

Fallstudie zur Ursache von Butterflies in geprüften Verzahnungen

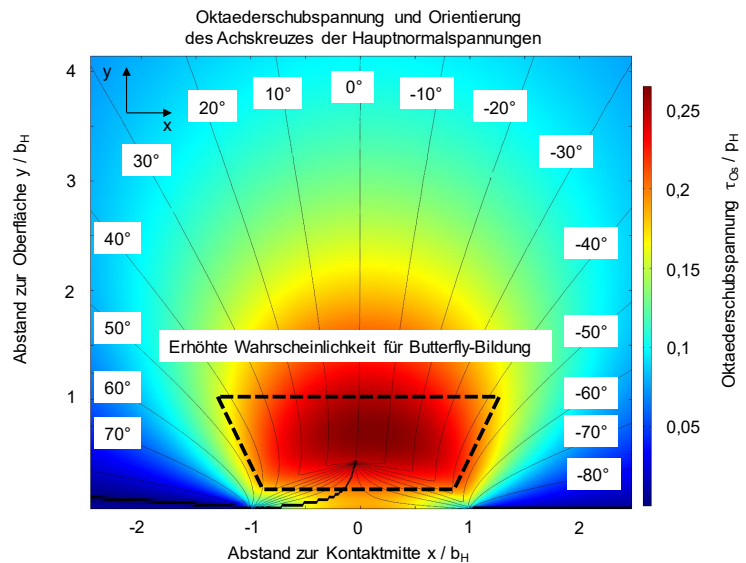
Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Butterflies in abgeschlossenen FVA-Forschungsvorhaben gesichtet und systematisch zusammengefasst, um daraus Rückschlüsse auf deren Entstehungsursachen ziehen zu können. Dazu wurde die vorhandene Bilddokumentation abgeschlossener Forschungsvorhaben gesichtete, noch vorhandene Zahnradausschnitte in weiteren Schliffebene untersucht sowie neue Schriffe angefertigt. Um Aussagen über mögliche Einflüsse aus Werkstoff, Wärmebehandlung, Fertigung, Verzahnungsgeometrie und Betriebsbedingungen auf die Butterfly-Entstehung treffen zu können, wurden geprüfte Verzahnungen aus Forschungsvorhaben mit unterschiedlichen Themenschwerpunkten betrachtet. Die gesichteten Butterfly-Befunde wurden hinsichtlich des Abstands zur Oberfläche sowie der Orientierung der Mittelachse durch die Butterfly-Flügel zur Oberfläche charakterisiert. Anhand von stichpunktartigen, experimentellen Untersuchungen wurde der Einfluss der Randhärte auf die Butterfly-Entstehung untersucht.



Im Rahmen der Sichtung abgeschlossener Forschungsvorhaben konnten Butterfly-Befunde in vielen geprüften Zahnrädern festgestellt werden. Da Befunde in Zahnräder unterschiedlicher Baugröße sowie in Gerad- und Schrägverzahnungen festgestellt wurden, ist ein Einfluss aus der Verzahnungsgeometrie unwahrscheinlich. Sekundäre Wirkzusammenhänge über geometriebedingte Einflüsse auf den Belastungs- und Beanspruchungszustand sind allerdings nicht auszuschließen. Des Weiteren deutet sich eine Abhängigkeit der Auftrittswahrscheinlichkeit und des Wachstums von Butterfly vom Zahnradwerkstoff an. Es konnte gezeigt werden, dass aufgrund der statistischen Verteilung von Einschlüssen und somit der Butterfly nur bedingt zuverlässige Aussagen aus einzelnen Schliffebene abgeleitet werden können. Die Ausbildung von Butterfly erfolgt prinzipiell an allen Einschlüssen im Stahl und somit gleichermaßen an Sulfiden (Mangansulfid) als auch an oxydischen Verunreinigungen. Da Mangansulfide weitaus häufiger in den Einsatzstählen anzutreffen sind als oxydische Einschlüsse, ist auch die überwiegende Anzahl von Butterfly an Sulfiden entstanden. Auffällig bei der Betrachtung war, dass die Butterfly nicht an allen Sulfiden entstehen. Oft sind Gruppen von Sulfiden im metallografischen Schliff dokumentiert worden, wo nur an einzelnen ein Butterfly entstanden ist. Es ist also zu vermuten, dass die Orientierung des Gefüges bzw. die kristallografische Orientierung des Martensits eine Rolle für die Ausbildung der Butterfly spielt. Die Auswertung der Tiefenlage zeigt eine deutliche Häufung von Butterfly in abgrenzbaren Abständen zur Oberfläche. Der Winkel zwischen der Mittelachse durch die Butterfly-Flügel und der Zahnoberfläche ordnet sich für einen Großteil der Befunde in einen klar abgrenzbaren Bereich ein. Mithilfe eines Simulationsprogramms zur Berechnung der Oktaederschubspannung und der Drehung des Hauptachsensystems unter Berücksichtigung von Hertz'scher Druck- und Schubbelastung konnte gezeigt werden, dass

sich die Orientierungen der Butterflies und die Tiefenlagen gut in die Bereiche der höchsten Oktaederschubspannungen einordnen. Daraus wird abgeleitet, dass der Schubspannungszustand unter der Verzahnungs Oberfläche in Folge des Hertz'schen Kontaktes die Entstehung von Butterfly maßgeblich beeinflusst.

Insbesondere Einflüsse aus Werkstoff, Wärmbehandlung und Zahnradfertigung können basierend auf der vorliegenden Datenbasis nur begrenzt zuverlässig beurteilt werden. Hierzu sind weitere experimentelle Untersuchungen nötig.



Autoren: Dominik Kratzer, M.Sc.

Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebesysteme (FZG)

Technische Universität München

Dr.-Ing. Matthias Steinbacher

Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien - IWT

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)

Eva Robens

T 069- 66 03- 18 88



Das Projekt 612 III der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde über Eigenmittel finanziert.

Hintergrundinformationen zur FVA

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 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.