

# Detektion der deformations-induzierten martensitischen Umwandlung von metastabilem Austenit in AISI 304 beim kryogenen Drehen mittels Wirbelstromprüfung

Lara Vivian FRICKE<sup>1</sup>, Hai Nam NGUYEN<sup>2</sup>, Bernd BREIDENSTEIN<sup>2</sup>,  
Hans Jürgen MAIER<sup>1</sup>, David ZAREMBA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Leibniz Universität Hannover Institut für Werkstoffkunde, Lise Meitner Straße 1

<sup>2</sup> Leibniz Universität Hannover Institut für Fertigungstechnik und  
Werkzeugmaschinen, 30823 Garbsen

Kontakt E-Mail: fricke@iw.uni-hannover.de

## Kurzfassung

Die Kombination aus harter Oberfläche und duktilen Bauteilkern ist für viele Anwendungen vorteilhaft. Um gehärtete Randzonen zu erzeugen, werden häufig Wärmebehandlungen wie das Einsatzhärten durchgeführt. Diese sind kosten-, energie- und zeitintensiv. Viele Produktionslinien haben bereits einen Drehprozess für die geometrische Bearbeitung der Bauteile integriert. Aus diesem Grund wäre es vorteilhaft gehärtete Randzonen direkt im Drehprozess zu erzeugen. Gehärtete Randzonen können in einer Drehmaschine unter Ausnutzung des deformationsinduzierten Martensits erzeugt werden. Dabei wandelt ein metastabiler austenitischer Gefügebestandteil in Martensit um. Der Martensit führt zu einer erhöhten Härte und Widerstandsfähigkeit der Randzone.

In dieser Studie wurde die Randschicht des metastabilen, austenitischen Edelstahl AISI304 mittels kryogenen Drehen teilweise umgewandelt. Somit wurde die Härte der Randschicht im Vergleich zur Kernhärte erhöht. Dabei wurde, neben konventionellen Nachweismethoden wie die Härteprüfung und die röntgenographische Diffraktometrie, die Wirbelstromprüfung in Kombination mit der Analyse höherer Harmonischer für den Nachweis der ferromagnetischen, martensitischen Phase im ansonsten austenitischen Stahl verwendet. Es wurde eine gute Korrelation zwischen dem Martensitgehalt und der Amplitude der gemessenen Signale gefunden. Allerdings beeinflusst der Sensor-Bauteil-Abstand und die Sensorverkipfung das Amplitudensignal stark. Zudem konnte ein großer Einfluss des Sensor-Bauteil-Abstands auf die Phase der Grundharmonischen festgestellt werden und eine geringe Beeinflussung der Phase der Grundharmonischen durch die Gefügeumwandlung. So könnte die Phase der Grundharmonischen zur Überprüfung der Sensorpositionierung verwendet werden.

Um diese Härtung definiert und geregelt herzustellen, sollte der Drehprozess geregelt werden. Dabei kann die Wirbelstromprüfung als ein geeignetes zerstörungsfreies Echtzeit-



Prüfverfahren angesehen werden, das die Grundlage für die Erzeugung einer maßgeschneiderten, verformungsinduzierten martensitischen Randschicht beim Drehen bilden kann.

# Detektion der deformationsinduzierten martensitischen Umwandlung von metastabilem Austenit in 1.4301 beim kryogenen Drehen mittels Wirbelstromprüfung

L. V. Fricke, H. N. Nguyen, B. Breidenstein, H. J. Maier, D. Zarembo

## Motivation

Um gehärtete Randzonen zu erzeugen, werden häufig Wärmebehandlungen wie das Einsatzhärten durchgeführt. Diese sind kosten-, energie- und zeitintensiv.

## Zielsetzung

Martensitische Randhärtung während des Drehprozesses unter Ausnutzung der deformationsinduzierten martensitischen Transformation (DIMIT).

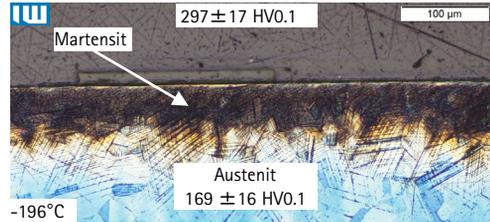
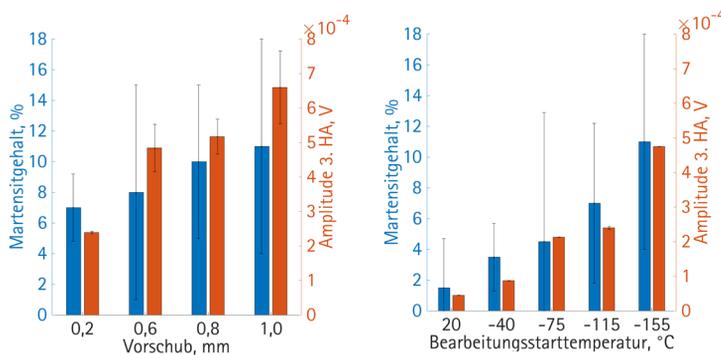


Abbildung 1: Martensitisch gehärtete Randzone eines metastabilen austenitischen und rostfreien Stahls (AISI 304 / 1.4301). Eine deutliche Aufhärtung der Randzone ist möglich.

## Detektion der Martensitbildung mittels Wirbelstromprüfung

Detektion des Randzonen-Martensitgehalts zur Qualitätssicherung und als Grundlage für eine echtzeitfähigen Prozessregelung



- Bei der Wirbelstromprüfung von ferromagnetischen Werkstoffen bilden sich, bedingt durch die magnetische Hysterese, Oberschwingungen im Signal aus.
- Die Ausprägung der Oberschwingungen ist von den mikromagnetischen Werkstoffeigenschaften abhängig.
- Durch spektrale Zerlegung (FFT) können Harmonische bewertet und der Martensitgehalt korreliert werden.

Abbildung 2: Detektion des Martensitgehalts in der Randzone mittels der 3. Harmonischen der Wirbelstromprüfung. Referenzmessungen wurden mittels der Röntgendiffraktometrie durchgeführt (XRD). Je niedriger die Drehtemperatur ist und je höher der Vorschub gewählt wird, desto mehr Martensit wird in der Randzone erzeugt.

## Integration der Prüftechnik in die Drehmaschine

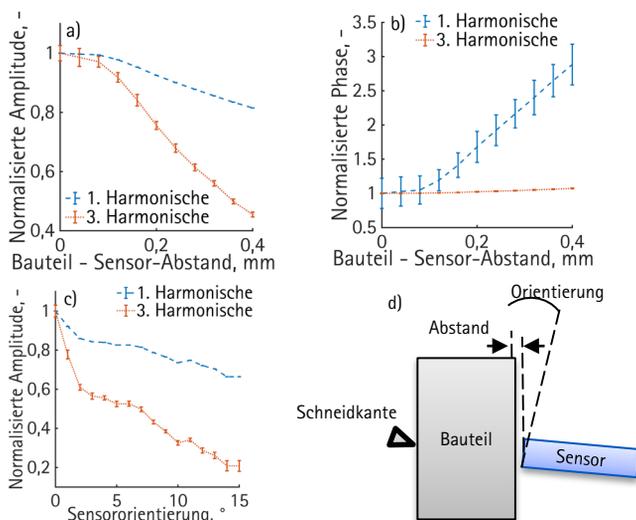


Abbildung 3: Einfluss möglicher Störgrößen auf die Wirbelstromprüfung. Die Phase der Grundharmonischen könnte zur Abstandsdetektion des Sensors zum Bauteil verwendet werden. Eine Normalisierung wurde auf den Messwert ohne Abstand und senkrechter Orientierung durchgeführt. a+b) Bauteil-Sensor-Abstand c) Sensororientierung d) Skizze der räumlichen Anordnung nach Fricke et al. (2020), tm 87(11),704-713.

## Herausforderung:

Störeinflüsse der Drehmaschine auf das Prüfergebnis

## Lösung:

- Starre Einspannung des Wirbelstromsensors an einem zweiten, verfahrenbaren Revolver
- Kühlung und Spanschutz mittels Druckluft

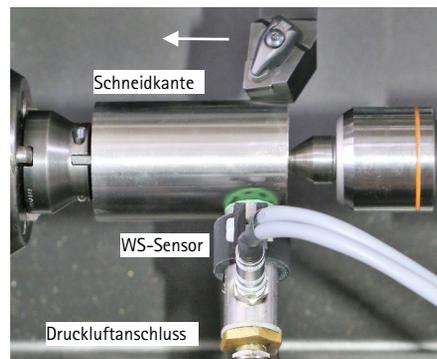


Abbildung 4: Integrierter Wirbelstromsensor in der Drehmaschine als Grundlage für eine echtzeitfähige Regelung