

2784-815 1

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 2

Fertigungstechnik

Dipl.-Ing. Roland Heiler,
Rimbach

Nr. 526

**Fließlochformen und
Gewindefurchen auf
NC-gesteuerten
Werkzeugmaschinen**

Inhalt	V
<hr/>	
Inhalt	V
Abkürzungen	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Schrauben für dünnwandige Bauteile	1
1.2 Muttereinsätze	3
1.3 Blechdurchzüge	5
1.4 Alternative Fließlochformen und Gewindefurchen	7
2 Ziele der Arbeit	8
3 Fließlochformen – Stand der Technik	9
3.1 Entwicklung funktionsfähiger Werkzeuge	9
3.2 Frühe Anwendungen	11
3.3 Kinematik des Umformprozesses	12
3.4 Temperatur beim Fließlochformen	14
3.5 Arbeitsbedarf beim Fließlochformen	16
3.6 Gefüge und Härte der Durchzüge	17
3.7 Volumenverdrängung und Hauptabmessungen	17
3.8 Verschleißverhalten und Standzeit	18
3.9 Fließlochformen und Gewindefurchen	19
3.10 Weitere Entwicklungen	20
4 Versuchseinrichtungen	23
4.1 Versuchs- und Meßaufbau zur Axialkraft- und Drehmomentbestimmung	23
4.2 Werkzeuge	25
4.3 Werkstoffe	28
5 Untersuchungen zum Fließlochformen	30
5.1 Fließlochformen – Phasen der Umformung	30
5.2 Fließlochformen mit konstanter Vorschubgeschwindigkeit	32
5.2.1 Charakteristische Axialkraft- und Drehmomentenverläufe	32
5.2.1.1 Aluminiumbearbeitung	32
5.2.1.2 Edelstahlbearbeitung	34
5.2.1.3 Baustahlbearbeitung	35

5.2.2	Beeinflussung von Vorschubkraft und Drehmoment	37
5.2.2.1	Einfluß des Werkstoffs auf die Vorschubkraft	37
5.2.2.2	Einfluß der Blechdicke auf die Vorschubkraft	38
5.2.2.3	Einfluß der Technologiedaten auf die Axialkraft	41
5.2.2.3.1	Einfluß der Drehzahl auf die Axialkraft	41
5.2.2.3.2	Einfluß der Vorschubgeschwindigkeit auf die Axialkraft	43
5.2.2.4	Einfluß des Werkstoffs auf das Drehmoment	46
5.2.2.5	Einfluß der Blechdicke auf das Drehmoment	47
5.2.2.6	Einfluß der Technologiedaten auf das Drehmoment	49
5.2.2.6.1	Einfluß der Drehzahl auf das Drehmoment	49
5.2.2.6.2	Einfluß der Vorschubgeschwindigkeit auf das Drehmoment	51
5.3	Hauptabmessungen der Durchzüge	54
5.3.1	Innendurchmesser	54
5.3.2	Außendurchmesser und Wanddicke	56
5.3.3	Durchzugslänge	58
5.3.4	Einrißbildung	60
5.3.5	Einzugsbildung	67
5.3.6	Oberflächenrauigkeit	70
5.4	Fließlochformen mit gestuften Technologiedaten	73
5.4.1	Position der Umschaltunkte	76
5.4.2	Hauptabmessungen der Durchzüge, Einzugbildung und Einrißbildung	80
5.4.2.1	Außendurchmesser und Wanddicke	80
5.4.2.2	Durchzugslänge	81
5.4.2.3	Einrißbildung und Oxidationserscheinungen	83
5.4.3	Fertigungszeiten	84
5.5	Temperatur beim Fließlochformen	86
5.5.1	Meßsysteme zur Temperaturbestimmung	86
5.5.2	Einfluß der Technologie auf die Umformtemperatur	89
5.5.2.1	Charakteristischer Temperaturverlauf	89
5.5.2.2	Bestimmung der Maximaltemperatur	89
5.5.2.3	Temperaturen beim Fließlochformen mit NC-gestuften Technologiedaten	95
5.6	Berechnung der Axialkraft	98
6.	Metallographie – Gefüge	108
6.1	Allgemeine Grundlagen zur Materialumformung	108
6.1.1	Kaltumformung	108
6.1.2	Rekristallisation	110
6.1.3	Warmumformung	111
6.1.4	Grundlagen zur Wärmebehandlung der Stähle	114

6.2 Metallographische Analyse der Blechdurchzüge in Baustahl St37	118
6.3 Grundlegende Eigenschaften austenitischer Edelstähle	127
6.4 Grundlagen zum Korrosionsverhalten austenitischer Edelstähle	128
6.4.1 Interkristalline Korrosion	129
6.4.2 Lochkorrosion	130
6.5 Metallographische Analyse der Blechdurchzüge in X5CrNi18.10	131
6.6 Grundlegende Eigenschaften von Aluminiumknetlegierungen	136
6.7 Metallographische Analyse der Durchzüge in AlMgSi0.5	138
7. Gewindefurchen	141
7.1 Geschichtliche Aspekte	141
7.2 Das Werkzeug	141
7.3 Das Verfahren	143
7.4 Die Prozeßkenngrößen	147
7.4.1 Das Drehmoment	148
7.4.2 Die Ausformung des Gewindes	151
7.4.3 Die Mikrostruktur fließgeformter Gewinde	154
8. Festigkeitsuntersuchungen	158
8.1 Systemübersicht	158
8.2 Festigkeitseigenschaften fließgeformter Gewindebuchsen	160
8.2.1 Einfluß der zylindrischen Durchzugslänge	160
8.2.2 Einfluß des Innendurchmessers	161
8.2.3 Einfluß der Blechdicke	164
8.2.4 Einfluß der Technologie	166
8.3 Torsions- und Schwingfestigkeit fließgeformter Gewindebuchsen	168
8.4 Konventionelle Verbindungselemente	170
8.5 Alternative Gewindeprofile	173
9. Zusammenfassung	175
10. Anhang	177
11. Literatur	179