

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1- Einleitung	1
Kapitel 2- Stand der Technik und Forschung	5
2.1 Zellulare metallische Werkstoffe (ZMW)	5
2.1.1 Einführung	5
2.1.2 Werkstoffeigenschaften	6
2.1.3 Herstellung von zellularen Metallen	6
2.1.4 Anwendungen	8
2.1.5 Bearbeitung von zellularen Metallen	8
2.2 Spanende Bearbeitung von zellularen Metallen	9
2.2.1 Einführung	9
2.2.2 Spanen von ZMW mit geometrisch bestimmter Schneide	10
2.2.3 Zerspanbarkeit von zellularen Metallen	12
2.3 Modellierung der spanenden Bearbeitung	16
2.3.1 Einführung	16
2.3.2 Spanbildung bei monolithischen Werkstoffen	17
2.3.3 Spanbildung bei gesinterten Werkstoffen	18
2.3.4 Spanbildung bei zellularen metallischen Werkstoffen	20
2.4 Finite-Elemente-Modelle	21

2.4.1 FE-Modelle zellularer metallischer Werkstoffe	22
2.4.2 FE-Simulation des Spanbildungsvorgangs	31
2.5 Künstliche neuronale Netze	39
2.5.1 Definition, Aufbau und Eigenschaften	40
2.5.2 Aufbau eines KNN-Modells	42
2.5.3 Modellierung des Zerspanens mit KNN	45
2.6 Fazit zum Stand der Forschung	49
Kapitel 3 - Aufgabenstellung	51
3.1 Ausgangssituation und Fragestellung	51
3.2 Zielsetzung	53
3.3 Vorgehensweise	53
3.3.1 Konzeption	53
3.3.2 FE-Modellierung des Zerspanens	54
3.3.3 KNN-Modellierung des Zerspanens	57
Kapitel 4 - Modellbildung des Zerspanens von ZMW	61
4.1 FE-Modellierung zur Simulation des Spanbildungsvorganges	62
4.1.1 Untersuchungsprogramm der Zerspanvorgänge	62
4.1.2 FE-Software	64
4.1.3 Aufbau des mesoskopischen Modells	64
4.1.4 Stoffgesetz und Werkstoffeigenschaften zur Modellierung des Zerspanens	66
4.1.5 Modellierung von Bruch und Werkstofftrennung	68
4.1.6 Modellierung des Kontakts	69

4.1.7	Randbedingungen bei der Simulation des orthogonalen Schnitts	69
4.1.8	Randbedingungen bei der Simulation des Umfangsfräsens	71
4.1.9	Thermische Randbedingungen der Modelle	72
4.1.10	Diskretisierung der Modelle	73
4.1.11	Simulation des orthogonalen Schnittes	75
4.1.12	Simulation des Umfangsfräsens	77
4.2.	KNN-Modellierung zur Simulation des Umfangsfräsens	79
4.2.1	Beschreibung der Zerspanvorgänge	79
4.2.2	Datenbehandlung: Eingangs-, Ausgangsdaten und Skalierung	81
4.2.3	Netzgenerierung und Auswahl der Topologie	82
4.2.4	Training und Test	83
Kapitel 5 - Simulation der spanenden Bearbeitung von ZMW		85
5.1	Finite-Elemente-Simulation des Zerspanens	85
5.1.1	Validierung des Modells	85
5.1.2	2D-Modelle des Spanbildungsvorganges	92
5.1.3	3D-Modelle der spanenden Bearbeitung	112
5.2.	Simulation des Zerspanens mit künstlichen neuronalen Netzen	120
5.3.	Bewertung der Untersuchungsergebnisse	122
5.3.1	Finite Elemente Simulation	122
5.3.2	Künstliche neuronale Netze	125
Kapitel 6 - Zusammenfassung		127
Kapitel 7 - Ausblick		131

Literaturverzeichnis	135
Anhänge	151
A - Grundlagen der Finite-Elemente Methode	151
B - Grundlagen der künstlichen neuronalen Netze	152
C - Lösungsverfahren und Modellierungsansatz (ABAQUS/Explicit)	155
D - Johnson-Cook-Stoffgesetz	162
E – Alternative, wissensbasierte Ansätze für die Datenaufbereitung	166