

## Ausgangssituation

Die Qualität einer Textilspindel wird von mehreren Faktoren bestimmt. Entscheidend für die Funktionstüchtigkeit der Spindeln ist ihr Laufverhalten – ihr dynamisches Verhalten. Für die Berechnung und Optimierung des dynamischen Verhaltens mechanischer Strukturen werden FEM-Programme genutzt. Für Textilspindeln war die Nutzung dieser Programme aus mehreren Gründen noch nicht effektiv möglich. Es fehlten:

- Daten zu speziellen Dämpfungselementen
- Kenntnisse im Umgang mit den unterschiedlichen, teils ungenauen Begriffen der Dämpfung
- Kenntnisse zum Einfluss anisotroper Lagerungen, z. B. durch unsymmetrische Gehäuse
- Kenntnisse über die Größe des Einflusses der Kreiselwirkung
- Kenntnisse zur Art und Größe von Unwuchten als Haupterreger bei Textilspindeln
- FEM-nutzbare Material-Dateien

## Forschungsziel

Es war das Ziel dieses Kooperationsprojekts, für den Spindelhersteller ein schnell nutzbares Werkzeug zur optimalen Auslegung von Spindeln in Form der Rechnersimulation zu schaffen. Dabei sollten typische Spindelkonstruktionen erfasst und die unterschiedlichen Strukturen als rotordynamische FEM-Modelle aufgebaut werden, so dass bei Neuentwicklungen schnell auf diese FEM-Modelle zugegriffen werden kann. Dabei war die FEM-Modellierung und Berechnung der dynamischen Eigenschaften (Berechnung der Eigenfrequenzen und Schwingungsformen sowie der Amplituden der erzwungenen Schwingung) der Spindeln einschließlich ihrer Optimierung durchzuführen und eine FEM-nutzbare Werkstoffdatei zu schaffen.

Beim Kooperationspartner, Spindelfabrik Neudorf GmbH, erfolgte die Konstruktion von Versuchsspindeln, Testung und Entwicklung messtechnischer Simulationsmodelle.

## Forschungsergebnis

Es wurden die Grundlagen zur Optimierung von Textilspindeln mit unterschiedlichen Strukturen geschaffen. Das wurde an vier unterschiedlichen Spindeln demonstriert. Messdaten, die vom Kooperationspartner ermittelt wurden, dienten der Anpassung der FEM-Modelle und ihrer Ergebnisse an die reale Struktur.

Am Beispiel einer Spindel wurden grundlegende Probleme aufgezeigt und bearbeitet, wie z. B. die Bestimmung der dynamisch relevanten Eigenschaften von Gummi-Bauteilen oder das FEM-Handling bei ungenügender Kenntnis dieser Eigenschaften. Spindeln, deren Wälzlager in Gummimanschetten gebettet sind, haben günstige Voraussetzungen zur Beeinflussung ihrer Eigenwerte (ihrer kritischen Drehzahlen). Durch Wahl des Gummiwerkstoffs und der Geometrie dieser speziellen Bauteile lassen sich Steifigkeiten und Dämpfungen im weiten Bereich verändern. Es wurden Untersuchungen zum Einfluss anisotroper Lagerungen, die in Folge unsymmetrischer Lagergehäuse wirken, durchgeführt. Ferner wurde der Einfluss der Kreiselwirkung ermittelt.

Vereinfachungen bei der Modellbildung der Spindeln als FEM-Halbschnitt-Modelle führten neben kürzeren Rechenzeiten und weniger Speicherplätzen zu einer wesentlich einfacheren Beurteilung der Ergebnisse.

Die FEM-Berechnungen ermöglichen gegenüber Experimenten eine schnelle Parameteränderung. Das wurde in Form von Sensitivitätsanalysen für Eigenfrequenzen durchgeführt, wobei die Werkstoffe für die Gummibauteile und für die Lagergehäuse variiert wurden. Als Gehäusewerkstoffe wurden Stahl, Alu- und Zink-Legierungen und Kunststoffe mit Faseranteilen aus Glas verwendet.

Ferner wurde nachgewiesen, dass jeweils die Zustände „volle Spule“ und „ohne Spule“ berechnet werden müssen.

Der Umgang mit den unterschiedlichen teils ungenauen Begriffen der Dämpfung wurde aufgezeigt.

Vorteilhaft war die Bereitstellung von Messergebnissen an Testspindeln durch die Spindelfabrik Neudorf. Ohne dies hätte die FEM-Berechnung von so komplizierten Strukturen mit Gummibau-teilen keine praxisnahe Optimierung erlaubt.

Die größte Unsicherheit bleibt bei der Ermittlung der tatsächlichen Erregerkräfte. Abhängig von der Spule (Spiel und Formabweichung) ergeben sich unterschiedlich große Unwuchten, die sich außerdem während des Bewicklungsvorgangs ändern können. Schließlich wurde eine umfangreiche Material-Datei für die FEM-Nutzung erstellt.

## Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Mit dem Know-how und dem Modellierungswerkzeug für Hochleistungsspindeln können bei der Cetex gGmbH in Zukunft Spindelentwicklungen auf solider Grundlage der Optimierung der dynamischen Eigenschaften erfolgen.

Zum einen sind die Arbeiten im Interesse des Kooperationspartners Spindelfabrik Neudorf, wobei die Ergebnisse der vier gewählten Demonstrationsbeispiele zur dynamischen Optimierung von Spindeln direkt für die Entwicklungsaufgaben des Kooperationspartners genutzt werden konnten. Besonders wichtig und aktuell waren für diese Firma die Ergebnisse über den Einfluss der gummielastischen Wälzlagermanschetten auf das Schwingungsverhalten.

Zum anderen sind die geschaffenen Werkzeuge geeignet, auch Rotoren für andere Anwendungen optimal auszulegen. So sind z. B. auch Galetten und Spulköpfe der Chemiefaserindustrie ein potenzieller Anwendungsfall.

