. Brökelmann Aluminiumwerk  
GmbH & Co. KG, Ense-Höningen

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Das Titelbild zeigt eine 75-MN-Direkt-/Indirekt-Strang- und Rohrpressanlage für das Verpressen von 13–17"-Blöcken aus schwer- bis mittelschwer verpressbaren Aluminiumlegierungen. Die Lochkraft beträgt 15 MN.  
Honsel GmbH & Co. KG, Soest

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2007 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Gedruckt auf säurefreiem Papier  
Printed in the Federal Republic of Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

All rights reserved (including those of translation in other languages). No part of this book may be reproduced in any form – by photoprinting, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into machine language without written permission from the publishers. Registered names, trademarks, etc. used in this book, even when not specifically marked as such, are not to be considered unprotected by law.

Satz: W.G.V. Verlagsdienstleistungen GmbH, Weinheim  
Druck: betz-Druck GmbH, Darmstadt  
Bindung: Litges & Dopf Buchbinderei GmbH, Heppenheim

ISBN: 978-3-527-31844-5

## **Vorwort**

In der Strangpressindustrie haben in den letzten Jahren Entwicklungen der Maschinen- und Anlagentechnik und im Bereich der Werkstoffe dazu beigetragen, Produktanwendungen zu realisieren, die vor einigen Jahren noch nicht denkbar waren.

Dies ist das Ergebnis der konstruktiven Zusammenarbeit zwischen der Industrie, den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen.

Auf diesem Symposium wird der Status dieser Zusammenarbeit von ausgewählten Experten aus den entsprechenden Arbeitsbereichen in Fachvorträgen dokumentiert. Sie zeigen auf, wie das Strangpressen zu innovativen Problemlösungen beitragen kann und welche Anforderungen dabei an den Strangpressbetreiber als Zulieferer gestellt werden.

Es wird weiterhin ein Einblick in aktuelle Entwicklungsprogramme mit den neuesten Forschungsergebnissen gegeben. Dabei wird aufgezeigt, wie neue Techniken zu Fortschritten beim Strangpressen oder bei der Anwendung von Strangpressprodukten beitragen können.

Durch die Auswahl der fachübergreifenden Themenbereiche, von der Verfahrenstechnik über Werkstoffentwicklungen, den Produktanwendungen, das Qualitätsmanagement, die Weiterverarbeitung bis hin zur Simulationstechnik von Fertigungsprozessen, soll den Teilnehmern die Möglichkeit geboten werden, durch Diskussion und Erfahrungsaustausch Anregungen für ihre berufliche Tätigkeit zu erhalten.

Horst Gers





# Inhalt

<b>Vorwort</b>	<b>V</b>
<b>Verfahrenstechnik / Equipment</b>	<b>1</b>
Moderne Rohrpressanlagen für Leichtmetall-Legierungen <i>Axel Bauer, Uwe Muschalik, SMS Eumuco GmbH, Leverkusen</i>	3
Gasbeheizte Hochleistungs-Schnellerwärmungsanlagen für Aluminiumstangen <i>Christoph Keller, Axel Bauer, Expert Konstruktions GmbH, Leverkusen</i>	10
Warmarbeitswerkstoffe für Strangpressmatrizen in der Buntmetallverarbeitung <i>Wilfried Kortmann, S+C Märker GmbH</i>	17
Prozessgeregelte Blockaufnehmer - Smart Containers <i>W. Eckenbach, MARX GmbH &amp; Co. KG, Iserlohn</i>	33
Diagnoseerfahrung und Entwicklungspotential an Strangpresswerkzeugen <i>W. Hähnel, K. Gillmeister, Kind &amp; Co., Edelstahlwerk KG, Wiehl</i>	49
Produktionslinien nach Strangpressen für Kupfer- und Messingprodukte <i>Johann Vielhaber, Herbert Plank, ASMAG-Anlagenplanung und Sondermaschinenbau GmbH, A-Scharstein</i>	66
<b>Anwendungen</b>	<b>75</b>
Innovative Wärmetauscherkonzepte <i>J. Mitrovic, Institut für Energie- und Verfahrenstechnik, Thermische Verfahrenstechnik und Anlagentechnik, Universität Paderborn</i>	77
Integralspante für den Einsatz im A380 <i>Gerhard Wegmann, Solvejg Jansen, Airbus Deutschland GmbH, Bremen; Carsten Paul, Airbus Deutschland GmbH, Hamburg; Joachim Becker, Otto Fuchs KG, Meinerzhagen; Frank Eberl, Alcan CRV, Centr' Alp, Voreppe Cedex, France</i>	99
Aluminium-Strangpressprofile im Karosseriebau <i>H. Scheurich, F. Venier, A. Hoffmann, L.-E. Elend, AUDI AG, Aluminium- und Leichtbauzentrum, Neckarsulm</i>	107
<b>Simulationstechnik</b>	<b>115</b>
Neue Entwicklungen im Bereich der virtuellen Abbildung von Strangpressprozessen <i>P. Hora, C. Karadogan, L. Tong, Institut für virtuelle Produktion, ETH-Zürich</i>	117
Einsatz der Prozesssimulation beim Strangpressen von Schwermetallen <i>D. Ringhand, Wieland-Werke AG, Ulm</i>	128

## VIII

<b>Qualitätsmanagement</b>	<b>143</b>
Anwendung CAQ in der Praxis <i>K. Stratmann, Babtec Informationssysteme GmbH, Wuppertal</i>	145
Qualitätsanforderungen an Automobilzulieferer <i>Udo Struck, Alcoa Automotive GmbH, Soest</i>	151
<b>Weiterverarbeitung</b>	<b>163</b>
Hydroformingtechnologie als Weiterverarbeitungsverfahren <i>B. Hachmann, F. W. Brökelmann Aluminiumwerk, Ense</i>	165
Bearbeitungs- und Simulationskonzepte für die Zerspanung dünnwandiger und langfaserverstärkter Leichtmetallrahmenstrukturen <i>K. Weinert, T. Engbert, S. Grünert, N. Hammer, Institut für Spanende Fertigung, Universität Dortmund</i>	183
<b>Werkstoffe</b>	<b>197</b>
Einfluss des Strangpressprozesses auf Mikrostruktur und Eigenschaften von Strangpressprodukten <i>W. Reimers, B. Camin, S. Müller, B. Reetz, Institut für Werkstoffwissenschaften und -technologien, Technische Universität Berlin</i>	199
Entwicklungsstrategien für optimierte Magnesium- Strangpressprodukte <i>K. U. Kainer und J. Bohlen, Institut für Werkstoffforschung, Magnesium Innovation Centre, GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Geesthacht</i>	213
Neuere Entwicklungen bei AA6xxxer Legierungen <i>H. Knissel, B. Morere, Alcan Technology &amp; Management AG, CH-Neuhausen am Rheinfall, Alcan Centre de Recherches de Voreppe, F-Voreppe</i>	226
Strangpressprofile aus neuen Aluminium-Hochleistungslegierungen für den Flugzeugbau <i>J. Becker, G. Fischer, M. Hilpert, G. Terlinde, Otto Fuchs KG, Meinerzhagen</i>	234
Co-Extrusion von Aluminium Magnesium Verbundwerkstoffen <i>F. Riemelmoser, H. Kilian, Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, Ranshofen, Österreich; P. Widlicki, H. Garbacz, K. J. Kurzydowski, Warsaw University of Technology, Faculty of Materials Science and Engineering, Warsaw, Poland; W. W. Thedja, K. Müller, Extrusion Research and Development Center TU Berlin, Berlin</i>	248
<b>Autorenregister</b>	<b>259</b>
<b>Sachregister</b>	<b>261</b>

## **Verfahrenstechnik / Equipment**



## **Invited Speakers**



# Moderne Rohrpressanlagen für Leichtmetall-Legierungen

Axel Bauer, Uwe Muschalik  
SMS Eumuco GmbH, Leverkusen

## Abstract

Moderne Rohrpressen zeichnen sich durch eine übersichtliche und leicht zugängliche Anordnung der erforderlichen Hilfseinrichtungen aus. Neue Lösungsansätze, wie ein 3achsiger arbeitender Multifunktionsmanipulator erhöhen den Automatisierungsgrad bei gleichzeitiger Verbesserung von Flexibilität und Betriebssicherheit. Die zentrisch im Hauptplunger angeordnete Lochvorrichtung reduziert die Rohrpresse auf ein kompaktes Längenmass und schafft durch die präzise, mittige Führung beste Voraussetzung für minimale Rohrtoleranzen.

## 1 Einführung

Strangpressanlagen zum Pressen nahtloser Rohre sowie nahtloser Profilverrohre nach dem Direkt- oder auch Indirekt-Verfahren werden aktuell, besonders im asiatischen Raum, neu installiert.

Dabei reicht das Spektrum der Anlagengrößen von 10 MN Pressen bis hin zu Maschinen mit einer Nennpresskraft von 75 MN und mehr. Während es sich bei den in den letzten 2 Jahrzehnten installierten Rohranlagen überwiegend um Schwermetall-Pressen handelte, welche in konventioneller Bauart ausgeführt wurden, findet bei den neuen Rohrpressen, welche größtenteils für Leichtmetall-Legierungen eingesetzt werden, ein regelrechter Innovationsschub statt. Dies zeigt sich nicht nur im konstruktiven Konzept der Strangpresse, sondern auch in der Auslegung der Neben- und Hilfseinrichtungen, die einen vollkommen automatisierten Verfahrensablauf mit kürzesten Zykluszeiten ermöglichen.

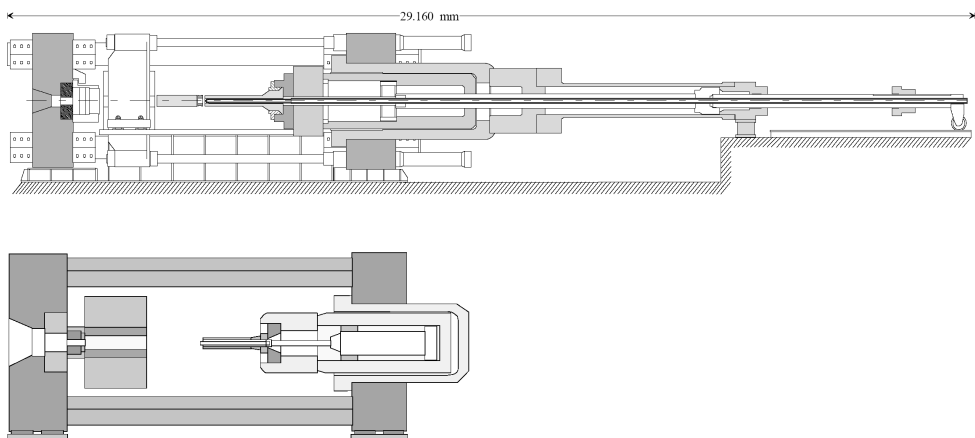
Die klassische Rohrpresse wurde bereits Anfang des 20. Jahrhunderts konzipiert und kommt auch heute noch in der Industrie zum Einsatz. Charakteristisches Merkmal dieser Presse ist die außenliegende Lochvorrichtung.

Diese Maschine verfügt über einen geschlossenen Pressenrahmen mit Gegen- und Zylinderholm, in der Regel nicht vorgespannten Verbindungssäulen und die üblichen Bauteile wie Laufholm, Aufnehmerhalter, Werkzeugsatz, etc.. Die eigentliche Lochvorrichtung wird am hinteren Ende des Hauptzylinders angeflanscht. Sie beinhaltet den Lochzylinder, Stützkonstruktionen, die Dornvorrichtung, den verstellbaren Positionieranschlag für die Dornspitze und falls vorhanden die Zuführung zur Dorninnenkühlung. Dieses Konzept macht es erforderlich, dass die Lochvorrichtung und alle dazugehörigen Elemente zusätzlich zum Lochhub auch den Hub des Hauptplungers mitfahren müssen.

Daraus ergibt sich ein enormer Platzbedarf der Anlage bei hohen Fundamentkosten. Das Gesamtsystem mit seinen vielen Lagerstellen ist anfällig für Fluchtungsfehler mit daraus resultierendem Verschleiß. Die Presse hat, bedingt durch ihre Baulänge, ungünstige Auffederungswerte und bietet damit eher mäßige Voraussetzungen für eine Produktion mit engen Rohrtoleranzen.

## 2 Flexible Rohrstrangpressen im oberen Presskraftbereich (45 – 75 MN)

Vorreiter einer neuen Rohrpressengeneration wurde eine Indirekt-Rohrpresse mit 45 MN Nennpresskraft, die in 2002 als Komplettanlage mit Auslaufsystem beim chinesischen Kunden Northwest Aluminium in LongXi aufgestellt wurde. Diese Presse verfügte bereits über die integrierte, innenliegende Lochvorrichtung, die alle modernen Rohrpressen heute kennzeichnet. Die Lochvorrichtung ist dabei im hohl ausgeführten Hauptplunger angeordnet und ermöglicht so einen äußerst kompakten, verformungsarmen Pressenrahmen mit kurzen Verfahrwegen und geringem Platzbedarf. Der als Differentialzylinder ausgeführte Lochzylinder befindet sich zentrisch in Pressenmitte in optimaler Führungsposition und vermeidet Fluchtungsungenauigkeiten. Die aufwändige Dornhubbegrenzung wird durch eine präzise, hydraulische Dornlageregelung ohne mechanische Anschläge ersetzt



**Bild 1:** Vergleich konventionelle Rohrpresse – Rohrpresse mit integrierter innenliegender Lochvorrichtung

Die erzielten Rohrtoleranzen im Bereich von 1–4 % bestätigten dass gewählte Pressenkonzept eindrucksvoll.

Die Direkt/Indirekt Strang- und Rohrpresse mit einer Nennpresskraft von 75 MN, die in 2003 in einem deutschen Presswerk installiert wurde, greift dieses Konzept auf, jedoch ergänzt durch neue Lösungen für die Hilfs- und Nebeneinrichtungen, welche die anspruchsvollen Aufgabenstellungen des Kunden abdecken mussten.

Die wesentlichen Verfahrensabläufe sind dabei:

- direkt Strangpressen
- direkt Rohrpressen
- indirekt Strangpressen

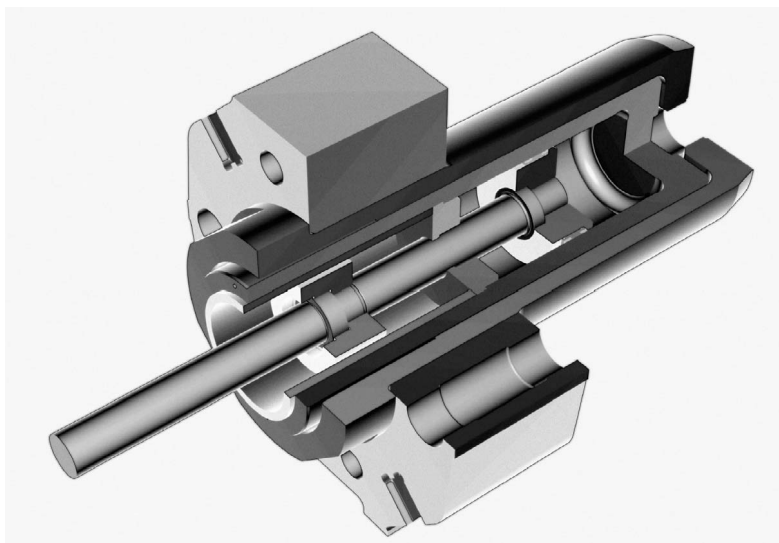
Das Direkt-Verfahren ist dabei sowohl mit loser als auch mit fester Pressscheibe möglich. Zum Pressscheibenhandling aber auch zum Werkzeughandling beim Indirektverfahren und zur Entsorgung des Pressrestes beim Direkt-Strangverfahren, wird ein multifunktionaler, frei programmierbarer Handlingmanipulator eingesetzt, welcher längs verfahrbar auf der oberen Pressensäule auch eine Vielzahl weiterer Verfahrensvarianten ermöglicht. So kann z. B. bei Bedarf auch das Indirektverfahren für das Rohrpressen angewendet werden.





**Bild 2:** 45 MN Indirekt-Rohrpresse – Northwest Aluminium China.

Der Manipulator ist 3-gliedrig ausgeführt (Arm, Kopf und Zange) und kann gekoppelte Bewegungen fahren, z.B. um während des Pressrestschersens bei Umformverfahren mit loser Pressscheibe, diese während der Abwärtsbewegung der Pressrestschere aufzunehmen und gemeinsam mit dem Pressrest aus dem Arbeitsraum der Presse zu entfernen, um sie dann einer Trennvorrichtung zuzuführen. Die Hauptfunktionen des Manipulators umfassen somit nicht nur



**Bild 3:** Integrierte, innenliegende Lochvorrichtung

das Einbringen und Entfernen von losen Pressscheiben, Werkzeugköpfen, Räumscheiben oder Blindscheiben, sondern auch die Zuführung und Positionierung der Scheiben- und Werkzeugköpfe zu den Reinigungs-, Schmierungs- und Wartungseinrichtungen im Umfeld der Presse.

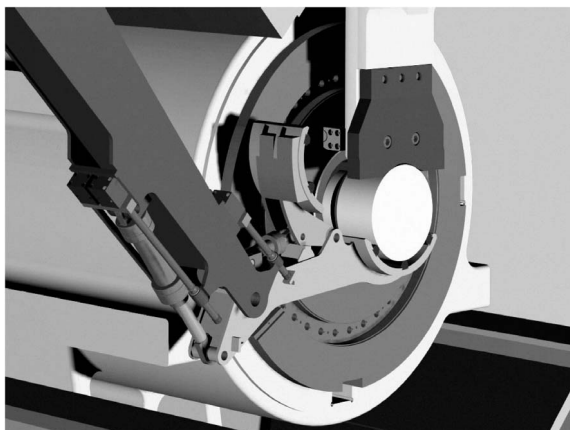


**Bild 4:** 75 MN Indirekt/Direkt-Strang- und Rohrpresse – Otto Fuchs Meinerzhagen

Der Einsatz des Manipulators ermöglicht es, das gesamte Pressscheiben-Handling über Flur zu positionieren. Die Zugänglichkeit der Anlagenteile ist sichergestellt und der gesamte Ablauf ist im Blickfeld des Bedienpersonals. Der Manipulator ist durch seine Anordnung auf der oberen Pressensäule dabei weitestgehend außerhalb der Verschmutzungszone platziert.

Wie schon bereits bei der Presse für Northwest Aluminium, ermöglicht die integrierte innenliegende Lochvorrichtung sowohl ein Pressen von Rohren über mitlaufenden Dorn als auch das Pressen über stehenden Dorn.

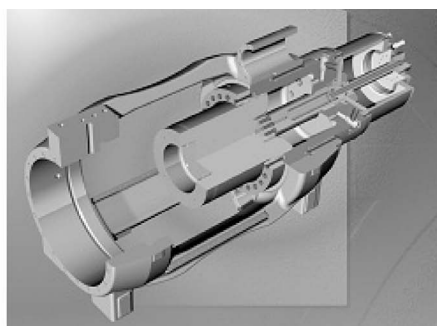
Zwei weitestgehend baugleiche Rohrstrangpressen mit einer Nennpresskraft von 55 MN befinden sich derzeit in der Inbetriebnahme bei den Kunden Jilin Midas und Nanshan Aluminium in der V.R. China. Diese Anlagen, beide ausgeführt als Direkt-Pressen, arbeiten nach dem Frontlader-Prinzip, welches durch das Blockladen exakt auf Pressenmitte einen weiteren positiven Einfluss auf die engen Rohrtoleranzen nimmt. Die Pressen verarbeiten Blöcke bis 18 Zoll bei einer Länge von bis zu 1500 mm. Auch hier kommt wiederum der Handling-Manipulator zum Einsatz, der nicht nur das gesamte Scheibenhandling übernimmt, sondern zusätzlich auch das Trennen von Pressscheibe und Pressrest bereits in der Presse ermöglicht.



**Bild 5:** Handlingmanipulator – Übernahme von Scheibe/Pressrest

### 3 Kleine 10 MN-Rohrpresen für das Indirekt-Verfahren

Der chinesische Kunde KAM KIU Aluminium konzentriert sich auf die Fertigung von nahtlosen Aluminiumrohren für höherwertige Fahrradrahmen. Zum Einsatz kommen hierbei ausschließlich schwer verpressbare Legierungen, so dass dem Indirekt-Verfahren der Vorzug gegeben wird. Auch aus Kostengründen kommt hier ein Pressenkonzept zum Einsatz, dass sich bereits bei kleineren Laborpressen für die Universitäten in Dortmund bzw. Hannover bewährt hat. Ein Monoblock-Pressengestell, einteilig gegossen, aus hochwertigem Sphäroguss bildet die solide Basis dieser Maschine. Ein geschmiedeter Gegenholm wird in dieses Pressengestell eingesetzt, um im sensiblen Werkzeugbereich die notwendige Festigkeit zu erzielen. Das Prinzip der integrieren, innenliegenden Lochvorrichtung kommt hier ebenso zum Tragen wie der Handling-Manipulator in einer leichten Ausführung, jedoch mit voller Funktionalität.



**Bild 6:** 10 MN Indirekt- Rohrpresse mit integriertem, innenliegenden Lochzylinder

Neben diesen beiden 10 MN Pressen installiert der Kunde derzeit noch zwei weitere 28 MN Indirekt-Rohrpresen, die jedoch entsprechend dem größeren Presskraftbereich in der bewähr-

ten Bauart mit Lamellen-vorgespanntem Pressenrahmen ausgeführt werden und ebenfalls mit dem Manipulator-System ausgestattet sind.

#### 4 Technische Hauptdaten und erzielbare Rohrtoleranzen

Rohrstrangpressen sind Sondermaschinen, die stets an die speziellen Anforderungen des Kunden individuell angepasst werden. Daher sind die technischen Merkmale solcher Maschinen oft recht unterschiedlich ausgeführt. Die aktuell ausgeführten Anlagen haben folgende Hauptdaten:

**Tabelle 1:** Technische Hauptdaten ausgeführter Anlagen.

<b>Baugröße</b>	<b>10 MN</b>	<b>28 MN</b>	<b>45 MN</b>	<b>55 MN</b>	<b>75 MN</b>
<b>Verfahren</b>	Indirekt	Indirekt	Indirekt	Direkt	Indirekt/Direkt
<b>Presskraft</b>	10,8 MN	28 MN	45,4 MN	55,4 MN	75,9 MN
<b>Lochkraft</b>	3,3 MN	9 MN	15,8 MN	15 MN	15 MN
<b>Block ø max.</b>	134 mm	250 mm	406 mm	457 mm	432 mm
<b>Blocklänge</b>	500 mm	800/1200 mm	1000/1500 mm	1300/1500 mm	1100/1550 mm
<b>Pumpen</b>	4 x 110 kW	4 x 200 kW	7 x 250 kW	6 x 200 kW	11 x 250 kW

Wesentliches Kriterium für die Wirtschaftlichkeit einer Rohrpress-Anlage sind die erzielbaren Rohrtoleranzen, denn diese haben direkten Einfluss auf die Ausschussrate. Rohrtoleranzen werden bestimmt nach folgender Gleichung zur Bestimmung der Plus-Minus-Exzentrizität von Rohren:

$$e = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{2S_{\text{Nenn}}} \times 100 \%$$

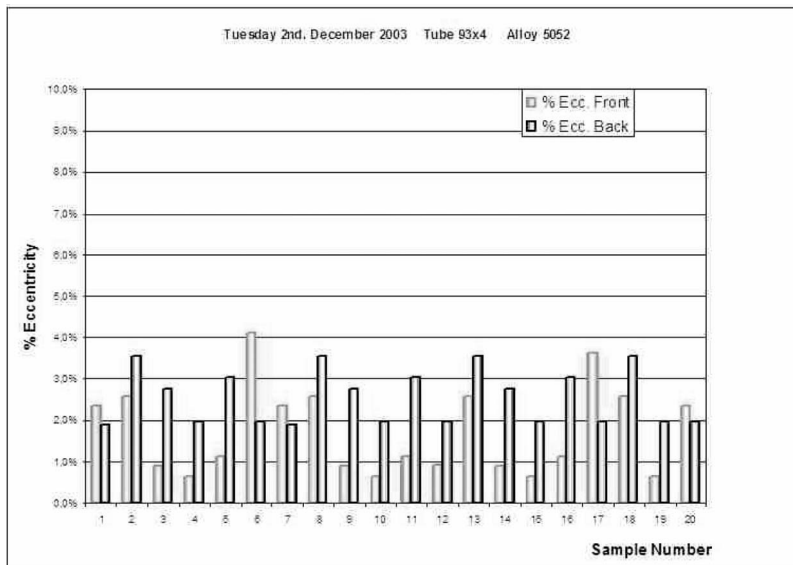
mit:

- $e$  = Exzentrizität in Prozent
- $S_{\max}$  = maximale Wandstärke
- $S_{\min}$  = minimale Wandstärke
- $S_{\text{Nenn}}$  = Nenn-Wandstärke

Unter optimierten Bedingungen in Bezug auf Werkzeugtoleranzen, Vorwärmung, ggfs. Werkzeugschmierung, Blocktemperatur und Geometrie des Blockes lässt sich auf den beschriebenen modernen Pressanlagen in der Regel eine Rohrproduktion mit folgenden Toleranzfeldern realisieren:

- 90 % der gepressten Rohre liegen innerhalb einer Toleranz von  $\pm 5 \%$
- 5 % der gepressten Rohre liegen innerhalb einer Toleranz von  $\pm 7 \%$
- 3 % der gepressten Rohre liegen innerhalb einer Toleranz von  $\pm 10 \%$
- 2 % der gepressten Rohre liegen in einer Toleranz über  $\pm 10 \%$

Die Ergebnisse aus den Abnahmetests ausgeführter Anlagen bestätigen die Vorteile des modernen Maschinenkonzeptes deutlich und zeigen auf, dass innovative Ansätze die Produktivität und die Produktqualität einer Strangpressanlage steigern können.



**Bild 7:** Erzielte Rohr- Exzentrizitätstoleranzen, Abnahme 45 MN, Northwest Aluminium China

# Gasbeheizte Hochleistungs-Schnellerwärmungsanlagen für Aluminiumstangen

Christoph Keller, Axel Bauer  
Expert Konstruktions GmbH, Leverkusen

## Abstract

Die Erwärmung von Strangpressstangen bzw. -bolzen erfolgt überwiegend in gasbeheizten Schnellerwärmungsöfen, daneben in Einzelfällen auch in induktiv beheizten Öfen oder in einer Kombination aus beiden Ofenarten. Auch wenn gasbeheizte Öfen inzwischen bei der Nutzung der Wärmeübertragung durch Konvektion einen hohen Entwicklungsstand bezüglich der Erwärmungsgeschwindigkeit und der Genauigkeit der Temperaturführung erreicht haben, so lässt ihr Wirkungsgrad beim Erwärmungsvorgang immer noch Wünsche offen. Die zusätzliche Nutzung der Strahlungsenergie sowie die Optimierung der Wärmeübertragung eröffnet jedoch die Möglichkeit zu einer deutlichen Energieeinsparung verbunden mit einer qualitativen Verbesserung der Strangpressprofile.

## 1 Einführung

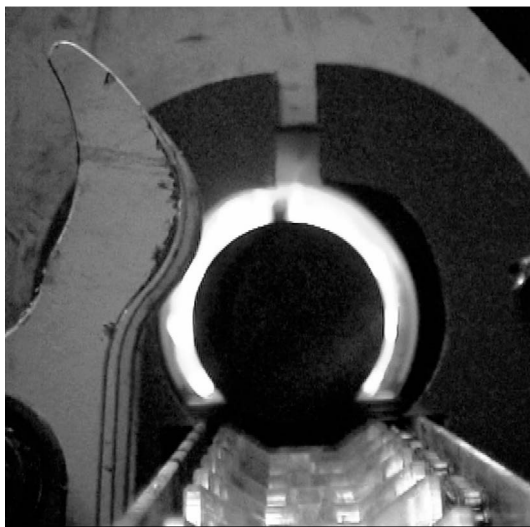
SMS EUMUCO hat sich als führender Anbieter für komplette Strangpressanlagen das Ziel gesetzt, nicht nur die Strangpressen als die Kernkomponente der gesamten Anlage, sondern alle damit verbunden Prozesse von der Vorbereitung der gegossenen Stangen bis zum Versand der gepressten Profile so zu optimieren, dass für die Anlagenbetreiber der größtmögliche Nutzen im Hinblick auf die Qualität der Erzeugnisse sowie für die Produktivität sowohl der einzelnen Komponenten, als auch der gesamten Anlage entsteht.

Stangenerwärmungsöfen haben einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität und auf die Wirtschaftlichkeit der gesamten Strangpressanlage. Zusammen mit dem Bolzenhandling repräsentieren sie einen wesentlichen Baustein innerhalb des von SMS EUMUCO konsequent verfolgten „full-liner“-Anspruches, d.h., Lieferung der Gesamtanlage bei Verantwortlichkeit für das erzeugte Produkt aus einer Hand. Deshalb stand bei der Entwicklung eines neuen Stangenerwärmungssofens das Ziel im Vordergrund, nicht nur qualitativ bessere Fertigprodukte zu erzeugen, sondern dafür auch noch weniger Energie, als bei den bisher am Markt verfügbaren Öfen einzusetzen. Umgesetzt wurde diese Aufgabe unter Einbeziehung der Konzeption sowie vorhandener Ofenkonstruktionen und Betriebserfahrungen der inzwischen zum Unternehmen gehörenden Firma Expert Konstruktions GmbH.

## 2 Optimierung der Wärmeübertragung durch Nutzung der Strahlung und der gesamten Stangenoberfläche für die Wärmeübertragung

Optimierungsansätze für Bolzen- bzw. Stangenerwärmungsöfen führten im Laufe der Jahre zur Verwendung von gasbeheizten Öfen, in denen die Wärmeübertragung immer über Konvektion

erfolgte. Dabei haben die verschiedenen Anbieter in der Vergangenheit vielfältige Anstrengungen unternommen, um den Anwärmvorgang der Pressbolzen so schnell und so genau wie möglich durchzuführen. So entstanden Mehrzonenöfen mit gesteuerter Rauchgasführung und Einsatz der Rauchgaswärme zum Vorwärmen der Stangen. Die Wärmeübertragung auf die Stangen erfolgt bei diesen Öfen in der Regel mit Reihenbrennern und damit primär durch Konvektion. Hierdurch wird jedoch sowohl die Geschwindigkeit des Anwärmvorgangs im kritischen Temperaturbereich, als auch der Wirkungsgrad des Ofens begrenzt. Ein weiterer verfügbarer Wärmeübertragungsmechanismus, die Strahlungsenergie von Flamme und Rauchgas blieb bei konventionellen Ofenkonstruktionen weitgehend ungenutzt. Dabei könnte eine Nutzung der Strahlungsenergie als zusätzlicher Anteil bei der Verbrennung sehr wesentlich zur Optimierung des Wärmeübergangskoeffizienten beitragen.

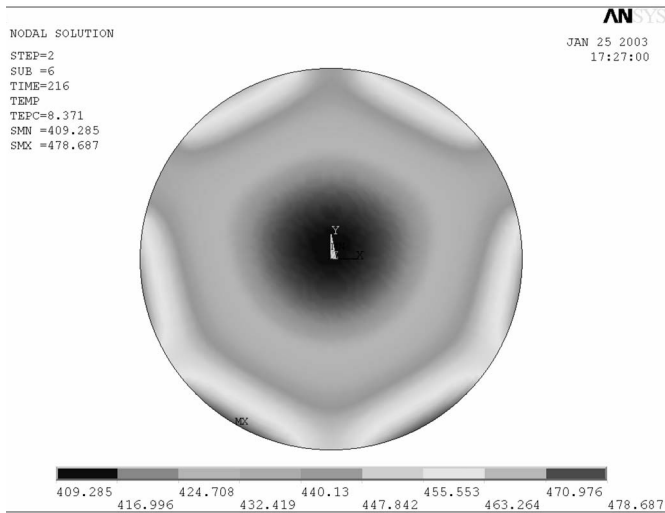


**Bild 1:** Ofentunnel mit Ringbrennern

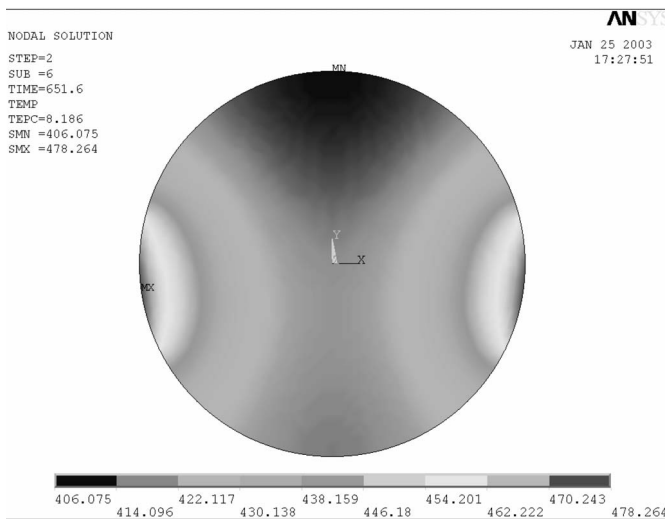
Voraussetzung für einen effizienten Energietransfer ist die Optimierung der zur Verfügung stehenden Oberfläche und die erfolgreiche Nutzung der Strahlungsenergie. Dieses wird durch den Einsatz von Ringbrennern anstelle von Reihenbrennern, sowie ein ringförmiger Querschnitt zwischen Ofenkammer und zu erwärmender Stange ermöglicht

### **3 Hohe Energiedichte durch Optimierung der Oberfläche**

Die eingesetzte Energie wird vom Anwärmgut, d. h. den Stangen, ausschließlich über deren Oberfläche aufgenommen. Es liegt deshalb nahe, die zur Verfügung stehende Oberfläche möglichst vollständig zu nutzen. Hierzu eignen sich Ringbrenner nahezu ideal. Flammenbeaufschlagung und Rauchgasumströmung verteilen sich gleichmäßig über die gesamte Oberfläche und bewirken einen vollständigen und homogenen Energiefluss. Dabei wird gleichzeitig die Gefahr von lokalen Überhitzungen und daraus folgenden Korngrenzen-Anschmelzungen ausgeschlossen.



**Bild 2:** Temperaturverteilung mit Ringbrennern



**Bild 3:** Temperaturverteilung mit Reihenbrennern

Die Formel für die Wärmeübertragung über Konvektion lautet:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot A \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2),$$

daraus wird deutlich, dass die pro Zeiteinheit übertragbare Wärmeenergie direkt von der Größe der zur Übertragung genutzten Fläche abhängt.

Der Vergleich der Bilder 2 und 3 macht deutlich, dass Ringbrenner die Oberfläche der Stangen wesentlich intensiver für die Wärmeübertragung nutzen. Die Wärmeübertragungsfläche er-



hört sich gegenüber Reihenbrenner-Öfen um den Faktor 6. Der so gewonnene zusätzliche Anteil am Energietransfer beträgt bis zu 25 %.

Gleiches gilt für die verbesserte Nutzung der Strahlungsenergie beim Einsatz von Ringbrennern. Auch hier ist die Größe der Fläche entscheidend, die für die Übertragung der Strahlungsenergie genutzt wird.

Der höhere Investitionsaufwand für Ringbrenner wird durch die Gewinne aus der intensiveren Nutzung der zugeführten Energie mehr als ausgeglichen.

## **4 Der Lösungsansatz der Expert Konstruktions GmbH: Zusätzliche Nutzung von Strahlung durch Einsatz von Ringbrennern**

### **4.1 Was ist bei der Lösung der Expert Konstruktions GmbH anders und welche Vorteile ergeben sich für den Betreiber?**

Ansatzpunkt des neuen Ofenkonzeptes der Expert Konstruktions GmbH war die Absicht, durch den Einsatz von Ringbrennern anstelle der bisher üblichen Reihenbrenner neben der Konvektion auch noch die Wirkung der Strahlung umzusetzen. Damit wird nicht nur die zugeführte Energie besser genutzt, sondern auch die Aufheizzeit durch einen intensiveren Erwärmungsvorgang verkürzt.

Letzteres eröffnet neue Möglichkeiten für die Verbesserung der „Qualität“ eines stranggepressten Profils. Ein wesentlicher Gesichtspunkt ist dabei die Reproduzierbarkeit der optimalen Temperaturführung, mit welcher ein Betreiber die für sein spezielles Produkt ermittelte Rezeptur umsetzen kann. Bei der Erwärmung der Stangen auf eine Presstemperatur von ca. 48 °C wird zwangsläufig bei ca. 400 °C der Temperaturpunkt überschritten, ab dem die Legierungsbestandteile der zuvor homogenisierten Stangen in Lösung gehen und es dadurch zu einer Umkehr des Homogenisierungsprozesses und damit einer Störung des gewünschten feinkörnigen Gefüges kommt.

Ein modern ausgelegter Ofen versucht also, das Erreichen dieses kritischen Temperaturpunktes so lange wie möglich hinauszuzögern, um anschließend die restliche Aufheizung auf Presstemperatur in einer möglichst kurzen Zeitspanne zu durchlaufen. In dem neuen Ofen von Expert Konstruktions GmbH werden die Stangen in der vorletzten Ofenzone nur bis auf 390 °C, d. h. bis kurz unterhalb des kritischen Temperaturbereiches erwärmt. Die Aufgabe der letzten Ofenzone ist es dann, innerhalb der Zeit von nur einem Pressenzyklus die Temperaturdifferenz von 390 °C bis zur üblichen Umformtemperatur von 480 °C zu überbrücken. Diese Aufgabe kann nur mit einer intensiven Energienutzung innerhalb kürzester Zeit erfüllt werden. Die zusätzliche Nutzung der Strahlungswärme hat noch weitere Vorteile, wie z. B. eine kürzere Baulänge des Ofens, die z. B. beim Ersatz eines alten Ofens in Verbindung mit einer Leistungssteigerung der Anlage von großer Bedeutung sein kann.

### **4.2 Konsequente Umsetzung der Marktanforderungen**

Die Neukonzeption des Ofens gab der Expert Konstruktions GmbH auch Gelegenheit, weitere Trends des modernen Strangpressens zu berücksichtigen: Bei neuzeitlichen Anlagen ist seit einigen Jahren ein deutlicher Trend zu größeren Block- bzw. Bolzenlängen zu beobachten. Eine Länge von 1000 mm für einen 7"-Bolzen wird zunehmend zum Maßstab. Der Grund für diese

Entwicklung liegt in der angestrebten Reduzierung des Totzeitanteils und der Schrottenden, zwei Maßnahmen, die wesentlich die Produktivität einer Strangpressanlage erhöhen.

Die größere Bolzenlänge in Verbindung mit der gewollten schnelleren und der geforderten gleichmäßigen Erwärmung stellt aber wiederum erhöhte Anforderung an die Bolzenerwärmung bezüglich Temperaturführung beim Erwärmen und bezüglich der präzisen Ausbildung des Tapers, d. h., des Temperaturgefälles vom Anfang zum Ende eines Bolzens. Hier verlangt der Pressvorgang eine möglichst linear verlaufende Temperaturdifferenz von 80 °C bezogen auf eine Bolzenlänge von 1300 mm.

## **5 Weitere Merkmale der neuen Stangenerwärmungsöfen der Expert Konstruktions GmbH**

### **5.1 Optimierung des Wärmeübertragungskoeffizienten durch höhere Flammgeschwindigkeiten**

Höhere Flammgeschwindigkeiten führen aufgrund der dadurch höheren kinetischen Energie des auf die Stange auftreffenden Gases zu einer Erhöhung des Wärmeübertragungskoeffizienten. Die erreichbaren horizontalen Flammgeschwindigkeiten sind vom Gemischdruck des Gas-Luft-Gemischs abhängig. Dieser kann nur in einem begrenzten Bereich eingestellt werden, da sich bei zu hohem Druck ein Flammabriss ergibt. Absolutgeschwindigkeiten >20 m/sec können nur erreicht werden, wenn durch spezielle Dralldüsen die kinetische Energie in mehrerer Richtungskomponenten zerlegt wird.

Durch diese Maßnahme wird der Wärmeübertragungskoeffizient um bis zu 20 % gesteigert, was zu einer erheblichen Steigerung des Wirkungsgrades des Ofen führt.

### **5.2 Optimierung des Wärmeübertragungskoeffizienten durch Wärmerückgewinnung**

Gemäß dem Stand der Technik werden die im Ofeninneraum befindlichen Rauchgase über ein Kanalsystem in eine Rekuperationszone geleitet und dort über Umwälzventilatoren und Strömungsdüsen zur Vorwärmung des Anwärmgutes genutzt. Dabei werden die Rauchgase auf ca. 60 m/sec beschleunigt und umströmen das Anwärmgut radial, bevor diese die Anlage verlassen. Durch die Ausnutzung der Restenergie des Rauchgases wird die Gesamtwärmeübertragung um bis zu 30% gesteigert.

### **5.3 Möglichkeit eines Temperaturprofils/Taper**

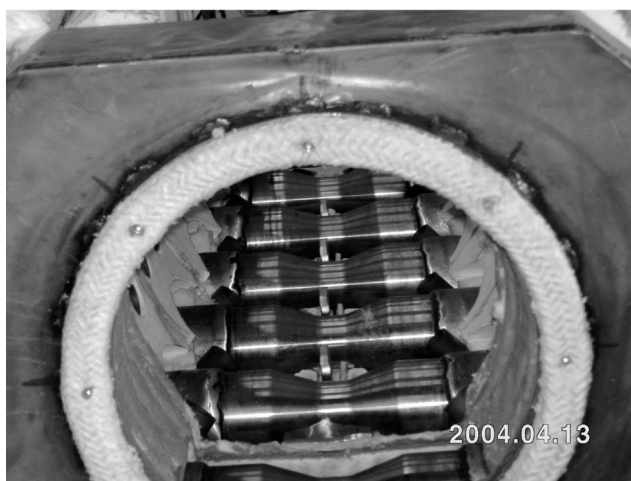
Durch die homogene, vollständige Durchwärmung der Bolzen durch den Einsatz der Ringbrenner und den Einsatz einer vertikalen Rauchgasführung kann die Ofenanlage mit separat regelbaren Kopfzonen (Taperzonen) ausgestattet werden. In diesem Bereich ist die Anzahl der Brennerdüsen höher als in den anderen Heizzonen. In der Praxis konnten reproduzierbare lineare Temperaturprofile mit Verläufen von bis zu 10 K/dm Bolzenlänge erreicht werden. Die erreichbare Aufheizgeschwindigkeit in den Taperzonen beträgt 1,5 K/sec.

#### 5.4 Minimierung der Nebenzeiten

Der kontrollierte Aufheiz- bzw. der Regelvorgang bei Durchlauföfen wird durch den jeweiligen Blockabruf unterbrochen. Hierdurch verkürzt sich die verbleibende Nettoheizzeit um die Summe der erforderlichen Nebenzeiten. Bei konventionellen Anlagen sind diese Nebenzeiten, bedingt durch die Transportsysteme verhältnismäßig groß. Daher wird bei diesen Anlagen auch während der Nebenzeiten die Beheizung aktiv gehalten. Dies verfälscht jedoch die Temperaturverteilung und führt zu Problemen für die Regelung und bei der erreichbaren Temperaturgenauigkeit.

#### 5.5 Stangentransport

Der Einsatz von angetriebenen Transportrollen auch im Heißbereich verkürzt die durchschnittliche Nebenzeit um ca. 50 %. Dies ermöglicht es, die Beheizung während dieser Zyklen komplett auszuschalten ohne hierdurch Leistungseinbußen hinnehmen zu müssen. Positioniergenauigkeit und Transportgeschwindigkeit werden durch diese Technik signifikant verbessert. Der Abstand der Transportrollen erlaubt es, im gesamten Heizbereich Ringbrenner einzusetzen.



**Bild 4:** Ofentunnel mit angetriebenen Rollen

#### 5.6 Schrottoptimierung

Die Optimierung des Prozessschrottes ist ein modularer Bestandteil der gesamtheitlichen Prozesssteuerung. Sie beginnt mit der Längenmessung der eingesetzten Stangen. Eine weitere Längenmessung der von den Stangen entsprechend einer optimalen Pressstücklänge abgeschnittenen Bolzen ergibt ein Maß für die zu erwartende Restlänge. Diese wird entweder so aufgeteilt, dass zwei verwertbare Bolzenlängen entstehen, oder ein kurzes Reststück wird vorübergehend ausgeschleust und beim nächsten Blockabruf durch eine verkürzte Länge vom An-