

Solid-state friction stir welding (FSW) has many advantages over conventional welding methods, including a smaller heat-affected zone, low distortion, low residual stresses, high mechanical and good fatigue properties, which make this new joining technique interesting for many industrial fields. Further improvement of the properties is possible by using impulse friction stir welding (IFSW), which was originally developed by BTU Cottbus in Germany in 2001.

The heat generation in FSW and IFSW is “self-controlling” and highly dependent on the non-uniform thermomechanical conditions at the contact interface. To take the influence of this self-controlling mechanism on temperature distribution into account, the coupling of the global numerical model for temperature distribution with the local numerical model for heat generation is widely applied. These models cannot be used for the simulation of all the welding stages in large, welded components due to high computational and human resource requirements. Another problem with the existing models is that the contact condition has been predefined.

In the present work, a global numerical model for temperature distribution is combined with a local numerical-analytical model for heat generation to simulate the temperature distribution in FSW and IFSW. The model considers the self-controlling effect of the heat generation and allows the temperature distribution in the welded parts during the entire welding process in one simulation run. The new approach enables the temperature in IFSW to be calculated due to the force-time-dependent contact interface. The contact condition is a part of the numerical solution itself and controlled by the temperature-dependent coefficient of friction and the effective area of the contact interface.

Das Rührreibschweißen (FSW) hat viele Vorteile gegenüber den konventionellen Schweißverfahren, inklusive eine kleinere Wärmeeinflusszone, geringer Verzug, geringe Eigenspannungen, hohe mechanische und Ermüdungseigenschaften, die diese neue Fügetechnik für viele Industriebereiche interessant machen. Eine weitere Verbesserung der Eigenschaften ist möglich durch den Einsatz des Impulsrührreibschweißens (IFSW), das im Jahr 2001 von der BTU Cottbus entwickelt wurde.

Die Wärmeeinbringung bei diesen Schweißverfahren ist „selbstregelnd“ und stark abhängig von den ungleichmäßigen thermomechanischen Bedingungen an der Kontaktfläche zwischen dem Werkzeug und Werkstück. Um den Einfluss dieses Selbstregelungsmechanismus auf die Temperaturverteilung zu berücksichtigen, wird häufig die Kopplung des globalen numerischen Modells für die Temperaturverteilung mit dem lokalen numerischen Modell für die Wärmeerzeugung angewendet. Diese Modelle können aufgrund des hohen Rechen- und Personalbedarfs für die Simulation des gesamten Schweißprozesses der großen Bauteile nicht verwendet werden. Ein weiteres Problem bei den existierenden Modellen besteht darin, dass die Bedingung an der Kontaktfläche zwischen dem Werkzeug und Werkstück vordefiniert sind.

In der vorliegenden Arbeit wird ein globales numerisches Modell für die Temperaturverteilung mit einem lokalen numerischen-analytischen Modell für die Wärmeerzeugung gekoppelt, um die Temperaturverteilung in FSW und IFSW zu simulieren. Das Modell berücksichtigt den selbstregelnden Effekt der Wärmeeinbringung und ermöglicht die Temperaturverteilung in den geschweißten Bauteilen während des gesamten Schweißprozesses in einem Simulationslauf. Der neue Ansatz ermöglicht die Berechnung der Temperatur im IFSW durch die Anwendung der kraft-zeitabhängigen Kontaktfläche. Der Kontaktzustand an der Kontaktfläche ist ein Ergebnis der numerischen Simulationen und wird durch den temperaturabhängigen Reibungsfaktor und die effektive Kontaktfläche gesteuert.