

Teilprojekt A4 / Arbeitskreisgruppe: Modellbildung und Simulation

Titel

Simulationsunterstützte Ermittlung der Wirkung von Schweißbadströmungen auf die präzise Bildung der MSG-Schweißnaht

Projektleitung/-bearbeitung

Mokrov, Oleg, Dr.-Ing.(RUS), 21.05.1967, russisch
Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF) der RWTH Aachen

Aufgabenstellung

Ziel des Teilprojektes ist die simulationsunterstützte Vorhersage der Ausbildung der Schweißnähte beim Lichtbogenschweißen (MIG/MAG) als Basis für eine gezielte Beeinflussung der Schweißnaht zur Erhöhung der Bauteilpräzision. Dabei wird ein selbstkonsistentes Modell entwickelt, das den gesamten Schweißprozessbereich umfasst (Abb.1).

Ein zentraler Schwerpunkt der Forschung ist, durch ein verbessertes Verständnis der Wechselwirkung von elektrodynamischen und fluiddynamischen Effekten und den Einfluss auf die Bildung der Schweißnaht.

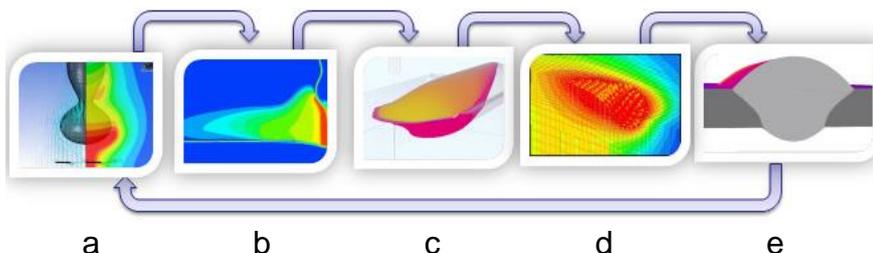


Abb. 1 Teilbereiche des Lichtbogenschweißens: (a) Elektrodendraht und Tropfen, (b) Lichtbogen, (c) Freie Oberflächen, (d) Strömungen, (e) Schweißnaht.

Im ersten Jahr des Teilprojekts wurden Arbeiten zum Arbeitsplan Paket 2.1 "Modell des Masse- und Wärmetransfers inklusive Schmelzbaddynamik" durchgeführt und die folgenden Teilmodelle entwickelt:

- Teilmodell für den Wärmetransfer. Es berücksichtigt Wärmeleitfähigkeit, Konvektion, Strahlung, Verdampfung, latente Wärme des Schmelzens und der Kristallisation, Oberflächenerwärmung durch den Lichtbogen und die Enthalpie der übertragenen Elektrodentropfen.

- Teilmodell elektromagnetischer Einflüsse. Es berücksichtigt die elektrische Leitfähigkeit und die Stromdichte an der freien Oberfläche des Schmelzbads im Kathodengebiet.
- Teilmodell hydrodynamischer Einflüsse. Es berücksichtigt die elektromagnetische Lorentzkraft, die Marangoni Oberflächenkraft, Gravitation und den Massenfluss der Elektrodentropfen.
- Teilmodell der freien Oberfläche. Es berücksichtigt die Verformung der Schmelzbadoberfläche und die Bildung der Schweißnahtgeometrie, abhängig von der Oberflächenkraft, Gravitation, dynamischem Lichtbogendruck und Massezufluss durch die Elektrodentropfen.

Diese Teilmodelle wurden zu einem gemeinsamen Grundmodell zusammengefügt, um die selbst-konsistente Berechnung von Wärmetransfer, Verformung der freien Oberfläche, sowie elektromagnetischer und hydrodynamischer Prozesse, die im Schmelzbad und dem Werkstück stattfinden, zu ermöglichen (Abb.1 c-e).

Vorgehensweise

Das Modell wurde angenähert durch die finite Volumen Methode auf non-equidistanten, rechteckigen Gittern. Die Berechnung war aufgeteilt in physikalische Teilprozesse.

Der Wärmetransfer wurde in der Enthalpie Formulierung berechnet. Die numerische Lösung der Navier-Stokes Gleichungen wurde in natürlichen Variablen (Geschwindigkeit und Druck) erlangt. Die freie Oberfläche wurde mittels VOF-Methode bestimmt.

Die Lösung wurde als selbstgekoppelter Ausdruck erlangt, der es erlaubt, die Nichtlinearitäten zu beschreiben, die durch die Abhängigkeit von Materialeigenschaften von der Temperatur und die Wechselwirkung zwischen den beschriebenen Phänomenen erzeugt werden.

Ergebnisse

Die Aussagekraft des entwickelten Modells wurde durch die folgenden Schweißprozessvariablen abgeschätzt: S235JR 100x100x20 mm Platten von niedriggekohltem Stahl; SG2 1.6mm Schweißdraht; Kontaktrahabstand 15mm; 82%Ar-18%CO₂ Schutzgas; 250A Gleichstromversorgung an einer positiven Elektrode; 26V Spannung; 200mm/min Schweißgeschwindigkeit; 4, 8, 4 mm Tiefe und Breite des Schmelzbereichs, Verstärkung der Schweißnaht.

Durch Variation von Wärme, Strom- und Massenquellendichte des Lichtbogens mit einer linearen Verteilung im Kathodengebiet

konnten die betreffenden Radien 9.3, 4.6, 2.2mm definiert werden, die eine zufriedenstellende Übereinstimmung mit den experimentellen Daten der Schweißnahtgeometrie erlaubten. Das berechnete Ergebnis (Abb.2-3) für die festgelegten Schweißprozessvariablen zeigt die nächsten Parameter des Schweißbads: eine 3mm tiefe Senke der freien Oberfläche und 2865C Maximaltemperatur.

Die rechnerische Untersuchung zeigte, dass der Haupteinfluss auf Hydrodynamik und Eindringtiefe im Kathodengebiet in der erzwungenen Konvektion durch Elektrodentropfen besteht, die eine Innenströmung mit 22 cm/s Maximalgeschwindigkeit erzeugen, während im Ausläufer des Schweißbads Gravitationskräfte den Fluss dominieren, die Geschwindigkeiten zwischen 2-4 cm/s erzeugen.

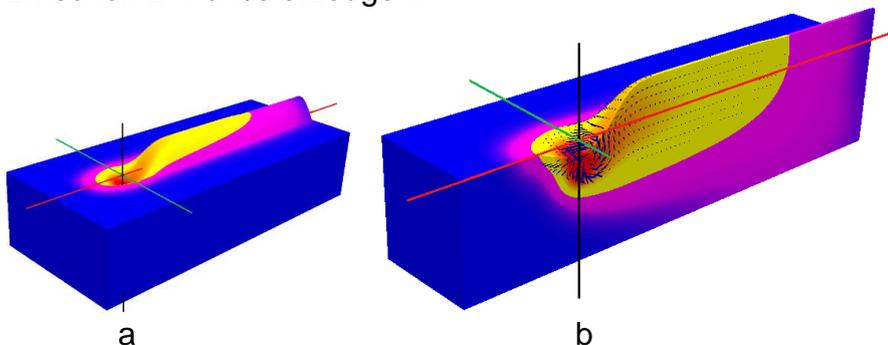


Abb. 2 Berechnetes Ergebnis: (a) eine vollständige Ansicht der geschweißten Bleche, (b) eine longitudinale Ansicht im Durchschnitt.

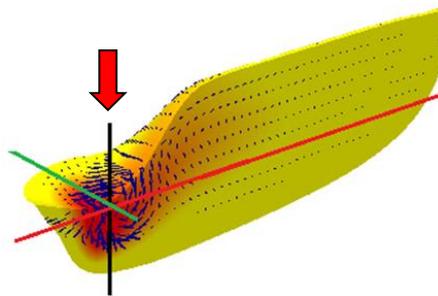


Abb. 3 Berechnetes Ergebnis des Schweißbads. Es zeigt das Muster der Konvektionsströmungen des flüssigen Metalls (Der Punkt der Mitte der Lichtbogenquelle ist markiert)

Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde ein Grundmodell entwickelt für die Lichtbogenschweißprozesssimulation.

Das Modell erlaubt die Untersuchung der Einflüsse der thermischen, elektromagnetischen und hydrodynamischen Prozesse auf die Schweißnahtbildung.

Zum derzeitigen Zeitpunkt hat das Modell eine vereinfachte Definition der Materialeigenschaften und der Lichtbogenquelle,



welche ersetzt werden muss durch eine verbesserte Definition, die als nächstes in diesem Teilprojekt und unter Einbeziehung der Ergebnisse anderer SFB1120 Teilnehmer erarbeitet werden soll.

Veröffentlichungen

Mathematical model of an arc welding weld seam formation on the basis of three dimensional CFD simulation.

U.Reisgen, O.Mokrov, O.Lisnyi.

11th International Seminar Numerical Analysis of Weldability
27-30 September 2015, Graz-Seggau, Austria.