

**Berichte aus dem  
Institut für Umformtechnik  
der Universität Stuttgart  
Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. K. Lange**

**65**



**Khang Hoang-Vu**

**Möglichkeiten und Grenzen des  
Kaltgesenkschmiedens als eine  
fertigungstechnische Alternative  
für kleine, genaue Formteile**

Mit 62 Abbildungen und 5 Tabellen

**Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York 1982**

**Dipl.-Ing. Khang Hoang-Vu**

Institut für Umformtechnik  
Universität Stuttgart

**Dr.-Ing. Kurt Lange**

o. Professor an der Universität Stuttgart  
Institut für Umformtechnik

D 93

ISBN-13:978-3-540-11876-3

e-ISBN-13:978-3-642-81916-2

DOI: 10.1007/978-3-642-81916-2

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwendung, vorbehalten.

Die Vergütungsansprüche des § 54, Abs. 2 UrhG werden durch die 'Verwertungsgesellschaft Wort', München, wahrgenommen.

© Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1982.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gesamtherstellung: DRUCK + WERBUNG · DRUCKSACHENVERTRIEBSGESELLSCHAFT m.b.H.  
Hoffeldstraße 206E · 7000 Stuttgart 70 (Degerloch) · Telefon (0711) 721526

2362/3020—543210

## GELEITWORT DES HERAUSGEBERS

Die Umformtechnik zeichnet sich durch sehr gute Werkstoffauswertung und hohe Mengenleistung in der Serienfertigung gegenüber anderen Fertigungsverfahren aus, wobei Beibehaltung der Masse, Änderung der Festigkeitseigenschaften während eines Vorgangs und elastische Rückfederung der Werkstücke nach einem Vorgang wesentliche Merkmale sind. Weiter sind die benötigten Kräfte, Arbeiten und Leistungen sehr viel größer als z.B. bei spanenden Verfahren. Die sichere Beherrschung eines Verfahrens in der industriellen Fertigung und die zunehmende Forderung nach Vermeidung bzw. Minimierung spanender Nacharbeit erzwingen die geschlossene Betrachtung des Systems "Umformende Fertigung" unter zentraler Berücksichtigung plastizitätstheoretischer, werkstoffkundlicher und tribologischer Grundlagen.

Das Institut für Umformtechnik der Universität Stuttgart stellt entsprechend Forschung und Entwicklung zum einen auf die Erarbeitung von Grundlagenwissen in diesen Bereichen ab, zum anderen untersucht und entwickelt es Verfahren unter Anwendung spezieller Meßtechniken mit dem Ziel einer genauen quantitativen Ermittlung des Einflusses der Parameter von Vorgang, Werkstoff, Werkzeug und Maschine. Die Behandlung von Problemen des Maschinenverhaltens, der Maschinenkonstruktion sowie der Werkzeugauslegung und -beanspruchung, der Auswahl hochbeanspruchbarer, verschleißfester Werkzeugbaustoffe und schließlich der Tribologie gehört entsprechend ebenfalls zum Arbeitsgebiet, das durch die Erfassung organisatorischer und betriebswirtschaftlicher Fragen abgerundet wird.

Im Rahmen der "Berichte aus dem Institut für Umformtechnik" erscheinen in zwangloser Folge jährlich mehrere Bände, in denen über einzelne Themen ausführlich berichtet wird. Dabei handelt es sich vornehmlich um Abschlußberichte von Forschungsvorhaben, Dissertationen, aber gelegentlich auch um andere Texte. Diese Berichte sollen den in der Praxis stehenden Ingenieuren und Wissenschaftlern zur Weiterbildung dienen und eine Hilfe bei der Lösung umformtechnischer Aufgaben sein. Für die Studierenden bieten sie die Möglichkeit zur Vertiefung der Kenntnisse. Die seit

zwei Jahrzehnten bewährte freundschaftliche Zusammenarbeit mit dem Springer-Verlag sehe ich als beste Voraussetzung für das Gelingen dieses Vorhabens an.

Kurt Lange

## Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit am Institut für Umformtechnik der Universität Stuttgart.

Meinem geehrten Lehrer, Herrn Professor Dr.-Ing. K. Lange, danke ich sehr herzlich für seine großzügige Förderung, seine stete Unterstützung und zahlreichen Anregungen während der Durchführung der Arbeit.

Für das entgegengebrachte Interesse und die eingehende Durchsicht der Dissertation bin ich Herrn Professor Dr.-Ing.Dr.h.c. H. Stabe sehr dankbar.

Ich möchte ebenfalls meinen aufrichtigsten Dank Herrn Dipl.-Ing. E. Dannenmann für Ratschläge und kritische Diskussionen sowie Herrn Dr.-Ing. K. Pöhlandt für die Durchsicht der Arbeit aussprechen.

Mein Dank gilt ferner den Mitarbeiterinnen, Mitarbeitern und Studenten des Instituts für Umformtechnik, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Die Mittel zur Durchführung der Untersuchung wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Carl Schneider-Stiftung zur Verfügung gestellt. Für diese Förderung bin ich gleichfalls zu Dank verpflichtet. Für weitere Unterstützungen sei den Firmen Otto Fuchs, Meinerzhagen, Gesenkschmiede Schneider, Aalen, Metallgesellschaft AG, Frankfurt /M., Pfaff GmbH, Kaiserslautern, Fr. Henning, Metzingen sowie Klüber Lubrication KG, München, gedankt.

Stuttgart, Januar 1982

Khang Hoang-Vu

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verwendete Abkürzungen	12
0 Einleitung	15
1 Stand der Erkenntnisse	18
2 Zielsetzung	19
3 Bestimmung von Werkstoff- und Vorgangskennwerten	22
3.1 Fließkurven der Versuchswerkstoffe	22
3.2 Mechanische Eigenschaften der Versuchswerkstoffe	28
3.2.1 Werkstoffkennwerte aus dem Zugversuch	28
3.2.2 Härte	28
3.3 Ermittlung der Reibzahlen	28
4 Experimentelle Untersuchungen	35
4.1 Versuchswerkzeug, Umformmaschine	35
4.2 Meßgrößen und Meßverfahren	37
4.2.1 Umformkraft	37
4.2.2 Umformweg	37
4.2.3 Kontaktnormalspannung	37
4.2.3.1 Bestimmung mit Meßstiften	39
4.2.3.2 Bestimmung mit Meßscheiben (Sensoren)	45
4.2.3.3 Kritische Betrachtung der beiden Meßverfahren	49
4.2.4 Formfüllung, Werkstoffüberschuß	51
4.3 Untersuchte Parameter	51
4.3.1 Werkstückwerkstoff	51
4.3.2 Werkstückform	51
4.3.3 Ausgangsform und Werkstoffeinsatzmasse	52
4.3.4 Gratbahnbreite, Gratdicke und Gratbahnverhältnis	54
4.3.5 Schmierung	55
5 Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen	57

	Seite
5.1	Einfluß der Ausgangsform 57
5.2	Einfluß der Werkstoffeinsatzmasse 64
5.3	Einfluß der Gratdicke 65
5.4	Einfluß der Gratbahnbreite 65
5.5	Einfluß des Gratbahnverhältnisses 69
5.6	Einfluß der Schmierung 71
5.7	Änderung der mechanischen Eigenschaften des Werkstückwerkstoffes durch Kaltgesenkschmieden 75
5.7.1	Härteänderung 75
5.7.1.1	Einfluß der Ausgangsform und der Werkstoff- einsatzmasse 77
5.7.1.2	Einfluß des Gratspalts 79
5.7.1.3	Einfluß der Schmierung 83
5.7.2	Zusammenhang zwischen Härte, Umformgrad und Fließspannung 83
5.7.3	Änderung der Streckgrenze durch Kaltgesenk- schmieden 89
5.7.4	Zugfestigkeit und Zähigkeitskennwerte kalt- geschmiedeter Teile 91
6	Halbwarmgesenkschmieden 93
7	Theoretische Untersuchungen 97
7.1	Berechnungen nach der elementaren Plasti- zitätstheorie 99
7.1.1	Kraftberechnung nach Siebel 99
7.1.2	Kraftberechnung nach Stöter 103
7.1.3	Rechenprogramm nach der Streifen-, Schei- ben- und Röhrentheorie 105
7.2	Berechnungen nach der von Misesschen Plastizitätstheorie 109
7.2.1	Verfahren der oberen Schranke 109
7.2.2	Finite-Elemente-Methode 115
7.2.2.1	Berechnung der Schmiedegesenke 117
7.2.2.2	Berechnung der Schmiedeteile 121
7.3	Gestaltung des Gratspalts 125
8	Abschließender Vergleich zwischen Kalt- und Warmgesenkschmieden 126



9	Zusammenfassung	Seite 129
	Anhang	133
	Schrifttum	142

Verzeichnis der wichtigsten Abkürzungen

Allgemeine Zeichen

A	%	Bruchdehnung
A <sub>g</sub>	%	Gleichmaßdehnung
A <sub>5</sub>	%	Bruchdehnung eines proportionalen Stabes
A	mm <sup>2</sup>	Fläche
b	mm	Gratbahnbreite
B	mm	Breite
C	N/mm <sup>2</sup>	Fließspannung bei $\varphi = 1,0$
d	mm	Durchmesser
F	N	Kraft
h	mm	Höhe
h <sub>s</sub>	mm	Steighöhe
k	N/mm <sup>2</sup>	Schubfließgrenze
k <sub>f</sub>	N/mm <sup>2</sup>	Fließspannung
K	-	Konstante
l	mm	Länge
m	kg	Masse
n	-	Verfestigungsexponent
p	N/mm <sup>2</sup>	Kontaktnormalspannung
P	Nm/s, J	Leistung
r	mm	Radius
R	mm	Werkstückradius
R <sub>m</sub>	N/mm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit
R <sub>p0,2</sub>	N/mm <sup>2</sup>	Dehngrenze
s	mm	Gratdicke, Dicke, Weg
T	° C, K	Temperatur
v	mm/s	Geschwindigkeit
V	mm <sup>3</sup>	Volumen
Z	%	Brucheinschnürung
X	mm	Abstand
$\alpha$	grad	Winkel
$\Delta m$	%	Werkstoffüberschuß
$\Delta HB, \Delta HV$	%	Härtemänderung
$\epsilon$	-	Formänderung
$\dot{\epsilon}$	1/s	Formänderungsgeschwindigkeit

$\mu$	-	Reibzahl
$\xi$	%	Haftmaß
$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	Spannung
$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	Schubspannung
$\varphi$	-	Umformgrad

### Indizes

ber	berechnet
gem	gemessen
ges	Gesamt-
gr	Grat
G	Gravur
m	mittlere
max	maximal
n	Normal
0	Anfangs-
r	in r-Richtung
rel	relativ
R	Reibung
S	Scherung
U	Umformung
V	Vergleichs
W	Werkzeug
z	in z-Richtung
Z	Zapfen
x	in x-Richtung
I, II, III	Bereiche der Umformzone

### Abkürzungen

DMS	Dehnungsmeßstreifen
FEM	Finite-Elemente-Methode