

SCHNELLLAUFENDE HOHLSPINDELN MIT OPTIMALER DÄMPFUNG

Projektleiter: Dipl.-Ing. Klaus Butter

Laufzeit: 01/02 – 12/03

Ausgangssituation

Textilspindeln werden in unterschiedlichen Varianten benötigt. Neue Textiltechnologien zur Fadenerzeugung fordern neue Bauformen und oft höhere Drehzahlen der Rotoren. Von den Spindelherstellern werden auch bei Neuentwicklungen kurze Entwicklungs- und Lieferzeiten bei hoher Qualität gefordert. Die Qualität einer Spindel wird von mehreren Faktoren bestimmt. Entscheidend für die Funktionstüchtigkeit der Spindeln ist ihr Laufverhalten – ihr dynamisches Verhalten. Die Spindeln müssen unabhängig von ihren Spulenmassen im gewünschten Arbeitsdrehzahlbereich eine Laufruhe besitzen. Das bedeutet, dass so genannte kritische Drehzahlen nicht im Arbeitsdrehzahlbereich liegen dürfen bzw. die kritischen Amplituden so gedämpft werden, dass der Betrieb ohne Gefahr langfristig gewährleistet werden kann. Die Optimierung des dynamischen Verhaltens steht somit für die Funktionalität und Qualität des Erzeugnisses Spindel.

Forschungsziel

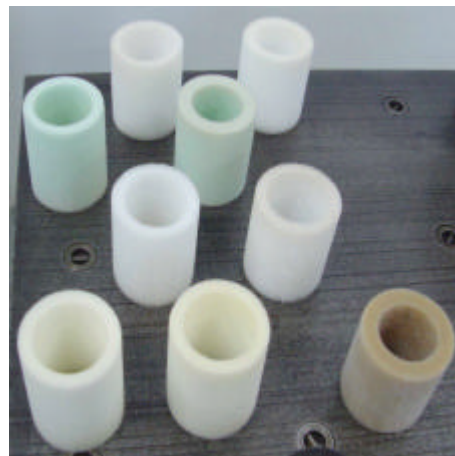
Die Berechnung und Optimierung des dynamischen Verhaltens erfolgt mit FEM-Programmen. Dabei sind einige benötigte Eingabedaten nur angenähert bekannt. Es ist daher erforderlich, diese Daten genauer zu bestimmen. Insbesondere war bisher die Dämpfung der bereits seit vielen Jahren verwendeten Spiralöldämpfer keiner Berechnungsmöglichkeit zugänglich. Hauptziel dieser Arbeit ist die Vorherbestimmbarkeit der Dämpfung von solchen Dämpfungselementen, wie sie in Textilspindeln zum Einsatz kommen. Erst mit den so geschaffenen Grundlagen wird die FEM-Berechnung des dynamischen Verhaltens von Spindeln sicherer.

Forschungsergebnis

An Textilspindeln werden im Vergleich mit Werkzeugmaschinenspindeln größere Amplituden der Biegeschwingungen gestattet. Doch bei kritischen Drehzahlen müssen die Amplituden durch Dämpfungen begrenzt werden. Es wurden Strömungsdämpfer in Form von gewickelten Blechspiralen, so genannten Spiralöldämpfern, und offenzellige PUR-Schaumdämpfer für Textilspindeln untersucht.



Spiralöldämpfer
Dämpfungspirale



Rohrstücke aus offenzelligem
PUR-Schaum und ein Filzrohrstück

Zur Berechnung der Dämpfung (b) von Spiralöldämpfern bei radialer Schwingungserregung wurde eine Gleichung ermittelt, die die Geometriedaten und die Viskosität (η) der Flüssigkeit als Parameter beinhaltet.

$$b = \frac{3 \cdot h \cdot L^3 \cdot d_m^3 \cdot p}{a^3 \cdot (d_m^2 \cdot p^2 + L^2) \cdot z}$$

Geometriedaten:

- d_m mittlerer Durchmesser
- L Dämpferlänge
- a Spaltweite
- z Anzahl Ölspalte

SCHNELLAUFENDE HOHLSPINDELN MIT OPTIMALER DÄMPFUNG

Dabei wurde die Ölverdrängung in axialer und tangentialer Richtung berücksichtigt. Etwa beim Verhältnis $L / d_m = \pi$ sind beide Ölströme gleich groß. Praktische Anwendungsfälle liegen bei $L / d_m = 1$ bis 3, so dass der axiale Ölstrom überwiegt, sofern an den Randstellen des Dämpfers der Ölfluss nicht durch Stütz- oder Dichtelemente behindert wird. Wegen der praktisch vorhandenen Dominanz einer axialen Strömung im Spiralöldämpfer wurde eine einfache Messmöglichkeit erprobt, die aus den gemessenen axialen Fließzeiten einer definierten Flüssigkeitsmenge und wenigen äußeren Abmessungen des Dämpfers die Berechnung der radialen Dämpfung ermöglicht. Diese Dämpfungsermittlung ist wesentlich einfacher und kostengünstiger als die Messung auf Schwingprüfeinrichtungen. Die Bestimmung auf Schwingprüfmaschinen ist sicherer und gestattet, die Abhängigkeit der Dämpfung von der Schwingamplitude und Frequenz zu ermitteln. Bei Spiralöldämpfern ergeben sich Unsicherheiten ab 200 Hz durch Eigenschwingungen der einzelnen Spiralwindungen. Die Cetex gGmbH besitzt eine Prüfeinrichtung zur elektrodynamischen Schwingungserregung. Die Erregerkraft reicht aus, um Prüfungen etwa bis 100 Hz durchzuführen.

Messungen von IMA Dresden und eigene Messungen zeigen bei Spiralöldämpfern und offenzelligen PUR-Schaumdämpfern eine Abnahme der Dämpfung hin zu höheren Frequenzen.

Acht Möglichkeiten zur Dämpfungsermittlung wurden dargestellt und miteinander bewertet:

Berechnungen:

1. Cetex gGmbH, Gleichung
2. Koritysski, Gleichung
3. Moore, Gleichung

Vereinfachte Messung und Berechnung:

4. Messung des axialen Strömungswiderstands und Berechnung nach Gleichung

Messungen:

5. Dämpferprüfstand, Erregung durch Unwuchten, Auswertung der Halbwertsbreite bei Eigenfrequenz
6. Präparierte Textilspindel, Erregung durch Unwuchten, Auswertung der Halbwertsbreite bei Eigenfrequenz
7. Dämpferprüfstand – IMA-Dresden, Elektrodynamische Erregung (Rauschen), Auswertung eines Frequenzspektrums
8. Dämpferprüfstand – Cetex gGmbH, Elektrodynamische Erregung (Sinus), Auswertung einzelner Frequenzen

Folgende Ergebnisse wurden aus den Untersuchungen der beiden Dämpferarten (PUR-Schaumdämpfer, Spiralöldämpfer) abgeleitet:

- Die Dämpfung nimmt im Allgemeinen mit wachsender Frequenz ab, dabei die Steifigkeit zu.
- Bei größerer Erregeramplitude sind Dämpfung und Steifigkeit der Prüflinge kleiner.
- Bei Ölspalt-Dämpfern verursacht zähflüssigeres Öl eine höhere Dämpfung, aber auch eine geringfügig höhere Steifigkeit.
- Die gemessenen Dämpfungen der PUR-Schaumprüflinge sind ähnlich groß wie die von Spiralöldämpfern aber ein extrem anderes Verhältnis zwischen ihren axialen Strömungswiderständen und der tatsächlich gemessenen Dämpfung, die Strömungswiderstände sind bei PUR-Schaumdämpfern relativ höher. Dafür werden zwei physikalische Effekte verantwortlich gemacht.

Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

An einer Testspindel vom Typ HL 2503 wurde die Substitution des Spiralöldämpfers durch einen PUR-Schaumdämpfer mit Erfolg durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass damit die gleichen Dämpfungen erreichbar sind. Dauerversuche zur Öl-Beständigkeit des PUR-Schaums wurden begonnen. Nach Abschluss dieser Forschungsarbeit besitzt die Cetex gGmbH das Know-how zur Berechnung von Textilspindeln mit definierten Parametern. In Kooperation mit einem Spindelhersteller kann die Produktion von Hochleistungsspindeln mit hoher Qualität gesichert werden.