

Berichte aus Produktion und Umformtechnik

Hrsg.: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche

Untersuchung des Einflusses dehnungs- induzierter Oberflächenevolution in der Blechumformung

Viktor Recklin

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

**BAND
121**

*Shaker Verlag
Düren 2020*

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	IV
1. Einleitung	1
2. Stand der Technik	3
2.1. Tiefziehen und Streckziehen	3
2.1.1. Analytische Beschreibung der auftretenden Kräfte und Spannungen	6
2.1.2. Prozessgrenzen beim Tiefziehen	8
2.1.3. Formänderungsanalysen in der Blechumformung	11
2.2. Charakterisierung technischer Oberflächen	15
2.3. Werkstoffverhalten während der Umformung	17
2.3.1. Kristallplastizität	19
2.3.2. Beschreibung kristallographischer Ebenen und Richtungen	23
2.3.3. Freie Umformung	24
2.3.4. Kontaktgebundene Umformung	29
2.3.5. Reibung und Schmierung beim Tiefziehen	30
2.3.6. Experimentelle Ermittlung von Reibwerten in der Blechumformung	32
2.4. Grundlagen der numerischen Simulation mit Schwerpunkt Blechumformung	34
2.5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	38
3. Zielsetzung und Vorgehensweise	41
4. Analysemethoden und Werkstoffcharakteristik	43
4.1. Experimentelle Versuchseinrichtungen	43
4.2. Optische Messverfahren	46
4.3. Numerische Simulationssoftware	47
4.4. Materialmodellierung und -eigenschaften	47

5. Methodik zur Aufnahme formänderungsabhängiger Reibwerte	51
5.1. Herausforderungen beim Keilzugversuch	51
5.2. Napfziehversuch mit 3D Kraftmessung	54
5.2.1. Auswahl und Auslegung der Kraftsensorik im Niederhalterbereich ..	56
5.2.2. Experimentelle Vorgehensweise und ausgewählte Versuchsparemeter.....	59
5.2.3. Analyse prinzipieller Kraftverläufe.....	60
5.3. Einfluss der Einzugsrichtung	65
5.4. Einfluss der Kontaktnormalspannung	68
5.5. Einfluss der Rondengröße	70
5.6. Analyse des prinzipiellen Reibwertverlaufs unter Berücksichtigung tribologisch sensitiver Belastungsgrößen.....	71
5.7. Validierung der formänderungsabhängigen Reibwertaufnahme	78
5.8. Analyse des Einflusses der Kontaktfläche auf den Reibwert	80
5.8.1. Experimentelle Variation der Kontaktfläche bei der Reibwertaufnahme.....	80
5.8.2. Physikalische Analyse des Schmierstoffverhaltens in der Kontaktzone	83
5.9. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	87
6. Experimentelle Untersuchung der freien, dehnungsinduzierten Oberflächenwandlung.....	89
6.1. Versuchsaufbau zur Induktion definierter Dehnungen in das Blech.....	89
6.1.1. Auswertung der Oberflächenkennwerte.....	90
6.1.2. Halbzeugspezifische Einflussgrößen auf die Oberflächenwandlung	93
6.2. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	97
7. Numerische Untersuchung der freien Oberflächenwandlung	99
7.1. Aufbau des numerischen Modells.....	99
7.1.1. Polykristallines Materialmodell.....	101
7.1.2. Einbindung kristallographischer Textur.....	102

7.1.3. Aufgeprägte Randbedingungen und Korninteraktion	105
7.2. Auswertung der numerisch ermittelten Oberflächenwandlung	107
7.2.1. Variation der Orientierung einzelner Körner.....	109
7.2.2. Variation des Dehnpfades	110
7.3. Validierung des numerischen Modells	115
7.4. Kapitelzusammenfassung und Schlussfolgerungen	117
8. Zusammenfassung und Ausblick	119
9. Anhang	123
Literaturverzeichnis.....	125
Abbildungsverzeichnis	141
Tabellenverzeichnis.....	147