

Metallene Spannungsmomente

Neutronen klären die Beziehung zwischen Alu und Stahl.

Spannungen in Metallen führen zu Verformungen und schlimmstenfalls zu Rissen im Material. Solche Eigenstressungen betreffen vor allem Werkstücke, die aus verschiedenen Metallen bestehen. Bei Zylinderlaufbuchsen in Automotoren beispielsweise werden zwei Metalle wie Ringe umeinander herumgelegt. Beim Abkühlen nach dem Gießen dehnen sie sich unterschiedlich stark aus – zwischen den beiden Materialien entstehen Spannungen. Uwe Wasmuth, Doktorand am Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen der TUM, hat als Erster eine solche Verbundgussform aus den Metallen Aluminium und Stahl während des Abkühlens in situ untersucht – mithilfe von Neutronen. Dazu nutzte er das Instrument Stress-Spec der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) in Garching, das den Spannungszustand im Inneren von Werkstücken ermitteln kann: Es erfasst Neutronen, die an Kristallgitterebenen gebeugt wurden. Dazu durchdringt ein Neutronenstrahl einer bestimmten Wellenlänge das Werkstück. Der Winkel des gebeugten Strahls wird von einem Flächendetektor erfasst und liefert die Information über die in dem Bauteil vorliegende Dehnung.

Wasmuths Ergebnisse begeistern auch die Industrie: Er konnte zeigen, dass ein Computerprogramm zur Simulation von Spannungen in Werkstücken aus zwei Metallen einen wichtigen Faktor nicht berücksichtigt: »Das Programm hat die Spannungen drei Mal so hoch berechnet, wie sie dann tatsächlich waren.« Denn die Simulation lässt außer Acht, dass der Aluminiumring im Versuchszylinder sich durch Kriechprozesse noch ein wenig an den härteren und sich geringer zusammenziehenden Stahlkern anpasst.

Die Spannungen ermittelte der Doktorand an einem Werkstück aus zwei in der Industrie verwendeten Aluminium- und Stahllegierungen. Um den bereits fertigen Stahlkern goss er das 710 °C heiße Aluminium. Dann »schoss« er Neutronen auf die Atome der Alu- und Stahllegierungen und bestimmte damit die Dehnung beim Abkühlen im Atomgitter. Diese Messungen ließen völlig zerstörungsfrei Rückschlüsse auf die Spannung

im gesamten Werkstück zu. Es zeigte sich, dass Spannungen, die einer Last von bis zu 20 Kilogramm pro Quadratmillimeter entsprechen, erst ab einer Temperatur von 350 °C auftreten. »Das Aluminium zieht sich beim Abkühlen doppelt so stark zusammen wie der Stahl«, erklärt der 30-Jährige die Ursache der Spannungen. Sichtbar werden diese enormen Kräfte lediglich durch wenige Hundertstel Millimeter, um die sich die Stahlhülse beim Abkühlen verformt.

Der Gießerei-Industrie hat Uwe Wasmuth die Ergebnisse seiner Neutronenmessungen schon mehrfach vorgestellt. Nun ist das Interesse groß, ein verallgemeiner-



Foto: Andrea Voit

tes Computer-Modell für den Kriechprozess zu finden, der die Spannungen zwischen den Metallen abschwächt. Denn nur mit genauen Computer-Simulationen, die auch temperaturabhängige Kriechprozesse berücksichtigen, lassen sich die Spannungen in Werkstücken exakt vorhersagen und somit Risse vermeiden.

Uwe Wasmuth am Instrument STRESS-SPEC im FRM II mit seinem Werkstück