
BEWERTUNG DER KALTRISSICHERHEIT BEIM SCHWEISSEN

Bei den seit vielen Jahren erfolgreich im Fahrzeug- und Maschinenbau eingesetzten hochfesten Stählen können Risse im erkalteten Bauteil (Kaltrisse) unmittelbar oder auch erst nach Stunden oder Tagen zum Versagen der Schweißverbindungen führen. Diese Risse werden durch die Aufnahme von Wasserstoff bei der Halbzeug-Herstellung begünstigt und können am Bauteil beim Schweißen oder während des Einsatzes entstehen. Die Konstruktion und Entwicklung geschweißter Bauteile aus hochfesten Stählen ist deswegen mit einem finanziell und zeitlich hohen Aufwand für die experimentelle Bewertung der Kaltrissicherheit verbunden. Die für die Kaltrissbildung maßgebliche Spannung und Wasserstoffkonzentration zu erfassen, ist messtechnisch nicht oder nur sehr schwer zu realisieren.

Im vom BMBF geförderten Vorhaben »Simulationsgestützte Vorhersage der Kaltrissicherheit beim Schweißen von hochfesten Stählen« werden in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS Grundlagen zur Ermittlung der Zusammenhänge wasserstoffinduzierter Kaltrissbildung beim Schweißen erarbeitet. Das Ziel ist, die Kaltrissicherheit von Bauteilen unter Verwendung von numerischen Simulationen bewerten zu können, um Prozessoptimierungen zeit- und kostengünstig bereits im Entwurfstadium zu überprüfen.

Kaltriss-Einflussfaktoren

Im experimentellen Teil der Arbeiten werden Kaltriss-Einflussfaktoren beim Schweißen charakterisiert. Hierfür werden Schweißversuche mit unterschiedlicher Wasserstoffkonzentration und bei verschiedenen Spannungszuständen durchgeführt. Für die Ermittlung des Eigenspannungseinflusses werden Schweißungen mit zeitabhängig aufgebrachter mechanischer Last an

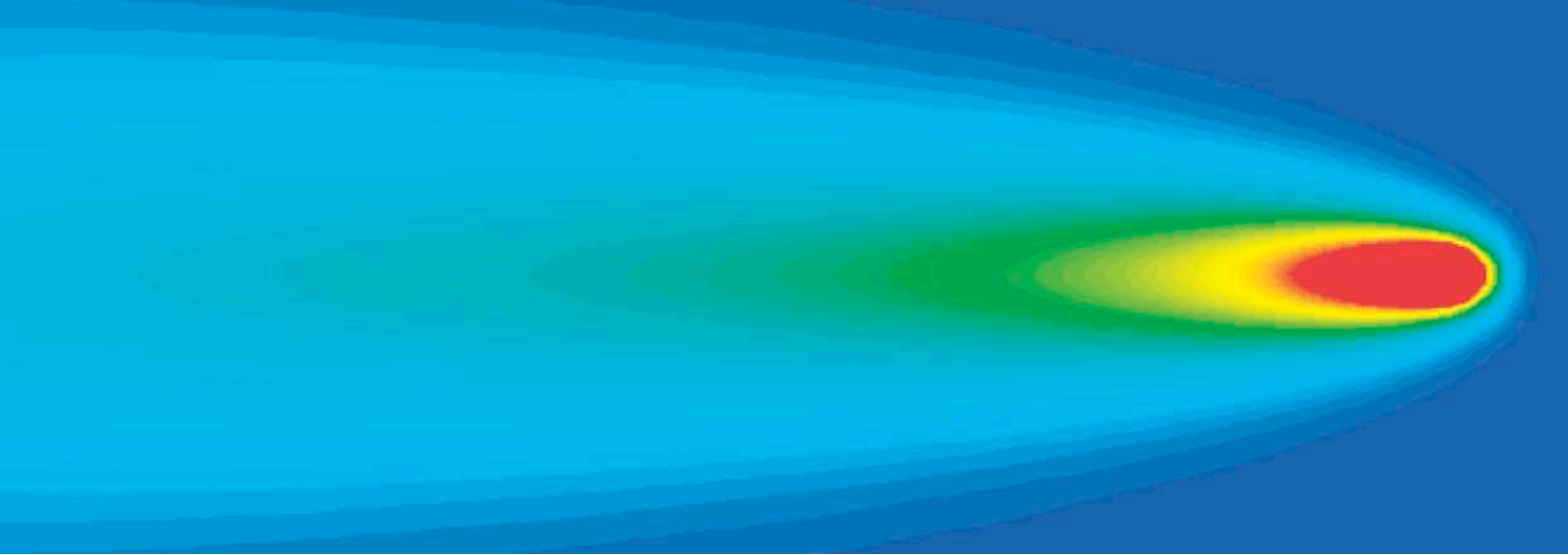
verschiedenen hochfesten Werkstoffen durchgeführt. In den Schweißproben werden vor dem Schweißen über kathodische Wasserstoff-Beladung unterschiedliche Wasserstoffkonzentrationen eingestellt. Das Gefüge wird über metallografische Auswertungen sowie Härtemessungen beurteilt.

Schweißprozess simulierbar machen

Der simulationsseitige Teil der Arbeiten dient der Werkstoffcharakterisierung und der Modellierung des Schweißprozesses. Besonders hervorzuheben ist hierbei neben der bereits etablierten Simulation von Temperaturfeldern und Spannungs-Dehnungs-Zuständen eine neu eingesetzte Methode zur Simulation der Wasserstoffdiffusion im Bauteil. Sie berücksichtigt verschiedene Bindungsmöglichkeiten des Wasserstoffs, die Abhängigkeit von Temperatur und den Spannungs-Dehnungs-Zustand des Materials. Abbildung 1 zeigt die einzelnen Simulationsschritte. In der Farbskalierung entspricht jeweils blau einem niedrigen und rot einem hohen Wert.

Verbesserungsmaßnahmen bewerten

Abbildung 2 zeigt die sich zeitlich entwickelnden Größen, die zu Kaltrissen führen, in einem einzelnen Finiten Element in der Wärmeeinflusszone. Anhand eines werkstoffabhängigen Kriteriums können die kaltrissgefährdeten Bereiche für jedes Finite Element eines simulierten Bauteils ausgewertet werden. Dies wird über den Vergleich einer von der Wasserstoffkonzentration abhängigen kritischen Spannung mit den lokalen Größen der Schweiß-Eigenspannungen erreicht. Somit ist es auch möglich, die Wirkungen von Maßnahmen gegen Kaltrisse in der Simulation vorauszuberechnen,



FEM-Simulation eines Laserstrahl-Schweißprozesses.

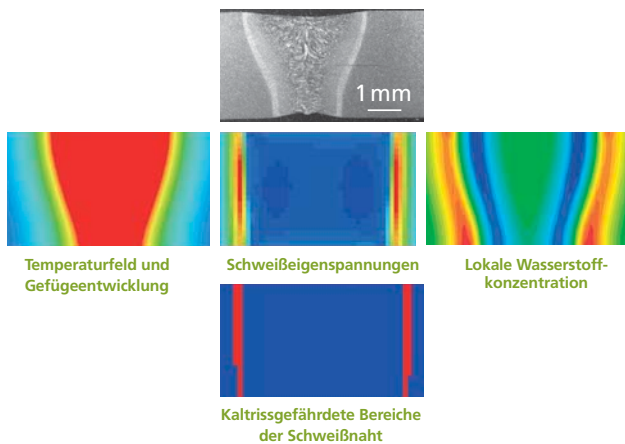
beispielsweise die Auswirkung von Vorwärmung, Nachwärmung oder Änderung der Schweißparameter.

Die Anwendung simulationsgestützter Methoden in der Schweißtechnik führt zu einem verbesserten Verständnis des Schweißprozesses und der kaltrissbildenden Einflussgrößen

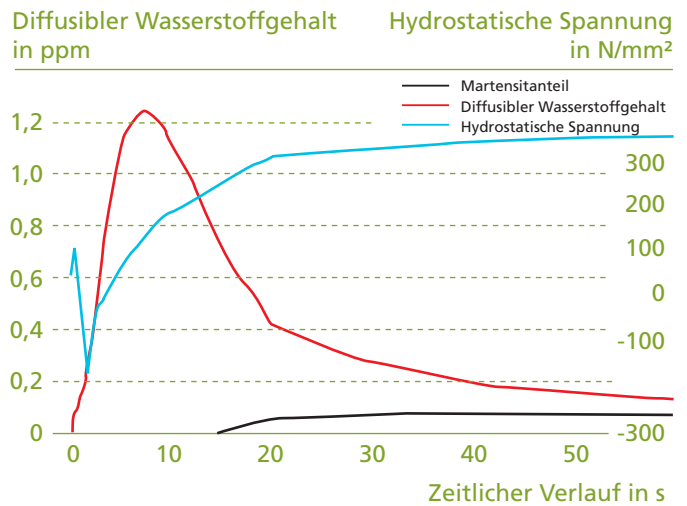
eines Bauteils. Hierdurch lassen sich kosten- und zeitintensive Versuche zur Prozessoptimierung verringern, was zu kürzeren Entwicklungszeiten sowie einer höheren Produktsicherheit beiträgt.

Frank Schweizer

Laserstrahlgeschweißte Blindnaht auf hochfestem Stahl



1 Laserstrahlgeschweißte Blindnaht auf hochfestem Stahl, um die Kaltrissneigung bei mechanischen Lasten und Wasserstoffkonzentrationen zu testen (oben). Simulationsschritte zur Auswertung kaltrissgefährdeter Bereiche in einem laserstrahlgeschweißten Blech aus hochfestem Stahl (unten). Hohe Werte sind jeweils rot, niedrige



2 Lokale Auswertung kaltrissbeeinflussender Größen in einem Bauteil mittels Simulation.