

Zusammenfassung

Dem Fügen mittels Schweißen kommt in vielen Industriezweigen eine zentrale Bedeutung zu. Durch die ungleichmäßige Erwärmung der Schweißverbindung kommt es jedoch zu unerwünschten Verformungen, die durch kostenintensive Nachbehandlungen beseitigt werden müssen. Ist der bleibende Schweißverzug bereits in einem frühen Stadium des Produktentwicklungszyklus bekannt, können geeignete Gegenmaßnahmen ergriffen oder Nachbehandlungen bereits in der Produktplanung festgelegt werden.

Das Kernziel dieser Arbeit ist die Entwicklung und Umsetzung eines gekoppelten analytisch numerischen Hybridmodells für die Schweißverzugsberechnung von Großstrukturen. Die Basis hierfür liefert das Schrumpfkraftmodell, welches um moderne Schweißverfahren und neue Werkstoffe erweitert wird. Sowohl experimentell als auch mittels numerischer Analysen wird die Instabilität dünnwandiger Strukturen untersucht und eine mögliche Erfassung im Schrumpfkraftmodell vorgeschlagen. Durch die analytisch numerische Kopplung stellt auch die Berechnung der Verzüge, hervorgerufen durch krummlinig wandernde Wärmequellen keine Hürde mehr dar und wird implementiert.

Um die Anwendung des Hybridmodells zu vereinfachen, wird ein Programm entwickelt, welches die umfangreiche mathematische Vorgehensweise des Schrumpfkraftmodells beinhaltet und aufgrund der Geometrie der Schweißverbindung, des Werkstoffs und der Schweißparameter die mechanischen Lasten berechnet. Die Verifizierung der Software, des Kopplungsalgorithmus sowie die Untersuchung der Stabilität und Sensibilität des Hybridmodells erfolgt an Stumpfstoßverbindungen.

Abschließend wird das Modell an unterschiedlich komplexen Schweißkonstruktionen angewandt und die berechneten Schweißverzüge mit experimentellen Messungen verglichen. Eingangs werden einfache I- und T-Stoßverbindungen betrachtet. Es folgt die Verzugsberechnung eines Demonstrators aus dem Schiffbau mit 8 Schweißnähten sowie einer gesamten Decksektion mit ca. 90 Nähten, wobei verschiedene Elemente auf eine Grundplatte von 20×16 Metern gefügt werden.

Abstract

Joining by means of welding has a vital importance in many sectors of industry. However, the uneven heating of the welded structure results in unwanted distortions, which has to be removed by cost-intensive after treatments. Knowing the welding distortions in an early stage of the product development cycle enables taking countermeasures or define after treatments, already in the product planning.

The aim of this research study is the development and implementation of an analytic numerical hybrid model for the distortion calculation of large welded structures. The basis of the hybrid model is the analytical shrinkage force model, which is upgraded for modern welding processes and new materials. By means of experimental as well as numerical investigations, the instability of thin walled structures during welding is reviewed and a possibility for capturing is proposed. The linking of the analytical and the numerical method opens up the possibility for calculating the distortions caused by curved trajectories.

To simplify the application of the hybrid model, a software will be programmed, including the complex mathematical approach of the shrinkage force model. It determines the mechanical loads, depending on the geometry of the welded structure, material data and weld parameters. The verification of the program as well as the coupling procedure is done on butt joints. The same welded structures are used for the investigation of the stability and the sensibility of the hybrid model afterwards.

Finally the hybrid model will be applied to welded structures of different complexity and the results will be compared with experimental measurements. At the beginning butt and T-joints are determined, followed by the distortion calculation of a evaluation model made up of 8 welds. At the end an entire section of a ship deck, whereupon different elements are assembled by about 90 welds on a 20×16 meter large ground plate, is estimated.