

Örtliche Fresstragfähigkeit: Einfluss von Schräg- und Hochverzahnungen

In der Technik bedeutet Fressen generell das wiederholte lokale Verschweißen und Losreißen zweier Gleitpartner infolge mangelhafter Schmierung. Zu unterscheiden sind bei Zahnrädern das Kalt- und das Warmfressen. Das hier betrachtete Warmfressen tritt vorwiegend bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten und hohen Belastungen auf der Flanke auf, sodass es durch die entstehende Reibungswärme zu einem thermischen Versagen des Schmierfilms kommt, welches zu einem direkten Kontakt der beiden Gleitpartner führt. Da für viele Anwendungen die gängigen Berechnungsverfahren nicht abgesichert sind, treten in der Praxis teilweise Fressschäden auf, welche gemäß den genannten Tragfähigkeitsberechnungen nicht auftreten dürften.

Ausgehend von den bekannten Berechnungsverfahren wurden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens neue Ansätze entwickelt, mit denen für jeden einzelnen Punkt auf einer Zahnflanke eine Fresssicherheit berechnet werden kann. Dazu war es notwendig, genauere Zahnreibungszahlen als bisher zu ermitteln. Es wurden für Flüssigkeits- und Mischreibungsbereiche mittels der Thermo-Elastohydrodynamik (TEHD) für Zahnflankenkontakte lokal aufgelöst die Druck-, Schmierstalthöhen-, Reibungs- und die Temperaturverteilungen im Fluid sowie an den Zahnflankenoberflächen berechnet.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden zwei Zahnradverspannungsprüfstände unterschiedlicher Baugröße eingesetzt. Zum einen wurden Prüfstandsversuche an einem Standardverspannungsprüfstand mit einem Achsabstand von 91,5 mm durchgeführt. Des Weiteren kam ein Großgetriebeprüfstand mit einem etwa um den Faktor fünf größeren Achsabstand von 447,3 mm zum Einsatz, damit es ebenso möglich ist, den Größeneinfluss einer Verzahnung auf die Fresstragfähigkeit zu bestimmen. Um den Einfluss von Schräg- und Hochverzahnungen auf die Fresstragfähigkeit untersuchen zu können, erfolgte eine Geometrievariation der Versuchsverzahnungen, wobei alle Verzahnungen weder eine Flanken- noch eine Profilkorrektur aufwiesen. Am Großgetriebeprüfstand wurden insgesamt elf und am Standardverspannungsprüfstand 25 Versuche durchgeführt. Es erfolgt eine gezielte Variation und Untersuchung einzelner Einflussgrößen wie der kinematischen Viskosität und der Schadenskraftstufe des Schmierstoffes sowie des Schrägungswinkels, der Zahnhöhe und des Normalmoduls.

Um eine Berechnung der örtlichen Kontakttemperaturen unter Berücksichtigung der Thermo-Elastohydrodynamik (TEHD) durchführen zu können, erfolgte für jeden durchgeführten Prüfstandsversuch eine Bestimmung von örtlichen Lastverteilungen mittels der Finite-Elemente-Methode (FEM), wobei die Berechnungen jeweils nach Versuchsende für die Belastungen der Fresslaststufe eines jeden Versuches, in welcher in den Stufentests erstmalig ein Fressschaden aufgetreten ist, durchgeführt wurden. Weiterhin ist für die TEHD-Berechnungen die möglichst genaue Beschreibung des rheologischen Verhaltens des eingesetzten Schmierstoffes wichtig. Hierzu wurden die Versuchsöle hinsichtlich der Druck- und Temperaturabhängigkeit von Dichte und Viskosität vermessen und Kennwerte für entsprechende Zustandsgleichungen abgeleitet. Außerdem erfolgte für jeden nachgerechneten Versuch die dreidimensionale Vermessung der Oberflächentopografie der Flankenoberflächen an vor der jeweiligen Fresslaststufe erstellten Abdrücken. Daraus wurden Mischreibungskennfelder berechnet, die die Erfassung von mikrohydrodynamischen Effekten sowie integralen Mikrokontaktdrücken in der TEHD-Rechnung ermöglichen. Vergleiche mit Berechnungen der DIN 3990 Teil 4 sowie dem ISO/TR 13989 zeigen, dass unter Verwendung der mittleren Reibungszahl der TEHD-Berechnungen und der in den Versuchen ermittelten Massentemperaturen die aufwändige TEHD-Berechnung in guter Näherung durch die Blitztemperaturberechnung nach ISO/TR 13989-1 approximiert werden

kann, um genauer als bisher auftretende Temperaturen im Kontakt berechnen zu können. Daher wurden aus der TEHD und den Versuchen Näherungsgleichungen für die Berechnung der Reibungszahl und der Massentemperatur abgeleitet. Für eine Verifizierung der TEHD-Simulation erfolgte ein Abgleich zwischen berechneter und gemessener Verzahnungsverlustleistung.

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Dirk Arnold
T 069 6603 1632

Das IGF-Vorhaben 16057 BG der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V. (FVA) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und –entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hintergrundinformationen zur FVA

Die FVA ist das weltweit führende Innovationsnetzwerk der Antriebstechnik. Die 170 laufenden Projekte der industriellen Gemeinschaftsforschung fördern die Innovationsfähigkeit der Industrie im Bereich der Antriebstechnik und ist an den wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen ein wichtiger Beitrag zur Ausbildung von Jungingenieuren in und für die Branche. Die 220 Mitgliedsfirmen sind produzierende Unternehmen aus der Antriebstechnikbranche. Zusammen mit den über 40 Forschungsinstituten bildet die FVA die Basis für das weltweit führende Netzwerk der Antriebstechnik.

Die FVA versteht sich als eine wichtige Plattform der Kommunikation und des Wissenstransfers zwischen Wissenschaft und Industrie. Themenfelder sind die mechanische und die elektrische bzw. mechatronische Antriebstechnik, sowohl von stationären industriellen Anlagen als auch von Fahrzeugen, mobilen Maschinen und Luftfahrzeugen. Die Gemeinschaftsforschung hat zum Ziel, das technische Know-how der Unternehmen und die Qualität ihrer Produkte zu verbessern und die Produktionskosten zu senken.

Informationsveranstaltungen, Seminare und Tagungen der Forschungsvereinigung bieten den Unternehmen die Möglichkeit, neueste Forschungsergebnisse anzuwenden und Mitarbeiter entsprechend aus- und weiterzubilden.

Weitere Informationen unter www.fva-net.de.