

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	V
Formelzeichenverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Prinzip der ultraschallunterstützten Zerspanung	3
1.3 Allgemeine Zielsetzung und inhaltlicher Aufbau der Arbeit	4
2 Grundlagen und Stand der Technik	7
2.1 Allgemeines	7
2.2 Technologische Grundlagen des FräSENS	7
2.2.1 Wirkvorgänge bei der Spanbildung	7
2.2.2 Verfahrenstechnische Grundlagen des FräSENS	9
2.2.3 Kinematik und Prozessgrößen bei SchaftfräSProzessen	10
2.2.4 Modellierung von Zerspanungsprozessen	15
2.3 Ultraschallunterstützte Zerspanung von Ti 6Al 4V	24
2.3.1 Allgemeines	24
2.3.2 Ultraschallunterstützte Zerspanung mit definierter Schneide	26
2.3.3 Modellierungsansätze für die ultraschallunterstützte Zerspanung	35
2.3.4 Systemtechnik für das ultraschallunterstützte FräSEN	40
2.3.5 Reibungsreduktion unter Ultraschalleinfluss	43
2.4 Werkstofftechnische Grundlagen von Titan	46
2.4.1 Allgemeines zu Titan	46
2.4.2 Die Titanlegierung Ti 6Al 4V	49
2.4.3 Zerspanbarkeit	50
2.5 Zusammenfassung	55
3 Forschungsansatz, Zielsetzung und Vorgehensweise	57
3.1 Allgemeines	57

3.2	Handlungsbedarf	57
3.3	Ziel der Arbeit	58
3.4	Wissenschaftliches Vorgehen	59
4	Versuchs- und Messtechnik	61
4.1	Allgemeines	61
4.2	Versuchsaufbau	61
4.2.1	Beschreibung der Versuchsmaschine und der verwendeten Prozessstellgrößen	61
4.2.2	Beschreibung der Versuchswerkzeuge	63
4.2.3	Beschreibung der Versuchsproben	64
4.3	Analyse- und Auswertemethoden	64
4.3.1	Analyse der Oberflächentopografie	64
4.3.2	Bestimmung des Schwingungsverhaltens	64
4.3.3	Messung der Zerspankraftkomponenten	65
4.3.4	Bestimmung des Werkzeugverschleißes	66
4.3.5	Bestimmung der Randzoneneigenschaften (Eigenspannungen und Härte)	67
4.3.6	Temperaturmessung im Werkstück	68
4.4	Zusammenfassung	69
5	Auslegung der Systemtechnik für das schwingungsunterstützte Fräsen	71
5.1	Allgemeines	71
5.2	Auslegung und Aufbau eines Ultraschall-Werkzeugsystems	72
5.2.1	Vorgehensweise bei der Modellierung des Ultraschallsystems	72
5.2.2	Anforderungsdefinition	73
5.2.3	Analytische Berechnung der Ausgangsgeometrie	75
5.2.4	Finite-Elemente-Methode-Simulation	78
5.2.5	Gesamtaufbau und Vermessung	83
5.3	Zusammenfassung	89

6 Analyse der Wirkmechanismen und Einflussfaktoren	91
6.1 Allgemeines	91
6.2 Einfluss auf die Zerspankraftkomponenten	91
6.2.1 Einfluss der Schwingungsamplitude	91
6.2.2 Einfluss der Schnittgeschwindigkeit	94
6.2.3 Einfluss des Arbeitseingriffes und der Vorschubgeschwindigkeit	96
6.3 Einfluss auf die Oberflächen- und Randzoneneigenschaften des Werkstücks	97
6.3.1 Einfluss auf die Oberflächeneigenschaften	98
6.3.2 Einfluss auf die Randzoneneigenschaften	104
6.4 Einfluss auf den Werkzeugverschleiß	111
6.5 Einfluss auf die Spanbildung	114
6.6 Zusammenfassung	118
7 Prozessmodellierung	121
7.1 Allgemeines	121
7.2 Modellierung der kinematischen Eingriffsverhältnisse	121
7.3 Reibungsreduktion durch eine LT-Schwingungsüberlagerung	127
7.4 Zerspankraftmodell	129
7.4.1 Modelldefinition	129
7.4.2 Modellierung für den orthogonalen Schnitt mit Schwingungsüberlagerung	132
7.4.3 Modellierung für den schrägen Schnitt mit Schwingungsüberlagerung	136
7.4.4 Validierung der Modelle	139
7.5 Zusammenfassung	141
8 Technologische und wirtschaftliche Bewertung	143
8.1 Allgemeines	143
8.2 Technologische Bewertung	143
8.3 Wirtschaftliche Bewertung	146

8.4 Zusammenfassung	148
9 Zusammenfassung und Ausblick	149
9.1 Zusammenfassung	149
9.2 Ausblick	151
10 Verzeichnis betreuter Studienarbeiten	155
11 Literaturverzeichnis	157
12 Anhang	181