

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik in Forschung und Industrie	5
2.1	Fertigungstechnologie Feinschneiden	5
2.1.1	Spannungszustand in der Scherzone	7
2.1.2	Stempelbelastung beim Schneidvorgang	10
2.1.3	Stempelbelastung beim Abstreifen	12
2.1.4	Tribologie des Feinschneidens mit Hartmetallstempeln	14
2.1.5	Qualitätsmerkmale von Feinschnittteilen	16
2.1.6	Zwischenfazit	24
2.2	Hartmetall als Stempelwerkstoff	25
2.2.1	Mikrostruktur und mechanische Eigenschaften von Hartmetallen	26
2.2.2	Bruchmechanik von Hartmetallen	29
2.2.3	Herstellung von Schneidstempeln aus Hartmetall	32
2.2.4	Zwischenfazit	33
2.3	Zusammenfassung des Stands der Technik	33
3	Zielsetzung und Forschungsmethodik	37
4	Ausbildung von Schnittflächenmerkmalen beim Schneidvorgang	41
4.1	Experimentelle Analyse der Entstehung von Kanteneinzug	41
4.1.1	Versuchsdurchführung für die Analyse von Wechselwirkungen des Kanteneinzugs mit Eigenschaften des Stanzgitters	42
4.1.2	Analyse von Wechselwirkungen von Parametern des Stanzgitters mit der Ausbildung von Kanteneinzug	44
4.2	Simulative Analyse der Entstehung von Kanteneinzug	46
4.2.1	Entwicklung eines Finite-Elemente-Modells zur Analyse der Entstehung von Kanteneinzug	47
4.2.2	Validierung des Spannungszustands mittels Visioplastizität	49
4.2.3	Analyse des Spannungszustands in der Scherzone und im Kanteneinzugbereich	52
4.3	Zwischenfazit	62
5	Wechselwirkungen zwischen Schneidstempel und Schnittfläche	65
5.1	Klemmkraft und Abstreifkraft aufgrund von elastischer Rückfederung	65
5.2	Einfluss von Schnittflächenmerkmalen auf die Wechselwirkung mit dem Schneidstempel in der Abstreifphase	73
5.3	Zwischenfazit	86

6	Abstreifen des Stanzgitters mit asymmetrischer Geometrie	89
6.1	Abstreifversuche mit einer Analogiegeometrie	89
6.2	Analyse von Stempelbrüchen mit asymmetrischer Geometrie	91
6.3	Numerische Analyse der Stempelbeanspruchung beim Abstreifen	96
6.4	Zwischenfazit	103
7	Reduzierung von Biegespannungen im Schneidstempel beim Abstreifen	104
7.1	Werkzeugkonzept zur Reduzierung von Biegespannungen in Hartmetallstempeln beim Abstreifen	104
7.1.1	Steife Werkzeugkonstruktion zum Feinschneiden mit Hartmetallstempeln	105
7.1.2	Streifenlayout für eine balancierte Klemmkraft des Stanzgitters	109
7.1.3	Prozessführung für einen kontrollierten Abstreifvorgang	109
7.1.4	Fertigung von Schneidstempeln für Validierungsversuche	110
7.2	Experimentelle Validierung von Maßnahmen zum prozesssicheren Abstreifen	114
7.3	Zwischenfazit	118
8	Wirtschaftlichkeitsbewertung des Feinschneidens mit Hartmetallstempeln	121
8.1	Entwicklung des Kostenmodells	121
8.1.1	Kostenbestimmende Parameter	121
8.1.2	Mathematische Formulierung	125
8.2	Szenarien für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Hartmetallstempeln	128
8.3	Zwischenfazit	131
9	Zusammenfassung und Ausblick	133
10	Literaturverzeichnis	139
11	Anhang	153
11.1	Fließkurvenmodelle	153
11.2	Erodierparameter	153
11.3	Verschleißanalyse im Validierungsversuch	154
11.4	Kostenmodell	156