

Kurzfassung Dissertation Hans-Philipp Otto, 2009

Flank Load Carrying Capacity and Power Loss Reduction by Minimised Lubrication

Die Schmierung von Zahnradgetrieben hat zwei wesentliche Hauptfunktionen: Zum Einen sollen Reibung und Verschleiß minimiert werden und zum Anderen muss die Reibungswärme aus dem Kontakt abgeführt werden. Ein reduziertes Schmierstoffangebot führt einerseits zu einer Minderung der Leerlaufverluste und damit zur Steigerung des Wirkungsgrades und andererseits zur verstärkten Erwärmung der Getriebekomponenten aufgrund mangelnder Wärmeabfuhr durch den Schmierstoff.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde systematisch die Auswirkung von Minimalmengenschmierung auf die Flankentragfähigkeit einsatzgehärteter Zahnräder sowie deren Wirkungsgrad untersucht. Im Rahmen von Prüfstandsversuchen wurden dazu die Fress-, Grübchen- und Graufleckentragfähigkeit sowie das Verschleißverhalten bei begrenztem Öangebot und damit reduzierter Wärmeabfuhr aus dem Zahnflankenkontakt systematisch erforscht. Höhere Zahnmassentemperaturen führen dabei zu geminderter Werkstofffestigkeit durch Anlasseffekte und zu geringeren Schmierfilmdicken und damit zu höherer Scherbelastung der Werkstoffoberfläche. Beides führt zu einem erhöhten Risiko für Flankenschäden an den Zahnradern.

Durch Minimalmengenschmierung sinkt im Falle von Tauchschmierung die Fresstragfähigkeit um 48% bei einer Ölstandsreduzierung von Achsmittle zu einer Eintauchtiefe von 3-mal Modul am Rad bzw. um bis zu 67% bei einer Eintauchtiefe von einmal Modul am Rad (entspricht einer halben Zahnhöhe). Bei begrenztem Schmierstoffangebot kommt es zum Einen zu einer deutlichen Erwärmung im Schmierpalt und damit einer absinkenden Betriebsölviskosität und in der Folge zu abnehmenden Schmierfilmdicken und zum Anderen aufgrund des begrenzten Öangebots zu ungeschmierten Flankenbereichen. Beides erhöht das Fressrisiko signifikant.

Die Ermüdungsuntersuchungen zeigten eine Lebensdauerreduzierung der Versuchszahnradern hinsichtlich Grübchenbildung um bis zu 52% bei einer Öleintauchtiefe von 3-mal Modul am Rad bzw. 77% bei einer Öleintauchtiefe von einmal Modul am Rad im Vergleich zu einem Ölstand bis Achsmittle. Die Grübchendauerfestigkeit wird durch Minimalmengenschmierung um bis zu 30% verringert. Aufgrund geringerer Schmierfilmdicken erhöht sich die Schubbelastung an der Zahnflankenoberfläche. In Kombination mit erniedrigter Werkstofffestigkeit, aufgrund von Anlasseffekten durch die hohen Zahnmassentemperaturen verursacht durch schlechte Wärmeabfuhr, erhöht sich das Ermüdungsschadensrisiko signifikant.

Die Graufleckentragfähigkeit sinkt ebenfalls im Falle eines begrenzten Schmierstoffangebots. Die unzureichende Wärmeabfuhr und in deren Folge hohe Zahnmassentemperaturen und damit geringe Schmierfilmdicken erhöhen auch hier das Schadensrisiko.

Der Langsamlauf-Verschleiß wird hingegen nahezu nicht vom Schmierstoffangebot beeinflusst. Lediglich bei teilweise ungeschmierten Zahnradflanken kann es zu Passungsrost und damit zu erhöhtem Verschleiß kommen.

Die Untersuchungsergebnisse, die eine Minderung der Flankentragfähigkeit mit abnehmender Schmierstoffmenge belegen, wurden umfassend ausgewertet und ein Ansatz zur Berücksichtigung von Minimalmengenschmierung bei der Berechnung der Zahnflankentragfähigkeit erarbeitet.