

Fertigwälzgefräste Stirnräder

Bei der Weichfeinbearbeitung bietet das Fertigwälzfräsen gegenüber dem Weichschaben von Zahnrädern sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile. Charakterisiert sind fertigwälzgefräste Verzahnungen durch die prozessbedingte Oberflächenstruktur, bestehend aus Vorschubmarkierungen und Hülschnitten sowie die aus der Wärmebehandlung auftretenden Verzüge.

Der Einfluss dieser fertigungsbedingten Abweichungen auf das Tragfähigkeits- und Geräuschverhalten von fertigwälzgefrästen Stirnrädern wurde bislang nicht wissenschaftlich untersucht.

Ziel des Forschungsvorhabens FVA 667 war es, den Wissensstand zu den fertigungsbedingten Produkteigenschaften fertigwälzgefräster Zahnräder zu erweitern und eine Wissensbasis für die Auswertung der im Laufe des Forschungsvorhabens durchgeführten Laufversuche zu schaffen.

Ein Schwerpunkt des Vorhabens war die Ermittlung von Wöhlerlinien zur Grübchentragfähigkeit an weichgeschabten und fertigwälzgefrästen Verzahnungen. Die Untersuchungen wurden auf einem Verspannungsprüfstand durchgeführt. Es wurde eine konstante Ritzeldrehzahl von $n_1 = 4.500 \text{ min}^{-1}$ eingestellt. Die Grenzlastspielzahl wurde zu $N_G = 50 \text{ Mio.}$ gesetzt. Die Ermittlung des Dauerfestigkeitsniveaus für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von $P_A = 50\%$ wurde mithilfe des Treppenstufenverfahrens und der Auswertemethode nach Hück durchgeführt.

Prüfverzahnung:

Modul $m_n = 4,5 \text{ mm}$
 Zähnezahl $z = 16$
 Eingriffswinkel $\alpha_n = 20^\circ$
 Schräg.-winkel $\beta = 0^\circ$
 Fertigwälzgefräst
 20MnCr5
 Breite $b = 14 \text{ mm}$
Variante A
 $\delta_x = 1 \mu\text{m}$
 $\delta_y = 1,05 \mu\text{m}$

Prüflauf:

Verspannungsprüfstand
 DIN 51354
 Drehzahl $n = 4500 \text{ min}^{-1}$
 Dauerfest $N_G = 50 \text{ Mio.}$

Ausfallkriterium:

Grübchenfläche 4 %
 der Flankenfläche

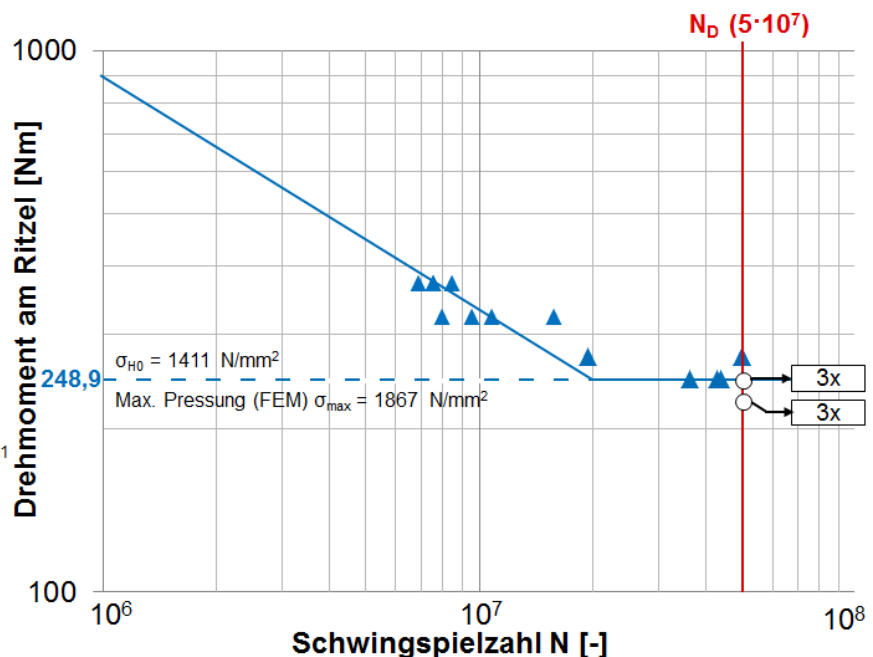


Bild 1: Grübchentragfähigkeits-Wöhlerlinie fertigwälzgefräster Verzahnungen

Aus den Untersuchungen ergeben sie Grübchentragfähigkeitswöhlerlinien fertigwälzgefräster und weichgeschabter Verzahnungen. Abschließend lässt sich auf Grundlage der Forschungsergebnisse festhalten, dass die Grübchentragfähigkeit fertigwälzgefräster Verzahnungen unter der von weichgeschabten Verzahnungen liegt.

Die Untersuchungen zum Einfluss der fertigungsbedingten Produkteigenschaften fertigwälzgefräster Zahnräder auf das Geräuschverhalten wurden anhand von Laufversuchen an einer Schrägverzahnung durchgeführt. Es wurden drei unterschiedliche Radpaarungen untersucht. Zunächst wurde ein Referenzversuch durchgeführt, bei dem ein geschliffenes Ritzel und ein geschliffenes Rad gepaart wurden. Im nächsten Schritt wurde ein fertigwälzgefrästes Ritzel mit einem geschliffenen Rad gepaart. Abschließend wurde eine Paarung aus fertigwälzgefrästem Ritzel und fertigwälzgefrästem Rad auf das Geräuschverhalten untersucht. Gegenüber einem tonal anregenden,

geschliffenen Radsatz wird deutlich, dass die Zahneingriffsordnung sowie deren Höherharmonischen von Seitenbändern begleitet werden.

Festzuhalten ist, dass der Summenpegel bei dem fertigwälzgefrästen Ritzel niedriger liegt, als bei dem geschliffenen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass mit Einsatz des fertigwälzgefrästen Bauteils mehr Seitenbänder im Frequenzspektrum ausgebildet werden. Der erhöhte Rauschanteil führt zu einer sinkenden Gesamtamplitude im Vergleich zur geschliffenen Paarung, für die eine dominantere Anregung der Zahneingriffsordnung und deren Höherharmonischen vorliegt.

Hingegen liegt der Mittelwert der geschliffenen Paarung bei allen drei betrachteten Momentenstufen am niedrigsten. Der Körperschallpegel in dB steigt nur gering mit Erhöhung des Moments an. Die Variante mit dem fertigwälzgefrästen Ritzel und geschliffenem Rad liegt bei dem Mittelwert höher. Auch hier ist die Zunahme des Körperschalls über dem Moment gering. Die höchsten Mittelwerte weist die fertigwälzgefräste Paarung auf. Hier liegt das gesamte Niveau des Körperschalls am höchsten.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass die hier eingesetzte geschliffene Verzahnung höhere Geräuschamplituden aufweisen, als die fertigwälzgefrästen. Das Geräuschverhalten der fertigwälzgefrästen Verzahnung, nur Ritzel und auch Paarung, weist aufgrund der geometrischen Eigenschaften eine höhere Streuung und Rauschen auf, wodurch die maximalen Amplituden verringert werden. Das Gesamtgeräusch, bewertet durch die Mittelwertbildung, liegt höher.

Auf Grundlage der hier vorgestellten Erkenntnisse kann erstmals eine Abschätzung über den Einsatz fertigwälzgefräster Verzahnungen hinsichtlich des Anregungsverhaltens gegeben werden.

Prüfverzahnung:

Modul $m_n = 3,5 \text{ mm}$
 Zähnezahl $z_{1,2} = 25/36$
 Eingriffsw. $\alpha_n = 20^\circ$
 Schräg.-w. $\beta = 19,3^\circ$
 20MnCr5
 Breite $b = 28 \text{ mm}$

Versuchsdaten:

Drehzahlhochläufe
 $n_{An} = 0 - 2.000 \text{ min}^{-1}$
 $M_{an} = 50, 115, 180 \text{ Nm}$

Körperschallsensoren:

4x PCB-HTM352C68
 Messbereich: 50 g
 Empfindlichkeit: 100 mV/g
 Frequenz: 0,5-12.000 Hz

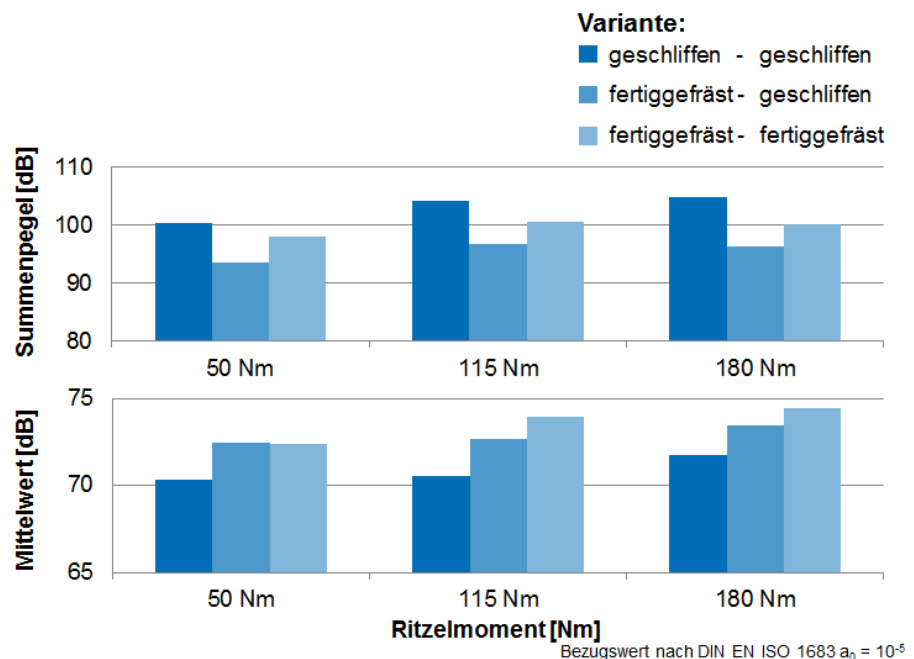


Bild 2: Bewertung des Körperschalls geschliffener und fertigwälzgefräster Verzahnungen

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Peter Exner
T 069-6603-1610

Das IGF-Vorhaben 17262 N der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hintergrundinformationen zur FVA

Die FVA ist das weltweit führende Innovationsnetzwerk der Antriebstechnik. Die 170 laufenden Projekte der industriellen Gemeinschaftsforschung fördern die Innovationsfähigkeit der Industrie im Bereich der Antriebstechnik und ist an den wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen ein wichtiger Beitrag zur Ausbildung von Jungingenieuren in und für die Branche. Die 210 Mitgliedsfirmen sind produzierende Unternehmen aus der Antriebstechnikbranche. Zusammen mit den über 40 Forschungsinstituten bildet die FVA die Basis für das weltweit führende Netzwerk der Antriebstechnik. Die FVA versteht sich als eine wichtige Plattform der Kommunikation und des Wissenstransfers zwischen Wissenschaft und Industrie. Themenfelder sind die mechanische und die elektrische bzw. mechatronische Antriebstechnik, sowohl von stationären industriellen Anlagen als auch von Fahrzeugen, mobilen Maschinen und Luftfahrzeugen. Die Gemeinschaftsforschung hat zum Ziel, das technische Know-how der Unternehmen und die Qualität ihrer Produkte zu verbessern und die Produktionskosten zu senken. Informationsveranstaltungen, Seminare und Tagungen der Forschungsvereinigung bieten den Unternehmen die Möglichkeit, neueste Forschungsergebnisse anzuwenden und Mitarbeiter entsprechend aus- und weiterzubilden.

Weitere Informationen unter www.fva-net.de.