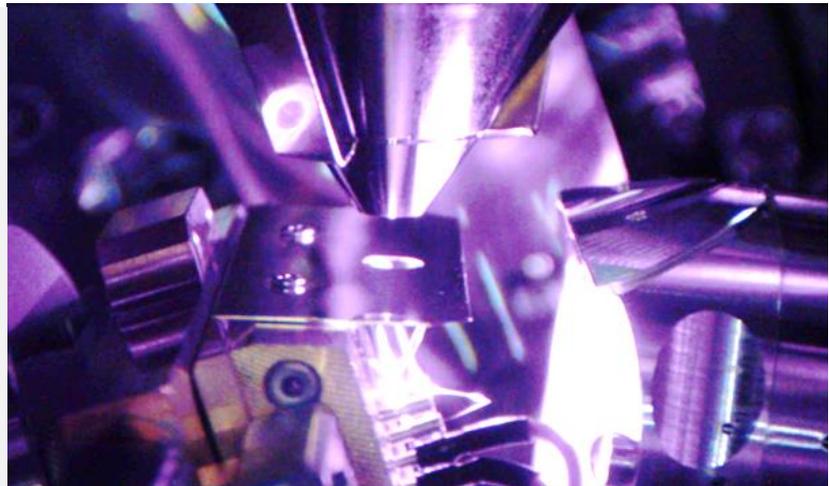


**IC-MPPE / Integrated  
Computational Materials  
Process and Product  
Engineering**

Programm: COMET – Competence  
Centers for Excellent Technologies

Förderlinie: COMET-Zentrum (K2)

Projekttyp: Strategisches COMET  
Projekt



Prüfaufbau zum Studium von Phasenumwandlungen mittels Elektronenrückstreuungsbeugung bei 1000 °C im Rasterelektronenmikroskop.

## NEUARTIGE CHARAKTERISIERUNGSTECHNIKEN ZUR MODELLVALIDIERUNG UND PARAMETERBESTIMMUNG

### HOCHTEMPERATUR-ELEKTRONENRÜCKSTREUUNGSBEUGUNG UND COMPUTERGESTÜTZTE MECHANISCHE KRIECHBRUCHPRÜFUNG

Gemeinsam mit Partnern hat das Materials Center Leoben in den letzten Jahren eine Vielzahl von Materialmodellen entwickelt, um Prozess-Mikrostruktur-Eigenschafts-Beziehungen für die Entwicklung neuer Materialien, Herstellungsprozesse oder Bauteile bereitzustellen. Da die Modelle immer komplexer und genauer werden müssen, mussten auch die Charakterisierungsverfahren weiterentwickelt werden, um diese neuen Modelle zu validieren und um Modellparameter zuverlässig zu bestimmen. Im Folgenden werden beispielhaft zwei neuartige Charakterisierungstechniken zur Modellvalidierung und Parameterbestimmung vorgestellt.

#### **Hochtemperatur-Rückstreuerelektronenbeugung zur Validierung von Austenit-Kornwachstumsmodellen**

Ein neues Austenit-Kornwachstumsmodell wurde entwickelt, um die Entwicklung der Austenit-Korngröße während der Austenitisierungsbehandlung eines hochlegierten Stahls vorherzusagen. Um das Austenit-Kornwachstumsmodell zu validieren und die erforderlichen Eingabeparameter zu bestimmen, wurden Hochtemperatur-Elektronenrückstreuungsbeugungs (HT-EBSD) Messungen durchgeführt. Die in situ HT-EBSD Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop während der Erwärmung auf Austenitisierungstemperatur, die in Abb.1 dargestellt ist, zeigt neue Phänomene für diese Stahllegierung wie den Austenit-Gedächtniseffekt (d.h. die Bildung neuer Austenitkörner während der Austenitisierung mit derselben Kristallorientierung, Größe und Form wie das vorherige Austenitkorn - Abb.1b) und die

## SUCCESS STORY

anschließende spontane Rekristallisation ohne vorherige Verformung - Abb.1c).

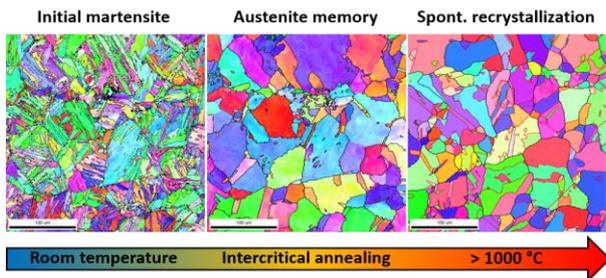


Abb.1: EBSD-Aufnahme eines hochlegierten Stahls: a) Kristallorientierung (inverse Polfigur-Farbkodierung) des martensitischen Gefüges bei Raumtemperatur, b) entsprechendes austenitisches Gefüge nach Erwärmung auf interkritische Glühtemperatur, die den Austenit-Gedächtniseffekt anzeigt, und c) spontane Rekristallisation nach weiterer Erwärmung auf die Austenitisierungstemperatur von 1000 °C.

Die HT-EBSD-Ergebnisse ermöglichten die Bestimmung der Anfangskorngröße (nach spontaner Rekristallisation) für das Austenit-Kornwachstumsmodell und verbesserten die Vorhersage der Austenit-Korngrößenentwicklung während der Austenitisierung. Die Implementierung eines Modells für spontane Rekristallisation ist Gegenstand laufender Forschung.

### Computergestützte Charakterisierung kriechbruchmechanischer Materialeigenschaften bei erhöhten Temperaturen

Die Bestimmung von bruchmechanischen Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen ist aufgrund von weitreichender Plastizität und Kriechen in großen Teilen der Probe eine Herausforderung. Kriechen verursacht zeitabhängige Probenbedingungen (d.h.

Dehnung und Spannung) und erschwert den Einsatz von klassischen elastisch-plastischen bruchmechanischen Ansätzen. Daher wurde eine neue computer-gestützte Prüftechnik entwickelt, die die Berechnung der zeitabhängigen Probenbedingungen (z.B. äquivalente Kriechdehnung) mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) beinhaltet. Der Versuchsaufbau ist in Abb. 2a bei Raumtemperatur und in Abb. 2b bei der Prüftemperatur von 700°C unter konstanter Spannung von 25 kN dargestellt. Der Bereich für die entsprechenden FEM-Berechnungen ist durch ein gelbes Rechteck hervorgehoben. Die Ergebnisse der FEM-Berechnung für die zeitabhängige äquivalente Kriechdehnung sind in Abb. 2c für 0,54 h und Abb. 2d für 20 h dargestellt. Die Kombination von Experiment und Simulation erlaubt die Charakterisierung der bruchmechanischen Eigenschaften bei Temperaturen bis 1000°C durch Korrektur der experimentellen Daten entsprechend der Kriechdehnung.

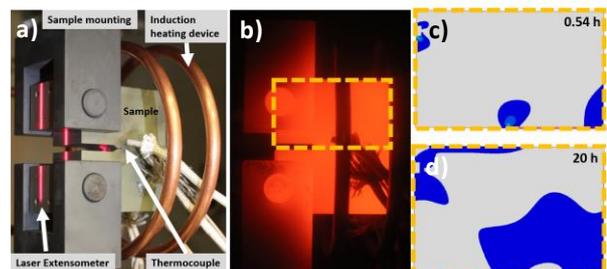


Abb. 2: Versuchsaufbau der computer-gestützten bruchmechanischen Prüfung einer CT-Probe nach ASTM E399 mit einer Dicke von 25 mm aus einem austenitischen warmfesten Stahl: (a) Prüfung bei Raumtemperatur, (b) Prüfung bei 700°C mit dem markierten Bereich für die FEM-Berechnung. Die berechnete äquivalente Kriechdehnung ist für 0,54 h (c) und 20 h (d) mit blauen Bereichen für Werte größer als  $10^{-5}$  dargestellt.

### Projektkoordination (Story)

Dr. Dominik Brandl  
 Junior Researcher Steel Engineering  
 Department Materials  
 T +43 (0) 3842 45922 - 62  
 dominik.brandl@mcl.at

### Projektpartner

- Erich Schmid Institute of Materials Science, Österreichische Akademie der Wissenschaften

### IC-MPPE / COMET-Projekt

**Materials Center Leoben Forschung GmbH**  
 Roseggerstrasse 12  
 8700 Leoben  
 T +43 (0) 3842 45922-0  
 mclburo@mcl.at  
 www.mcl.at

- University of Maribor, Slowenien

Diese Success Story wurde von der Zentrumsleitung und den genannten Projektpartnern zur Veröffentlichung auf der FFG Website freigegeben. Weitere Informationen zu COMET: [www.ffg.at/comet](http://www.ffg.at/comet)