Kurzfassung Dissertation Rainer Annast, 2003

Kegelrad-Flankenbruch

In verschiedenen Anwendungsgebieten von Kegelradgetrieben werden immer wieder Brüche beobachtet, die nicht aus dem Gebiet des Zahnfußes im Bereich der höchsten Biegebeanspruchung ausgehen, sondern aus dem Gebiet der aktiven Flanke. Sie werden als Flanken- oder Zahnkopfbrüche bezeichnet. Dabei ist meist eine Reihe von parallelen Rissen festzustellen. Der Bruch verläuft quer durch den Zahn zur Fußausrundung der Rückflanke. Neben dem Hauptbruchstück entstehen zahlreiche Ausbrüche an der Flankenoberfläche. Flankenbruch tritt häufig unabhängig von Oberflächenschäden (Fressen, Grübchen, Grauflecken) auf, kann jedoch auch gleichzeitig mit diesen an verschiedenen Zähnen eines Rades entstehen. Teilweise tritt diese Schadensform nur an einem Zahn auf, häufig auch an mehreren. Die Laufzeit bis zum Bruch variiert stark und liegt offenbar sowohl im Bereich der Zeit- als auch der Dauerfestigkeit bei sehr hohen Lastspielzahlen. Vermehrt sind Flankenbrüche bei großen Moduln zu beobachten.

Vor Beginn des Vorhabens stand kein Berechnungsverfahren zur Tragfähigkeit zur Verfügung, die Gefährdung von im Betrieb befindlichen Getrieben und von neuen Auslegungen hinsichtlich Flankenbruch konnte nicht abgeschätzt werden. Vermutungen zur Schadensursache reichten von einer durch Eingriffswinkel oberhalb von $\alpha_n = 20°$ bedingten höheren Biegebeanspruchung im Bereich der Flanke als im Zahnfuß über eine unzureichende Wärmebehandlung, über zu große bzw. zu kleine Einsatzhärtungstiefe oder zu geringe Kernfestigkeit bis hin zu einer zu niedrigen Werkstoffzähigkeit. Überwiegend in der amerikanischen Literatur wurde von einem Rissausgang unter der Flankenoberfläche gesprochen, wobei die Flankenpressung als maßgebliche Größe angesehen wurde.

Ziele der Untersuchungen waren die Ermittlung der wesentlichen Einflussparameter im Versuch, die Entwicklung von Modellvorstellungen zur Entstehung von Flankenbrüchen an Kegelradgetrieben und eines Berechnungsverfahrens sowie das Aufstellen von Auslegungsrichtlinien zur Schadensvermeidung.

In den Prüfstandsläufen zeigten sich neben der äußeren Last die Einsatzhärtungstiefe und die Kernhärte als maßgeblich. Ein erhöhter Schwefelgehalt erwies sich als nicht schadensfördernd. Umfangreiche Untersuchungen des Schadensbilds an Prüf- und Praxisverzahnungen ergaben, dass beim Flankenbruch der Rissausgang unterhalb der Einsatzhärtungstiefe bis zum Übergang der Härteschicht zum Kern liegt. Bei einheitlicher Drehmomentrichtung breitet sich der Riss zur aktiven Flanke sowie zur Fußausrundung der Rückflanke hin aus.

Der Beanspruchungszustand aus der äußeren Last und den Eigenspannungen wurde theoretisch untersucht und dem Verlauf der örtlichen Festigkeit, abgeleitet aus dem Härteverlauf, gegenübergestellt. Es wurde eine vereinfachte Berechnungsmethode zur Bestimmung des Flankenbruchrisikos entwickelt, bei der nur der Ausgangsbereich der Flankenbruchschäden am Übergang von der Härteschicht zum Kern betrachtet wird. Aus den Prüfstandsuntersuchungen und der Analyse von Praxisgetrieben wurde ein Grenzwert abgeleitet. Bei seiner Überschreitung ist das Risiko von Flankenbrüchen hoch. Damit steht ein einfaches Rechenverfahren zur Verfügung, mit dem im Betrieb befindliche Verzahnungen hinsichtlich ihres Flankenbruchrisikos nachgerechnet und Neuauslegungen sicher dimensioniert werden können.