

# FACTORY

Nr. 6/Juni 2020, Euro 4,-

Ö. Post AG MZ 17Z041186M, WEKA Industrie Medien GmbH,

Dresdner Straße 43, 1200 Wien, Retouren an

Postfach 100, 1350 Wien

## A SAFETY AS SERVICE

Ein europaweit  
einzigartiges Prüflabor stellt  
Roboter auf den Prüfstand

### COMPUTER- SIMULATION:

Was leistet die Berechnung  
von Schweißprozessen  
in der Forschung und bei  
industriellen Anwendungen?

Ab Seite 34

### Im Fokus: Industrierobotik

Ein Wartungsroboter auf explosiver Mission, drei Forschungsprojekte zum Einsatz von Robotern in der Industrie und ein Gastkommentar zur Haftungsfrage beim Einsatz von Robotern. Ab Seite 18

### Weltraummission

Langzeitprojekte und Hochtechnologie, der Raumfahrtmarkt hat einige Eigenheiten. Ruag Space Austria gibt Einblick in die Branche und den Produktionsstandort in Österreich.

Ab Seite 8

# Böse Überraschung beim Schweißen

Schweißsimulationen berechnen Veränderungen in der Materialstruktur und ziehen Rückschlüsse auf die mechanischen Eigenschaften im Gefüge. Mit der Berechnung von Effekten während und nach dem Schweißprozess lassen sich böse Überraschungen vermeiden. Wissen, das auch für die Entwicklung neuer Werkstoffe wichtig ist.  
**Von Doris Könighofer**

Schweißprozesse gehören zu den mathematisch am aufwendigsten zu beschreibenden Verfahren. Selbst bei einfachen Bauteilen ist es schwierig abzuschätzen, wie sich das Schweißen auswirkt. Das liegt in der lokal begrenzten Wärmebringung und den kurzen Aufheiz- und Abkühlzeiten begründet. Numerische Rechenprogramme bieten die Möglichkeit, das thermomechanische Verhalten von Schweißkonstruktionen vorherzusagen. So lässt sich die Qualität des Schweißgutes positiv beeinflussen und Herstellungskosten

optimieren. Dazu sieht sich der Konstrukteur die Einzelteile einer geschweißten Struktur an oder optimiert die Abläufe im Schweißprozess. Doch nicht nur in der Industrie nutzt man die Vorhersage, auch in der Forschung bedient man sich der numerischen Simulation.

## Rechenmodell erklärt nicht alles

Die Kunst beim Schweißen liegt im Detail. Durch lokales Aufschmelzen des Werkstücks und Zugabe eines Zusatzwerkstoffes ergibt sich ein Schweißbad mit einer geänderten



## Anschlussstechnik für Roboterapplikationen

PROFINET Anschlussstechnik  
für Robotik

Sensor-/Aktorleitungen

Maximale Biegewechsel & Torsion

Höchste Verfügbarkeit in  
dynamischen Anwendungen

**ESCHA**

C-STOCK ADOBE

„Kostenintensive  
,Trial-and-Error‘-  
Versuche sind  
mit hohem  
Arbeitsaufwand  
und Ausschussware  
verbunden.“

Pavel Khazan, Simufact Engineering GmbH

C\_LUNGHAMMER/TU\_GRAZ



„Auch komplexe  
Fügeverfahren  
können  
simuliert  
werden, ob  
Ressourcen und  
Möglichkeiten  
dafürsprechen,  
muss von Fall zu  
Fall entschieden  
werden.“

**Christof Sommitsch,**  
Institutsvorstand für  
Werkstoffkunde, Fügetechnik  
und Umformtechnik (IMAT) an  
der TU Graz



C\_STOCK\_ADOBE

chemischen Zusammensetzung. Viele Einflussfaktoren seien zu berücksichtigen, wie Christof Sommitsch, Institutsvorstand für Werkstoffkunde, Fügetechnik und Umformtechnik (IMAT) an der TU Graz, erklärt: „Bei Stahl handelt es sich beispielsweise um einen Werkstoff mit Phasenumwandlungen. Die Vorhersage, wie sich das Gefüge verhält, ist nicht trivial.“ Mit der mathematischen Simulation wird berechnet, wie sich das Material während und nach dem Schweißen verhält.

Am IMAT prognostizieren die Forscher anhand von Modellen die Mikrostrukturevolution von Werkstoffen. Gemeinsam mit Industriepartnern (z. B. ABB, Fronius, Siemens, Voestalpine) forscht man an ultrahochfesten Stählen und dem drahtbasierten 3D-Druck (Anm.: siehe Box). Doch nicht für jede Fragestellung eigne sich eine Computersimulation, erklärt Sommitsch: „Auch komplexe Fügeverfahren können simuliert werden, ob Ressourcen und Möglichkeiten dafürsprechen, muss von Fall zu Fall entschieden werden.“ Bei der Simulation der Schweißbarkeit setzt man am IMAT ebenfalls sowohl auf numerische als auch physikalisch-experimentelle Methoden.

#### Materialdaten entscheiden

Nicht immer sind die Materialeigenschaften in Werkstoffdatenbanken dokumentiert. Insbesondere bei neu entwickelten Werkstoffen müssten die Daten oft erst gewonnen werden, wie der Institutsleiter weiß: „Auch bei Werkstoffen, die schon sehr lange im

Gebrauch sind, ist die Datenlage manchmal spärlich. Dadurch lässt sich das Materialverhalten nicht detailliert betrachten.“ Gerade mit der hohen Komplexität von Bauteilen und dem Einsatz unterschiedlicher Materialien sind diese Daten wichtig. „In der Automobilindustrie werden mannigfaltig Materialien miteinander verbunden. An unserem Institut gibt es eine eigene Professur, die das Fügen von hybriden Bauteilen für den Bereich der Luftfahrt und Mobilität untersucht“, erläutert Sommitsch.

#### Je Verfahren eine Simulation

Ebenso wie der Einsatz unterschiedlicher Fügepartner wirkt sich die Wahl des Fügeverfahrens aus. Gängige Schweißaufgaben können mit Software gut beschrieben werden, doch zu jedem Schweißverfahren muss ein eigenes Simulationsmodell erstellt werden. Beim Reibschweißen etwa werden im Gegensatz zu anderen Verfahren die Fügepartner unter hoher Kraft und Geschwindigkeit verbunden. (Die Reibschweißmaschine Genius von Kuka wendet etwa eine Stauchkraft von bis zu 300 kN auf.) Die daraus resultierenden, hohen Verformungsraten wirken sich auf die Berechnung und die finale Mikrostruktur aus.

Je präziser die thermophysikalischen Eingabedaten und Materialdaten des Werkstoffes sind, desto näher kommt die numerische Simulation an die Realität heran. „An unserem Institut verwenden wir vor allem die Programme Esi Sysweld und Simufact Welding, diese Software bietet viele Freiheits-

grade: Es lassen sich Modelle und Subroutinen erstellen sowie eigene Materialgesetze definieren“, verrät Sommitsch. Solche komplexen Anwendungen sind im industriellen Einsatz nicht unbedingt erforderlich. Will man die Schweißbarkeit, Schweißabfolge, Schweißspannungen und den Verzug durch Simulation bestimmen, eignen sich in der Praxis einfachere, Industrie-fokussierte Softwarelösungen.

### Kostenvorsprung bei Sonderbauteilen

Pavel Khazan von Simufact Engineering GmbH kennt die Herausforderungen in der Industrie: „Speziell bei der Produktion geringer Stückzahlen in hoher Varianz sind Ingenieure bei der Fertigung komplexer Baugruppen mit anspruchsvollen Entwicklungen konfrontiert. Kostenintensive ‚Trial-and-Error‘-Versuche sind mit hohem Arbeitsaufwand und Ausschussware verbunden.“ Die Rechenzeiten hängen direkt von der Komplexität des Modells, der Anzahl der Elemente sowie der Anzahl und Länge der Schweißnähte ab, wobei auch eine relativ grobe Vernetzung zu guten Ergebnissen führen kann. Während man sich im Forschungsumfeld mit Rechenzeiten von mehreren Wochen zufrieden gibt, ist es im industriellen Umfeld inakzeptabel. „Bei der Berechnung mit Simufact Welding werden Parallelisierungsalgorithmen genutzt, diese sogenannte Gebietszerlegung reduziert die Rechenzeit. Die Berechnung der Spannungen und Verschiebungen kann zudem von der Berechnung des Temperaturfeldes entkoppelt werden“, erklärt Khazan. Teil der Software ist eine Materialdatenbank, die



## Drahtbasierter 3D-Druck

Beim drahtbasierten 3D-Druck wird der Schweißdraht als Werkstoff verwendet. Eigentlich handelt es sich bei dem Draht lediglich um einen Zusatzwerkstoff. Für diese Art des 3D-Drucks wird der Draht zum eigentlichen Werkstoff. Aus dem aufgeschmolzenen Schweißdraht werden die Bauteile generiert.

Das **Wire Arc Additive Manufacturing** der Voestalpine Böhler Welding ist ein Beispiel für das Verfahren. Die drahtbasierte additive Fertigung ermöglicht es, Bauteile mit hoher Integrität und nahezu ohne Materialverlust herzustellen. Dazu nutzt man etablierte schweißtechnologische Prozesse zum Verbinden und Auftragen von Werkstoffen. Böhler Welding entwickelt speziell für den drahtbasierten 3D-Druck Werkstoffe und optimierte Herstellprozesse für die Fertigung von Massivdrähten und nahtlosen Fülldrähten. Genutzt werden Massivdrähte aus un-, mittel- und hochlegierten Stählen sowie Nickel-Aluminium- und Titanlegierungen. Durch das schichtweise Auftragen unterschiedlicher Legierungen können die Materialeigenschaften der Werkstoffe gezielt eingesetzt werden. Mit Simulationen lassen sich diese Eigenschaften abbilden.

Im Vergleich zu **pulverbasierten Verfahren** sind die Aufbauten weniger komplex und die Herstellung großformatiger Teile durch die hohen Abschmelzleistungen von bis zu 5 kg/h ist möglich. Je nach Werkstoff-Legierungs-Gruppe sind normalerweise eine Wärmebehandlung und spanende Nachbearbeitung erforderlich, um den Bauteilen die gewünschten Endeneigenschaften zu geben.

gängige schweißbare metallische Werkstoffe beinhaltet. Damit lassen sich Versuchsreihen zum Gewinnen von Daten minimieren. Für den Praktiker ohne viel Erfahrung in der Numerik werden vordefinierte Parametersätze zur Steuerung des Lösungsverfahrens angewandt, die erfahrungsgemäß in den meisten Fällen gute und schnelle Ergebnisse bringen und die Einstiegshürden in die Schweißsimulation senken.

### Fazit

Der Aufwand des Schweißprozesses lässt sich bereits bei der Konstruktion reduzieren. Liegen Prognosen vor, lassen sich Schweißversuche einsparen. Aber auch bei der Entwicklung neuer Werkstoffe gewinnt man mithilfe von Simulationssoftware wertvolle Erkenntnisse für die Anwendung. Damit werden aufwendige Versuchsreihen reduziert und der Time-to-Market beschleunigt. <<

# Schnelle Befestigung an Cobots



## triflex® R COB Halter: Einfache Energiezuführung

Neue Universal-Befestigung für Energieführungen an verschiedenen Robotertypen. Ein Basiselement für flexiblen Aufbau, zum Beispiel: ① als günstiger Bandloop ② mit Protektor oder ③ als Anschluss-element. Vielfältig einsetzbar, einfach zu montieren und günstig. Mit antirutsch-beschichtetem Klettband für einen sicheren Halt.

meine-kette ... Energieführen leicht gemacht

igus® Polymer Innovationen GmbH Tel. 07662-57763 info@igus.at

igus®.at  
motion plastics® ... for longer life