

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbetrachtungen	1
1.1	Motivation und Zielsetzung	1
1.2	Literaturüberblick	2
1.3	Aufbau der Arbeit	4
2	Kontinuumsmechanische Grundlagen	5
2.1	Beschreibung der Kinematik	5
2.2	Linielement und Deformationsgradient	8
2.3	Verzerrungstensoren	9
2.4	Spannungstensoren	10
2.5	Verzerrungsgeschwindigkeiten	13
2.6	Bilanzgesetze	14
2.7	Eindimensionale Betrachtung	20
2.8	Dreidimensionale Betrachtung	21
3	Versuchsaufbau	24
3.1	Überblick der verwendeten Versuchseinrichtungen	24
3.2	Gesamtansicht des verwendeten Versuchsaufbaus	25
3.3	Prüfrahmen	27
3.4	Belastungseinheit	29
3.5	Laststrang	33
3.6	Messtechnik	36
3.6.1	Kolbenposition	37
3.6.2	Kraft im Laststrang	38
3.6.3	Digitale Hochgeschwindigkeitskamera	40
3.6.4	Transientenrecorder	43
4	Versuchsdurchführung	44
4.1	Verwendete Prüflinge	50
4.2	Quasistatische Vorversuche	53
4.3	Vorbereitung des Versuchsaufbaus	53
4.4	Versuche mit Geschwindigkeiten bis 100 mm/s	53
4.5	Versuche mit Geschwindigkeiten bis 1000 mm/s	54
4.6	Versuche mit Geschwindigkeiten bis 20000 mm/s	55
4.7	Einsatz der Hochgeschwindigkeitskamera	55
5	Aufbereitung des Kraftsignals	57
5.1	Einfluss der Zeitkonstante bei sehr langsamen Versuchen	57
5.2	Dynamisches Verhalten des Laststrangs	60
5.2.1	Einfluss der Kolbengeschwindigkeit	62
5.2.2	Einfluss des Materials	64
5.2.3	Einfluss der Gestaltung der Taille	65
5.2.4	Anregung des oberen Spannzeugs	67
5.2.5	Modellierung des oberen Spannzeugs durch diskrete Modelle	68

5.2.6	Messung der Kraft im Laststrang durch Dehnungsmessstreifen auf dem Prüfling	71
5.2.7	Glättung des Kraftsignals	73
6	Analyse der Hochgeschwindigkeitsaufnahmen zur Ermittlung der Verschiebungen	75
6.1	Grauwertkorrelation	76
6.2	Vergleichsversuche zur Einflussanalyse	78
6.2.1	Analyse von Starrkörperbewegungen	78
6.2.2	Parameterstudie zur Findung der optimalen Auswerteparameter	79
7	Beschreibung des dehnratenabhängigen Werkstoffverhaltens	85
7.1	M-Wert aus der erweiterten Hollomongleichung	86
7.2	Thermisch aktivierte Verformungsprozesse	87
7.3	Cowper - Symonds Modell	91
7.4	Johnson - Cook Modell	91
7.5	Schar von Fließkurven unterschiedlicher Dehnrate	92
8	Bildung der Fließkurven aus den Versuchsergebnissen	93
8.1	Berechnung der natürlichen, plastischen Dehnung	93
8.1.1	Technische Dehnung aus der Kolbenposition	94
8.1.2	Technische Dehnung aus den Verschiebungsdaten der Oberfläche	94
8.1.3	Vergleich der Ergebnisse der natürlichen Dehnung	97
8.2	Berechnung der wahren Spannung	98
8.2.1	Verwendung der technischen Dehnung unter Voraussetzung der Volumenkonstanz	98
8.2.2	Verwendung der wahren Querschnittsfläche	98
8.2.3	Gegenüberstellung der auf verschiedene Weise berechneten wahren Spannung	100
8.3	Berechnung der natürlichen plastischen Dehnrate	101
8.4	Beispiel einer Fließkurvenschar für einen Stahlwerkstoff	101
8.5	Anwendung des Modells der thermisch aktivierten Verformung auf die gewonnene Fließkurvenschar	103
9	Abschließende Bemerkungen	106
9.1	Zusammenfassung	106
9.2	Ausblick	107
	Literaturverzeichnis	107