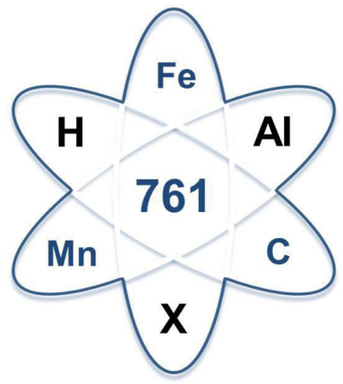
C6 Schädigung und Versagen

Mehrskalige Analyse und Modellierung von Schädigung und Versagen auf der Grundlage von Schädigungs- und Versprödungsmechanismen



Ulrich Prahl, Manju Madivala, Xiaofei Guo
Institut für Eisenhüttenkunde

Ergebnisse 2. Phase

Motivation

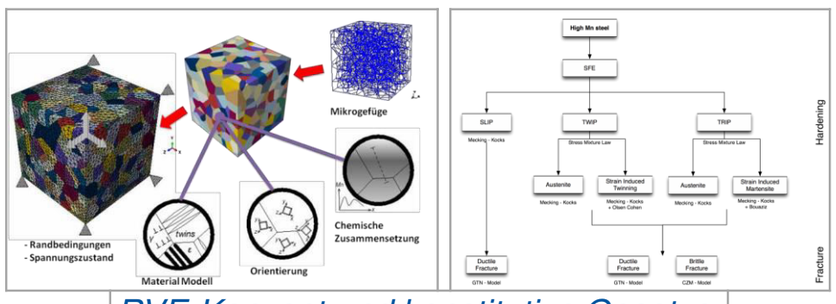
Dieses Teilprojekt untersucht und modelliert Schädigung und Versagen in HMnS unter Berücksichtigung der verschiedenen Verformungsmechanismen. Weiterhin wird die wasserstoffinduzierte Rissbildung analysiert.

- Einfluss von Verformungsmechanismus, Spannungszustand und Wasserstoffgehalt
- Entwicklung eines Makro- und eines Mikro-Modells zur Beschreibung von Rissinitiierung
- Beschreibung des Einflusses von Aluminium auf die wasserstoffinduzierte Rissbildung

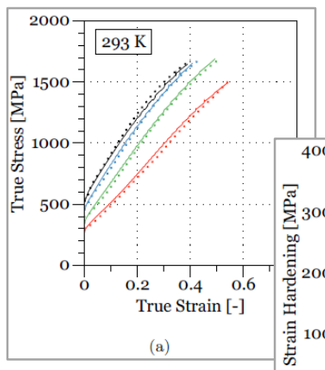
Methoden

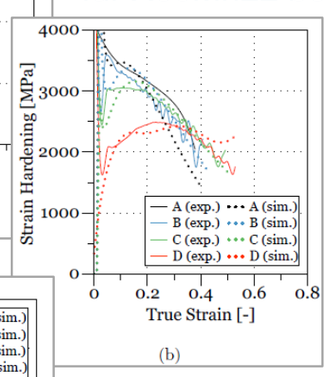
- Konstitutives Materialmodell auf der Grundlage eines Kocks-Mecking-Ansatzes, welches zur Betrachtung von TWIP- und TRIP-Effekten die Zwillings- und ε - Martensitanteile berücksichtigt
- Empirisches Schädigungsmodell auf Makroebene
- Gefügebasierte numerische Modellierung mittels repräsentativer Volumenelemente (RVE)
- in situ-Zugversuche und in situ-Biegeversuche im Großkammer-REM zur Analyse der Schädigungsinitiierung
- Slow-Strain-Rate-Test von wasserstoff-beladenen Proben
- REM-Bruchflächenanalyse, EBSD und EPMA

Gefügesimulation

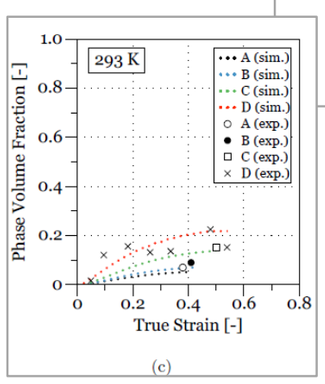


RVE-Konzept und konstitutive Gesetze

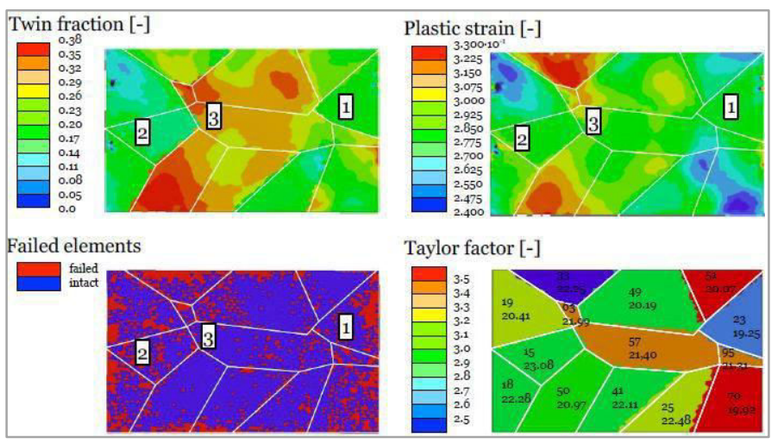




(a) wahre Spannungs- und (b) wahre Verfestigungskurven für X60Mn22 bei 293 K für verschiedene Korngrößen (A: 3.4 µm, B: 4.5 µm, C: 7.5 µm, D: 50 µm).

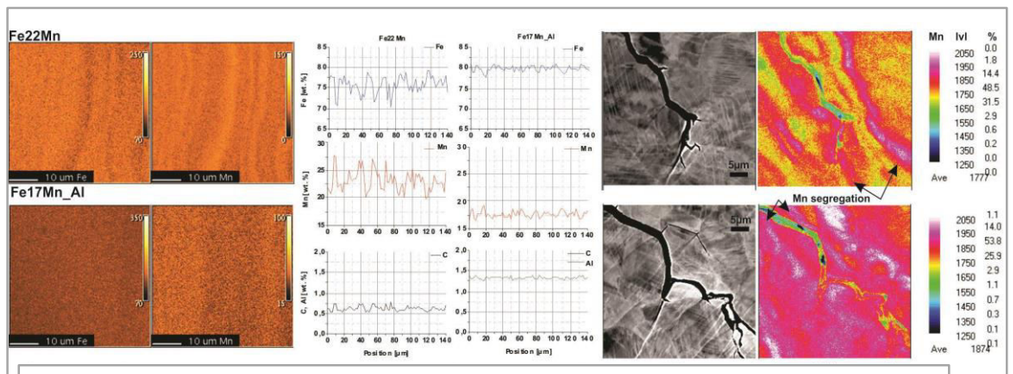


(c) Anteile Verformungs-mechanismen (für B bis D ist der Anteil der Zwillinge und für A der ϵ-Martensitanteil gezeigt)



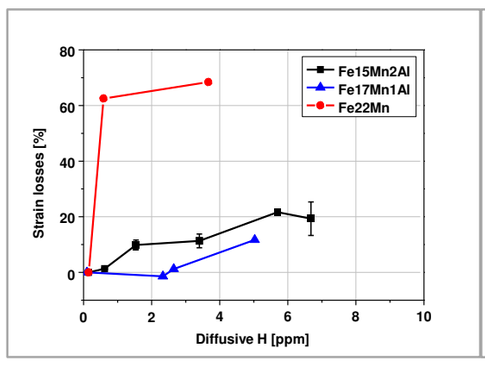
Plastische Dehnung, Zwillingsanteile, Versagensorte und Taylorfaktoren für ein RVE aus X60Mn22 bei 293 K und einachsiger Belastung

Wasserstoffinduzierte Rissbildung

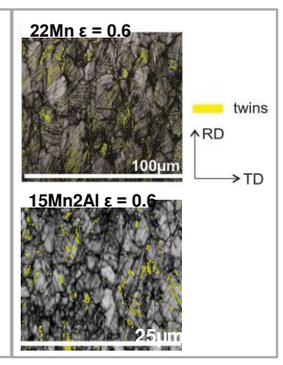


EPMA-Karten, Konzentrationsprofile und Risspitze-Analyse

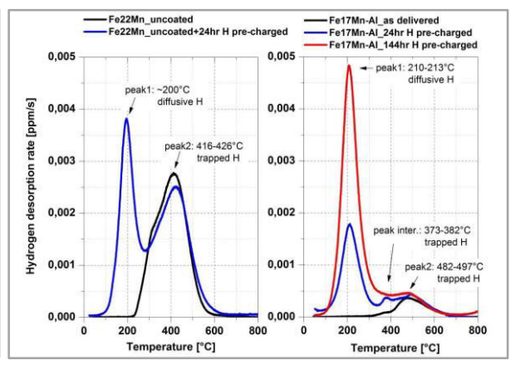
- Fe17Mn1Al zeigt eine gleichmäßigere Mn- und C- Verteilung
- Mn und C tendieren zur Kosegregation, wodurch die lokale SFE variiert, die den Verformungs-mechanismus steuert.



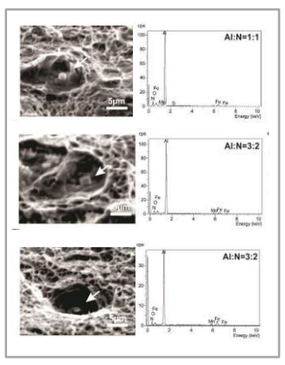
Slow-Strain-Rate-Tensile-Test



EBSD



TDS-Analyse



Bruchflächen-analyse

Al-Zugabe reduziert die verzögerte Rissbildung:
- Verzögerung der Deformationszwillinge
- Verbesserte Homogenität der Verformung
- Al-Nitride als Fallen zum Einfangen von diffusiblen Wasserstoff

Impact

Anwendung des konstitutiven mechanismenbasierten konstitutiven Modells in einem RVE-Ansatz → **TP A7**

- R. Twardowski, D. Steinmetz, U. Prahl: Steel research int. 83 (2012) 340-345;
- M. Madivala, C. Segel, A. Weidner, W. Bleck, U. Prahl: EMMC14, 27.-29.8.2014, Gothenburg;

Experimentelle Charakterisierung und Modellierung der wasserstoffinduzierten Rissbildung → **TP A9**

- X. Guo, A. Schwedt, S. Richter, W. Bleck: Steely Hydrogen 2014, 5.-7.5.2014, Ghent, 57-69;
- M. Madivala, S. Merzlikin, A. Aretz, A. Schwedt, W. Bleck, U. Prahl: Steely Hydrogen 2014, 5.-7.5.2014, Ghent;