
Inhaltsverzeichnis

Formel- und Kurzzeichen.....	III
1 Einleitung.....	1
2 Stand der Erkenntnisse	3
2.1 Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide	3
2.1.1 Definition	3
2.1.2 Geometrische Beziehungen zwischen Werkzeug und Werkstück.....	3
2.1.3 Spanbildungsmechanismen.....	4
2.2 Spanbildungsmodelle	4
2.2.1 Allgemeines	4
2.2.2 Scherwinkelmodell von ERNST UND MERCHANT	5
2.2.3 Scherwinkelmodell von OPITZ UND HUCKS.....	6
2.2.4 Erweiterte Zerspanungstheorien.....	7
2.3 Messtechnische Erfassung und Analyse der Spanbildung.....	8
2.3.1 Spanwurzelerzeugung	8
2.3.2 Visuelle Methoden zur Beobachtung der Spanbildung	9
2.4 Röntgenographische Spannungsanalyse.....	9
2.5 Bestimmung von Spannungen aus elastischen Dehnungsanteilen.....	12
2.6 Numerische Simulationsmethoden.....	13
2.6.1 Simulationsmethoden in der Fertigungstechnik	13
2.6.2 Zerspanungssimulation mittels Finiter Elemente Methode	15
2.6.3 Material- und Reibungsmodelle für Zerspanungssimulationen.....	18
2.7 Aufbauschneidenbildung	22
3 Zielsetzung und Vorgehensweise.....	24
4 Versuchsbedingungen und Messmethoden	27
4.1 Versuchseinrichtungen.....	27
4.1.1 Zerspanungsaufbau	27
4.1.2 Materialprüfung und Reibungsexperimente	28
4.1.3 Prozessanalyse.....	30
4.2 Versuchswerkzeuge	32
4.3 Versuchswerkstücke.....	33
4.4 Mess- und Analyseeinrichtungen	34
4.5 Versuchsdurchführung	35
4.5.1 Stauch- und Reibversuche.....	35
4.5.2 Kantenpräparation	37
4.5.3 In situ Dehnungsmessungen	37
4.6 Software für Zerspanungssimulationen.....	39
5 Spannungszustand und erweitertes Scherwinkelmodell	40
5.1 Definition der Messorte.....	40
5.2 Spannungszustand in der Spanbildungszone	41
5.2.1 Ortsaufgelöste Spannungszustände.....	41
5.2.2 Einfluss des Spanwinkels γ und der Spannungsdicke h auf den Spannungszustand	60
5.2.3 Erkenntnisse zu den Annahmen der Spanbildungsmodelle	63
5.2.4 Richtung der maximalen Schubspannungen	63

5.3	Spannungsverlauf an der Spanfläche.....	64
5.3.1	Definition zusätzlicher Messorte	64
5.3.2	Auswertung der in situ Dehnungsmessungen an der Spanfläche	66
5.4	Erweitertes Scherwinkelmodell.....	68
6	Erstellung und Validierung von Zerspanungssimulationen	78
6.1	Simulationsmodell.....	78
6.1.1	Vernetzung.....	78
6.1.2	Adaption der Fließkurven zur Ableitung des Materialmodells	79
6.1.3	Reibungsmodell	84
6.2	Ebener Dehnungszustand in der Spanbildungszone.....	85
6.3	Aufbau des Simulationsmodells.....	86
6.3.1	Vorgehen.....	86
6.3.2	Wahl des Reibungsmodells.....	86
6.3.3	Zerspanungskräfte und Spangeometrie.....	87
6.3.4	Validierung unter Verwendung der Normal- und Schubspannungen	89
6.3.5	Fazit	106
6.4	Zerspanungssimulationen unter Berücksichtigung der Aufbauschneidenbildung	107
6.4.1	Aufbauschneidenbildung bei der Orthogonalzerspanung	107
6.4.2	Erweitertes Simulationsmodell	109
6.4.3	Einfluss der Aufbauschneide auf den Spanbildungsvorgang.....	111
6.4.4	Fazit	116
6.5	Zerspanungssimulationen unter Berücksichtigung der Materialverfestigung in der Scherzone.....	117
6.5.1	Materialverfestigung in der Scherzone.....	117
6.5.2	Kraft-Weg-Verläufe aus Nano-indentationsversuchen und Simulationsmodell der Nanoindentation.....	117
6.5.3	Fließkurvenbestimmung aus Nanoindentationsversuchen	119
6.5.4	Erweitertes Materialmodell.....	121
6.5.5	Einfluss der Materialverfestigung auf den Spanbildungsvorgang	122
7	Praxisrelevanz	127
8	Zusammenfassung	131
9	Literaturverzeichnis	135
