Kurzfassung Dissertation Hans-F. Collenberg, 1991

Untersuchungen zur Freßtragfähigkeit schnellaufender Stirnradgetriebe

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Hochgeschwindigkeits-Zahnradprüfstand mit hydrostatischer Verspannung entwickelt, der es ermöglicht, die Prüfbe-lastung im Lauf einzustellen. Mit dem Prüfstand kann das Prüfgetriebe bei 26.000 min^{-1} mit einer Leistung von etwa 1 MW belastet werden. Der hohe Versuchsaufwand war notwendig, weil die Freßtragfähigkeit mit steigender Umfangsgeschwindigkeit der Zahnräder zunächst fällt, bei hohen Geschwindigkeiten aber wieder ansteigt. Da die Freßtragfähigkeit kein Zeitfestigkeitsgebiet aufweist, wäre bei herkömmlicher Belastung im Stillstand ein Preßschaden bereits in der Beschleunigungsphase möglich.

Die Auswertung der mit systematisch variierten Ölen durchgeführten Versuche ergibt ein Modell, das die Freßtragfähigkeit im gesamten untersuchten Geschwindigkeitsbereich (v_t = 8...100 m/s) beschreibt:

Voraussetzung für das Eintreten eines Freßschadens ist das Versagen der Oberflächenschichten (Schmierfilm, adsorbierte Moleküle, chemische Reaktionsschichten), die die Zahnflanken vor metallischer Berührung schützen. Für den Freßschaden entscheidend ist das Versagen der stabilsten dieser Schichten. Das ist im allgemeinen die chemische Reaktionsschicht.

Mittels der Energiedispersiven Röntgenspektroskopie wird gezeigt, daß die Reaktion zwischen Eisen und Additiv im Zahnkontakt erfolgt. Bei dieser Reaktion entstehen und zersetzen sich Grenzschichtmoleküle. Die Gleichgewichtslage dieser reversiblen Reaktion ist von der Temperatur im Zahnkontakt abhängig. Je höher die Temperatur ist, desto geringer ist die Zahl der im Gleichgewichtszustand vorhandenen Grenzschichtmoleküle. Sinkt die Belegung der Oberflächen mit Grenzschichtmolekülen unter einen kritischen Wert, kann der Freßschaden eintreten. Im Gleichgewichtszustand bei langen Kontaktzeiten (d.h. niedrigen Drehzahlen) ist diese Temperatur von der Kontaktzeit abhängig.

Anhand der Regeln der Kinetik chemischer Reaktionen wird gezeigt, daß sich bei kurzen Kontaktzeiten (d.h. hohen Umfangsgeschwindigkeiten) das Reaktionsgleichgewicht nicht einstellen kann. Für das Unterschreiten der kritischen Stärke der Reaktionsschicht ist bei kurzen Kontaktzeiten eine höhere Temperatur erforderlich. Die Abhängigkeit der kritischen Kontakttemperatur von der Kontaktzeit wird theoretisch abgeleitet. Daraus kann man in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit die Zahnkraft ermitteln, bei der die kritische Kontakttemperatur gerade erreicht ist. Die Freßlast fällt danach mit steigender Geschwindigkeit bis zu einem Minimalwert ab, um dann in einer degressiven Kurve wieder zu steigen.

Dieser theoretische Ansatz beschreibt die Versuchsergebnisse sehr gut.

Das vorgestellte Modell der kontaktzeitabhängigen Grenztemperatur berücksichtigt die örtlichen Bedingungen auf der Zahnflanke. Es läßt sich daher eine Vorhersage treffen, in welchem Bereich der Flanke ein Schaden auftreten wird.

Einige in der Literatur beschriebene Fälle können erklärt werden, bei denen keine Schäden auftraten, obwohl die bisher bekannten örtlichen Rechenverfahren Schäden voraussagen.

Die beschriebene Kontaktzeit-Temperatur-Methode stellt eine wesentliche, theoretisch begründete und experimentell bestätigte Erweiterung der Bütztemperaturmethode von *Blök* [B9] dar, die in DIN 3990 [D2] genormt ist. Eine Erweiterung des genormten Rechenverfahrens aufgrund der Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens wird vorgestellt