

Grundlagen und Konzeption zur Simulation des Zerspanens von Zellularen Metallischen Werkstoffen

Dipl.-Ing. Rafael Guerra

1 Einleitung

Die zellularen metallischen Werkstoffe sind relativ neue Materialien, die durch eine hohlräumige Struktur gekennzeichnet sind. Neue Varianten dieser Werkstoffe werden ständig weiterentwickelt und ihre Materialeigenschaften und potentiellen Anwendungen werden untersucht. Die Bearbeitbarkeit ist besonders bedeutsam, insbesondere die Zerspanung spielt eine große Rolle bezüglich Anforderungen aus neuen Einsatzgebieten.

2 Stand der Technik und des Wissens

Die Zerspanbarkeit zellulärer metallischer Strukturen wurde für ausgewählte Werkstoffe und Verfahren untersucht. Erkenntnisse zur Bearbeitung von zellularen Werkstoffen liegen zum Fräsen und Schleifen von Titan [BRA-03] und aus Zerspanversuchen zum Fräsen von Stahl vor [LIS-08, ETT-08].

Zur Analyse der Zerspanbarkeit kommen schon seit Jahren Modelle des Zerspanvorganges erfolgreich zum Einsatz. Dadurch kann unter anderen die Anzahl der Experimente reduziert werden, die in der Regel zeit- und kostenintensiv sind.

Finite-Elemente-Methoden können für die Analyse von Zerspanverfahren benutzt werden. Sie ermöglichen eine sehr detaillierte Darstellung des Zerspanprozesses, damit kann man z.B. ein grundlegendes Verständnis über die Spanbildung erzielen. Außerdem sind die sich ausbildende Spanform sowie die resultierenden Prozesskräfte und Temperaturen berechenbar.

Das Zerspanen von nicht monolithischen Werkstoffen wurden mit Hilfe von der FEM untersucht [NAY-05]; die FEM wurden für die Simulation von Umformverfahren verwendet [GAG-08].

Weitere Methoden zur Analyse des Zerspanens bieten die Verfahren der Künstlichen Intelligenz. Dabei sind die Künstliche Neuronale Netze vielversprechend [LUO-95]. Das Zerspanen von Verbundwerkstoffen wurde untersucht [LIN-03]. Im Bereich zellulare metallische Werkstoffe wurden KNN-Modelle für die Berechnung von Materialeigenschaften entwickelt [RAJ-08].

3 Aufgabenstellung

Problemstellung

Ein besseres Verständnis über die Zerspanbarkeit ist erforderlich, um die produktive und prozesssichere Anwendung spanender Prozesse bei diesen Werkstoffen zu ermöglichen.

Zielsetzung

Das Ziel der Arbeit ist die Entwicklung von FE-Modellen und KNN-Modellen zur Analyse der spanenden Bearbeitung mit geometrischer bestimmter Schneide von zellularen metallischen Werkstoffen. Im Vordergrund stehen die Zerspanbarkeit und

Schnittwertermittlung. Der Einfluss von Zerspanverfahren und Prozessparametern z.B. Vorschub, Schnittgeschwindigkeit und Schnitttiefe ist zu untersuchen.

4 Vorgehensweise

FE-Modelle zur Simulation des Zerspanens werden entwickelt, um Schnittkräfte, Temperatur und Spanform zu berechnen. KNN-Modelle zur Vorhersage von Werkzeugverschleiß und Oberflächengüte werden die FE-Modelle ergänzen (Abb. 4.1). Die verfügbaren experimentellen Daten werden verwendet, um KNN-Modelle zu entwickeln und die FE-Modelle zu verifizieren.

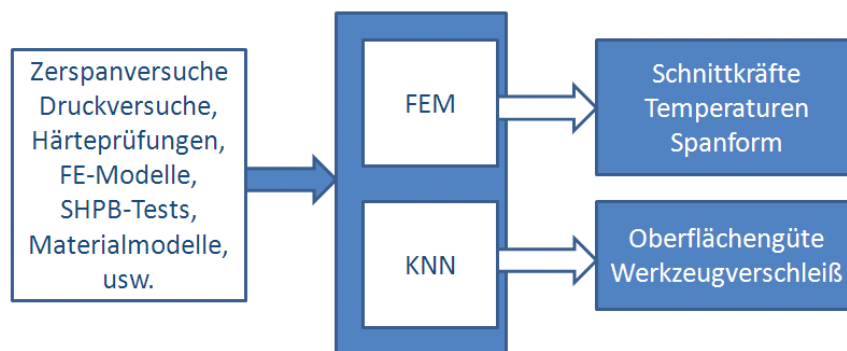


Abb. 4.1: Gesamtkonzeption - Schwerpunkte der Arbeit

4.1 Finite-Elemente-Modell zur Simulation des Zerspanvorganges

Unterschiedliche Aspekte sollen bei der Entwicklung eines FE-Modells berücksichtigt werden, ein Überblick ist aus Abb. 4.2 ersichtlich.

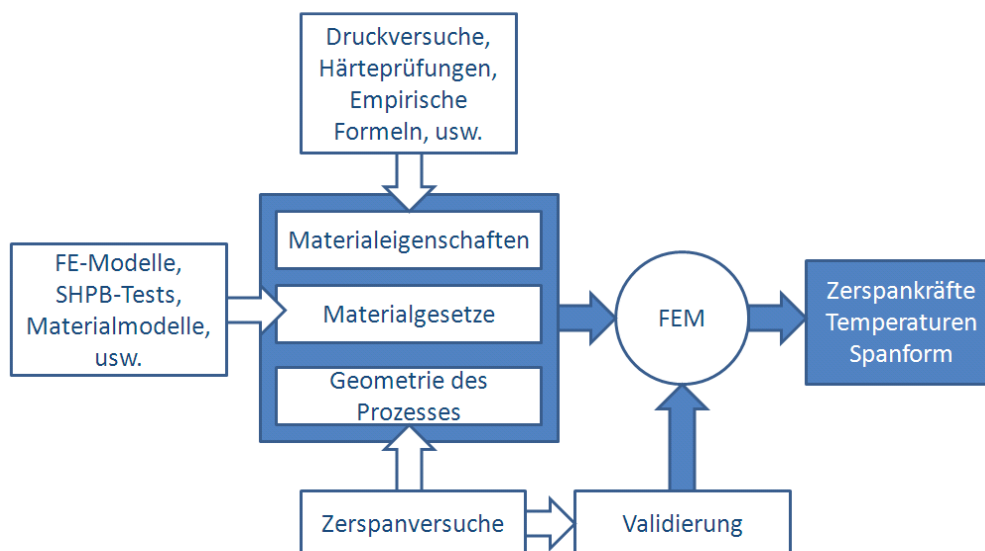


Abb. 4.2: Komponenten der Finite-Elemente-Methode zur Simulation

Materialeigenschaften werden aus experimentellen Ergebnissen abgeleitet oder durch empirische Formeln berechnet.

Materialgesetze zellulärer metallischer Werkstoffe müssen erforscht werden.

Geometrische Beschreibungen zum Prozess, z.B. Werkzeug- und Werkstückgeometrie, sollen berücksichtigt werden. Da der Werkstückwerkstoff im Mittelpunkt steht, ist der Einfluss von Mesostruktur des Materials auf den Zerspanvorgang zu berücksichtigen

Eine Verifizierung und Validierung des Materialmodelles ist derart vorgesehen, dass dazu Versuche simuliert und die Simulation mit den Experimenten verglichen wird.

Die Software ABAQUS V.5.5, ein Finite-Element-Programm, wird für die Simulation des Zerspanverfahrens benutzt.

4.2 KNN-Modell zur Simulation des Zerspanvorganges

Die Entwicklung des KNN-Modells kann in mehrere Etappen unterteilt werden (Abb. 4.3) [FIC-99]:

- Problembeschreibung: Für die Beschreibung des Problems werden der Definitionsbereich festgelegt und die Ziele formuliert.
- Datenbehandlung: Die Aufbereitung des Datenmaterials ist so vorzunehmen, dass die Menge und Qualität der Trainingsdaten ausreichend sind und in einer geeigneten Form für die Künstliche Neuronale Netze vorbereitet sind.
- Netzgenerierung und Modellerstellung: In der Regel ist es empfehlenswert, Netzstruktur und Lernparameter in Trainingsversuchen zu optimieren.
- Training und Test: Zum Schluss werden die Daten in mehreren Trainingsläufen gelernt, dadurch werden Netz und die Lernparameter optimiert.
- Anwendung: Die trainierten neuronalen Netze können für die Berechnung der Ausgangsgrößen verwendet.

Die Auswahl der Software, die für die Implementierung des Modells benutzt wird, muss aktuell untersucht werden. Derzeit wird Software: SNNS – Stuttgart Neuronal Network Simulator - verwendet [FIS-00].

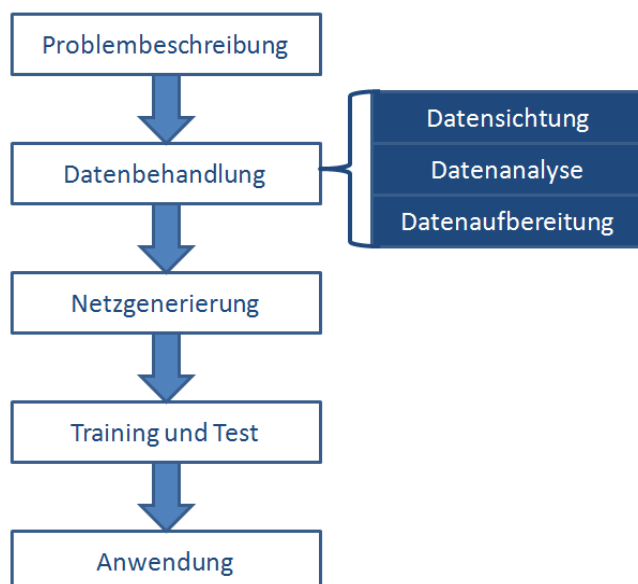


Abb. 4.3: Schritte zur Anwendung der KNN [FIC-99]

5 Konzeption

Zerspankräfte, Oberflächengüte und Werkzeugverschleiß werden als Kenngröße zur Bewertung der Zerspanbarkeit betrachtet. Daraus folgen Schlüsse für die Schnittwertermittlung zur Bearbeitung zellulärer metallischer Werkstoffe. Der Einfluss der einzelnen Parameter, d.h. Vorschub, Schnittgeschwindigkeit und Schnitttiefe auf die Zerspanbarkeit, wird ermittelt und ausgewertet.

Ein FE-Modell des Fertigungsprozesses soll die physikalischen Vorgänge richtig darstellen: Die dabei entstehenden mechanischen und thermischen Kenngrößen müssen beschrieben werden.

Zur Entwicklung des KNN-Modelles werden experimentellen Daten verwendet, die aus Versuchen von zellulären metallischen Werkstoffen entstehen. Diese Versuche werden auch für die Validierung und Verifizierung der FE-Modelle verwendet.

5.1 Material und Methodik zur Entwicklung des FE-Modells

Die FE-Modelle simulieren den Spanbildungsvorgang insgesamt. Dabei werden die Spanform, Kräfte, Spannungs- und Temperaturverteilung gleichzeitig berechnet, da diese Größen mit einander wechselwirken.

Die Verifizierung der FEM-Modelle sind von den bestehenden experimentellen Daten abhängig. Angesichts der verfügbaren experimentellen Information und werden Werkstoff, Zerspanverfahren, Werkzeug und Schnittparametern des Modells ausgewählt.

Bestimmung der Materialeigenschaften und Materialgesetz

Zur Simulation des Zerspanprozesses ist die Implementierung eines Materialgesetzes wesentlich. Zu diesem Zweck werden normalerweise empirische Modelle angewendet, deren Kennwerte durch Versuche bestimmt werden.

Ein empirisches Materialgesetz, dass bei der Simulation des Zerspanvorganges oft verwendet wird, ist das Modell nach Johnson-Cook [UMB-07]. Obwohl die Kennwerte des Modells für zelluläre metallische Werkstoffe nicht vorhanden sind, wird die Anwendbarkeit dieses Modells bei der Simulation des Zerspanens von diesen Materialien untersucht.

Material- und Reibungsgesetze, die bei der Simulation des Zerspanens monolithischer Werkstoffe angewendet wurden, werden auch betrachtet.

Geometrische Modellierung des Zerspanverfahrens

Die Geometrie des Werkzeuges und des Werkstückes ist nachgebildet. Die Darstellung des Werkstückwerkstoffes steht im Mittelpunkt der Untersuchung.

5.2 Material und Methodik zur KNN-Modellbildung

Die Entwicklung des KNN-Modells kann zunächst in drei Etappen begonnen werden: Problembeschreibung, Datenbehandlung und Netzgenerierung. Erste Untersuchungen galten der Problembeschreibung.

Daten aus zwei Reihen vorliegender Zerspanversuche werden für die Entwicklung des KNN-Modells betrachtet: Umfangsfräsen von offenzelligen Metallschäumen aus Edelstahl 314L (IFAM) und Stirnfräsen von hochporösen Titan-Schäumen.

Das Ziel des KNN-Modells ist die Simulation des Zerspannens von zellulären metallischer Werkstoffen zur Vorhersage von Werkzeugverschleiß und Oberflächengüte. Einflussgrößen sind dabei die Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und Schnitttiefe.

Obwohl Kennwerte des Materials z.B. Zellgröße, Dichte und Struktur untersucht werden sollen, sind die Daten nicht vorhanden. Es wird jedoch untersucht, ob das

bestehende Wissen über den Einfluss dieser Einflussgröße auf das Materialverhalten integriert werden kann.

Literatur

- /BRA-03/ Bram M.; Kempmann, C.; Laptev, A.; Stöver, D.; Weinert, K.: Investigations on the Machining of Sintered Titanium Foams Utilizing Face Milling and Peripheral Grinding; *Advanced Engineering Materials* (5) 2003, p.p. 441 – 447.
- /LIS-08/ Liskamm, C.: HSC-Fräsbearbeitung ebener Flächen bei metallischen zellularen Materialien: Diplomarbeit, Fakultät Maschinenwesen, Technische Universität Dresden, 2008.
- /ETT-08/ Ettelt, J.: Untersuchung zur Zerspanbarkeit metallischer zellulärer Werkstoffe durch konventionelle und hybride Bearbeitungsstrategien, Diplomarbeit, Fakultät Maschinenwesen, Technische Universität Dresden, 2008.
- /NAY-05/ Nayak, D.; Bhatnagar, N.; Mahajan, P.: Machining studies of UD-FRP composites Part 2: finite element analysis; *Machining Science and Technology* (9) 2005 p.p. 503–528.
- /GAG-08/ Gagliardi, F.; Filice, L.; Umbrello, D.; Shivpuri, R.: Forging of metallic foams to reproduce biomechanical components; *Materials Science and Engineering A* (480) 2008, p.p. 510–516.
- /LUO-95/ Luong, L.; Spedding, T.: A neural-network system for predicting machining behavior; *Journal of Materials Processing Technology* (52) 1995, p.p. 585-591.
- /LIN-03/ Lin, J.T.; Bhattacharyya, D.; Kecman, V.: Multiple regression and neural networks analyses in composites machining; *Composites Science and Technology* (63) 2003, p.p. 539–548.
- /RAJ-08/ Raj, R.E.; Daniel, B.S.S.: Prediction of compressive properties of closed-cell aluminum foam using artificial neural network; *Computational Materials Science*, (43) 2008, pp. 767-773.
- /FIC-99/ Fichtner, D.; Nestler, A.; Schulz, G.: Wissensakquisition für Schnittwerte beim Fräsen unter Nutzung von neuronalen Netzen. Ergebnisse eines gleichnamigen Grundlagen-Forschungsprojektes. *Fortschr.-Berichte VDI Reihe 20, Nr. 304*, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1999, ISBN 3-18-330420-1
- /FIS-00/ Fischer, I.; Hennecke, F.; Bannes, C.; Zell, A.: *Java Neural Network Simulator User Manual, Version 1.1*; University of Tübingen.
- /UMB-07/ Umbrello, D.; M'Saoubi, R.; Outeiro, J.: The influence of Johnson-Cook material constants on finite element simulation of machining of AISI 316L steel; *International Journal of Machine Tools & Manufacture* (47) 2007, p.p. 462-470.