

## Kombinierte Prozess- und Betriebsfestigkeitssimulationen in der Pulvermetallurgie

### Aufgabenstellung

Pulverpressen und anschließendes Sintern ist eine der wirtschaftlichsten Methoden zur Herstellung von Großserienteilen. Bei den meisten Bauteilen ergibt sich eine inhomogene Dichteverteilung im Grünkörper. Dies führt bei Bauteilen aus Hartmetall oder Keramik oft zu einem unerwünschten Sinterverzug. Bei Bauteilen aus Sinterstählen ist der inhomogene Sinterverzug aufgrund von Dichtevariationen weniger kritisch, da hochgenaue Bauteile in der Regel noch kalibriert werden. Außerdem schwinden Sinterstähle aufgrund ihrer Legierungszusammensetzung und der gewählten Sinterbedingungen wesentlich weniger.

Viele pulvermetallurgisch hergestellte Bauteile konkurrieren mit aus Halbzeug gefertigten Bauteilen, deren Festigkeits- und Lebensdauereigenschaften meist geringfügig besser sind. Für die Hersteller pulvermetallurgischer Bauteile sind deshalb genaue Vorhersagen wichtig, um die Bauteilgeometrie genau an die Beanspruchung anzupassen. Daneben kann auch das Werkstoffverhalten durch lokales Nachverdichten optimiert werden. Präzise Vorhersagen z. B. der Lebensdauer können jedoch nur getroffen werden, wenn die wesentlichen Schritte der Prozesskette mit berücksichtigt werden. So sind u.a. E-Modul oder Schwingfestigkeit stark von der Dichte abhängig.

### Vorgehensweise

Am Fraunhofer IWM wurden Modelle zur Beschreibung der Prozessschritte

Pressen, Sintern, Nachverdichten und zur Vorhersage der Lebensdauer entwickelt und in das Finite-Elemente-Programm ABAQUS®, implementiert. Die Parameter können in einfachen Versuchen ermittelt werden.

### Ergebnisse

Die Methodik wurde an mehreren Bauteilen demonstriert. Für ein Zahnrad aus Sinterstahl wurde zuerst die Dichteverteilung nach dem Pressen berechnet, sie ist in Abb. 1 für einen Ausschnitt dargestellt. Beim Sintern ändert sich diese nur unwesentlich. Ausgehend von der Dichteverteilung wurden dann die dichteabhängigen Materialeigenschaften bestimmt. Das am Fraunhofer IWM entwickelte Modell zur Lebensdauervorhersage – das auch schon erfolgreich auf vollständig dichte Bauteile angewendet wurde – wurde anschließend mit einer Betriebssimulation des Abrollens zweier Zahnräder gegeneinander gekoppelt und die lokale Lebensdauer wurde berechnet. Diese ist in Abb. 2 dargestellt. Mit Ausnahme der Kontaktzone, für die das Modell noch nicht anwendbar ist, werden die kritischen Bereiche auf der Zugseite der Zähne richtig identifiziert. Die in axialer Richtung variierende Dichte schlägt sich auch in der berechneten lokalen Lebensdauer nieder. Im dargestellten Beispiel könnte das Zahnrad das vorgegebene Drehmoment nur für 1200 Umdrehungen übertragen, bevor sich im Zahngrund ein Riss bildet. Damit ist ein Werkzeug verfügbar, mit dem die komplette Prozesskette numerisch untersucht werden kann und mit dem das vorhandene Optimierungspotenzial voll ausgeschöpft werden kann.

### Kontakt

Dr. Torsten Kraft  
torsten.kraft@iwm.fraunhofer.de

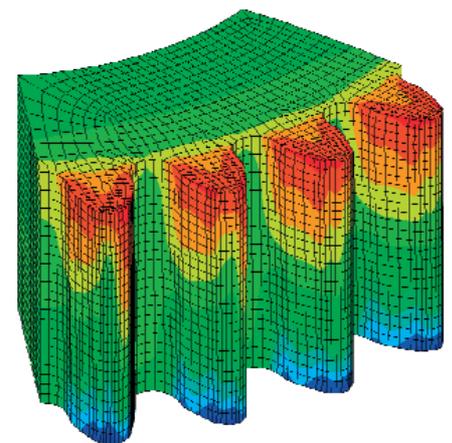


Abb. 1  
Dichteverteilung in einem axial gepressten Zahnrad (Symmetrieebene ist unten).  
rot: 7,4 g/cm<sup>3</sup>  
blau: 6,6 g/cm<sup>3</sup>

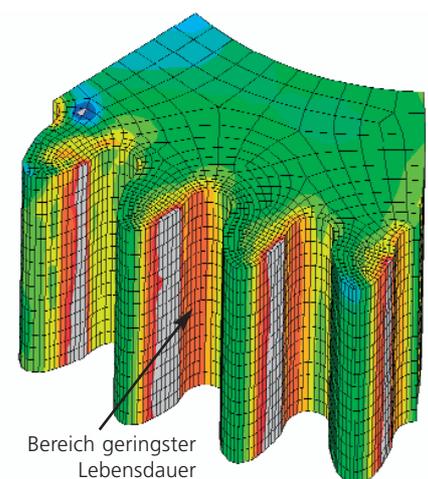


Abb. 2  
Vorhergesagte Zyklenzahlen der Lebensdauer  
blau: hoch, rot: niedrig (Symmetrieebene ist unten).