

FORTSCHRITT-
BERICHTE

VDI

Dipl.-Betr.- u. Prod.-Ing. ETH
Roland Gerhard Weippert, Zürich

**Das adaptive Streckbiegen
von Aluminiumhohlprofilen,
ein Beitrag zum integrierten
Technologie- und
Innovationsmanagement**

Reihe **2**: Fertigungstechnik

Nr. **438**

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	III
Inhaltsverzeichnis	V
Bezeichnungen	X
Abkürzungsverzeichnis	XII
Abstract	XIV
1. Einleitung	1
1.1 Allgemeine Herausforderung	1
1.1.1 Neue Trends	2
1.1.2 Produkt- und Prozesstechnologien als Schlüsselfaktoren.....	2
1.1.3 Bedeutung der Umformtechnik in der näheren Zukunft.....	4
1.2 Motivation zu dieser Arbeit.....	5
1.3 Ziel dieser Arbeit.....	5
1.4 Einordnung der Arbeit.....	6
1.5 Struktur der Arbeit.....	6
2. Ansätze des industriellen Managements	8
2.1 Innovationsmanagement.....	12
2.1.1 Merkmale industrieller Innovationstätigkeit.....	13
2.1.2 Innovationsphasen.....	15
2.1.3 Branchenentwicklung und Innovationsverhalten.....	17
2.1.4 Ansätze des Innovationsmanagements.....	18
2.1.4.1 Aufgaben des Innovationsmanagements	18
2.1.4.2 Strategisches Innovationsmanagement	19
2.1.5 Schlussfolgerungen.....	21
2.2 Technologiemanagement.....	21
2.2.1 Theorie, Technologie und Technik.....	21
2.2.1.1 Produkttechnologie	22
2.2.1.2 Prozesstechnologie	23
2.2.2 Potentiale von Technologien.....	24
2.2.3 Ansätze des Technologiemanagements.....	25
2.2.3.1 Konzept 'Integriertes Technologie-Management' von TSCHIRKY	27
2.2.3.2 Technologielebenszyklus.....	30
2.2.3.3 Technologiebewertung und Strategiebildung durch Portfolios	31
2.2.3.4 Ansatz von ADL	32
2.2.3.5 Ansatz von MCKINSEY	33
2.2.3.6 Ansatz von BOOZ, ALLEN & HAMILTON.....	34
2.2.3.7 Technologiekalender	35
2.2.3.8 Handshake-Analyse	36
2.2.4 Schlussfolgerungen.....	38
2.3 Forschungs- und Entwicklungsmanagement.....	38
2.3.1 Forschung und Entwicklung	38
2.3.2 F&E-Strategie	39
2.3.3 Potentiale des F&E-Managements.....	40
2.3.4 Ansätze des F&E-Managements.....	41
2.3.4.1 Konstruktionsmethodik	41

	2.3.4.2	Rapid Prototyping	44
	2.3.4.3	Simulation	45
	2.3.5	Funktionen von Produkten und Prozessen	46
	2.3.6	Schlussfolgerungen	50
2.4		Qualitätsmanagement	50
	2.4.1	Total Quality Management.....	51
	2.4.2	Produkt- und Prozessqualität.....	53
	2.4.3	F&E-Qualität.....	54
	2.4.4	Methoden und Werkzeuge des QE	55
	2.4.5	Ansätze des Qualitätsmanagements	56
	2.4.5.1	QFD.....	57
	2.4.5.2	FMEA	61
	2.4.5.3	Die Wertanalyse	63
	2.4.5.4	Simultaneous Engineering	63
	2.4.5.5	Target Cost	64
	2.4.6	Adaptive Prozessregelung	64
	2.4.7	Schlussfolgerungen	65
2.5		Wertung der aufgezeigten Ansätze vor dem Hintergrund des betrieblichen Wissensmanagements	66
	2.5.1	Wissensmanagement	66
	2.5.2	Spannungsfelder des Wissensmanagements.....	68
	2.5.2.1	Wissenseinbettung	68
	2.5.2.2	Wissenskomplexität	70
	2.5.2.3	Wissensmodus.....	71
	2.5.2.4	Zeithorizont.....	72
	2.5.3	Wissensmanagement und industrielles Management.....	72
	2.5.3.1	Innovation und Wissen	72
	2.5.3.2	Technologien und Wissen	73
	2.5.3.3	F&E und Wissen	73
	2.5.3.4	Qualitätsmanagement und Wissen	74
	2.5.4	Würdigung und Schlussfolgerungen	74
2.6		Zusammenfassung	75

3. Konzept integriertes Technologie- und Innovationsmanagement..... 77

3.1		Entschärfen der Zeitfalle.....	78
3.2		Integrierter Methodeneinsatz	79
3.3		Chance der Abstraktion in lösungsneutrale Funktionen	82
3.4		Produktplanung.....	83
	3.4.1	Kundenwunsch, Produktfunktionen und Pflichtenheft.....	84
	3.4.2	Kritische Produktfunktionen	87
	3.4.3	Markt- und Funktionskosten des Produktes	88
	3.4.4	Technologieeinsatz beim Produkt	89
	3.4.5	Konkretisierung von Funktionen und Technologien durch Produkttechnik.....	90
	3.4.6	Verifikation in Funktionstests.....	90
3.5		Die Prozessplanung	91
	3.5.1	Erforderliche Prozessfunktionen	91
	3.5.2	Kritische Prozessfunktionen.....	92
	3.5.3	Technologieeinsatz beim Prozess.....	93
	3.5.4	Umsetzung in Prozesstechnik	95
	3.5.5	Prozesstest	96
	3.5.6	Systemtest	96
3.6		Zusammenfassung	97

4.	Charakterisierung von Biegeverfahren	99
4.1	Definitionen und Einteilungen	99
4.2	Stand der Technik.....	102
4.3	Einflussgrößen auf die Prozessqualität beim Biegen	103
4.3.1	Eigenschaftsschwankungen des Halbzeugs	104
4.3.1.1	Technologieimmanente Grenzen des Strangpressens.....	104
4.3.1.2	Eigenschaften der Rohteile vor dem Strangpressen	105
4.3.1.3	Fehlerquellen während des Strangpressens	105
4.3.1.4	Toleranzen stranggepresster Profile	108
4.3.2	Geometrische Abweichungen im Biegeprozess.....	109
4.3.3	Kinematische Abweichungen im Biegeprozess	110
4.4	Möglichkeiten zur Beseitigung qualitätsmindernder Einflussgrößen	110
4.4.1	Biegen mit Stützdorn	110
4.4.2	Überlagerung einer Zugkraft	112
4.5	Technologie-Vergleich.....	113
4.5.1	Innenhochdruckumformen.....	113
4.5.1.1	Halbzeuggeschichte	114
4.5.1.2	Arbeitsgenauigkeit	114
4.5.1.3	Verfahrensgrenzen	114
4.5.1.4	Einsatzmöglichkeiten	115
4.5.2	Vergleich und Bewertung von Streckbiegen und IHD.....	115
4.5.3	Diskussion des Vergleichs.....	116
4.5.4	Mögliches Teilespektrum des adaptiven Streckbiegens.....	118
4.6	Zusammenfassung.....	118
5.	Numerische Simulation des Streckbiegens	119
5.1	Simulationen in der Umformtechnik.....	119
5.2	Stand der Erkenntnisse in der Profilbiegesimulation	119
5.3	Simulation des räumlichen Streckbiegens.....	121
5.4	Beschreibung des verwendeten Simulationsmodells	123
5.5	Kontinuumsmechanische Grundlagen.....	124
5.6	Grundgleichungen des Streckbiegens	124
5.6.1	Beschreibung der Konfiguration	124
5.6.2	Kinematische Beziehungen.....	125
5.6.3	Gleichgewichtsbedingungen	127
5.6.4	Stoffgesetze.....	128
5.7	Prozessmodellierung	129
5.7.1	Beschreibung der Strukturen.....	129
5.8	Berechnung der Prozesskomponenten	130
5.8.1	Biegung.....	131
5.8.2	Überlagerte Zugspannungen	131
5.8.3	Überlagerung eines inneren Stützdrucks	132
5.9	Vorgehen bei der FD-Methode	133
5.10	Versagensmodelle.....	137
5.11	Korrekturmodus.....	138
5.12	Vergleich mit der Finite Elemente Methode	139
5.12.1	Vergleich mit dem kommerziellen FEM-Programm MARC.....	139
5.12.2	Variation der Simulationsparameter.....	141
5.12.3	Vergleich mit dem realen Streckbiegeprozess	143

5.13	Zusammenfassung	144
6.	Produktgestaltung	145
6.1	Aufgaben des Streckbiegewerkzeugs	145
6.2	Kundenwunsch und Pflichtenheft	146
6.2.1	Bestimmung der Produktfunktionen	146
6.2.1.1	Funktionstüchtigkeit	147
6.2.1.2	Funktionszuverlässigkeit	147
6.2.1.3	Spezielle Anforderungen an das Produkt	147
6.2.2	Kritische Produktfunktion	148
6.2.2.1	Funktionsfehler und kritische Produktfunktionen	149
6.2.2.2	Einfluss der kritischen Produktfunktionen auf die Funktionstüchtigkeit	149
6.2.2.3	Einfluss der kritischen Produktfunktionen auf die Zuverlässigkeit	149
6.2.2.4	Einfluss der kritischen Produktfunktionen auf spezielle Anforderungen	149
6.2.3	Produkt-Technologie	151
6.2.4	Produkt-Technik	152
6.2.5	Bestimmung der Prozessfunktionen	154
6.3	Zusammenfassung	154
7.	Prozessgestaltung	155
7.1	Aufgaben und Funktionen des Streckbiegeprozesses	155
7.2	Ermittlung der kritischen Prozessfunktionen	156
7.2.1	System- und Prozessanalyse	157
7.3	Technologieeinsatz beim Prozess	160
7.3.1	Regelungsauslegung	161
7.3.1.1	Der Einfluss der Steuerungsstrategie auf die AC	162
7.3.1.2	Der Einfluss der Messstrategie auf die AC	163
7.3.1.3	Der Einfluss der Regelungsstrategie auf die AC	166
7.4	Prozesstechnik	167
7.4.1	Umsetzen der Funktionen Spannen und Stützen	167
7.4.2	Umsetzen der Funktionen Ziehen, Drücken und Bewegen	167
7.4.3	Umsetzung der Funktionen Überwachen und Regeln	168
7.4.3.1	Steuerungs- und Regelungsauslegung	168
7.4.4	Messsignale	169
7.4.4.1	Positionsmessung	169
7.4.4.2	Druckmessung	170
7.4.4.3	Spannungsmessung	170
7.4.4.4	Messung der Rückfederung	170
7.4.4.5	Analyse- und Regelsystem	171
7.4.5	Versuchsmaterial	171
7.4.6	Ergebnisse und Genauigkeit	171
7.5	Zusammenfassung	176
8.	Diskussion	177
8.1	Parallelisierung der Entwicklungsprozesse	177
8.2	Adaptives Streckbiegen von Aluminiumprofilen	177

8.3	Principles of Technology Management.....	178
9.	Anhang	179
9.1	Zugversuche an Profilstreifen und -proben	179
9.2	Reibwertbestimmung an der Streifenziehanlage.....	181
9.2.1	Beschreibung der Streifenziehanlage.....	181
9.2.2	Technische Daten der Versuchskomponenten	182
9.2.3	Beschreibung der Versuchsergebnisse	182
9.2.4	Vergleich der Oberflächen.....	184
9.3	Das Biegesimulationsprogramm Profbend.....	185
9.4	Simulationsmodell des Konzepts integriertes Technologie- und Innovationsmanagement.....	187
10.	Bibliographie	193
