Zwischenbericht für das AiF-Forschungsvorhaben - *IGF-Nr: 16.441 BG / DVS-Nr. I2.004*

Laufzeit: 01.12.2009 bis 30.11.2011

Stand: Februar 2010

Thema:

Rechnergestützte Vorhersage der Kaltrisssicherheit laserstrahlgeschweißter Bauteile aus hochfesten Stählen

Durchführende Forschungsstellen:

Lehrstuhl Fügetechnik (LFT), BTU Cottbus

Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM), Freiburg

1. Einleitung

Ziel des Projektes ist die Erweiterung und Qualifizierung der Finite-Elemente-Simulation, um Schweißverbindungen an komplexen Bauteilen auf deren Gefährdung durch Kaltrisse zu beurteilen und entsprechende Gegenmaßnahmen abzuleiten. Die Entwicklungen sollen nicht nur eine Abschätzung der Kaltrissneigung, sondern eine fundierte Aussage erlauben, ob und an welchen Orten der Schweißverbindung Kaltrisse auftreten können und dabei helfen, optimierte Gegenmaßnahmen wie Vorwärmtemperatur und Vorwärmdauer zu finden. Zentraler Bestandteil des Vorhabens sind rechnerische und experimentelle Untersuchungen zur

- Bestimmung der lokalen Verteilungen der Einflussgrößen - Spannungen, Dehnungen, Gefüge und Wasserstoff beim Schweißen
- Ermittlung eines quantitativen Kaltrisskriteriums zur Beschreibung von kritischen Kombinationen der genannten Einflussgrößen mit dem Simulations- und Prüfzentrum „Gleeble 3500“.

Die Projektbearbeitung im Berichtszeitraum (01.12.2009 bis 28.02.2010) wurde planmäßig durchgeführt.

2. Stand der Bearbeitung

In der Abbildung 1 sind die zeitliche Abfolge des Projektes und die einzelnen Arbeitsschritte dargestellt.

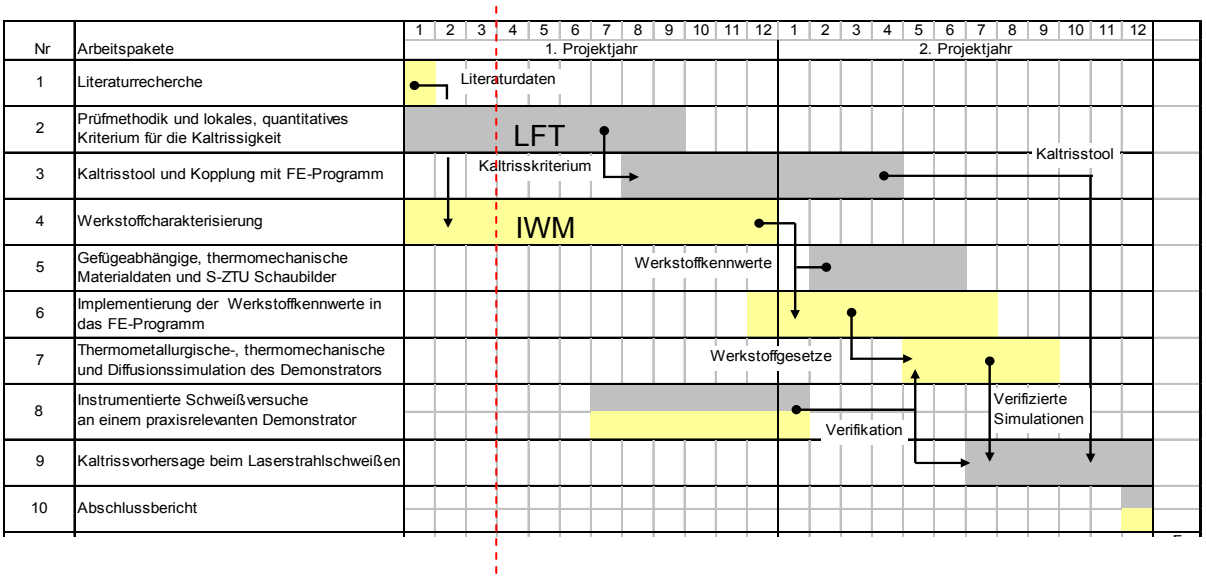

Abbildung 1: Arbeitsplan

Arbeitspaket 1:

Im Arbeitspaket 1 wurden die Literatur und vorhandene Datenbanken nach Werkstoffkennwerten für die numerische Simulation durchsucht und bewertet:

1. Temperaturabhängige thermophysikalische, thermomechanische und thermometallurgische Werkstoffkennwerte des in der PBA-Ausschuss-Sitzung am 23.02.2010 ausgewählten Werkstoffs 100Cr6.

2. Materialdaten zur Wasserstoffdiffusion mit besonderem Augenmerk auf die Darstellung von Wasserstofffallen.

Thermophysikalische, thermomechanische und thermometallurgische Daten konnten für den Werkstoff 100Cr6 für einen Temperaturbereich bis 600°C und langsame Abkühlraten in der Literatur gefunden werden. In der Datenbank des zu verwendenen FE-Codes Sysweld ist dieser Werkstoff für die Simulation des Härtens bereits implementiert. Diese Datenbank kann als Grundlage dienen, muss aber für eine Verwendung für die Schweiß-Simulation an die in AP4 ermittelten Werkstoffkennwerte angepasst werden.

Die temperaturabhängige Diffusion von Wasserstoff in hochfesten Stählen kann mit entsprechendem Streuband für den gesamten Temperaturbereich qualitativ abgebildet werden. Direkt verwertbare Daten für die Wasserstoffdiffusion im Werkstoff 100Cr6 konnten jedoch kaum gewonnen werden. Diese unterscheiden sich ebenfalls sehr stark in Abhängigkeit der Charge und müssen deshalb besonders im Bereich tiefer Temperaturen unter 200°C für die Charakterisierung von Wasserstofffallen experimentell ermittelt werden.

Es folgt eine Zusammenfassung und Bewertung der experimentell ermittelten Werkstoffkennwerte aus AP4 mit den ermittelten Literaturwerten.

Arbeitspaket 2:

Innerhalb des Arbeitspaketes 2 wird eine neue Prüfmethodik für die Bestimmung eines lokalen, quantitativen Kriteriums für die Kaltrissigkeit entwickelt. Die experimentelle Ermittlung der lokalen kritischen Zustände der drei Einflussfaktoren Gefüge, Spannungen und Wasserstoff soll im Simulations- und Prüfzentrum „Gleeble 3500“ erfolgen. Es werden Proben mit unterschiedlichen, definierten Gehalten an Wasserstoff aus der Gasatmosphäre bei erhöhten Temperaturen beladen. Dafür wird das Simulations- und Prüfzentrum Gleeble 3500 erweitert. Abbildung 2 zeigt das Schaltbild der Vakuumerzeugung und Wasserstoffbeladung des erweiterten Simulations- und Prüfzentrums Gleeble 3500.

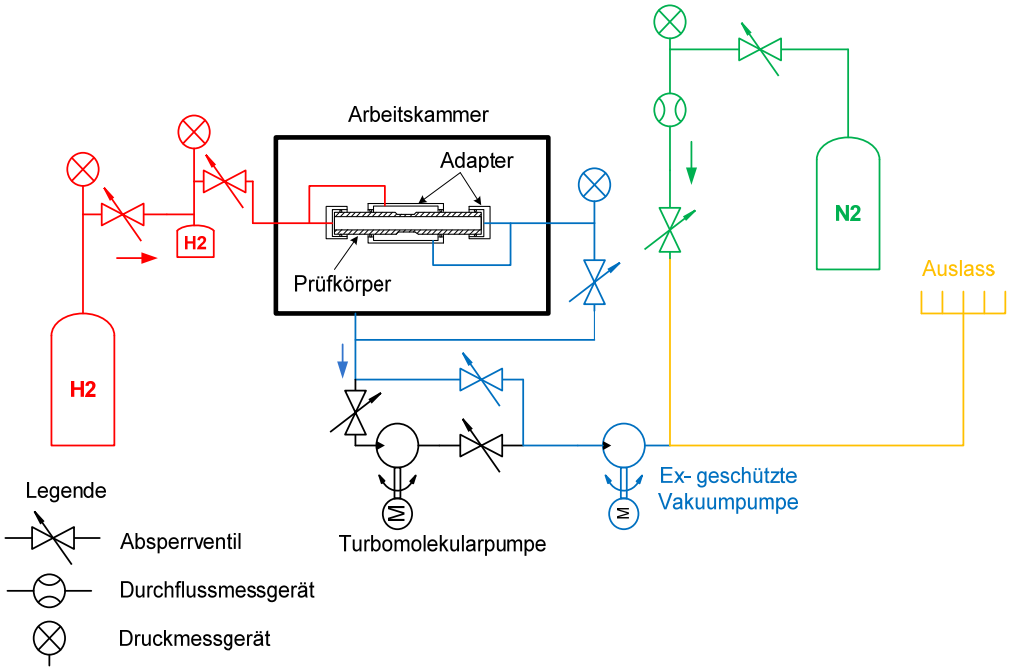

Abbildung 2 : Erweiterte Vakuumerzeugung und Wasserstoffbeladung in der Gleeble 3500

Die Erweiterung des Prüfzentrums besteht aus drei Subsystemen: das Vakuumsystem, das Wasserstoffbeladungssystem und das Wasserstoffverdünnungssystem. Die Drehschiebervakuumpumpe des vorhandenen Vakuumsystems wird durch eine explosionsgeschützte Vakuumpumpe ersetzt. Die Pumpe übernimmt die Erzeugung eines Feinvakuums als Vorstufe für das Hochvakuum. Dieses wird weiterhin durch die vorhandene Turbomolekularpumpe erzeugt. Das Vakuumsystem evakuiert den hohlförmigen Prüfkörper und die Arbeitskammer der Gleeble gleichzeitig. Ein Wasserstoffzwischenbehälter (Puffer) wird mit reinen Wasserstoff bei Versuchsbeginn befüllt. Er dient dazu, die Wasserstoffmenge im Prüfsystem gering zu halten, falls eine unerwartete Wasserstoff-Leckage eintritt. Über die Gasatmosphäre wird der evakuierte Prüfkörper mit einer bestimmten Wasserstoffmenge bei definierten Drücken und Temperaturen beladen. Nach Versuchsende pumpt das Vakuumsystem den im Prüfkörper und in den Systemleitungen vorhandenen Wasserstoff ab. Vor dem Auslassen des Wasserstoffs in die Umgebung wird er mit Stickstoff verdünnt.

Arbeitspaket 4:

Die in AP1 ermittelten Werkstoffkennwerte sind nicht vollständig. Im Besonderen konnten die für die numerische Schweiß-Simulation wichtigen Materialdaten bei hohen Temperaturen beim Schweißen bis zur Schmelztemperatur nicht gefunden werden.

Aus diesem Grund und für eine Bewertung der ermittelten Daten mit der Literatur werden temperaturabhängig:

- Spezifische Wärmekapazität mittels dynamischer Differenz-Kalorimetrie
- Temperaturleitfähigkeit mittels Laser-Flash-Analyse
- Dichte mittels Thermo-Dilatometrie und somit die
- Wärmeleitfähigkeit, sowie
- E-Modul, Querkontraktionszahl und Spannungs-Dehnungsverhalten im Zugversuch

bestimmt.

Die Charakterisierung der Wasserstoffdiffusion und von Wasserstofflöslichkeiten erfolgt mit besonderem Augenmerk auf die bei der Kaltrissbildung niedrigen Temperaturen, um insbesondere über Bindungsenergien Aussagen zu Wasserstofffallen und deren Einfluss auf die Wasserstoffdiffusion zu erhalten.

3. Ergebnistransfer

Am 23.02.2010 fand die erste Arbeitssitzung des PBA an der BTU Cottbus statt. Die nächste Sitzung wird im Herbst 2010 stattfinden.

Bis zum 15.03.2010 wird ein Abstract für einen Vortrag für das 66. Kolloquium für Wärmebehandlung, Werkstofftechnik, Fertigungs- und Verfahrenstechnik der AWT unter dem Schwerpunkt-Thema „Schweißen und Löten von hochfesten Bauteilen“ eingereicht.