

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

77



Michael Dostal

**Kostenoptimierter Einsatz
der Radialumformmaschine
in gemischten, flexiblen
Fertigungssystemen**

Mit 61 Abbildungen

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

Dipl.-Ing. Michael Dostal

Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart

Dr.-Ing. Kurt Lange

o. Professor an der Universität Stuttgart
Institut für Umformtechnik

D 93

ISBN 978-3-540-13286-8 ISBN 978-3-662-08201-0 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-08201-0

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 1984

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1984.

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: Copydruck GmbH, Offsetdruckerei, Industriestraße 1-3, 7258 Heimsheim,
Telefon 0 70 33/38 25-26
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 Studieren-

den bieten sie die Möglichkeit zur Vertiefung der Kenntnisse.
Die seit zwei Jahrzehnten bewährte freundschaftliche Zusammen-
arbeit mit dem Springer-Verlag sehe ich als beste Voraussetzung
für das Gelingen dieses Vorhabens an.

Kurt Lange

V o r w o r t

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

Herrn Professor Dr.-Ing. K. Lange danke ich für sein Vertrauen und seine wohlwollende Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Für die eingehende Durchsicht dieser Arbeit bin ich Herrn Professor DTech. Dipl.-Ing. K. Tuffentsammer zu Dank verpflichtet.

Mein Dank gilt ferner allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Umformtechnik, insbesondere meiner studentischen Hilfskraft Herrn cand. mach. Dipl.-Ing. (FH) Egon Hüfner, die durch ihre tätige Hilfe zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Ebenfalls danken möchte ich dem Institut für Fertigungstechnik und spanende Werkzeugmaschinen der Universität Hannover für die kostenlose Bereitstellung des Programmsystems DREKAL.

Ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern und meiner Frau, die durch ihr Verständnis und durch ihren persönlichen Einsatz Voraussetzungen schufen, die das Entstehen dieser Arbeit sehr unterstützten.

Die Mittel zur Durchführung dieser Arbeit wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zur Verfügung gestellt. Für diese Förderung bin ich gleichfalls zu Dank verpflichtet.

Winnenden, Dezember 1983

Michael Dostal

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verzeichnis der wichtigsten Formelzeichen und Abkürzungen	12
0 Einleitung	15
1 Stand der Erkenntnisse und Aufgabenstellung	17
1.1 Einsatz von umformenden Verfahren in flexiblen Fertigungssystemen	19
1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung	22
1.3 Die flexible Bearbeitungseinheit "Radialumformmaschine"	23
1.3.1 Maschinenkonzept	26
1.3.2 Konkurrierende Verfahren	29
2 Bestimmung eines Werkstückspektrums	31
2.1 Werkstückspektrum als Beurteilungskriterium	31
2.2 Aufbau der Dateien	31
2.3 Auswertung einer Industriebefragung	33
2.3.1 Auswerteprogramm UNIWE	33
2.3.2 Beschreibung einiger exemplarischer Ergebnisse	36
3 Automatische Arbeitsvorbereitung	40
3.1 Stellung und Aufgabe der Arbeitsvorbereitung	40
3.2 Automatische Arbeitsabläufermittlung	41
4 Automatisierte Arbeitsplanerstellung für die Drehbearbeitung	43
4.1 Anforderungen an das Arbeitsplanungssystem	43
4.1.1 Arbeitsplanerstellung für das Fertigungsverfahren Drehen	45
4.1.2 Arbeitsplanerstellung für einfache Rotations- teile	45
4.1.3 Vorgabezeitermittlung und Kostenberechnung	45
4.1.4 Werkstückbeschreibung	46
4.1.5 Größe und Aufbau eines Arbeitsplanungssystems	46
4.2 Programmsystem zur automatischen Arbeits- planerstellung bei der Drehbearbeitung	47

	Seite	
4.2.1	Rechnerunterstütztes Arbeitsplanungs- system DREKAL	47
5	Arbeitsplanungssystem für das Radialumformen	55
5.1	Programmsystem PRORUM	56
5.1.1	Aufbau von PRORUM	56
6	Erweiterung von PRORUM	61
6.1	Vorgabezeit und Kostenkalkulation beim Radialumformen	61
6.1.1	Material- und Energiekosten	63
6.1.2	Vorgabezeitermittlung	64
6.1.2.1	Zeitaufnahme für Einzelbewegungen	66
6.1.2.2	Zeitaufnahme für Bewegungsabläufe	67
6.1.2.3	Sonstige Zeiten	69
6.1.2.4	Analyse des Arbeitsablaufplans	69
6.1.2.5	Rechenprogramm zur Zeitermittlung	71
6.1.3	Lohnkosten	75
6.1.4	Maschinenkosten	75
6.1.5	Sonstige Kosten	77
6.1.6	Betriebsdaten	78
6.2	Ermittlung der Zwischenformen beim Radialumformen	78
6.2.1	Bestimmung aller Zwischenformen	78
6.2.1.1	Mathematische Grundlagen	78
6.2.1.2	Kombinationsmöglichkeiten	80
6.2.2	Sinnvolle Zwischenformen	83
6.2.3	Zerlegung in Teilwellen	85
6.2.4	Programmaufbau zur Zwischenformermittlung	88
6.3	Programm RADKAL	90
6.4	Einfluß der Vorformgeometrie auf die Fertigteilgeometrie	93
6.5	Optimierung der radialen Zustellung	96
7	Verfahrensverknüpfung	99
7.1	Aufbau von VORUM	100
7.2	Bestimmung der Arbeitsvorgangsfolge	103
7.3	Beispiele und ihre Bedeutung	103

	Seite	
7.3.1	Bestimmung der wirtschaftlichsten Zwischenform einer Welle mit sechs Formelementen	103
7.3.2	Bestimmung der wirtschaftlichsten Zwischenform einer Welle mit drei Formelementen	106
8	Zusammenfassung	109
9	Anhang	111
	Schrifttumsverzeichnis	116

Verzeichnis der wichtigsten Formelzeichen und Abkürzungen

Größen, Formelzeichen und Einheiten

d	mm	Durchmesser
l	mm	Länge
n		Anzahl - Kombinationsmöglichkeiten
V		Variationen
r		Anzahl der Formelemente

Indizes

max	maximal
ges	Gesamt-
Z	Zwischenform
V	Verschmelzung

Abkürzungen

ARPL	Programm zur Arbeitsplanerstellung (IFW - Stuttgart)
AUTAP	Programm zur automatischen Arbeitsplanerstellung (WZL - Aachen)
AUTODAK	Automatische Drehteilplanung für konventionell gesteuerte Drehmaschinen (IWF - Berlin)
AWF	Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung
BDE	Betriebsdatenerfassung
BETRIB.DAT	Speicher für Betriebsdaten (IfU - Stuttgart)
BISSZEIT	Unterprogramm zur Grundzeitberechnung (IfU - Stuttgart)
BIT	kleinste Informationseinheit der Digitaltechnik
CAD	rechnerunterstützte Konstruktion
CAM	rechnerunterstützte Fertigung
CAP	rechnerunterstützte Planung
CAPSY	computerunterstütztes Arbeitsplanungssystem (IWF - Berlin)
DATEDI	Programm zur Datenverwaltung (DREKAL)

	(IFW - Hannover)
DNC	Rechnerdirektsteuerung
DREBES	Werkstückbeschreibungsprogramm (DREKAL) (IFW - Hannover)
DREKAL	Programm zur Drehteilkalkulation (IFW - Hannover)
DREPLAN } DREPLN }	Programm zur Steuerung der Arbeitsplanungs- tätigkeiten (DREKAL) (IFW - Hannover)
FE	Formelemente
FORTRAN	höhere Programmiersprache
GFM	Gesellschaft für Fertigungstechnik und Maschinenbau Steyr, Österreich
IFW - H	Institut für Fertigungstechnik und spanende Werkzeugmaschinen - Univ. Hannover
ISO	International Organization for Standardiza- tion
IT	ISO-Toleranzreihen
KByte	1000 byte (1 byte = 8 bit)
KW	KWort (1 KW = 2000 byte = 2 KByte)
MTM	Methods - Time Measurement
NC	Numerische Steuerung
NCGEO	NC - Steuersatzerstellung (DREKAL) (IFW - Hannover)
PDP 11/34	Prozeßrechner
PROCAL	Programm zur Kalkulation radialumgeformter Teile (IfU - Stuttgart)
PROCAL.DAT	Speicher für Kalkulationswerte (IfU - Stutt- gart)
PRORUM	Programmsystem Radialumformen (IfU - Stutt- gart)
PRORUM NC	PRORUM - Steuersatzerstellung (IfU - Stutt- gart)
RADKAL	Radialumformung - Kalkulation (IfU - Stutt- gart)
REFA	Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorga- nisation
REGRES	Programm zur Verwaltung von Regressions- kurven (IFW - Hannover)

RUM X 2000	Radialumformmaschine mit x-förmiger Anordnung der Arbeitszylinder und 500 kN Preßkraft pro Zylinder
SAMMEL	Programm zur Arbeitsplanverwaltung (DREKAL) (IFW - Hannover)
SERVIC	Programm Datenwartung (IfU - Stuttgart)
VARAP	Arbeitsplanerstellung für Varianten (WZL - Aachen)
VAX	Prozeßrechner
VORUM	Programm zur Bestimmung der Arbeitsvorgangsfolge (IfU - Stuttgart)
WF	Work - Faktor
ZWIFOR	Programm zur Bestimmung der Zwischenformen (IfU - Stuttgart)
ZWIFOR.DAT	Speicher für Zwischenformwerte (IfU - Stuttgart)
ZWISCHENZEIT	Unterprogramm zur Nebenzeitermittlung (IfU - Stuttgart)
gebundenes Umformen	Abbildung der Werkstückgeometrie am Werkzeug
ungebundenes Umformen	Kinematische Gestalterzeugung