

Ivan Boiadjiev, 2019

Schadensentwicklung und Tragfähigkeit carbonitrierter Kegelradverzahnungen

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, auf Basis systematischer experimenteller Untersuchungen die Übertragbarkeit der durch Carbonitrieren verbesserten Tragfähigkeitseigenschaften von Stirnrädern auf Kegelrad- und Hypoidverzahnungen, bei denen zum Teil deutlich andere Beanspruchungsverhältnisse vorliegen, zu prüfen und Tragfähigkeitspotenziale aufzuzeigen.

Die für carbonitrierte Kegelradverzahnungen ermittelte Grübchen-Dauerfestigkeit ordnet sich im oberen Bereich des Festigkeitsfeldes für einsatzgehärtete Verzahnungen ein, deutlich über den Kennwerten für Werkstoffqualität MQ. Die Ergebnisse zeigen somit, dass durch eine entsprechende Parametrierung des Carbonitrierprozesses eine Steigerung der Grübchentragfähigkeit erreicht werden kann.

Die Ergebnisse der Zahnfußbruchuntersuchungen aus der vorliegenden Arbeit sowie aus früheren Arbeiten zeigen, dass die einsatzgehärtete Referenzvariante aus der Arbeit von FZG/Wirth und die betrachtete carbonitrierte Variante aus der vorliegenden Arbeit vergleichbare Einsatzhärtungstiefen im Zahnfußbereich aufweisen, die über dem für optimale Zahnfußtragfähigkeit empfohlenen Bereich von $Eht_F = 0,1 \dots 0,2 \cdot m_{mn}$ nach FZG/Tobie liegen. Die Zahnfuß-Dauerfestigkeit dieser beiden Varianten ordnet sich im Bereich der Kennwerte für Qualität MQ ein. Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchte einsatzgehärtete Referenzvariante, bei der eine näher am optimalen Bereich liegende Einsatzhärtungstiefe im Fußbereich vorliegt, ordnet sich oberhalb des Kennwertes für Qualität ME ein. Insgesamt weist die hier umfassend untersuchte carbonitrierte Variante eine im Vergleich zu den einsatzgehärteten Varianten vergleichbare Zahnfußtragfähigkeit auf. Die Ergebnisse zur Zahnfußtragfähigkeit zeigen insgesamt, dass an carbonitrierten Kegelrädern, die einen relativ hohen Restaustenitgehalt aufweisen, keine nennenswerte Minderung der Zahnfuß-Dauerfestigkeit im Vergleich zu herkömmlich einsatzgehärteten Kegelradverzahnungen auftritt.

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen zur Fresstragfähigkeit deuten auf eine etwas niedrigere Fresstragfähigkeit der carbonitrierten im Vergleich zu den einsatzgehärteten Verzahnungen hin, was auf eine schlechtere Wärmeleitfähigkeit des restaustenitischen gegenüber dem martensitischen Randgefüges zurückgeführt wird. Es konnte gezeigt werden, dass sich mit einem entsprechend additivierten Schmierstoff Fresser bei den carbonitrierten Verzahnungen vermeiden lassen.

Basierend auf den experimentellen Untersuchungen zur Grübchen-, Zahnfuß- sowie Fresstragfähigkeit und den daraus gewonnenen Erkenntnissen wurden die Rechenverfahren (höherwertig basierend auf einer Zahnkontaktanalyse und vereinfacht anhand einer Ersatz-Stirnradverzahnung) nach FZG/Wirth und FZG/Klein derart erweitert, dass die Einflüsse des Carbonitrierens auf die Tragfähigkeit bei der Tragfähigkeitsberechnung korrekt erfasst werden können.