

DEM-Modellierung selbstschärfender Schneidwerkzeuge

Nils Mölders, Jan Blömer

Fraunhofer UMSICHT, Osterfelderstr. 3, 46047 Oberhausen

Einleitung

Lebewesen nutzen optimierte Strukturen, um physikalischen Belastungen zu widerstehen. Die hohe Leistungsfähigkeit dieser Strukturen begründet sich in deren hierarchischen Aufbau. Hochbelastbare Werkstoffe nach diesem biologischen Vorbild sind jedoch nicht verfügbar, da das entsprechende Prozessverständnis zu deren Wirkungsweise fehlt.

Simulation und Modellierung mechanischer Belastungen von Bauteilen sind fester Bestandteil bei der Entwicklung neuer Konstruktionen. Die Finite Elemente Methode hat sich bei der Beschreibung von Feldproblemen fester Körper bewährt, stößt jedoch an ihre Grenzen, wenn es um die Darstellung einzelner, sich vom Gesamtsystem lösender Elemente handelt. Die Beschreibung von Abrasions- und Bruchphänomenen sowie die Berücksichtigung spezieller Werkstoffcharakteristika wie Heterogenität, Gradienten oder Strukturierung, sind mit dieser Methode aufgrund der sich ständig ändernden Konfigurationen nur unzureichend darstellbar.

Eine Alternative dazu bietet die Diskrete Elemente Methode (DEM): DEM stellt den Gegensatz zur klassischen kontinuumsmechanischen Betrachtungsweise dar. Diese Methode erlaubt die Berechnung und Simulation von diskreten, diskontinuierlichen Zuständen an diskreten Elementen, deren Eigenschaften und Anordnung weitgehend frei variiert werden können.

Diese Methode ermöglicht es, die physikalischen Prozesse zu verstehen und die biologischen Strukturen auf technische Anwendungen zu übertragen.

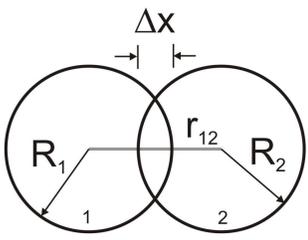
Aktuell wird das Modell zur Abbildung der hierarchischen Struktur von Rattenzähnen eingesetzt. Diese verfügen durch gezielte Verschleißlenkung über einen Selbstschärfeeffekt, dessen Übertragung auf die Technik im Rahmen dieses Projektes untersucht wird.

Folgende Schritte sind erforderlich:

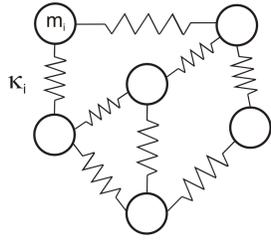
- Entwicklung des DEM- Programmcodes (Dreidimensional)
- Ableitung von Werkstoffmodellen
- Darstellung der Werkstoffcharakteristika (Heterogenität, Gradienten)
- Kalibrierung des Modells
- Durchführung von Schnittsimulationen

Diskrete Elemente Methode

- Elemente: Kugeln, Elementanzahl bis $2 \cdot 10^6$, einfache Kontaktdetektion
- Abstoßung: Druckfedern, viskose Dämpfer
- Kohäsion: Zugfedern, Biegebalken (einschl. Zugkräfte und Torsion)
- Versagen: Kombiniertes Kriterium für Zug und Biegung
- Plastizität: Elastische Wechselwirkung bis zum Bruch, langreichweitige Kräfte



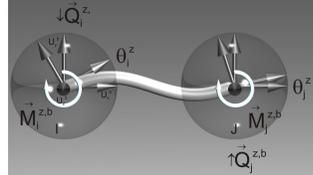
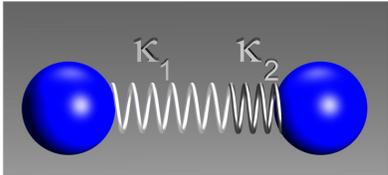
Kontaktdetektion



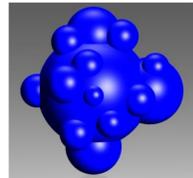
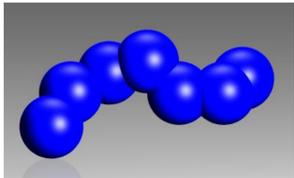
Verbindung eines Kugelkollektives

Vorteile:

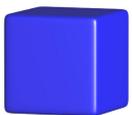
- Flexibler Aufbau der Körper aus einzelnen diskreten Elementen
- Abrasions- und Bruchvorgänge sind darstellbar
- Berücksichtigung der speziellen Werkstoffcharakteristika (Gradienten, Heterogenität) durch:
- Gezielte lokale Variation der Wechselwirkungen



Berücksichtigung der Werkstoffstruktur (Geometrie), wie z. B. Fasern



Erweiterung der Elementgeometrien durch Polyeder oder Superquadrics

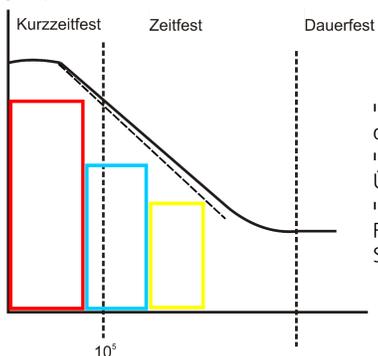


Nachteile:

- Parameter zur Kalibrierung des Modells nicht unmittelbar ableitbar
- Hoher Rechenaufwand
- Kontaktdetektion bei komplexen Geometrien nicht trivial
- Echtzeitsimulation für Verschleißprozesse nicht direkt möglich

Multiskalenansatz: Berücksichtigung der Materialermüdung durch Lastkollektive (Fatigue)

Spannungsamplitude



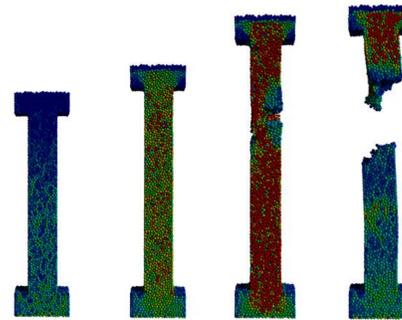
- Orientierung an Wöhlerkurven zur Beurteilung der Festigkeit
- Schädigung der verbindenden Elemente bei Überbelastung.
- Herabsetzung der ertragbaren Spannungen der Feder- oder Balkenelemente zur Erzeugung von Schwachstellen

Schwingspiele N

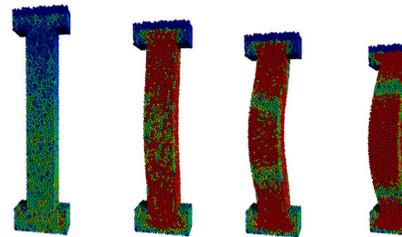
Kalibrierung

Zur Kalibrierung werden uni-axiale Zug- und Drucktests sowie Biegeversuche simuliert

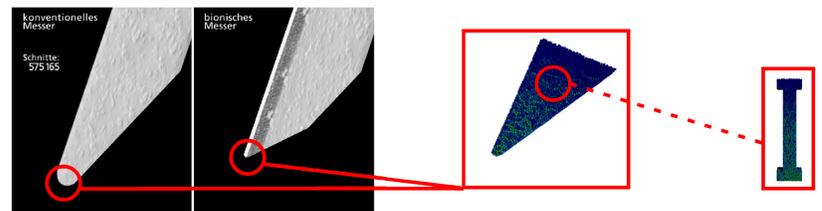
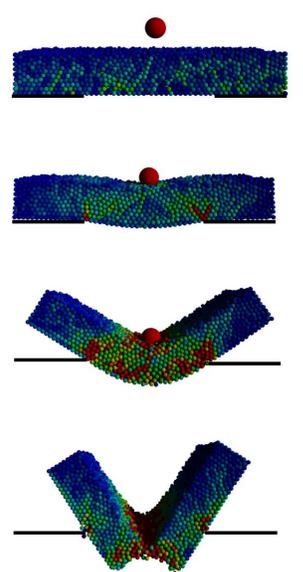
Zugstabprobe



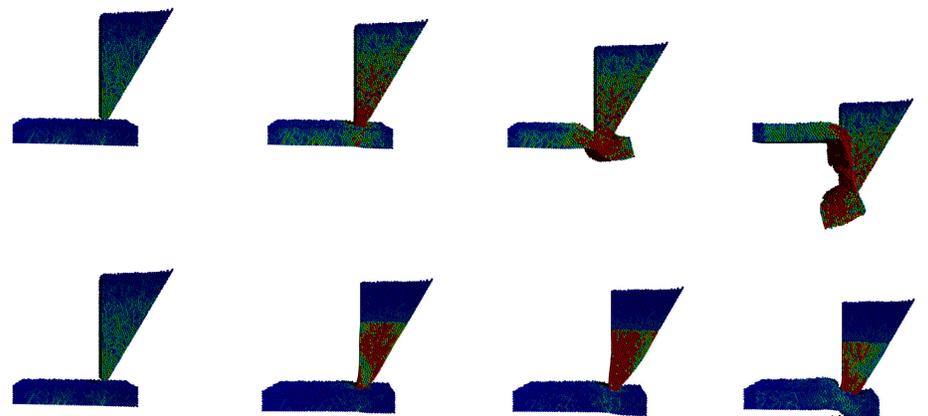
Druckstabprobe



Biegeversuche



Anwendung:



Ausblick

- Weitere Kalibrierung der Werkstoffmodelle
- Gezielte Berücksichtigung von Strukturvarianten
- Bestimmung des Schnittkraftverlaufes
- Berücksichtigung von Heterogenitäten
- Validierung des Modells
- Erweiterung des Prozessverständnisses
- Einblick in innere Abläufe und Geschwindigkeiten
- Ergebnisse der Modellierung als Basis für die Entwicklung selbstschärfender Zerspanungswerkzeuge
- Neuer Ansatz zur Darstellungen von Verschleißprozessen

Danksagung

BMW für die Förderung des Projektes AiF-Nr. 15782.
Projektlaufzeit bis 01/2011

Kontakt:
Nils Mölders: nils.moelders@umsicht.fraunhofer.de, Tel.: 0208 8598 1175