Florian Dobler, 2018

Einflüsse auf die Tragfähigkeit induktiv umlaufgehärteter Stirnräder

Hochbeanspruchte Zahnräder werden in der Regel einer Wärmebehandlung unterzogen, um einen möglichst beanspruchungsgerechten Festigkeitsverlauf sowohl auf der Zahnflanke als auch im Zahnfuß zu erzeugen. Das am häufigsten angewandte Wärmebehandlungsverfahren mit den zugleich höchsten erreichbaren Tragfähigkeitswerten stellt hierbei die Einsatzhärtung dar. Unter dem Gesichtspunkt einer getakteten Fertigung von Zahnrädern mit hohen Stückzahlen ist diese Art der Wärmebehandlung jedoch nicht als optimales Verfahren anzusehen, da die Fertigung in Abhängigkeit der Wärmebehandlungsdauer stets unterbrochen werden muss. Als Wärmebehandlungsverfahren zur Eingliederung in eine getaktete Fertigung steht allerdings das induktive Randschichthärten zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um eine energieeffiziente, umweltschonende und schnelle Technologie, um die Randschicht von Bauteilen zu härten und dabei die Kernfestigkeit der verwendeten (Vergütungs-)Stähle beizubehalten.

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Tragfähigkeitspotenziale induktiv umlaufgehärteter Zahnräder mittlerer und kleiner Baugröße (m_n = 4 mm und m_n = 2 mm) auf Basis aktueller Wärmebehandlungstechnik untersucht. Es wird aufgezeigt, inwieweit Grenzen der zulässigen Beanspruchungen auf der Zahnflanke und im Zahnfuß nach den aktuellen Normen bei optimaler Vorgehensweise auch heute noch gültig sind. Dazu werden folgende Einflüsse auf die Tragfähigkeit induktionsgehärteter Zahnräder untersucht:

- Härteprofil und Einhärtungstiefe;
- Grundwerkstoff, (unterschiedliche Legierungssysteme);
- Kernfestigkeit; Anlasstemperatur;
- nachgelagerte Fertigungsschritte (Strahlprozess und Flankenschleifen).

Umfangreiche experimentelle Untersuchungen zur Zahnfuß- und Zahnflankentragfähigkeit zeigen, dass durch geeignete Wahl der Härteparameter die Tragfähigkeitswerte der Norm ISO 6336-5 im Zahnfuß erreicht werden können. Unter bestimmten Voraussetzungen können die in der Norm belegten Festigkeitswerte für die Werkstoffqualität ME z. T. auch deutlich überschritten werden und vergleichbare Tragfähigkeiten zu einsatzgehärteten Zahnrädern erreicht werden.

Die Untersuchungen zur Zahnflankentragfähigkeit zeigen, dass neben der bekannten Schadensart Grübchen vor allem für induktiv durchgehärtete Verzahnungen auch Brüche der aktiven Zahnflanke ohne erkennbaren vorherigen Schaden auftreten. Alle durch Grübchenschäden ausgefallenen Varianten liegen deutlich oberhalb des Festigkeitskennwerts für die Werkstoffqualität ME für flamm- oder induktivgehärtete Zahnräder und z. T. sogar oberhalb des Festigkeitskennwerts für die Werkstoffqualität ME einsatzgehärteter Verzahnungen.

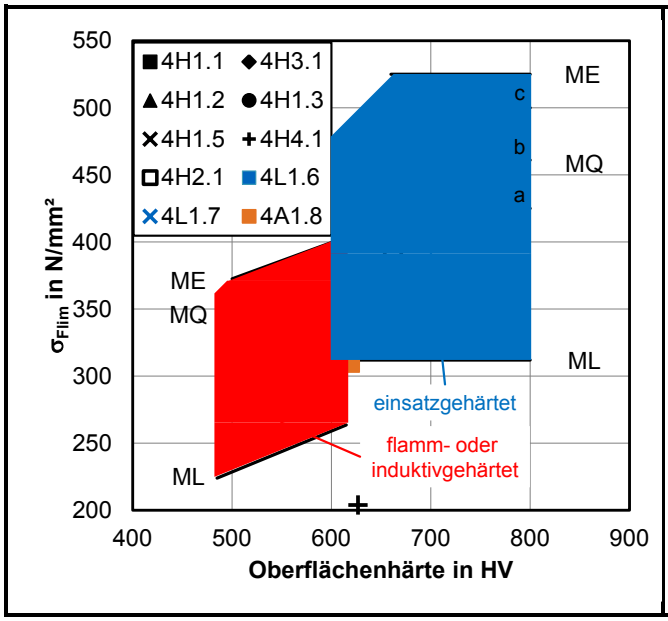

Bild 1: Einordnung der ermittelten Zahnfuß-Dauerfestigkeiten für die Zahnräder der Baugröße m_n = 4 mm in ein gemeinsame Festigkeitsschaubild nach ISO 6336-5 für flamm- oder induktivgehärtete sowie einsatzgehärtete Zahnräder

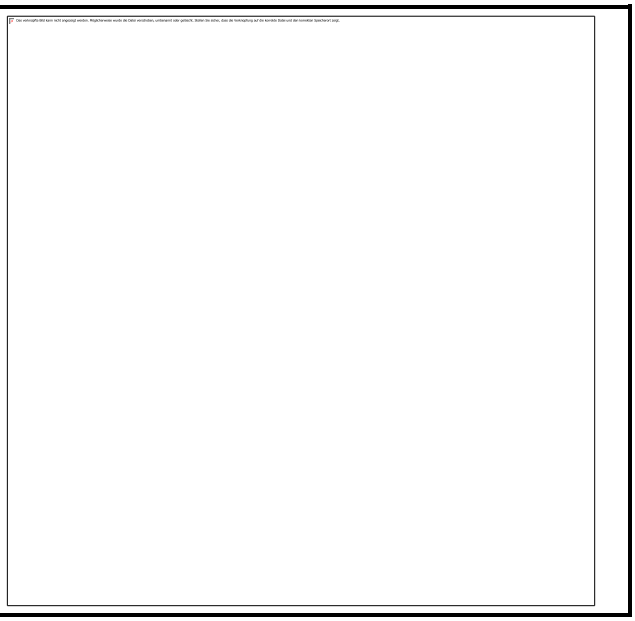

Bild 2: Einordnung der ermittelten Grübchen-Dauerfestigkeiten in ein gemeinsame Festigkeitsschaubild nach ISO 6336-5 für flamm- oder induktivgehärtete sowie einsatzgehärtete Zahnräder