

Prüfstand zur Detektion von Materialfehlern in gegossenen Turbinenrädern aus Nickelbasislegierung mithilfe von Wirbelstrom

Malte SIEKMANN¹

¹ Daimler Truck AG, Stuttgart

Kontakt E-Mail: malte.siekmann@daimlertruck.com

Kurzfassung

Materialfehler in hochbelasteten Bauteilen können zur Schwächung im Betrieb führen. In vielen Fällen führt dies zum Funktionsversagen. Um Bauteile auf innenliegende Inhomogenitäten hin zu untersuchen, wird ein Prüfverfahren entwickelt, mit dessen Hilfe Materialfehler an hochbelasteten Bereichen des Turbinenrades in Abgasturboladern zerstörungsfrei detektiert werden können. Durch die Verwendung der Wirbelstromprüfmethodik, können Produktions- und Verarbeitungsfehler erkannt werden, bevor das Bauteil verbaut wird. Mithilfe eines Prototypenprüfstandes wird eine Möglichkeit geschaffen, Bauteile zerstörungsfrei vor ihrer Verwendung zu untersuchen. Der Prüfstand inkludiert neben einer Roboterzelle mit vollautomatischer Bauteilmanipulation das Wirbelstromprüfgerät PL600 der Firma Rohmann GmbH.

Die Auswertung und Deutung der Signalergebnisse urteilen über die Einsatzfähigkeit des Produktes.

Aufgabe

Prüfung von Turbinenrädern in NKW-Turboladern zum Ausschluss von Gießfehlern mittels Wirbelstrom

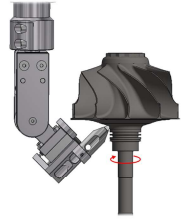


Im Feingießverfahren hergestellte Turbinenräder aus Nickelbasislegierungen unterliegen hohen Betriebsanforderungen. Herstellungsbedingte Materialdefekte können zu einem sofortigen Bauteilausfall führen. Weitere Komponenten können beschädigt, oder zerstört werden. Das Bauteilversagen führt in der Regel zu einem Fahrzeugausfall und einem sukzessiven monetären Schaden für den Betreiber. Zur Aufrechterhaltung der vereinbarten Bauteilqualität, wird ein zerstörungsfreies Prüfverfahren gefordert, welches verdeckte Materialfehler mit bereits geringen Abmessungen in hochbelasteten Bereichen detektieren kann.

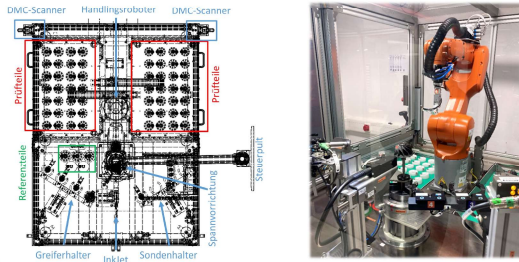
Ziel: Entwicklung eines Prototypenprüfstands zur wiederholgenauen Wirbelstromprüfung von Turbinenrädern
Weiterführendes Ziel: Entwicklung eines Prüfverfahrens als Grundlage zur Charakterisierung von Materialfehlern in Turbinenrädern

Prüfstandsanforderungen:

- Identifizierung des zu untersuchenden Prüfutes mittels DMC
- Vollautomatisches Handling und Radrückenprüfung der Bauteile
- Verwendung verschiedener Prüfsonden
- Markierung von Schlechteilen
- Bildgebende Darstellung des Wirbelstromsignals in Form eines C-Scan und in Impedanzdarstellung
- Ausgabe der Wirbelstromergebnisse zur weiteren Signalanalyse



Hardwareintegration



- Kompakte, vollautomatische Prüfanlage „EloScan Compact“ der Firma Rohmann GmbH
- Bauteilidentifizierung über DMC
- Prüfteilvorrat: 56 Turbinenräder sind über zwei seitliche Schubladen zuführbar
- Realisierung der Bauteilprüfung und -positionierung über KuKa-Roboter KR6 R900-2 mit einer Positionswiederholgenauigkeit von $\pm 0,02$ mm
- PL600 Wirbelstromprüfgerät der Fa. Rohmann GmbH
- Scanposition und Prüfergebnis über InkJet-Drucker auf das Bauteil übertragbar
- Wirbelstromparametersätze als Schnelleinstellung vorwählbar
- Vorbereitet für sechs verschiedene Prüfsonden
- Vorbereitet für eine CAD-modellbasierte Sensorführung entlang der Kontur des Prüfutes, um konstanten Sondenstellwinkel zu garantieren
- Dreibackenspannung zur zentrischen Aufnahme des Prüfutes in Drehvorrichtung
- Integration der Rotationsachse der Drehvorrichtung als Zusatzachse in die Roboterkinematik

Markierung der Anfangsposition für die WS-Prüfung

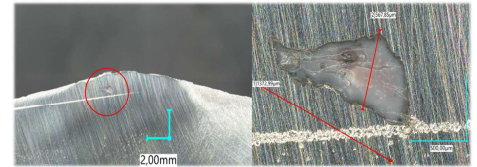
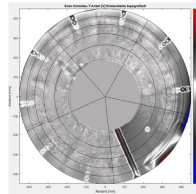
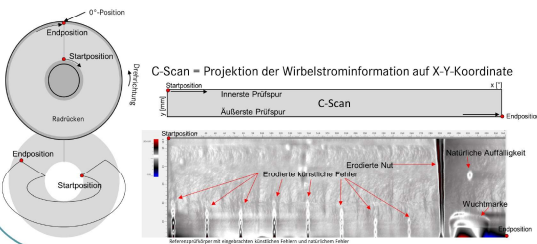


Softwareintegration

- Die integrierte Prüfsoftware erlaubt eine bildgebende Darstellung des Wirbelstromsignals (X-Amplitude, Y-Amplitude, Vektorlänge und Phasendrehung) in Form einer Projektion auf die X-Y-Ortskoordinate des Prüfkörpers.
- Aufgezeichnete Signale lassen sich durch die Prüfsoftware im Nachgang verstärken.

- Die Daten des Wirbelstromsignals können für weitere Analysen exportiert werden.
- Um Verzerrungen zu vermeiden, werden die Daten im Postprocessing, in Form einer Kreisscheibe auf die Prüffläche, geplottet.
- Definierte Segmente können flächengetreu ausgewertet werden, sodass Auffälligkeiten prozentual auf spezifische Bereiche bezogen werden können. Es wird die Auswertung von Vorzugsorientierung und hoch frequentierter Bereiche von Ungängen ermöglicht.

- Die Identifikation einer Auffälligkeit am Bauteil erfolgt anhand der X-Y-Koordinate des Scans.
- Eine nachfolgende zerstörende Prüfung kann in Form einer metallographischen Analyse erfolgen und die zuvor entdeckte Unregelmäßigkeit weiter spezifizieren.
- Zum Vergleich des metallographischen Befundes mit den Wirbelstromergebnissen, kann der gespeicherte C-Scan im Nachgang herangezogen werden (hier: detektierter Einschluss im Gussgefüge)

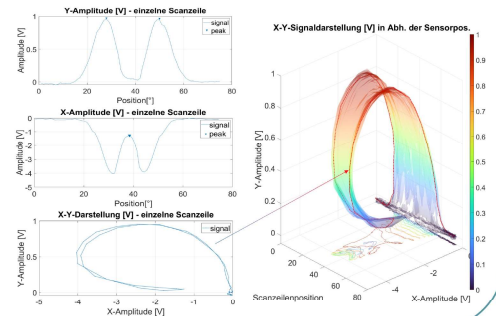


Herausforderungen für die Wirbelstromprüfung

- Ausreichende Standfestigkeit der Prüfsonden während der berührenden Prüfung
 - Realisierung durch Keramikschutzkappen
 - Verwendung von federnden Sondenhaltern zum Ausgleich auftretender Druckkräfte
- Ermöglichung konstanter Anstellwinkel bei veränderlicher Bauteilgeometrie
 - Realisierung durch die Implementierung von CAD-modellbasierter Sensorführung
- Sicherstellung konstanter Signalempfindlichkeit über den gesamten Prüfbereich
 - Wegbasierte Filter ermöglichen die Einhaltung voreingestellter Prüffrequenzen, auch bei veränderlichen Geschwindigkeiten. Dazu werden die gewählten Grenzfrequenzen entlang des zurückgelegten Prüfweges linear mitgeführt, sodass die Prüfung bei gleichbleibender Rotationsgeschwindigkeit im Innenradiusbereich, als auch im Außenradiusbereich, mit gleicher Empfindlichkeit erfolgt.
 - Sicherstellung gleichbleibender Bauteilorientierungen zur Ausweisung von Fehlern mit Vorzugsrichtung
 - Realisierung durch die Ausrichtung des Prüfutes an einem Fixpunkt beim Bestücken der Anlage
 - Eine lasergestützte Schaufelerkennung erlaubt ein Erkennen der definierten Ausrichtung für jedes Bauteil

→ Die Signalanalyse zur Charakterisierung unterschiedlicher Materialfehler ist das langfristige Ziel des begleitenden Promotionsprojektes

Die Exportfunktion erlaubt die Ausgabe der X-/Y-Amplitude im Bezug auf die Ortskoordinate des C-Scans. Dadurch lässt sich das Signal in X-Y-Ebene, aber auch die Phasenverschiebungen und Vektorlängen herleiten.



Danksagung

Dieses Projekt wurde zusammen mit der Firma Rohmann GmbH realisiert

Ansprechpartner:
 Herr Gregor Grzonkowski
 Rohmann GmbH
 Carl-Benz-Str. 23
 67227 Frankenthal
 info@rohmann.de



Kontakt

Daimler Truck AG

Ansprechpartner:
 Herr Malte Siekmann
 TT/XES PE PT T&B -Turbolader Versuch HD & MD, TL Konstruktion MD
 +49 176 30940051

Malte.siekmann@daimlertruck.com

DAIMLER TRUCK

