

Betriebsfestigkeit von Zahnwellenverbindungen mit gesinterter Nabe

Eine weit verbreitete Ausführung von Welle-Nabe-Verbindungen sind Zahnwellenverbindungen, welche sich durch ein hohes übertragbares Drehmoment und eine einfache Montage und Demontage auszeichnen. Dem steht jedoch eine aufwändige Fertigung, insbesondere der Nabe gegenüber. Während die Fertigung von verzahnten Wellen, z.B. durch Wälzfräsen oder umformende Verfahren mit vergleichsweise geringem Aufwand möglich ist, ist die Fertigung der Innenverzahnung der Nabe aufwändig. Mit der Erstellung der Durchgangsbohrung und dem Räumen der Innenverzahnung sind zwei Arbeitsschritte erforderlich. Abhilfe kann das Sinterverfahren schaffen, dass es ermöglicht Bauteile mit hoher Maßhaltigkeit in einem Arbeitsgang herzustellen. Angewendet wird dieses Verfahren bereits bei der Herstellung von Synchronkörpern für Fahrzeuggetriebe.

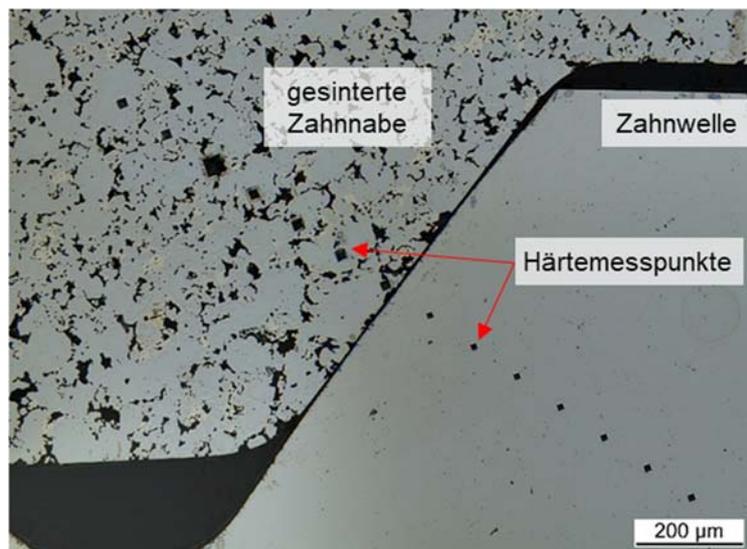


Abbildung 1: Schliffbild einer Zahnwellenverbindung mit gesinterter Nabe und umgeformter Zahnwelle

Für eine sichere Auslegung von zyklisch beanspruchten Bauteilen ist ein Betriebsfestigkeitsnachweis erforderlich. Da experimentelle Nachweise langwierig und kostenintensiv sind, wird zunehmend auf rechnerische Nachweise nach Regelwerken wie der FKM-Richtlinie oder der DIN 743 zurückgegriffen. Ein rechnerischer Festigkeitsnachweis von Sinterstählen ist jedoch bisher nach keinem Regelwerk möglich, sodass in diesem Fall auf einen experimentellen Betriebsfestigkeitsnachweis zurückgegriffen werden muss. Um zukünftig einen rechnerischen Betriebsfestigkeitsnachweis von Sinterstählen zu ermöglichen, wurde ein rechnerischer Festigkeitsnachweis nach dem Algorithmus der FKM-Richtlinie entwickelt. Hierzu wurde aus Literaturdaten eine Datenbank mit Schwingversuchen an Werkstoffproben geschaffen,

welche durch eigene Versuche erweitert wurde. Die durchgeführten Werkstoffversuche decken den Einfluss der Kerbschärfe, der Mittelspannung und der Probedichte ab. Zudem wurden neben Einstufenversuchen ein umfangreiches Versuchsprogramm an Schwingversuchen mit variabler Amplitude durchgeführt. Das geschaffene Berechnungskonzept ermöglicht die Bestimmung der Bauteillebensdauer bei konstanter und variabler Amplitude für Sinterstähle der Werkstoffgruppen 11, 32 und 39 nach DIN 30910 bis zu einer Härte von 400 HV.

Zur Übertragung des entwickelten rechnerischen Betriebsfestigkeitsnachweises auf den Anwendungsfall der Zahnwellenverbindungen mit gesinterter Nabe wurden Bauteilschwingversuche durchgeführt. Neben dem Einfluss des Spannungsverhältnisses wurde der Einfluss einer überlagerten konstanten Mittelspannung aus der Flankenpassung der Zahnwellenverbindung untersucht. Hierzu wurde neben einem Spielsitz auf den Zahnflanken eine Variante mit Presssitz auf den Zahnflanken untersucht. In den Schwingversuchen weist die Variante mit Presssitz eine deutlich geringere Mittelspannungsempfindlichkeit auf. Im Falle einer schwellenden Belastung weist sie trotz der aus dem Presssitz resultierenden Zugmittelspannungen im Zahnfuß der Sinternabe eine höhere Dauerfestigkeit als die Bauteilvariante mit Spielsitz auf. Der rechnerische Abgleich erfolgt mithilfe in FE-Simulation örtlich ermittelten Spannungen. Die Dauerfestigkeit der Bauteilvarianten mit Presssitz werden mithilfe des Berechnungskonzeptes unterschätzt, während die Bauteilfestigkeit der Bauteilvariante mit Spielsitz leicht überschätzt wird. Zusätzlich zu der Schwingfestigkeit von Profilverbindungen konnten Erkenntnisse zum Fügeverhalten der Zahnwellenverbindungen mit Presssitz auf den Zahnflanken gewonnen werden. Außerdem steht mit dem entwickelten Berechnungskonzept ein Vorschlag für einen rechnerischen Betriebsfestigkeitsnachweis von gesinterten Bauteilen zur Verfügung.

Autoren: **Lukas Masendorf**

Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit, TU Clausthal

Niklas Klügel

Institut für Maschinenwesen, TU Clausthal

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)

Dirk Arnold

T 069- 6603 -1632

Das IGF-Vorhaben IGF-Nr. 20321 N/1 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 Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

Hintergrundinformationen zur FVA

Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.) ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik. Zusammen mit rund 200 Unternehmen und 100 Forschungsinstituten haben wir bisher weit über 2.000 Projekte realisiert.

Die Antriebstechnik voranzubringen – das ist das Ziel der FVA. Dazu bringen wir Industrie und Forschung zusammen. Dies zu moderieren, neues Wissen zu erforschen, Effizienz und Erkenntnisse zu schaffen – das macht uns zum Innovationsförderer unsere Branche.

Für unsere Mitglieder bedeutet das einen mehrfachen Return-on-Invest: Austausch und Kenntnistransfer in der FVA-Community, Mitgestaltung an der Forschung, Teilhabe an neuestem Wissen, Ausbildung von jungen Ingenieur*innen, passgenaue Weiterbildung, Reduzierung von F+E Kosten.

Das kommt unseren Mitgliedsunternehmen, dem Forschungsstandort Deutschland und allen Beteiligten Menschen zu Gute. Denn unsere vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung ist etwas ganz Besonderes. Gemeinsam geht einfach mehr. Dafür bündeln wir Ressourcen, auch finanzielle, moderieren Kommunikation und Prozesse. Wir helfen, Ideen zu verwirklichen. **Weitere Informationen unter www.fva-net.de.**