

Stellungnahme des Beirats

Antrags-Nr.: A 305 / 2015

Thema: Untersuchungen zum Fehlstellenversagen an Zahnrädern und deren Einfluss auf die Zahnradtragfähigkeit

1. Problemstellung

- | | |
|---|----|
| 1.1 wissenschaftlich interessant? | ja |
| 1.2 Umsetzungspotenzial vorhanden? | ja |
| 1.3 fördert die Stahlanwendung durch | |
| • Erschließung neuer Anwendungsgebiete? | |
| • Sicherung bisheriger Anwendungsgebiete? | ja |

2. Aufwand

- | | |
|------------------------|-------|
| 2.1 Zeit angemessen? | ja |
| 2.2 Mittel angemessen? | offen |

BEFÜRWORDET

mit Auflagen

ZURÜCKGESTELLT

NICHT BEFÜRWORDET

In der Getriebeauslegung spielen die Zahnfuß- und Zahnflankentragfähigkeit eine essentielle Rolle. Optimierte Bearbeitungsschritte zur gezielten Einbringung von Druckeigenstressungen in den oberflächennahen Randbereich ermöglichen eine Steigerung der Zahnfußtragfähigkeit. Deren Auswirkung ist jedoch auf die äußerste Werkstückrandschicht begrenzt, weshalb tieferliegenden Werkstoffbereichen hinsichtlich der Schadensinitiierung eine erhöhte Bedeutung zukommt. Dabei spielt u. a. die Häufigkeit und Verteilung von Fehlstellen (z. B. nichtmetallische Einschlüsse) eine wesentliche Rolle. Diese können zu einer Rissinitiierung unterhalb der Bauteiloberfläche und somit zum Ausfall des Zahnrades führen. Bisher liegen noch keine Kenntnisse zur gezielten Vermeidung dieser Schäden sowie entsprechende Grenzwerte vor, weshalb das erhoffte Tragfähigkeitspotential nicht zuverlässig genutzt werden kann.

Das beantragte Vorhaben schließt an verschiedene abgeschlossene Forschungsvorhaben an. Ein wesentliches Ziel ist die Ermittlung von Festigkeitskennwerten zur Zahnfußtragfähigkeit hochreiner „Standard“-Stähle unter Berücksichtigung von inneren Brüchen bzw. Fehlstellenversagen. Hierfür sollen die aus dem Vorgängervorhaben bereits vorhandenen Ergebnisse unter Berücksichtigung von Fehlstellenversagen erweitert und statistisch abgesicherte Tragfähigkeitskennwerte hochreiner Stähle abgeleitet werden. Gegenüber Werkstoffen mit konventionellem Reinheitsgrad wird ein Tragfähigkeitspotential von ca. 15% erwartet. Weiterhin sollen Untersuchungen zur gezielten Vermeidung von inneren Brüchen mit Hilfe von optimierten Werkstoffen durchgeführt werden, die neben einem hohen Reinheitsgrad auch einen modifizierten Herstellweg und/oder eine modifizierte chemische Zusammensetzung aufweisen. Dabei sollen mögliche Einflussgrößen zur Vermeidung kritischer Einschlüsse in der Werkstoffmatrix beurteilt und Aussagen zum Potenzial der Zahnfußtragfähigkeitssteigerung erarbeitet werden. Im Rahmen theoretischer Arbeiten sollen statistische Verfahren zur Beschreibung von Einschlussverteilungen und -häufigkeiten auf

die untersuchten Varianten angewandt und hinsichtlich ihrer Eignung zur Abschätzung rissinitiierender Einschlüsse bewertet werden. Die Ergebnisse sollen in das bestehende, erweiterte Berechnungsmodell zur Zahnfußtragfähigkeit eingebracht werden.

Der aus dem Vorhaben zu erwartende Erkenntnisgewinn für die stahlherstellende und stahlanwendende Industrie ist ebenso wie das Umsetzungspotenzial als hoch einzuschätzen, wobei eine Abgrenzung zu den früheren Vorhaben klar erkennbar ist. Es ist eine deutlich erhöhte Zuverlässigkeit bei der Bewertung der lokalen Werkstoffeigenschaften und der zu erwartenden Zahnfußtragfähigkeit zu erwarten.

Die geplanten umfangreichen experimentellen und theoretischen Untersuchungen sind insgesamt gut nachvollziehbar dargestellt, lassen aber noch einige Fragen offen. So wird für die in Teilvorhaben 12 vorgesehene Anwendung und Bewertung statistischer Methoden zur Charakterisierung von Werkstoffen ein verhältnismäßig hoher Mittel- und Zeitbedarf kalkuliert, ohne dass dies näher erläutert wird. Daher ist die Methodik detailliert zu beschreiben und der hierfür beantragte Mittelbedarf zu begründen. Ebenso ist auf die Frage einzugehen, wie die gewonnenen statistischen Kenntnisse zur Werkstoffbeschreibung in die industrielle Praxis umgesetzt werden können (Auflage 1).

Im Rahmen der theoretischen Untersuchungen sollen Werkstoffchargen untersucht werden, um geeignete Messmethoden zur Reinheitsgradcharakterisierung zu bewerten und geeignete Kenngrößen zur Analyse der Schadenswahrscheinlichkeit abzuleiten. Bei der Betrachtung ganzer Chargen ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Einschlüsse innerhalb einer Stahlcharge nicht gleichmäßig verteilt sind und dass die Verteilung mikroskopischer Einschlüsse von makroskopischen und semi-makroskopischen Einschlüssen überlagert werden kann, die mit metallographischen Mitteln meist nicht ermittelt werden.

Um die Erfolgsaussichten für die Vorhersage möglichst hoch anzusetzen, sollten die folgenden Punkte berücksichtigt werden:

- Die Einschlussermittlung soll an den zur Herstellung der Prüfräder verwendeten Stäben erfolgen, die Tiefenlage der späteren Zahnfüße und -flanken berücksichtigen und die unterschiedlichen Einschlusstypen getrennt erfassen (Auflage 2).
- Die relevanten Bereiche sollen mit Hilfe der Ultraschall-Tauchtechnik mit 10 bis 50 MHz untersucht werden, um zu einer räumlichen Einschlussverteilung unter Einbezug möglicher größerer Einschlüsse zu gelangen (Auflage 3).
- Für die Durchführung von Ringversuchen sind die Prüfbedingungen wie Messort und Größe der Prüffläche vorher festzulegen (Auflage 4).

Im Hinblick auf die Optimierung der Werkstoffe empfiehlt der Beirat, den geplanten experimentellen Untersuchungen theoretische Überlegungen (z.B. mit Hilfe des Murakami-Ansatzes) zu der Frage voranzustellen, welcher theoretische Reinheitsgrad der Stähle notwendig ist, um eine signifikante Steigerung der Ermüdungsfestigkeit zu erzielen, und ob solche Stähle noch wirtschaftlich herstellbar sind (Auflage 5).

Der Beirat weist zudem auf das beim IWT Bremen laufende Vorhaben AiF-18202 hin, das u.a. ebenso die Untersuchung des Potenzials hochtragfähiger Stahlsorten zur Steigerung der Zahntragfähigkeit zum Gegenstand hat, und wünscht einen Austausch der Forschungsstellen und begleitenden Arbeitskreise im Hinblick auf Zielsetzung und wissenschaftliche Ansätze. Die AVIF-Geschäftsstelle ist über die Kontaktaufnahme und die getroffenen Absprachen zur Koordination der Aktivitäten zu informieren (Auflage 6).

Das Vorhaben wird mit diesen Auflagen befürwortet.

Hilden, 17.02.2016

Sc