Jens Sterthaus (Autor)

Parameteridentifikation an metallischen Werkstoffen basierend auf numerischen Simulationen und instrumentierter Eindringprüfung

https://cuvillier.de/de/shop/publications/1384

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: https://cuvillier.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **v**

Abbildungsverzeichnis **xv**

Tabellenverzeichnis **xvii**

Vorwort **xxiii**

Kurzfassung **xxv**

Abstract **xxvii**

1 Einleitung **1**

2 Verifikation klassischer Auswertungsverfahren **5**

2.1 Prüfkörpergeometrie und Härte 5
2.2 Zusammenhang zwischen Kraft-Weg-Kurve und E-Modul . . . 15
2.3 Dimensionsanalyse 20
2.4 Kalibrierung 28
2.4.1 Ermittlung der Flächenfunktion und Nachgiebigkeit als entkoppelte Größen 29
2.4.2 Iterative Ermittlung der Flächenfunktion und der Nachgiebigkeit 33
2.5 Nutzung der Dimensionsanalyse für Größen der Indentation . 38
2.5.1 Linear elastisch-ideal plastisches Material 38
2.5.2 Linear verfestigendes Material 47
2.5.3 Auswirkungen des Werkstoffmodells auf die zu ermittelnden Kenngrößen 50
2.5.4 Auswirkungen einer fehlerhaft bestimmten Rahmennachgiebigkeit 51

3 Parameteridentifikation mittels Nanoindentation 55
3.1 Beschreibung des Indentermodells und der Vorgehensweise . . 55
3.2 Materialeigenschaften und zu identifizierende Parameter . . . 74
3.2.1 Berücksichtigung der Materialdaten in der FE-Berechnung 74
3.2.2 Elastisch-ideal plastisch 76
3.2.3 Elastisch-plastisch, mit linearer Verfestigung 76
3.2.4 Materialmodell nach Ramberg-Osgood 77
3.2.5 Modifiziertes Ramberg-Osgood-Modell mit einem linear elastischen Bereich 79
3.2.6 Modifiziertes Ludwik-Modell mit einem linear elastischen Bereich 81
3.3 Konstitutive Gleichungen 83
3.3.1 Kinematische Beziehungen 83
3.3.2 Additive Zerlegung der Dehnraten 84
3.3.3 Gleichgewicht und virtuelle Arbeit 84
3.3.4 Elastische Eigenschaften 86
3.3.5 Plastische Eigenschaften 86
3.3.6 Berücksichtigung zeitabhängigen Verhaltens durch Kriechen 88
3.4 Ablaufschema des Programmes 88
3.5 Konischer Indenter und synthetische Referenzdaten 90
3.5.1 Konvergenz des Optimierungsproblems bei zutreffender Materialhypothese 90
3.5.2 Identifikation mit nicht zutreffender Materialhypothese für ein bilineares Materialmodell 94
3.5.3 Identifikation mit nicht zutreffender Materialhypothese für das elastisch-ideal plastische Modell 100
3.6 Identifikationsprozess mit Kugelindenter und synthetischen Messkurven 107
3.6.1 Parameterstudie hinsichtlich des Konvergenzverhaltens 107
3.6.2 Kugelindenter und nicht zutreffende Materialhypothese 121
3.7 Vergleich mit anderen Verfahren 127

4 Zugversuche 129
4.1 Versuchsaufbau für Zugversuche 129
4.2 Ablauf des Zugversuchs 130
4.3 Auswerteverfahren 132
4.4 Versuchsergebnisse 137
4.5 Mögliche konstruktive Änderungen 139

5 Parameteridentifikation mit kalibrierter Geometrie 141
5.1 Analyse des Eindringkörpers 141
5.2 Aufbau eines angepassten Modells mit individuellem Prüfkörper 146
5.3 Indentation einer Mikrozugprobe aus Aluminium ohne Berücksichtigung viskoser Effekte 149
5.4 Indentation einer Mikrozugprobe aus Aluminium mit Berücksichtigung viskoser Effekte 153
5.5 Vergleich der Spannungs-Dehnungs-Linien aus Mikrozugversuch und Nanoindentation an Aluminium 155
5.6 Vergleich der Spannungs-Dehnungs-Linien aus Mikrozugversuch und Nanoindentation an Stahl 157
5.7 Bewertung identifizierter Spannungs-Dehnungs-Kurven 163

6 Zusammenfassung und Ausblick 167

A 3D-Modell des Indenters 171

B Abhängigkeit der Härte und des E-Moduls von der Eindringtiefe 175

C Analytische Lösungen zum Kontaktproblem 179
C.1 Elastischer Kontakt zweier Kugeln 179
C.2 Elastisch-plastischer Fall 185
C.3 Elastisch-plastischer Fall, starrer Indenter: *Expanding-cavity*-Modell nach Hill 186

D Zugversuche an Sn-Loten 191
D.1 Problembeschreibung 191
D.2 Analysemethode 195
D.3 Praktische Umsetzung 204
D.4 Identifizierte Materialparameter und Referenzwerte 206
D.5 Vergleich der Ergebnisse mit anderen Bewertungsverfahren anhand derselben Proben 210
D.6 Kritische Betrachtung des Vorgehens 212

Literaturverzeichnis 214