

Kurzfassung Dissertation Stefan Bruckmeier, 2006

Flankenbruch bei Stirnradgetrieben

In der Praxis treten bei belasteten Stirnradstufen bisweilen Schadensfälle auf, bei denen von einer primären Rissentstehung deutlich unterhalb der Oberfläche ausgegangen wird (Vakuumbruch). Diese Schäden werden als Flankenbruch bezeichnet. Die Folgen einer Schädigung durch Flankenbruch sind meist gravierend und führen in der Regel zum kompletten Ausfall der betroffenen Getriebestufe.

Die analysierten Bruchbilder weisen häufig die gleichen Merkmale auf: Der Rissstarter, welcher oft an harten, nichtmetallischen Einschlüssen zu finden ist, befindet sich im Bereich der aktiven Zahnflanke unter der Bauteiloberfläche, bei einsatzgehärteten Zahnradern im Übergangsbereich der einsatzgehärteten Schicht zum weichen Kern. Die Rissausbreitung erfolgt, bis die Bauteiloberfläche erreicht wird, sehr langsam, es schließt sich ein vergleichsweise schnelles Risswachstum an, ehe das geschädigte Zahnsegment durch einen Restgewaltbruch vom Zahnrad getrennt wird.

Im Gegensatz zu Grübchenbildung oder Graufleckigkeit kann Flankenbruch während seiner Entstehung im Rahmen von regelmäßigen Inspektionen in Form von Sichtprüfungen nicht ohne weiteres festgestellt werden. Der Schaden wird meist erst nach dem Bruch der Zahnflanke sichtbar.

Um den sicheren Betrieb von Getrieben zu gewährleisten, wurde ein Prüfverfahren entwickelt, welches die sichere Detektion von inneren Anrissen bei einsatzgehärteten Zahnradern ermöglicht.

Theoretische und experimentelle Untersuchungen zeigen, dass bei bestimmten Zahngeometrien die dem Wälzkontakt vorausgehende bzw. nachfolgende Biegebeanspruchung berücksichtigt werden muss, um Aussagen zur Maximalbeanspruchung über die gesamte Bauteiltiefe zu erhalten. Die Berücksichtigung der Querkraft führt dazu, dass das maximale Schadensrisiko unter der Bauteiloberfläche einen vergleichsweise großen Tiefenbereich abdeckt. Theoretische Untersuchungen zeigen darüber hinaus eine Erhöhung der Beanspruchung um ca. 30% beim Vorliegen einer Fehlstelle, unabhängig von deren Lage und Größe. Fehlstellen, z.B. in Form von harten, nichtmetallischen Einschlüssen, sind im Werkstoffgefüge statistisch verteilt. Durch den großen Werkstofftiefenbereich, in dem ein hohes theoretisches Schadensrisiko vorliegt, ist die Wahrscheinlichkeit, dass bereits eine kleine Fehlstelle in diesem Bereich zu finden ist, vergleichsweise hoch. Nach heutigem Stand der Technik können solche Fehlstellen in Einsatzstählen, die häufig zur Herstellung von Zahnradern verwendet werden, nicht ausgeschlossen werden. Deren schädigende Wirkung sollte beachtet werden.

Die Beanspruchbarkeit des Zahnes, welche der Beanspruchung gegenübergestellt wird, kann vereinfachend aus dem Härtetiefenverlauf gewonnen werden. Damit fließen Festigkeitseigenschaften des Werkstoffs mit seiner Wärmebehandlung unmittelbar in die Betrachtung ein.

Als Ergebnis des neu entwickelten Berechnungsansatzes kann das Risiko einer möglichen Rissentstehung im Bereich der aktiven Zahnflanke eines Zahnrades, ausgedrückt durch den Risikofaktor R_F , ermittelt werden. Für eine dauerfeste Auslegung einsatzgehärteter Zahnradern ist unter Berücksichtigung möglicher Ungängen, z.B. in Form von Einschlüssen, das Schadensrisiko $R_F \leq 0,8$ festzulegen.