

ISO TR 15144: Methode A und B der Graufleckigkeitsberechnung (Micropitting) in KISSsoft



KISSsoft war die erste kommerziell verfügbare Software, welche den Rechengang für Micropitting nach der exakteren Methode A implementiert hat – gemäss dem Technical Report ISO TR 15144. Auch die vereinfachte Berechnung nach Methode B ist seit 2010 verfügbar. Heute ist die revidierte Ausgabe der TR von 2014 in KISSsoft implementiert.

Im 2014 erschien zusätzlich ein zweiter Teil, der ISO TR 15144-2, welcher vier Berechnungsbeispiele enthält. Dieses Dokument ist wichtig, da mit praktischen Beispielen die Anwendung der ISO TR 15144-1 erläutert wird. Die Beispiele wurden alle mit KISSsoft nachgerechnet und dokumentiert, um nachzuweisen, dass KISSsoft exakt nach Vorschrift rechnet.

Von Zertifizierungsstellen, vor allem im Windgetriebebau, wird der Nachweis hinsichtlich Graufleckigkeit nach ISO TR 15144 verlangt.

Das Phänomen der Graufleckigkeit

- Spezifische Schmierfilmdicke λ_{GF}
- Reduktion der Verzahnungsqualität
- Filterung als Standard

Wird der Schmierspalt so schmal, dass die Flanken in Kontakt kommen – sprich dass der Schmierfilm dünner als die Oberflächenrauigkeit wird und somit

Mischreibung vorherrscht, dann führt dies zu einer Schädigung der Oberfläche.

Massgebend für die Beurteilung, ob eine Verzahnung hinsichtlich Micropitting gefährdet ist, ist die spezifische Schmierfilmdicke λ_{GF} – das Verhältnis zwischen Schmierfilmdicke und Oberflächenrauigkeit. Graufleckigkeit ist gekennzeichnet durch eine Oberflächenschädigung in Form von Rissen, die von der Oberfläche ins Innere wachsen.

Es handelt sich dabei um kleine Grübchen (daher der Begriff „Micropitting“, der im deutschen Sprachraum ebenfalls gerne verwendet wird) von rund 10-20 μm Tiefe, 25-100 μm Länge und 10-20 μm Breite. In der Folge zeigen sich graue Flecken, welche der Zahnflanke ein mattes Aussehen verleihen und deshalb auch zur Bezeichnung „Graufleckigkeit“ geführt haben.

Graufleckigkeit tritt vor allem bei einsatzgehärteten Rädern auf, kann aber auch bei nitrierten, induktionsgehärteten oder nicht randschichtgehärteten Rädern auftreten.



Der Materialabtrag auf der Flanke führt zu einem vergrösserten Profilfehler der Verzahnung und damit zu einer Reduktion der Verzahnungsqualität im Allgemeinen. Nach einer gewissen Zeit tritt entweder Stagnation dieses Materialabtrags ein, oder aber dieser Prozess dauert kontinuierlich an.

Als Folgeschaden können – müssen jedoch nicht zwingend – erhöhte dynamische Lasten auftreten, die wiederum zu einem erhöhten Geräuschpegel und einer erhöhten Belastung der Verzahnung bis

zu einer eigentlichen Grübchenbildung führen können.

Das abgetragene Material selbst kann als Fremdkörper in Lagern Schäden verursachen, wenn es nicht durch eine effektive Filterung des Schmiermittels frühzeitig entfernt wird. Eine solche Filterung gehört im Bereich der Windkraft zum Standard.

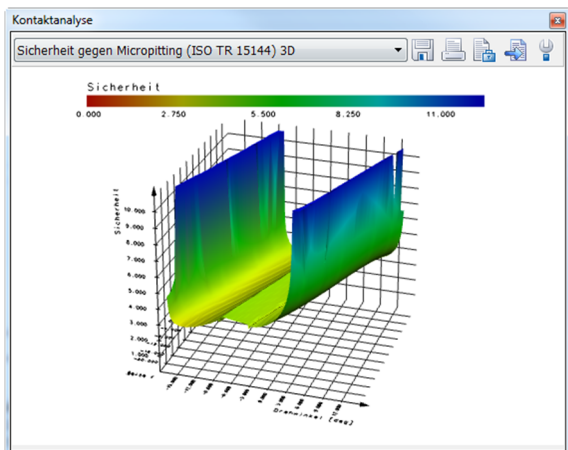
Graufleckigkeit sollte daher im Windbereich grundsätzlich als ein Auslegkriterium für die Verzahnung, deren Korrekturen und für das Schmiermittel herangezogen werden.

Technical Report ISO/TR 15144

- Bestimmung Schmierfilmdicke
- Risikoanalyse hinsichtlich Micropitting
- Schmierstoff, Oberflächenstruktur etc.

In einem ersten Entwurf des ISO TR 15144 für die Berechnung der Schmierfilmdicke und in der Risikoanalyse in Bezug auf Micropitting fehlten die Daten für die Bestimmung der zulässigen spezifischen Schmierfilmdicke λ_{GFP} . Die Werte für λ_{GFP} mussten der Fachliteratur entnommen werden und waren häufig widersprüchlich.

In der ersten offiziellen Ausgabe des ISO TR 15144:2010 ist hingegen die Bestimmung der zulässigen spezifischen Schmierfilmdicke λ_{GFP} enthalten. Mit dieser Ergänzung kann jetzt die Sicherheit gegen Graufleckigkeit berechnet werden. In der zweiten Ausgabe 2014 wurden weitere Details genauer spezifiziert.



Theoretisch tritt kein Micropitting auf, wenn die spezifische Filmdicke gross genug ist.

Die zulässige spezifische Schmierfilmdicke hängt von der Wahl des Schmierstoffs, insbesondere der

Additive, von der Oberflächenstruktur und anderen Randbedingungen wie dem Härtingsverfahren ab.

Eingebettet in eine leistungsfähige Zahnradberechnung können geeignete Verzahnungsparameter bestimmt werden, sodass eine möglichst hohe Sicherheit erreicht wird.

Die Berechnung sollte aber immer durch praktische Erfahrungen ergänzt und abgesichert werden.

Detailgrad

Für die Anwendung des beschriebenen Rechengangs gibt es zwei unterschiedliche Ansätze:

Für nicht-profilkorrigierte Verzahnungen kann die Methode B – einschliesslich der Berechnung von Normalkraftverteilung, Hertzscher Pressung und Temperatur – nach den Spezifikationen der Norm angewendet werden.

Alternativ kann eine Kontaktanalyse (LTCA) für die Bestimmung der jeweiligen Werte herangezogen werden. Dies entspricht Methode A der ISO-Norm. Natürlich ist die Methode A aufwändiger. Andererseits stellt die anfallende Rechenzeit mit den modernen Rechnern auch für diesen komplexeren Ansatz kein Problem dar. Da heute zur Verminderung des Risikos von Micropitting (z.B. in der Windkraft) generell die Verzahnungen mit Profilkorrekturen ausgeführt werden, ist jedoch die Verwendung der Methode A in der Praxis unerlässlich.

Implementierung in KISSsoft

Mit dem ISO TR 15144:2014 steht heute dem Anwender eine leistungsfähige, international abgestützte Rechenmethode zur Verfügung.

Damit hat der Ingenieur ein Werkzeug, das klar und einfach in der Anwendung ist und somit verlässliche Aussagen zum Risiko von Graufleckigkeit liefert. Ist die Gefahr von Graufleckigkeit in einem konkreten Fall gegeben, können rechtzeitig Massnahmen ergriffen werden, um einen späteren Problemfall ausschliessen zu können.

Falls Sie Interesse an einer Testlizenz haben, schreiben Sie uns bitte auf info@KISSsoft.AG