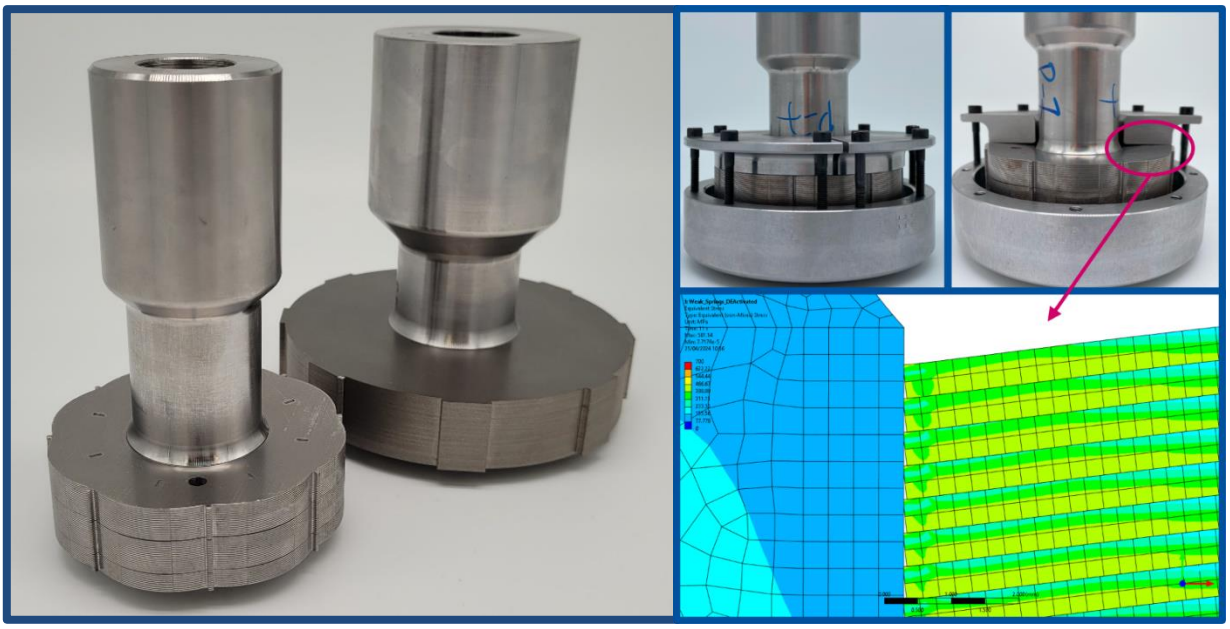
Universität Stuttgart

IKTD
Lehrstuhl für Produktenentwicklung
und Konstruktionstechnik
Prof. Dr.-Ing. Matthias Kreimeyer

Thema:

Experimentelle, konzeptionelle und numerische Untersuchungen an reibschlüssigen Welle-Nabe-Verbindungen in Rotoreinheiten von Elektromotoren

Experimental, conceptual, and numerical investigations of press-fitted shaft-hub connections in rotor units of electric motors



Aufgrund steigender Anforderungen durch Umweltauflagen und die Elektrifizierung der Automobilindustrie besteht ein zunehmender Bedarf an effizienteren, kompakteren und leichteren Elektromotoren. Fortschritte in der Leistungselektronik ermöglichen zudem neue Einsatzbereiche, beispielsweise Drehzahlen bis zu 50 000 min^{-1}, Energierückgewinnung beim Bremsen und weitere Funktionen, die über den Betrieb konventioneller stationärer Elektromotoren hinausgehen. Diese Entwicklungen führen zu deutlich höheren Leistungsdichten und stellen wachsende Anforderungen an Bauteile und deren Verbindungen – insbesondere an die **reibschlüssige Welle-Nabe-Verbindung (WNV) zwischen Rotorblechpaketen und Antriebswelle.**

Ziel der Forschung am IKTD ist es, die Designlimits und die Optimierungsmöglichkeiten dieser reibschlüssigen Verbindungen systematisch zu untersuchen. Dabei wird analysiert, ob sich die übertragbare Drehmomentkapazität durch höhere Übermaße – also durch eine elastisch-plastische Auslegung der Verbindung – weiter steigern lässt. Zudem wird erforscht, inwieweit die Drehmomentübertragbarkeit und Zuverlässigkeit der WNV durch ein gezieltes „Trainieren“ nach dem Aufpressen verbessert werden können. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der geometrischen Optimierung der Kontaktflächen, um unter Berücksichtigung der elastisch-plastischen Verformung der laminierten Rotorbleche eine gleichmäßigere Druckverteilung zu erzielen. Ergänzend werden die statischen und dynamischen Reibwerte (unter höheren Drehzahlen) der reibschlüssigen WNV bei höheren Übermaßen experimentell bestimmt und die maßgebenden Gestaltungsgrenzen innerhalb eines definierten geometrischen Parameterraums experimentell und numerisch identifiziert.

Hierzu werden sowohl experimentelle als auch numerische Untersuchungen durchgeführt. Mithilfe von Finite-Elemente-Analysen werden die Einflüsse zentraler Designparameter der eingepressten Rotoreinheiten – bestehend aus gehärteten Wellen und laminierten Blechpaketen (entweder verbacken oder stanzpaketiert) – sowie deren Optimierungspotenzial untersucht. Parallel dazu erfolgen Versuche, in denen die Verformung der eingepressten Blechpakete erfasst und mit den numerischen Ergebnissen verglichen wird, um z.B. die Übermaßreduktion infolge der Blechstanzkanten und die Designlimits wegen der höheren Deformation und Delamination zu bestimmen. Darüber hinaus werden Grenzdrehmomentversuche bei unterschiedlichen Übermaßen und Drehzahlen durchgeführt, um die resultierenden Reibwerte der Verbindung zu ermitteln. Ergänzende Experimente untersuchen den Effekt des „Trainierens“ auf die Drehmomentsteigerung und die Stabilität der Verbindung.

Auf Basis dieser Ergebnisse werden Belastbarkeit, Versagensverhalten, Reibwerte sowie Auslegungskriterien und Designgrenzen elastisch-plastisch ausgelegter Pressverbindungen mit Blechpaketen in Abhängigkeit von Geometrie- und Materialparametern bestimmt und dokumentiert. Die gewonnenen Erkenntnisse leisten einen Beitrag zur Entwicklung leistungsdichterer und mechanisch sichererer Rotoren für zukünftige Hochleistungs-Elektromaschinen.

Mögliche Themenbereiche:

- Numerische Simulation elastisch-plastischer Pressverbindungen mit 3D-periodischer Geometrie in Rotoreinheiten zur Ermittlung der theoretischen Delaminationsgrenzen des Übermaßes bei unterschiedlichen Geometrien
- Einfluss der Blechherstellungs- und Kantenbearbeitungsverfahren (gewalzt, lasergeschnitten, gestanzt) auf Reibwerte und Übermaßreduktion
- Entwicklung, Auslegung und Optimierung von Prüf- und Fügeeinrichtungen

Typische Aufgabenstellungen:

- Durchführung von FEM-Simulationen (z. B. in ANSYS) von Längspressvorgängen und Parametervariationen
- Experimentelle Untersuchungen zum Füge- und Drehmomentverhalten bei unterschiedlichen Übermaßen
- Konstruktion bzw. Optimierung vorhandener Versuchseinrichtungen
- Vermessung und Analyse von Proben vor und nach Versuchen (3D-Messung, optische und mikroskopische Beobachtungen)
- Auswertung und Vergleich experimenteller und numerischer Ergebnisse
- Interpretation der beobachteten physikalischen Phänomene auf Basis von Literatur, Mikroskopie- und Rauheitsanalysen

Betreuung: Prof. Dr.-Ing. M. Kreimeyer / M.Sc. E.B. Yildiz