

Kurzfassung Dissertation Christian Wirth, 2008

Zur Tragfähigkeit von Kegelrad- und Hypoidgetrieben

Zur Tragfähigkeitsberechnung von Kegel- und Hypoidverzahnungen wurde ein „normfähiges“ und ein „höherwertiges Rechenverfahren“ für die Schadensformen Grübchen und Zahnfußbruch erstellt. Das höherwertige Verfahren ermöglicht eine Tragfähigkeitsrechnung auf Basis der Beanspruchungen, die mit Zahnkontaktanalyse-Programmen ermittelt wurden (z.B. FVA-Programm BECAL). Das normfähige Verfahren ist analog zur ISO 10300 aufgebaut und auch auf achsversetzte Hypoidverzahnungen anwendbar. Beide Rechenverfahren wurden durch Laufversuche abgesichert.

Es wurden zwei Prüfverzahnungstypen ausgelegt, deren Tragfähigkeit entweder durch Grübchenschäden oder durch Zahnfußbrüche begrenzt war. Bei einem Tellerradaußendurchmesser von 170 mm deckten die Prüfverzahnungsvarianten einen Achsversetzungsbereich von 0...44 mm ab und einen Normalmodulbereich zwischen 2,2...4,2 mm. Bei den Versuchen zur Grübchentragfähigkeit entstanden die ersten Ausbrüche vorzugsweise im Ritzelfußbereich und wuchsen dann über die Flanke hinweg. Mit größer werdender Achsversetzung nahmen die dauerhaft ertragbaren Hertzschen Pressungen auf der Flanke ab. Als Ursache hierfür werden unter anderem die mit zunehmender Gleitgeschwindigkeit steigenden Kontakttemperaturen, eine ungünstigere Schmierfilmbildung bzw. ein verschlechterter Grenzsichtaufbau angesehen. Bei den Versuchen zur Fußtragfähigkeit trat die Schadensform Fußbruch isoliert auf, wobei der Rissausgang der Zahnfußbrüche im Bereich der 30°-Tangente an die Zahnfußausrundung lag. Die dauerhaft übertragbaren Ritzeldrehmomente nahmen mit steigender Achsversetzung deutlich zu. Die Tragfähigkeit der Tellerräder ließ sich anhand der Versuchsergebnisse nicht auswerten.

Für das höherwertige Rechenverfahren wurde zur Berechnung der Grübchen- und Fußtragfähigkeit ein über dem Eingriffsfeld lokales Kriterium erarbeitet, das die Festigkeitswerte nach ISO 6336 mit den anhand BECAL berechneten Beanspruchungen vergleichen kann. Die an Stirnrädern ermittelten Festigkeitswerte werden auf eine lokale Beanspruchbarkeit umgerechnet und den lokalen Beanspruchungen gegenübergestellt. Für das normfähige Rechenverfahren für Kegelrad- und Hypoidverzahnungen wurde eine neue Ersatz-Stirnradverzahnung abgeleitet, die für nicht-achsversetzte Kegelräder gleichwertig zur Ersatzverzahnung nach ISO 10300 ist. Die hypoidspezifischen Eingriffsverhältnisse wurden detailliert analysiert und soweit wie möglich auf die Ersatz-Stirnradverzahnung übertragen. Dabei werden, sofern vorhanden, die unsymmetrischen Eingriffsverhältnisse auf Zug- und Schubflanke berücksichtigt. Die Unsymmetrie ist durch den Grenzeingriffswinkel beschreibbar und wirkt sich auf Krümmungsradien, Eingriffsstrecken, Überdeckungen und Lastaufteilungen zwischen den Zähnen aus.

Ergänzend wurde auf Basis der Arbeiten von Oster und Hertter das Rechenmodell von Hertter für Stirnräder auf Kegel- und Hypoidräder übertragen. Dieses werkstoff-physikalische Verfahren beruht wie das höherwertige Verfahren auf einem örtlichen Festigkeitsnachweis, bei dem jedoch die Beanspruchungen ganzheitlich über dem Werkstoffvolumen des Zahns betrachtet und die Beanspruchbarkeiten über werkstoff-physikalische Zusammenhänge abgeleitet werden. Es wurde in der Arbeit eine Vorgehensweise vorgeschlagen, wie anhand der Anstrengungsverläufe über der Werkstofftiefe eine Unterscheidung der Schadensformen Grauflecken, Grübchen und Flankenbruch erfolgen kann.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es im Rahmen der Arbeit gelungen ist, versuchsba-
siert Rechenverfahren für die Grübchen- und Fußtragfähigkeit von Kegelrad- und Hypoidver-

zahnungen zu entwickeln, die die Tragfähigkeit der Verzahnung besser als bisher bekannte Verfahren wiedergeben.