

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Das System der Umformtechnik	2
1.2	Der Werkstoff vor der Umformung	2
1.2.1	Übersicht	2
1.2.2	Versuche zur Beurteilung der Umformeignung	4
1.2.3	Erfassung von Oberflächeneigenschaften	4
1.2.4	Sonstige Prüfverfahren	5
1.3	Abschließende Bemerkungen zu Kapitel 1	6
1.4	Literatur zu Kapitel 1	7
2	Aufnahme von Fließkurven für die Massivumformung	10
2.1	Überblick, Grundbegriffe	13
2.1.1	Fließkurven von Einkristallen	13
2.1.2	Fließkurven vielkristalliner metallischer Werkstoffe	14
2.1.2.1	Korngrößeneinfluß	14
2.1.2.2	Fließkurven bei Raumtemperatur	14
2.1.2.3	Einfluß von Temperatur und Umformgeschwindigkeit	15
2.2	Zugversuch	17
2.2.1	Allgemeines	17
2.2.2	Zugversuch nach DIN 50145	17
2.2.3	Verfahren nach Siebel und Schwaigerer	18
2.2.4	Ermittlung der Fließkurve aus Kennwerten im Zugversuch	19
2.3	Stauchversuch	21
2.3.1	Grundbegriffe	21
2.3.2	Einfluß der Reibung	24
2.3.2.1	Allgemeines	24
2.3.2.2	Überblick über die Ausführungsformen des Stauchversuchs	25
2.3.3	Diskontinuierlicher Stauchversuch	28
2.3.4	Rastegaev-Versuch	28
2.3.4.1	Zylinderstauchversuch mit konventioneller Schmierung	28
2.3.4.2	Prinzip des Rastegaev-Versuches	29

2.3.4.3	Optimale Geometrie von Rastegaev-Proben	31
2.3.4.4	Fehler beim Rastegaev-Versuch	35
2.3.4.5	Rastegaev-Versuch mit Messung der Durchmesserzunahme	37
2.3.5	Stauchun nichtzylindrischer Proben	40
2.3.6	Flachstauchversuch	41
2.3.7	Vorläufiger Vergleich der Ausführungsformen des Stauchversuches	43
2.4	Verdrehversuch	48
2.4.1	Grundbegriffe	48
2.4.2	Berechnung der Fließkurve aus den Meßdaten	49
2.4.3	Auswirkung des Fließkriteriums	52
2.5	Aufnahme von Warmfließkurven	54
2.5.1	Allgemeine Bedingungen	54
2.5.2	Warmzugversuch	57
2.5.3	Warmstauchversuch	57
2.5.4	Warmtorsionsversuch	60
2.6	Weitere Prüfverfahren	62
2.6.1	Überblick	62
2.6.2	Prüfverfahren bei extremer Umformgeschwindigkeit	62
2.6.3	Prüfverfahren bei überlagerter hydrostatischer Druckspannung	65
2.6.4	Eindringverfahren	66
2.6.5	Prüfung ungewöhnlicher Werkstoffe	67
2.7	Kritischer Vergleich der Methoden	69
2.7.1	Überblick	69
2.7.3	Die drei Grundversuche	70
2.7.2.1	Systematische Fehlereinflüsse	70
2.7.2.2	Weitere Beurteilungskriterien	76
2.7.3	Zu den Sonderprüfverfahren	79
2.8	Literatur zu Kapitel 2	80
3	Aufnahme der Fließkurven von Blechwerkstoffen	88
3.1	Zur Besonderheit von Blechwerkstoffen	89
3.2	Flachzugversuch	90
3.3	Versuche mit ebener Formänderung	95
3.3.1	Flachzugversuch mit behinderter Querkontraktion	95
3.3.2	Biegeversuch	96
3.3.3	Flachstauchversuch	96
3.4	Hydraulischer Tiefungsversuch	96
3.5	Ebener Torsionsversuch	97
3.5.1	Prinzip des Versuches	97
3.5.2	Versuchsauswertung	100

3.5.3	Auswirkung der Wahl des Fließkriteriums	104
3.5.4	Anwendungsgrenzen	106
3.6	Einfluß der Umformgeschwindigkeit und der Temperatur	107
3.7	Vergleich der Methoden	108
3.8	Gegenüberstellung der Prüfverfahren für Bleche mit denen für massives Probematerial	110
3.9	Richtungsabhängigkeit	111
3.9.1	Überblick	111
3.9.2	Bestimmung des r -Wertes von Blechwerkstoffen	114
3.10	Literatur zu Kapitel 3	117
4	Zur Übertragbarkeit der Ergebnisse	121
4.1	Problemstellung	121
4.2	Unsicherheit experimentell bestimmter Fließkurven	121
4.2.1	Meßfehler und angenommenes Fließkriterium	121
4.2.2	Zur Probenahme	122
4.2.2.1	Lage und Anzahl der Proben	122
4.2.2.2	Größeneinfluß	123
4.3	Abschätzung von Fließkurven ohne experimentelle Bestimmung	127
4.4	Literatur zu Kapitel 4	128
5	Bestimmung der Grenzen der Umformung	130
5.1	Begriffe	131
5.2	Der Begriff "Zähigkeit" oder "Duktilität"	134
5.2.1	Überblick	134
5.2.2	Zugversuch an gekerbten Blechproben (Kerbzugversuch)	135
5.3	Grenzformänderung	138
5.3.1	Allgemeines	138
5.3.2	Grenzformänderung in der Massivumformung	139
5.3.3	Grenzformänderung in der Blechumformung	140
5.3.3.1	Vorbemerkung	140
5.3.3.2	Tiefungsversuche mit streifenförmigen Platinen	140
5.3.3.3	Kreisförmige, an den Seiten ausgeschnittene Platinen	142
5.3.4	Vergleich der Methoden	142
5.3.5	Beurteilung des Grenzformänderungsschaubildes	143
5.4	Verfahrensbezogene Prüfmethode	144
5.4.1	Vorbemerkung	144
5.4.2	Prüfmethode für Verfahren der Massivumformung	144
5.4.3	Prüfmethode für Verfahren der Blechumformung	145
5.4.3.1	Allgemeines	145
5.4.3.2	Streckzieh-Prüfverfahren	146

5.4.3.3	Tiefzieh-Prüfverfahren	148
5.4.3.4	Biegeprüfung	151
5.4.3.5	Gesenkbiegeversuch und Alterungsprüfung	152
5.4.3.6	Kombination verschiedener nachahmender Prüfmethoden	153
5.5	Literatur zu Kapitel 5	154
6	Werkstoff und Werkstück nach der Umformung	158
6.1	Überblick	158
6.2	Weiterverarbeitungseigenschaften	160
6.3	Eigenschaften des homogen umgeformten Werkstoffes	163
6.4	Eigenschaften des umgeformten Werkstückes	164
6.4.1	Stoffflußuntersuchungen und Formänderungsanalyse	164
6.4.2	Messungen der Härteverteilung	165
6.4.3	Bestimmung von Eigenspannungen 1. Art	168
6.4.4	Ermittlung von Gebrauchseigenschaften	169
6.4.4.1	Überblick	169
6.4.4.2	Schwingprüfung	170
6.4.4.3	Korrosionsprüfung	174
6.4.4.4	Schlußbemerkung	178
6.5	Literatur zu Kapitel 6	178
Anhang A:	Zur Theorie und Praxis der Torsionsversuche	182
A.1	Torsionsversuch am Rundstab	183
A.1.1	Ermittlung der "nullten Näherung"	183
A.1.2	Taylorentwicklung der "Korrekturfunktion"	184
A.1.3	Verwendung extrem kurzer Versuchsproben	186
A.1.4	Zur zweckmäßigen Probengeometrie	191
A.1.5	Mögliche Fehlerquellen	193
A.1.6	Zur Erfassung des Geschwindigkeitseinflusses	193
A.2	Ebener Torsionsversuch	194
A.3	Literatur zu Anhang A	196
Anhang B:	Normen und Richtlinien	197
Sachwortverzeichnis		202