

Fehlertolerante Flankentopografie

In der Verzahnungsauslegung sind den Auslegungskriterien nach einer ausreichenden Lebensdauer und einem niedrigen Verzahnungsgeräusch Rechnung zu tragen. Zudem ist der Ausschuss in der Fertigung auf ein Minimum zu reduzieren. Dabei stellen insbesondere Kegelradverzahnungen aufgrund der komplexen Kontaktgeometrie und der betriebsabhängigen Eingriffsbedingungen eine Herausforderung in der Auslegung dar. In der Praxis auftretende Abweichungen, resultierend aus dem Fertigungsprozess sowie der Montage der Radsätze, beeinflussen zudem das Einsatzverhalten einer Verzahnung. Eine umfassende Berücksichtigung der zu erwartenden Abweichungen im Auslegungsprozess durch fertigungstoleranzabhängige Variation der Mikrogeometrie sowie der Einbautoleranzen erfolgt bisher nicht.

Der Gegenstand des Forschungsvorhabens „Fehlertolerante Flankentopografie“ war die Entwicklung eines Algorithmus zur Optimierung der Mikrogeometrie von Kegelradverzahnungen, sodass die Verzahnung auch im Toleranzfeld der Fertigungs- und Montageabweichungen sowie bei variierenden Betriebsparametern ein robustes Einsatzverhalten aufweist. Die Berechnungsmethode zur Variantenrechnung sowie die Algorithmen zur Auswertung der Ergebnisse konnten erfolgreich entwickelt werden. Das Berechnungsvorgehen ermöglicht im ersten Schritt die Optimierung der Ritzelmikrogeometrie bei einem reduzierten Variantenumfang, um die Berechnungsdauer auf ein praktikables Maß zu begrenzen. Weiterhin kann in einem zweiten Berechnungsschritt die Sensitivität der Verzahnungsauslegung bei realistischen Fertigungs- und Montageabweichungen im Rahmen einer virtuellen Produktion bewertet werden. Die Berechnungsmethode sowie das Programm BECAL 5 konnten erfolgreich validiert werden. Hierzu wurde eine Kegelradmesszelle konstruiert und gefertigt, die die Untersuchung des dynamischen Anregungsverhaltens unter Last sowie der lastfreien und lastbedingten Verlagerungen ermöglichte.

Prüfparameter EVP

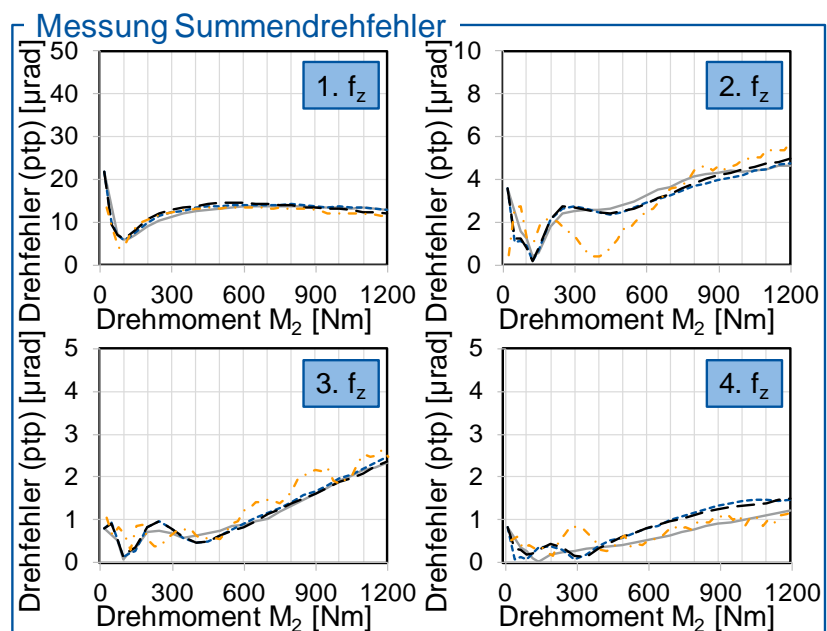
- $n_1 = 60 \text{ min}^{-1}$
- $M_2 = \text{variabel}$
- Radsatz: **Opt_{nom}**

Simulation ZaKo3D

- Position: **CMM**
- Verlagerung: **CMM**
- $\Delta\beta_{\text{max}} = 50 \text{ }\mu\text{m}$
(bei 1200 Nm)

Legende

- Simulation ZaKo3D
- Messung 1
- - - Messung 2
- Messung 3



Die Gegenüberstellung der berechneten und gemessenen Drehfehler unter Last zeigt in der Ausgangsbetrachtung signifikante Abweichungen. Als Grund hierfür wurde die, der Zahnkontaktanalyse vorgelagerte, Verlagerungsberechnung identifiziert. Die Berechnung der lastbedingten Verlagerungen aus den Biegelinien der Ritzel- und Tellerradachse berücksichtigt derzeit nicht die Verdrehung der Ritzel- gegenüber der Tellerradflanke durch die horizontale Verkipfung der Ritzelachse. Die Verdrehung der Ritzel- und Tellerradflanke kann näherungsweise durch eine lastbedingte Spiralwinkeländerung dargestellt werden. Die Berechnung des Drehfehlers unter Last in der FE-basierten Zahnkontaktanalyse ZaKo3D bei Vorgabe der lastbedingten Verlagerungen und Spiralwinkeländerung zeigt eine sehr hohe Übereinstimmung mit den gemessenen Werten. Dabei führt die Verdrehung der Zahnflanken zu einer signifikanten Tragbildverlagerung. In der Folge ist die Zunahme der Gesamtüberdeckung unter Last begrenzt. Die Berechnungsergebnisse bestätigen somit das Defizit in der Berechnung der lastbedingten Verlagerungen.

Autoren: Dr. Stefan Schumann
Institut für Maschinenelemente und Maschinenkonstruktion TU Dresden

Moritz Trippe
RWTH Aachen Werkzeugmaschinenlabor

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Christian Kunze
T 069- 66 03- 16 74

Das IGF-Vorhaben IGF-Nr. 18450 BG 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:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

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 207 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.