



Neuartige Torsions-Axial-Prüfmaschine zur Prüfung laserstrahlgeschweißter Getriebekomponenten

Aufgabenstellung

Bauteile für den Antriebsstrang von Pkw und Lkw bestehen häufig aus Paarungen von Einsatzstählen und mehrfach legierten Vergütungsstählen, welche durch den Einsatz fortgeschrittener Laserstrahlschweißverfahren, unter Umständen mit speziellem Zusatzwerkstoff und integrierter Wärmebehandlung, mittels Axial- oder Radial-Rundnähten rissfrei verschweißt werden. Derart geschweißte Getriebekomponenten, wie z. B. Welle-Zahnrad-Verbindungen, unterliegen im Fahrzeugbetrieb häufig einer kombinierten Torsions- und Biegebelastung. Für diesen Belastungsfall existieren derzeit weder zuverlässige Schwingfestigkeitskennwerte noch Auslegungsrichtlinien für Laserschweißverbindungen.

Bei der Prüfung der Bauteile auf Getriebeprüfständen oder in Testfahrzeugen versagen in der Regel nicht die Schweißnähte. Deshalb liefern solche kosten- und zeitintensiven Tests, obwohl sie für die Qualitätssicherung unverzichtbar sind, keine auslegungsrelevanten Schwingfestigkeitskennwerte für die Schweißverbindungen. Aus diesem Grund war es notwendig,

einen neuartigen Prüfstand zu entwickeln, mit welchem direkt die Schwingfestigkeit der Laserschweißverbindungen unter bauteilnaher Beanspruchung ermittelt werden kann. Dazu war auch die Entwicklung eines bauteilähnlichen Prüfkörpers (Abb. 1) erforderlich, bei welchem die Schweißnaht selbst das am höchsten beanspruchte und somit versagenskritische konstruktive Detail darstellt. Die Prüfmaschine sollte so gestaltet werden, dass die Belastungskomponenten Torsion und Biegung unabhängig voneinander in den Prüfling eingeleitet werden können. Über Versuche an Modellprüfkörpern hinaus sollte das Prüfsystem universell für Tests an anderen geschweißten Bauteilen, z. B. Antriebswellen und Rohren, einsetzbar sein.

Lösungsweg

Die Entwicklung und Realisierung der Prüfmaschine erfolgte gemeinsam mit einem Prüfmaschinenhersteller [Fördermittel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen 02PB2073)]. Auf der horizontal verlaufenden Maschinenachse sind an den beiden Enden der Drehzylinder und der Axialzylinder angeordnet (Abb. 2). Die spielfreie Entkopplung der beiden Belastungskomponenten Drehmoment und Axialkraft wird durch ein hydrostatisch gelagertes Querhaupt gewährleistet. Dies ermöglicht, die auf die Schweißnaht wirkenden Beanspruchungskomponenten zyklische Torsion und zyklische Biegung phasensynchron oder phasenverschoben miteinander zu verknüpfen. Die Probenspanneinrichtungen sind über hydrostatisch gelagerte Kardangelen an den Prüfachsen angebracht. Auf diese Weise kann trotz des für geschweißte Getriebekomponenten unvermeidlichen Verzugs eine nahezu lastfreie Einspannung des Prüfkörpers erfolgen. Erst dadurch wird

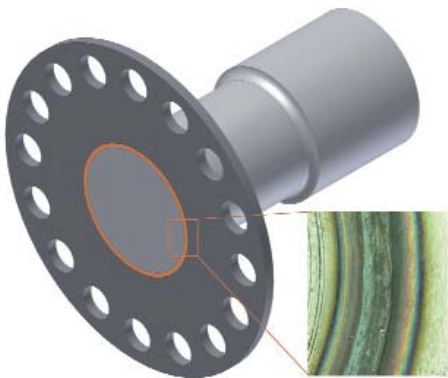


Abb. 1: Modellprüfkörper (Welle-Scheibe) mit Schweißnaht



Abb. 2: Torsions-Axial-Prüfmaschine



gewährleistet, dass die Beeinflussung der Schwingfestigkeit durch solche Faktoren wie Verzug, Einschweißtiefe, Randkerben, Endkrater, Schweißzusatzwerkstoff, Steifigkeit der Nahtumgebung und integrierte Wärmebehandlung präzise erfasst werden kann. Als Spannsysteme sind Keilspannzeuge für zylindrische Probenschäfte sowie Flansche mit einem Gewindelochraster vorhanden. Über den Drehzylinder können Drehmomente bis zu ± 8 kNm bei maximalen Drehwinkeln von $\pm 50^\circ$ aufgebracht werden. In axialer Richtung sind Kräfte bis ± 40 kN bei maximalen Wegen von ± 50 mm realisierbar. Über beide Achsen können Belastungen mit Frequenzen bis zu 50 Hz übertragen werden. Als Prüfkörper sind Proben und Bauteile mit Durchmessern bis 300 mm und Längen bis 1250 mm geeignet. Es erfolgt eine Datenerfassung von Drehmoment, Drehwinkel, Axialkraft und Axialweg sowie der Dehnungen mittels applizierter Dehnmessstreifen bei Abtastraten bis zu 10 kHz.

Ergebnisse

Nach der Übergabe der Prüfmaschine an das IWS wurde zunächst erfolgreich die Funktionalität der Maschine getestet und die Erreichung der angestrebten Leistungsparameter überprüft. Die Versuche dienten auch dazu, die Eignung des gewählten Modellprüfkörpers zu testen (Abb. 4). Es konnte gezeigt werden, dass es mit dem Design des Prüfkörpers gelungen ist, den Ort maximaler Beanspruchung und damit den Rissursprung tatsächlich in die Schweißverbindung (Schmelz- oder Wärmeeinflusszone) zu legen (Abb. 5).

Neben den belastungsseitigen Voraussetzungen erfüllt der Prüfkörper auch die schweißtechnischen Anforderungen an reale Bauteile hinsichtlich Einschweißtiefe und Wärmeableitungsbedingungen. Die Prüfkörper sind darüber hinaus einfach und kostengünstig herstellbar.

In einer ersten Versuchsserie wurden reine Torsions-Wechselversuche sowie kombinierte Torsions-Axial-Wechselversuche an laserstrahlgeschweißten Modellprüfkörpern mit Wellen aus 42CrMo4 und Scheiben aus 16MnCr5 durchgeführt. Die Ergebnisse sind als Wöhlerdiagramm in Abb. 3 dargestellt. Die aus der äußeren Belastung an der Schweißnaht resultierende Beanspruchung wurde als Vergleichsspannung mit Hilfe von FE-Rechnungen ermittelt. Wie die ersten Ergebnisse zeigen, ist für die kombinierte Torsions-Axial-Belastung infolge der in der Scheibe auftretenden Biegung eine deutliche Verringerung der Schwingfestigkeit im Vergleich zur reinen Torsion zu erwarten.

Mit der erfolgreichen Inbetriebnahme der Torsions-Axial-Prüfmaschine wurden im IWS wichtige prüftechnische Voraussetzungen für die zielgerichtete und umfassende Ausschöpfung des Leichtbaupotenzials laserstrahlgeschweißter Komponenten, insbesondere für Antriebe künftiger Generationen, geschaffen.

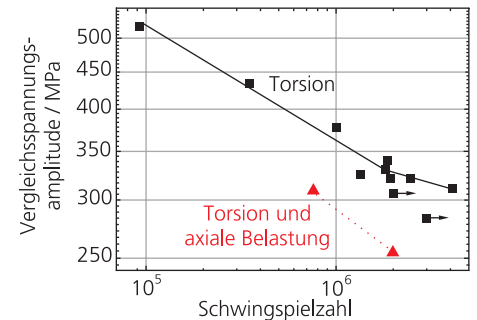


Abb. 3: Schwingfestigkeit von geschweißten Welle-Scheibe-Modellkörpern

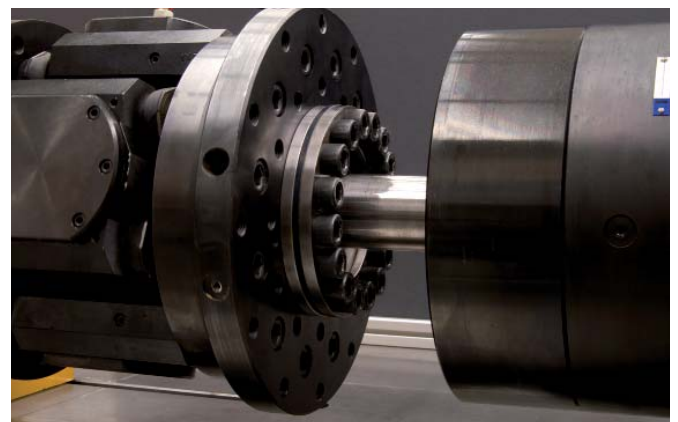


Abb. 4: Prüfkörper, Spanflansch und Kardangelk des Prüfsystems während eines Torsionsversuches

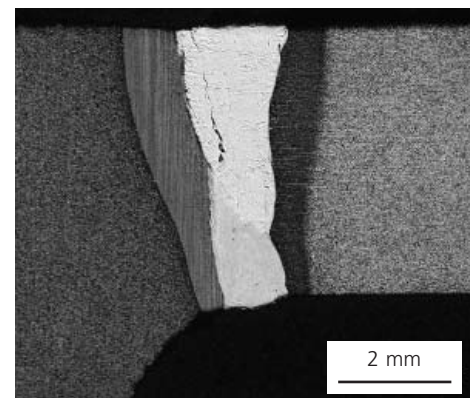


Abb. 5: Schliff durch die gerissene Schweißnaht eines Welle-Scheibe-Modellprüfkörpers nach Torsions-Axial-Belastung

Ansprechpartner

Dr. Jörg Bretschneider
Tel.: 0351 / 2583 217

joerg.bretschneider@iws.fraunhofer.de

