Kurzfassung Dissertation Thomas Tobie, 2001

Zur Grübchen- und Zahnfußtragfähigkeit einsatzgehärteter Zahnräder

Die Einsatzhärtungstiefe (Eht) beeinflußt die Grübchen- und die Zahnfußtragfähigkeit einsatzgehärteter Zahnräder maßgebend und bestimmt insbesondere bei größeren Zahnrädern Fertigungszeit und -kosten nachhaltig. Die an Zahnflanke und Zahnfuß auftretenden Beanspruchungsmechanismen unterliegen hierbei unterschiedlichen Gesetzmäßigkeiten. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluß der Eht auf die Grübchen- und Zahnfußtragfähigkeit an Zahnrädern unterschiedlicher Baugröße und Verzahnungsgeometrie theoretisch und experimentell untersucht.

Aus der Summe der Ergebnisse wurde in Ergänzung zum bestehenden Tragfähigkeitsnachweis der DIN 3990 ein erweitertes Rechenverfahren entwickelt, welches den Einfluß der Eht auf die Belastbarkeit einer Zahnradstufe beschreibt und eine beanspruchungs- und werkstoffgerechte Dimensionierung moderner, einsatzgehärteter Zahnräder ermöglicht.

Die theoretischen Untersuchungen für den Bereich der belasteten Zahnflanke zeigen, dass, insbesondere unter Berücksichtigung von Eigenspannungen, die Größe der Eht sowohl den Beanspruchungs- als auch den Festigkeitsverlauf über der Werkstofftiefe modifiziert, wodurch Größe und Tiefenlage der maximalen Werkstoffanstrengung maßgebend beeinflußt werden können.

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen belegen die unterschiedlichen Grundgesetzmäßigkeiten zum Einfluß der Eht. Danach ergibt sich die optimale Eht zur Sicherung maximaler Zahnfußtragfähigkeit in Abhängigkeit vom Modul, die optimale Eht zur Sicherung maximaler Grübchentragfähigkeit in Abhängigkeit vom Ersatzkrümmungsradius der Verzahnung. Werden die unterschiedlichen Optimalwerte der Eht hinsichtlich maximaler Tragfähigkeit unter- bzw. überschritten, so ist mit einer Minderung der Zahnfuß- bzw. der Grübchentragfähigkeit mit jeweils kleiner bzw. größer werdender Eht entsprechend den ermittelten Gesetzmäßigkeiten zu rechnen.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen darüber hinaus, dass eine angemessene Eht eine wesentliche Voraussetzung hinsichtlich der geforderten Zahnfuß- und Grübchentragfähigkeit darstellt, dass die erreichbaren Festigkeitswerte allerdings immer auch im Zusammenhang mit weiteren, den Werkstoff- und Gefügezustand insgesamt beschreibenden Kennwerten, wie Korngröße, Randoxidationstiefe im Zahnfuß oder Eigenspannungszustand, gesehen werden müssen.

Eine Überprüfung der theoretischen Modellvorstellungen, basierend auf den Vergleich von örtlicher Beanspruchung und Festigkeit über der Werkstofftiefe, unter Berücksichtigung von Werkstoffkennwerten, Eigenspannungsmessungen und Prüfergebnissen, zeigt, dass die entwickelten Modellansätze prinzipiell eine Deutung der ermittelten Versuchsergebnisse sowohl hinsichtlich der Flankentragfähigkeit, als auch des unterschiedlichen Schadensgeschehens an der Zahnflanke erlauben. Dies gilt insbesondere auch für die in Laufversuchen mit mehreren Prüfvarianten festgestellten Flankenbrüche mit Schadensausgang jeweils deutlich unterhalb der Flankenoberfläche.

Auf Basis der ermittelten Versuchsergebnisse wurde das bestehende Rechenverfahren zum Einfluß der Eht auf die Zahnradtragfähigkeit erweitert und erlaubt dem Getriebekonstrukteur damit die Wahl einer mindesterforderlichen Eht zur Sicherung ausreichender, aber nicht zwangsläufig maximaler Tragfähigkeit sowie den Tragfähigkeitsnachweis für Verzahnungen mit

von den Vorgaben der Norm abweichender Eht. Zusammen mit den Ergebnissen der theoretischen Untersuchungen wurden Modellvorstellungen und weitergehende Hinweise zum Schadensgeschehen der belasteten Zahnflanke, auch im Hinblick auf die Schadensart Flankenbruch, erarbeitet.