

Untersuchungen der Tragfähigkeit von Kegelrad- und Hypoidverzahnungen mit einem erhöhten Bainitgehalt

Im Forschungsvorhaben IGF-Nr. 20953 N „Kegelrad-Bainitisieren“ wurden Randschichtzustände mit unterschiedlichen bainitischen Gefügeanteilen auf ihre reproduzierbare Einstellbarkeit sowie die sich aus dem mehrphasigen Gefüge ergebenden Festigkeitseigenschaften untersucht. Basierend auf dem bisherigen Wissen zur Prozessauslegung dieser Randschichtzustände wurden zwei Varianten durch einen Einsatzhärteprozess mittels Einsatzbainitisieren eingestellt. Die Einstellung dieser Varianten basierte zusätzlich auf Untersuchungen am Dilatometer, um die kohlenstoff- und temperaturabhängige Umwandlungskinetik beim Halten auf Bainitisiertemperatur abbilden zu können. Die Daten wurden zusätzlich eingesetzt, um ein einfaches Simulationsmodell zur Umwandlungskinetik zu erstellen.

Die quantitative Charakterisierung anhand von metallo- und röntgenographischen Untersuchungen dieser Zustände bleibt im Hinblick auf die Korrelation mit den Festigkeitseigenschaften ein zentraler Baustein. Vorteil des Verfahrens Einsatzbainitisieren sind die hohen Druckeigenspannungen in der gesamten Einsatzschicht. Die Analyse der Randschichtzustände zeigt auch negative Aspekte, wie eine notwendige Anpassung der Grenzkohlenstoffgehalte zum Erreichen der Einsatzhärtungstiefe, eine ausgeprägte Randoxidation sowie bei teilbainitisierten Zuständen seigerungsbedingte Ungleichmäßigkeiten, siehe Detailaufnahme in Abbildung 1, in der Gefügeausbildung.

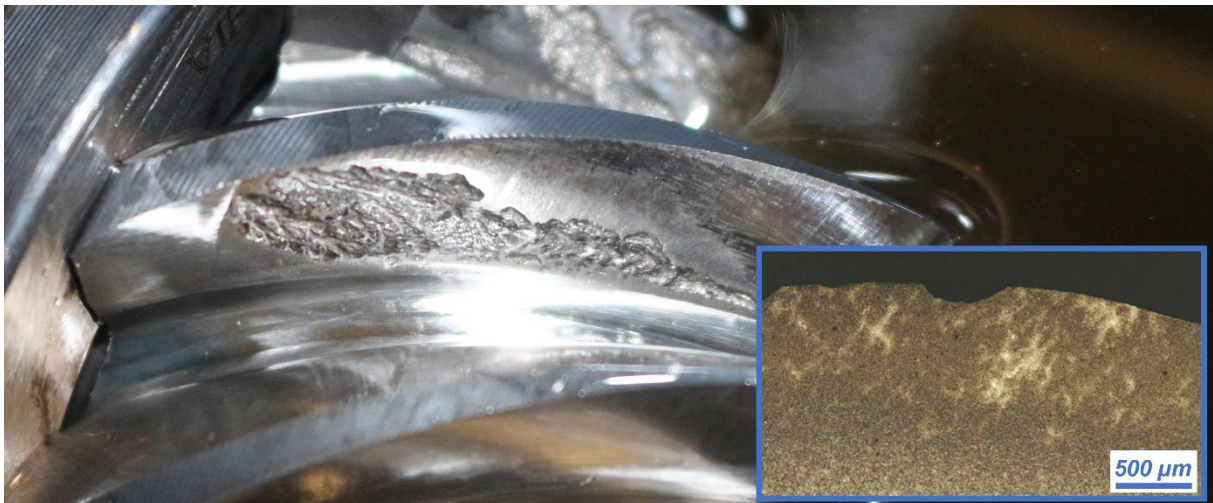


Abbildung 1 Exemplarischer Grübchenschaden an teilbainitisierter BN30-Variante einer G0-Kegelradverzahnung sowie Detailaufnahme der Randschicht der abgebildeten Verzahnung

Das Tragfähigkeitspotential des Einsatzbainitisierens wurde anhand von experimentellen Untersuchungen an Kegelrad- und Hypoidverzahnungen am FZG-Hypoid-Verspannungsprüfstand ermittelt. Hierzu wurden Versuche zur Grübchen-, Zahnfuß- und Fresstragfähigkeit an teilbainitisierten BN30- und bainitisierten BN100-Varianten sowie an einer einsatzgehärteten Referenzvariante (EH) durchgeführt und in den Stand der Technik eingeordnet. Ein beispielhafter Grübchenschaden der teilbainitisierten BN30-Variante ist in

Abbildung 1 dargestellt. Die Ergebnisse zur Zahnfuß- und Fresstragfähigkeit zeigen eine vergleichbare Tragfähigkeit der BN30- und BN100-Variante mit carbonitrierten und einsatzgehärteten Kegelradverzahnungen aus dem Stand der Technik. Aufgrund der starken Graufleckigkeit, der niedrigen Versuchsbelegung und vorhandenen Versuchsstreuung konnte keine belastbare Aussage zur Grübchentragfähigkeit abgeleitet werden. In Bezug auf die Zahnfußtragfähigkeit und Graufleckigkeit können die im Forschungsvorhaben IGF-Nr. 17903 N/2 „Randschichtzustände“ festgestellten Einflüsse des Bainitisierens für das Material 18CrNiMo7-6 an Kegelräder bestätigt werden.

Autoren: **Dr.-Ing. Holger Surm**
Leibniz-Institut für werkstofforientierte Technologien (IWT), Bremen
Lorenz Constien, M.Sc.
Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebesysteme (FZG) – Technische Universität München (TUM)

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Christian Sander
T 069- 6603 -1872

Das IGF-Vorhaben IGF-Nr. 20953 N der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit den Mitteln der [IGF](#) gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF)

Die [Industrielle Gemeinschaftsforschung \(IGF\)](#) ist ein europaweit erfolgreiches, themenoffenes und vorwettbewerbliches Förderprogramm des [Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz \(BMWK\)](#), das kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) einen einfachen Zugang zu praxisorientierter Forschung und zu aktuellen Forschungsergebnissen ermöglicht. In der IGF bestimmen Unternehmen bzw. Verbände, Forschungsvereinigungen und Forschungseinrichtungen gemeinsam den Forschungsbedarf und die Forschungsthemen ihrer Branche. Die Begleitung der Forschungsprojekte durch die Unternehmen garantiert die Praxisnähe der Forschungsprojekte. Die Ergebnisse der IGF-Projekte sind öffentlich und stehen allen interessierten Unternehmen zu gleichen Bedingungen zur Verfügung. So stärkt die IGF die Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstands in Deutschland und trägt damit maßgeblich zu Deutschlands Innovationsouveränität bei.

Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.) ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik. Zusammen mit rund 200 Unternehmen und 100 Forschungsinstituten haben wir bisher weit über 2.000 Projekte realisiert. Die Antriebstechnik voranzubringen – das ist das Ziel der FVA. Dazu bringen wir Industrie und Forschung zusammen. Dies zu moderieren, neues Wissen zu erforschen, Effizienz und Erkenntnisse zu schaffen – das macht uns zum Innovationsförderer unsere Branche. Für unsere Mitglieder bedeutet das einen mehrfachen Return-on-Invest: Austausch und Kenntnistransfer in der FVA-Community, Mitgestaltung an der Forschung, Teilhabe an neuestem Wissen, Ausbildung von jungen Ingenieur*innen, passgenaue Weiterbildung, Reduzierung von F+E Kosten. Das kommt unseren Mitgliedsunternehmen, dem Forschungsstandort Deutschland und allen Beteiligten Menschen zu Gute. Denn unsere vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung, finanziert über die IGF und Eigenmittel ist etwas ganz Besonderes. Gemeinsam geht einfach mehr. Dafür bündeln wir Ressourcen, auch finanzielle, moderieren Kommunikation und Prozesse. Wir helfen, Ideen zu verwirklichen. Weitere Informationen unter www.fva-net.de.