

Integration des Düsenfeld-Gasabschreckens in den Strangpressprozess von Aluminiumlegierungen

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) der Fakultät für Maschinenbau
und Schiffstechnik der Universität Rostock

vorgelegt von Stefan Schöne
geboren am 05.11.1982 in Stralsund

Gutachter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Olaf Keßler

Universität Rostock
Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik
Lehrstuhl für Werkstofftechnik

Dr.-Ing. habil. Mirko Schaper

Leibniz Universität Hannover
Institut für Werkstoffkunde

Prof. Dr.-Ing. Martin-Christoph Wanner

Universität Rostock
Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik
Lehrstuhl für Fertigungstechnik

Abgabe: 13.05.2012, Verteidigung: 13.07.2012

Forschungsberichte des Lehrstuhls für Werkstofftechnik der
Universität Rostock

Band 2

Stefan Schöne

**Integration des Düsenfeld-Gasabschreckens in
den Strangpressprozess von Aluminiumlegierungen**

Dissertation Universität Rostock

Shaker Verlag
Aachen 2012

Bibliografische Information 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.

Zugl.: Rostock, Univ., Diss., 2012

Copyright Shaker Verlag 2012

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-1230-9

ISSN 2192-0729

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Kurzfassung

Das Strangpressen als wichtiges und effizientes Formgebungsverfahren und das Ausscheidungshärten als bedeutendes Wärmebehandlungsverfahren zur Festigkeitssteigerung sind zwei Prozessschritte in der Fertigungskette vieler aushärtbarer Aluminium-Knetlegierungen der Legierungssysteme Al-Mg-Si und Al-Zn-Mg. Zum Strangpressen wird die Temperatur des Werkstoffes erhöht, um notwendige Verformungseigenschaften zu erhalten. Beim Ausscheidungshärten wird ebenfalls erwärmt, um Legierungselemente in Lösung zu bringen, die durch ein nachfolgendes Abschrecken gelöst bleiben sollen. Diese beiden Erwärmvorgänge können in einem Schritt ausgeführt werden, wenn anschließend aus der Presshitze heraus abgeschreckt wird. Dies verkürzt die Fertigungskette von Aluminium-Strangpressprofilen. Die Strangkühlung in einem Düsenfeld mittels hoher Gasvolumenströme als verzugsarme Abschrecktechnologie ist Gegenstand dieser Dissertation. Zunächst wurde anhand von Einzelproben mit zylindrischem und L-förmigem Querschnitt geprüft, ob in einem solchen Düsenfeld die Aluminium-Knetlegierungen EN AW-6082 und EN AW-7020 werkstoffgerecht und verzugsarm abgeschreckt werden können. Die Beurteilung erfolgte anhand von Abkühlkurven, mechanischen Eigenschaften und Verzugsmessungen. Anschließend wurde ein Düsenfeld für den Einsatz an einer Strangpresse mittels Simulation dimensioniert und in einem dritten Schritt wurden mit diesem Düsenfeld Pressstränge gekühlt. Es konnte gezeigt werden, dass eine Gasdüsenfeldabschreckung dazu geeignet ist, in den Strangpressprozess der untersuchten Legierungen integriert zu werden, dadurch die Fertigungskette stranggepresster Aluminiumlegierungen zu verkürzen und Kosten sowie Aufwand zu sparen.

Abstract

Extrusion as important and effective metal forming process and age hardening as important heat treatment process for strengthening are two steps in the production chain of many age hardening aluminium wrought alloys of the alloy systems Al-Mg-Si and Al-Zn-Mg. Before extrusion the temperature of the material is increased to obtain necessary deformation behaviour. As part of age hardening the temperature is also increased to dissolve alloying elements, which shall stay in solution by quenching. These two heating operations can be performed in one step, if the material is quenched directly from the press heat. This shortens the production chain of aluminium extrusion profiles. The quenching of extrusion profiles in a nozzle field by means of high gas volume flows to achieve low distortion is the subject of this dissertation. Firstly, by quenching single specimen with cylindrical and L-shaped cross sections it was proven, whether aluminium wrought alloys EN AW-6082 and EN AW-7020 can be quenched sufficiently and with low distortion in such a gas nozzle field. The assessment occurred based on cooling curves, mechanical properties and distortion measurements. Afterwards, a nozzle field for the use at an extrusion press was dimensioned by means of simulations and in a third step extrusion profiles were quenched with this gas nozzle field. It could be shown, that gas nozzle field quenching is suitable to be integrated into the extrusion process of the investigated alloys and therewith to shorten the production chain of aluminium extrusion profiles, saving costs and effort.

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik.....	3
2.1	Strangpressen	3
2.2	Festigkeitssteigerung von Aluminiumlegierungen	9
2.2.1	Möglichkeiten zur Steigerung der Festigkeit metallischer Werkstoffe.....	9
2.2.2	Ausscheidungshärten von Aluminiumlegierungen	12
2.2.3	Legierungssystem Al-Mg-Si (6XXX)	15
2.2.4	Legierungssystem Al-Zn-Mg (7XXX)	16
2.3	Abschrecken in gasförmigen und flüssigen Medien	17
2.4	Integration des Abschreckens in die Fertigungskette des Strangpressens	27
3	Werkstoffe und Methoden	31
3.1	Untersuchte Legierungen und Geometrien.....	31
3.2	Wärmebehandlungsexperimente und Simulation	36
4	Gasabschrecken von Einzelproben	39
4.1	Gasdüsenfeld und Druckluftsystem.....	39
4.1.1	Gasdüsenfeld - Konstruktion	39
4.1.2	Druckluftsystem 8000 l/min	43
4.2	Einzelprobenabschreckungen und Auswertung	46
4.2.1	Wärmebehandlungsparameter	46
4.2.2	Temperaturerfassung und Berechnung der Wärmeübergangskoeffizienten.....	47
4.2.3	Korngröße	53
4.2.4	Mechanische Charakterisierung	53
4.2.5	Verszugscharakterisierung	55
4.3	Ergebnisse der Einzelprobenabschreckung	63
4.3.1	Abkühlkurven und Wärmeübergangskoeffizienten	63
4.3.2	Korngröße	70
4.3.3	Mechanische Eigenschaften.....	72

4.3.4	Verzug	76
5	Simulationsbasierte Düsenfelddimensionierung.....	79
5.1	Modellierung	79
5.2	Simulations-Ergebnisse	84
6	Integration des Gasabschreckens in den Strangpressprozess	91
6.1	Identifikation geeigneter Lösungsglühparameter	92
6.2	Strangpressen und Gasabschrecken.....	94
6.2.1	Druckluftsystem 16000 l/min.....	94
6.2.2	Versuchsparameter	96
6.3	Ergebnisse.....	97
6.3.1	Lösungsglühparameter	97
6.3.2	Kühlung von Presssträngen.....	99
7	Diskussion	103
7.1	Diskussion der Ergebnisse der Einzelprobenabschreckung	103
7.2	Diskussion der Ergebnisse des Strangpress-integrierten Gasabschreckens	111
8	Zusammenfassung.....	115
	Selbständigkeitserklärung	I
	Literaturverzeichnis	II
	Anhang.....	VIII
	A. Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
	B. Symbolverzeichnis.....	VIII
	C. Abbildungsverzeichnis.....	IX
	D. Tabellenverzeichnis.....	XIV
	Danksagung	XVII
	Lebenslauf	XIX