

**Recycling von Tiefziehölen
und Entwicklung von Methoden
zur Qualitätssicherung**

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)
von der Fakultät für Maschinenbau
der Universität Paderborn

genehmigte
Dissertation

von
Dipl.-Ing. Hubertus Meyer
aus Paderborn

Tag des Kolloquiums:	25. Juli 2003
Referent:	Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. M. H. Pahl
Korreferent:	Prof. Dr.-Ing. H.-J. Warnecke

Schriftenreihe der Verfahrenstechnik Universität Paderborn

Band 26

Hubertus Meyer

**Recycling von Tiefziehösen und Entwicklung
von Methoden zur Qualitätssicherung**

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

Shaker Verlag
Aachen 2003

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2003

Copyright Shaker Verlag 2003

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-1933-1

ISSN 1435-1137

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Vorwort

Ich danke Herrn Prof. Dr. Pahl für seine Unterstützung, die gewährten Freiräume und viele Erfahrungen, die ich während der Promotionszeit sammeln konnte.

Herrn Prof. Dr. Warnecke danke ich für die freundliche Übernahme des Korreferates und seine stete Hilfsbereitschaft.

Mein Dank gilt in besonderer Weise auch Herrn Prof. Dr. Lendermann, für die tatkräftige Unterstützung bei der Additiv-Analytik sowie zahlreiche sehr konstruktive Fachdiskussionen.

Im Bereich der Fertigungstechnik danke ich Herrn Prof. Schweins, der mich mit sehr großem Engagement bei der Durchführung von Laborprüfungen unterstützte und sich viel Zeit für fachliche Diskussionen nahm.

Dem Laboringenieur Herrn Weise aus der Gruppe Umformtechnik danke ich für seine freundliche Hilfsbereitschaft, mit der er die effiziente Anordnung des beheizbaren Napfziehversuches in seinem Labor ermöglichte.

Mein Dank gilt ebenso dem Laboringenieur Herrn Behlen, der bei den zeitintensiven optischen Analysen viel Geduld aufbrachte.

Dank gebührt darüber hinaus den Studien- und Diplomarbeitern des Projektes sowie allen Kolleginnen und Kollegen der Fachgruppe Mechanische Verfahrenstechnik. Mein besonders herzlicher Dank gilt meinen Kollegen und Freunden Dr. Andreas Brenke, Dr. Hubert Wittreck, Dr. Hagen Müller und Dr. Axel Besa. Ihre fachlichen Anregungen, Diskussionsbeiträge und ihr Zuspruch haben mit dazu beigetragen, dass ich diese Arbeit erfolgreich abschließen konnte.

Paderborn, im August 2003

Hubertus Meyer

Für meine Familie

Veröffentlichungen und Patente

Patente:

- DE 196 45 945.1-43 „Verfahren und Vorrichtung zum Aufbereiten von bei der Metallbearbeitung eingesetzten Bearbeitungsölen“
- DE 197 39 659.3-43 „Verfahren und Vorrichtung (en) zum Aufbereiten von Alt-Schmierfetten“

Veröffentlichungen:

- Altöl kostengünstig vor Ort aufbereiten. In: Rationelle Abfallwirtschaft im Betrieb: Sammeln, Zwischenlagern und Entsorgen von Abfällen. S. 153–166. Herausgeber: M. H. Pahl. FIT -Verlag, Paderborn, 1997.

Inhaltsverzeichnis

	Zusammenfassung	1
1.	Einleitung und Problemstellung	2
2.	Analyse des Fertigungsprozesses.	5
	2.1. Anlagen- und Prozeßbeschreibung	5
	2.1.1 Charakterisierung des Tiefziehverfahrens.	7
	2.1.2 Anforderungen an den Entfettungsprozeß	10
	2.1.3 Bilanzierung der Ölmengen.	14
	2.2. Aufbau der Ziehöle.	16
	2.3 Recycling - Stand der Technik	24
3.	Methoden zur Bewertung von Ziehölen.	25
	3.1 Notwendigkeiten zur Entwicklung neuer Prüfmethode.	25
	3.2 Versuchsmaterial und chemische Analyse.	28
	3.3 Tribologische Untersuchung.	33
	3.3.1 Verschleißprüfung.	33
	3.3.2 Konzeption und Aufbau der Napfziehprüfung	36
	3.3.2.1 Versuchsdurchführung am Napfziehwerkzeug.	43
	3.3.2.2 Versuchsergebnisse.	46
	3.4 Korrosionsschutz	49
	3.4.1 Laborprüfung.	53
	3.4.2 Bewitterungsprüfung im Produktionsbetrieb.	61
	3.5 Ermittlung des Verunreinigungsgehaltes in Ziehölen	64
	3.5.1 Allgemeine Verfahren.	65
	3.5.2 Gravimetrische Siebanalyse für Ziehöle.	69
	3.5.2.1 Beschreibung der Prüfsubstanz ACFTD	70
	3.5.2.2 Charakterisierung des eingesetzten Siebgewebes.	71
	3.5.2.3 Untersuchungen zur Verfahrensgenauigkeit	77
4.	Aufbereitung des gebrauchten Ziehöls.	82
	4.1 Einsatz von Neuölen vor dem Hintergrund des Kreislaufwirtschaftsgesetzes.	82
	4.2 Betriebliche Beanspruchung der Ziehöle.	83
	4.3 Bewertung der Mengenströme.	83
	4.4 Separation der Fremdstoffe.	85
	4.5 Chemische Analyse und Nachadditivierung	97
	4.6 Prüfergebnisse nachadditiverter Öle.	100
	4.7 Entscheidung für die Wiederverwertung und Konzeption eines neuen Recyclingverfahrens.	106
5.	Technische Folgerungen	107
6.	Literaturverzeichnis.	109