

# **Abschätzung der Reißentstehung bei der Kaltumformung**

**Udo Zitz**

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Einleitung und Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>2 Grundlagen und Stand der Technik</b>	<b>6</b>
2.1 Umformgeschichte, Umformvermögen und Grenzumformgrad	6
2.1.1 Umformgeschichte, Formänderungsgeschichte	6
2.1.2 Umformvermögen, Formänderungsvermögen	6
2.1.2.1 Einfluß einer Vorumformung	10
2.1.2.2 Einfluß der Temperatur	10
2.1.2.3 Einfluß der Umformgeschwindigkeit	11
2.1.2.4 Einfluß des Spannungszustandes	11
2.1.3 Grenzumformgrad	12
2.2 Vorhersage der Reißentstehung	13
2.2.1 Formänderungs-Grenzkurven	14
2.2.2 Belastungs-Grenzkurven	16
2.2.3 Reißhypothesen	17
2.2.3.1 Makromechanische, zeitunabhängige Hypothesen	18
2.2.3.2 Makromechanische, zeitabhängige Hypothesen	19
2.2.3.3 Mikromechanische Hypothesen	23
2.2.4 Fazit	27
2.3 Messung der Reißentstehung im Versuch	29
2.3.1 Offline Erkennung einer Reißentstehung	30
2.3.1.1 Lastabfall der Prüfmaschine	30
2.3.1.2 Diskontinuierliches Umformen	30
2.3.1.3 Intervalleingrenzung	30
2.3.2 Online Erkennung einer Reißentstehung	31
2.3.2.1 Röntgendurchstrahlung	31
2.3.2.2 Ultraschallverfahren	31
2.3.2.3 Wirbelstromverfahren	32
2.3.2.4 Potentialsondenverfahren	32
2.3.2.5 Faseroptische Reißfeststellung	33
2.3.2.6 Bildauswertung	33
2.3.3 Messung der Schallemission	33

---

<b>3 Grundlegende Aspekte zu den Versuchen und der Auswertung</b>	<b>38</b>
3.1 Verwendeter Werkstoff	38
3.2 Verschiedene Probengeometrien	39
3.2.1 Zylindrische Probengeometrien	39
3.2.2 Rotationskörper mit nichtzylindrischen Mantelflächen	41
3.3 Oberflächenbeschaffenheit	42
3.4 Servohydraulische Stauchprüfmaschine	43
3.5 Schallemissionsmeßkette und Feststellung der Rißhöhe	44
3.6 Finite - Elemente - Methode	55
<b>4 Stauchversuche</b>	<b>57</b>
4.1 Fließkurvenaufnahme	57
4.2 Stauchversuche mit Schallemissionsmessung	62
4.2.1 Zylindrische Probengeometrien	66
4.2.2 Rotationskörper mit nichtzylindrischen Mantelflächen	68
4.2.3 Zweistufiges Stauchen mit Abdrehen	70
<b>5 FEM-Simulationen der Stauchversuche</b>	<b>71</b>
5.1 Verwendetes FEM-Modell	71
5.1.1 Netztopologie und Symmetrie	72
5.1.2 Randbedingungen	73
5.1.3 Steuerdaten	74
5.1.4 Netzübertragung beim zweistufigen Stauchen mit Abdrehen	74
5.2 Berechnete Formänderungsgeschichten der Probengeometrien	75
<b>6 Vorhersage einer Rißentstehung</b>	<b>82</b>
6.1 Schrankenaussage durch Vergleich der Formänderungsgeschichten	82
6.1.1 Belastungs-Grenzkurven	82
6.1.2 Betrachtung der Formänderungs-Grenzkurven	84
6.2 Berechnung der Rißentstehung nach den Rißhypothesen	86
6.2.1 Berechnung des Rißentstehungsortes beim Stauchen	86
6.2.2 Berechnung des Rißentstehungszeitpunktes beim Stauchen	88
6.3 Fazit	91

---

<b>7 Untersuchungen zur Übertragbarkeit auf das Reckschmieden</b>	<b>92</b>
7.1 Verwendetes FEM-Modell	92
7.1.1 Netztopologie und Symmetrie	92
7.1.2 Randbedingungen	94
7.1.3 Steuerdaten	94
7.2 Schmiedeversuche	95
7.3 Abschätzung der Rißentstehung beim Reckschmieden	97
7.3.1 Schrankenaussage durch Vergleich der Formänderungsgeschichten	97
7.3.1.1 Recken der Rundblöcke mit Winkelsätteln	98
7.3.1.2 Recken der Quadratblöcke mit Flachsätteln	101
7.3.2 Nachfahren der Formänderungsgeschichten durch zweistufigen Stauchversuch	109
7.3.3 Berechnung der Rißentstehung nach den Rißhypothesen	112
7.3.3.1 Berechnung des Rißentstehungsortes beim Recken	112
7.3.3.2 Berechnung des Rißentstehungszeitpunktes beim Recken	113
7.4 Fazit	117
<b>8 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>120</b>
<b>Conclusion</b>	<b>122</b>
<b>9 Tabellenanhang</b>	<b>125</b>
<b>10 Verwendete Formelzeichen</b>	<b>133</b>
<b>11 Bild und Tabellenverzeichnis</b>	<b>135</b>
<b>12 Stichwortverzeichnis</b>	<b>140</b>
<b>13 Literatur</b>	<b>142</b>