



EFFIZIENTE MULTISKALEN-VERFAHREN FÜR KURZ-FASERVERSTÄRKTE KUNSTSTOFFE

In industriellen Anwendungen sind Bauteile aus kurzfaserverstärkten Polymerverbundwerkstoffen häufig zyklischen Belastungen ausgesetzt. In einer Kooperation mit Bosch haben wir eine Multiskalen-Simulationsmethode entwickelt, um Einblick in das viskoelastische Verhalten und das Ermüdungsverhalten dieser Bauteile zu erhalten.

Die elastischen und nicht-linearen Materialeigenschaften von Spritzgussteilen hängen stark von der lokalen Faserorientierung ab, die innerhalb des Bauteils kontinuierlich variiert. Aufgrund des hohen Längen-Durchmesser-Verhältnisses der Fasern und des großen Unterschieds zwischen der Makro- und der Mikroskala des Bauteils ist die Auflösung einzelner Fasern nicht möglich. Um dieses Problem zu überwinden und die Wechselwirkung zwischen der Mikrostruktur und dem makroskopischen Verhalten zu erfassen, haben wir eine gekoppelte FEM-FFT-Methode (Finite-Elemente-Methode, Fast-Fourier-Transformation-Methode) auf zwei Skalen verwendet.

Materialmodelle für die Entwicklung digitaler Zwillinge

Der grundlegende Schritt dieser Methode ist die Charakterisierung des mechanischen Verhaltens auf der Mikroskala (siehe auch AIF-Versagen). Gemeinsam mit unserem Projektpartner Bosch untersuchen wir das viskoelastische Verhalten und das Ermüdungsverhalten von kurzglasfaserverstärkten Thermoplastproben. Unser Projektpartner stellt uns mechanische Messungen und CT-Bilder zur Verfügung, um das Verhalten von Proben mit spezifischen Faserorientierungen zu analysieren. Auf dieser Basis entwickeln wir geeignete Materialmodelle, um digitale Zwillinge des Verbundwerkstoffs im Mikromaßstab der Proben zu erstellen.

Zweistufiger Ansatz mit Vollfeldsimulationen und Modellordnungsreduktionen

Wir erarbeiteten einen zweistufigen Ansatz, um den numerischen Aufwand der gekoppelten FEM-FFT-Multiskalen-Methode zu reduzieren. Im ersten Schritt verwenden wir einen hocheffizienten Mikroskalenlöser, unser Softwaretool **FeelMath**, um Vollfeldsimulationen an repräsentativen Volumenelementen der Mikrostruktur für Probenfaserorientierungen durchzuführen. Mittels Modellordnungsreduktionsverfahren erhalten wir dann effektive Materialmodelle für diese Faserorientierungen und erfassen sie in einer Datenbank. Mit diesem Datenbankkonzept reduzieren wir den numerischen Aufwand drastisch, so dass das Multiskalen-Verfahren erstmals für industrielle Probleme einsetzbar und für unseren Partner nutzbringend anwendbar ist.

1 Elektrischer Fensterheberantrieb mit kurzfaserverstärktem Kunststoffgehäuse

2 Mittels der zwei größten Eigenwerte des Faserorientierungstensors zweiter Stufe (λ_1, λ_2) aufgespanntes Faserorientierungsdreieck; (C) isotrope, (M) unidirektionale, (Y) planar isotrope Faserorientierung

3 Mit einer FLUID-Spritzgussimulation ermittelte, lokale Faserorientierungsverteilung des Fensterheberantriebs-Gehäuses auf dem Finite-Elemente-Netz im Farbcode von Abb.2 dargestellt

4 Lokale von Mises-Spannungsverteilung, simuliert mit der datenbankbasierten Multiskalen-Methode

