

AMPM – JOURNAL CLUB

THEMA: H₂-VERSPRÖDUNG AUSTENITISCHER STÄHLE

Prof. Dr.-Ing. Sebastian Weber

1. LEHRINHALTE

Unter einem Journal Club wird eine Zusammenkunft von Wissenschaftler*innen verstanden, die sich mit wissenschaftlichen Publikationen auseinandersetzen und diese kritisch diskutieren. Das Format eignet sich auch für die Hochschullehre, da es den Umgang mit Publikationen aus einer bestimmten Fachdisziplin mit einer inhaltlichen und didaktischen Begleitung durch den Lehrenden ermöglicht. Insbesondere in einem Master-Studiengang, der grundsätzlich deutlich forschungsorientierter ist als ein Bachelor-Studiengang, hat dieses Lehrformat seine Stärken und bereitet auf eine zukünftige berufliche Tätigkeit vor.

Ein zentraler Lehrinhalt ist der kritische Umgang mit wissenschaftlichen Publikationen durch eine Kombination von Präsenzstudium, Eigenstudium und Kleingruppenarbeit, wie Sie es aus anderen Modulen bislang vermutlich nicht kennen. Im ersten Schritt werden im Plenum typische Merkmale einer Publikation aus dem Bereich der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik gemeinsam analysiert. Wichtige und notwendige Bestandteile sowie Aufbaukriterien werden identifiziert, um diese im Anschluss als Analyse Kriterien auf bereitgestellte Publikationen aus einem bestimmten Themengebiet anwenden zu können. Das für diesen Journal Club ausgewählte Themengebiet ist die Wasserstoffversprödung austenitischer Stähle, basierend auf mehreren Publikationen, die in den vergangenen Jahren aus Arbeiten der Werkstofftechnik der RUB entstanden sind. Diese werden durch mehrere Kleingruppen über einen Zeitraum von einer Woche parallel bearbeitet (lesen und analysieren anhand von Leitfragen) und im Rahmen der Folgeveranstaltung durch die einzelnen Gruppen vorgestellt und diskutiert. Im Rahmen dieser Vorstellung und Diskussion werden die wissenschaftlichen Lernziele erarbeitet, d.h. die Ausführungen einer Gruppe stellen die Lehrinhalte für alle anderen Teilnehmer*innen der Veranstaltung dar. Verständnisfragen werden durch den Lehrenden beantwortet, auf mögliche Fehler wird dieser ebenfalls hinweisen, damit keine Falschinformationen in die Lehrinhalte einfließen. Wichtig: Eine gesonderte Vorlesung wird es zu diesem Thema nicht geben - die (fachwissenschaftlichen) Lehrinhalte sind dennoch relevant für die Modulabschlussprüfung.

2. LERNZIELE

Mit diesem Journal Club sind mehrere Lernziele verbunden:

- Der Erwerb von Lesekompetenz für wissenschaftliche Fachbeiträge
- Der Erwerb von Fachkompetenz durch das inhaltliche Verständnis der Publikationen
- Das kritische Lesen und Analysieren einer Publikation
- Die Recherche und das Hinzuziehen ergänzender Informationen
- Das Ableiten von Fach- und Verständnisfragen
- Das Vorstellen und Diskutieren einer Publikations-Analyse im Plenum
- Der Perspektivenwechsel Autor*in/Leser*in bzw. Leser*in/Autor*in
- [Das Erstellen kurzer Zusammenfassungen => nicht im WiSe 2023/2024]

3. BESCHREIBUNG

Zur Einführung in die Thematik wird zunächst gemeinsam im Plenum eine Publikation aus dem Bereich der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik analysiert, die mit dem Thema des Journal Club inhaltlich keine Überschneidungen aufweist. Abgeleitet wird der grundsätzliche Aufbau eines wissenschaftlichen Papers mit dessen charakteristischen Merkmalen und deren Bedeutung für den Leser. Eigene Erfahrungen des Lehrenden - ohne Anspruch auf Allgemeingültigkeit - in Bezug auf das schnelle Querlesen eines Beitrags fließen an dieser Stelle ein. In einem zweiten Schritt werden inhaltliche Aspekte analysiert: Fragestellung(en), Hypothese(n), experimentelle Methode(n), ggf. Werkstoff-Simulation(en), wesentliche Ergebnisse, Erkenntnisgewinn etc.. Schließlich folgt eine Analyse hinsichtlich der Nachvollziehbarkeit und Belastbarkeit der Erkenntnisse unter Berücksichtigung der in der Publikation gezeigten Untersuchungsergebnisse und der hinzugezogenen Quellen.

Nach der Einführung in die Thematik beginnt die Arbeitsphase an Publikationen aus dem o.g. Themenbereich. Dazu werden zunächst Kleingruppen von 2-3 Studierenden gebildet, denen jeweils eine Publikation im Losverfahren zugeordnet wird. Die Gruppen haben nun die Aufgabe, die zugeordnete Publikation innerhalb von einer Woche unter Verwendung des Vorgehens aus der Einführung und der Leitfragen zu analysieren. In der Präsenzveranstaltung der Folgewoche stellt jede Gruppe die durchgeführte Analyse kurz anhand von max. 6 Folien vor, wobei die Folien so zu strukturieren sind, dass sowohl der Ablauf der Analyse als auch die wesentlichen Erkenntnisse daraus eindeutig hervorgehen. Die Inhalte der Folien können sich an den Leitfragen orientieren.

Bitte notieren Sie während der Arbeit in der Kleingruppe mögliche Verständnisfragen, vor allem zu den fachlichen Inhalten. Diese werden im Rahmen der Besprechung im Plenum aufgegriffen und nach Möglichkeit direkt durch den Lehrenden beantwortet.

4. LEITFRAGEN

Die folgenden Leitfragen sollen Ihnen dabei helfen, die bereitgestellten Publikationen nach einem vergleichbaren Schema zu analysieren.

1. Zu welcher Publikation berichten Sie? Gibt es Besonderheiten hinsichtlich der Strukturierung?
2. Welche Fragestellungen liegen der Arbeit zugrunde? Werden Hypothesen aufgestellt und, falls ja, welche?
3. Welche experimentellen Methoden (inkl. Simulationen) verwenden die Autor*innen?
4. Was sind die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit? Gibt es einen Erkenntnisgewinn? Falls ja, welchen?
5. Sind die Erkenntnisse nachvollziehbar und belastbar?
6. Gibt es sonstige Aspekte, die positiv oder negativ auffallen?

5. WEITERE BEARBEITUNG

Alle Publikationen werden allen Teilnehmer*innen des Kurses abschließend über Moodle für das Eigenstudium bereitgestellt. Sofern die Kleingruppen einer Bereitstellung ihrer Folien zustimmen, werden diese ebenfalls über Moodle für alle Kursteilnehmer*innen zur Verfügung gestellt.

(FACHLICHE) LERNZIELE

Austenitische Stähle können durch gasförmigen (Umgebungs-) Wasserstoff verspröden. Dies äußert sich in einer Verringerung der Duktilitätskennwerte (Bruchdehnung; Brucheinschnürung). Als Maß für die H-Versprödung ist die „RRA“ (relative reduction of area; relative Brucheinschnürung H₂/Luft) gebräuchlich.

Eine notwendige Randbedingung für eine H-Umgebungsversprödung ist, dass molekularer H zunächst adsorbieren, dissoziieren und in den Werkstoff eindiffundieren muss.

Eine Zugprüfung in Druckwasserstoff von zuvor nicht mit H beladenen Probenkörpern ist (eine mögliche) Prüfmethode zur Prüfung der Anfälligkeit für H-Versprödung. Alternativ kommt eine Beladung mit H mit anschließender mechanischer Prüfung in Frage.

Die OF eines Stahls ist immer oxidiert, typische Dicken der Oxidschicht liegen bei 3-5nm. Die meisten Oxidschichten schützen das Material nicht vor einer H-Versprödung, ein bestimmter Typ („thick-constant-layer“) zeigt jedoch einen positiven Einfluss. SIMS als Methode erlaubt die Messung ortsaufgelöster, quant. Elementgehalte mit sehr hoher z-Auflösung.

In einem austenitischen Stahl mit gegebener Zusammensetzung lässt sich unter Einsatz der Calphad-Methode das Zweiphasengebiet alpha-gamma identifizieren. Glühen in diesem T-Bereich erlaubt die gezielte Einstellung eines delta-Ferrit-Gehalts. Unterschiedliche delta-Ferrit-Gehalte bis 10 Vol.-% wirken sich in einem CrNi-Austenit nicht negativ auf die H-Umgebungsversprödung aus, allerdings ist dieses Ergebnis überlagert mit der Präsenz von Oberflächen-Martensit aus der mech. Bearbeitung.

Die Präsenz von alpha-Martensit wirkt sich immer negativ auf die H-Versprödung einer austenitischen Stahls aus (sowohl Martensit an der OF als auch im Volumen). Oberflächlich kann dieser im Falle eines thermodynamisch metastabilen Austenits durch eine mechanische Bearbeitung (Fräsen, Drehen, Bohren) oder eine Umformung entstehen. Die Triebkraft für die Bildung von Verformungsmartensit lässt sich über ein G-T-Diagramm der Phasen gamma und alpha herleiten. Dieses zeigt u.a., dass eine Verformung bei erhöhter T (näher an T₀) die Bildung von Verformungsmartensit verringert (wg. verringerter Triebkraft)

Legierungselemente wirken sich unterschiedlich stark auf die H-Umgebungsversprödung aus. Aus der empirischen Gleichung der Md30-Temperatur wird deutlich, dass alle LE (auch Ferrit-Stab., das muss verstanden worden sein!) den Austenit gegenüber einer Bildung von Verformungsmartensit stabilisieren.

Eine Verringerung der Korngröße eines austenitischen Stahls wirkt sich positiv / verringernd auf die H-Umgebungsversprödung aus. Ursache ist u.a. eine durch geringe Korngrößen ansteigende Festigkeit des Austenits und eine höhere Stabilität gegen die Bildung von Verformungsmartensit.

Konsequenz: Eine hohe Stabilität des Austenits gegen die Bildung von Verformungsmartensit ist eine notwendige Bedingung für eine hohe Beständigkeit gegen H-Versprödung.

Achtung: Aufgrund von Primär- und Sekundärseigerungen, die in einer technischen Fertigung nicht abgebaut werden, ist die Stabilität des Austenits kein fester Wert, sondern eine Funktion des Ortes im Gefüge. Eine bessere Beschreibung der Seigerungen im Vergleich zu dem Seigerungsgrad liefern Variogramme.

Eine Legierungsentwicklung für hohe Beständigkeit gegen H-Versprödung muss daher globale und lokale (seigerungsbedingte) Eigenschaften berücksichtigen.