
WARMUMFORMUNG VON TITANLEGIERUNGEN

Titanlegierungen sind aufgrund ihrer herausragenden Eigenschaften wie dem günstigen Verhältnis zwischen Gewicht und Festigkeit, der guten Duktilität, der hohen thermischen Belastbarkeit sowie Korrosionsbeständigkeit und Biokompatibilität ein idealer Werkstoff für die Luftfahrt, Medizintechnik und viele weitere hochtechnologische Bereiche.

Bei der Bauteilherstellung kommen oftmals aufwändige Zerspanprozesse mit hohem Materialverbrauch zum Einsatz. Ab einer bestimmten Stückzahl sind Umformprozesse wesentlich effizienter und kostengünstiger, wobei die Blechumformung im Bereich der Titanverarbeitung besondere Anforderungen an die eingesetzten Fertigungsverfahren stellt. Blechwerkstoffe aus Titanlegierungen werden typischerweise bei höheren Temperaturen umgeformt, um ausreichende Umformgrade zu erreichen. Um aufwändige und kostenintensive Versuche zur Prozess- und Bauteilauslegung auf ein Minimum zu reduzieren, spielt die Simulation hierbei eine immer größere Rolle. Am Fraunhofer IWM werden zu diesem Zweck spezielle Materialmodelle entwickelt, anhand von Experimenten angepasst und an einfachen Umformprozessen validiert, um das Verhalten von komplexen Bauteilen möglichst genau zu simulieren.

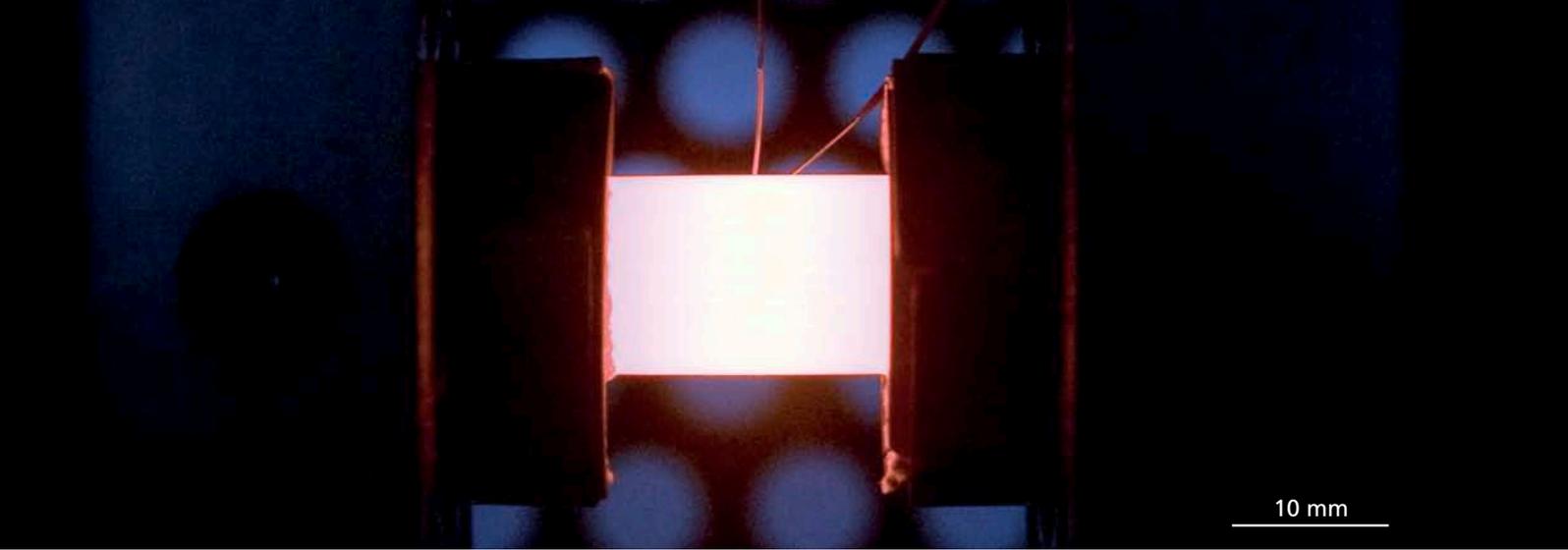
Hohe Heizraten und hohe Umformgeschwindigkeiten

Zuerst werden die Materialeigenschaften der untersuchten Titanwerkstoffe experimentell bestimmt. Hierzu werden am Fraunhofer IWM Warmzug- und Warmstauchversuche bei verschiedenen Temperaturen und Dehnraten durchgeführt. Neben Standard-Universalprüfmaschinen kommt eine »Gleeble«-

Prüfmaschine zum Einsatz. Bei dieser Versuchseinrichtung können Proben mechanisch sowie durch konduktive Erwärmung thermisch belastet werden. Dabei können hohe Heiz- beziehungsweise Abkühlraten und hohe Umformgeschwindigkeiten realisiert werden. Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse von Warmzugversuchen eines Titanblechs bei verschiedenen Temperaturen und konstanter Dehnraten. Um den Wärmehaushalt in thermomechanisch gekoppelten Simulationsmodellen zu berücksichtigen, ist zudem die Bestimmung der thermophysikalischen Größen erforderlich. Im Thermophysikalischen Labor des Fraunhofer IWM können der Längenausdehnungskoeffizient, die Wärmekapazität und die Wärmeleitfähigkeit mittels Dilatometer (bis 1 650 °C), Differential Scanning Calorimetry (DSC, bis 1 650 °C) und Laser-Flash-Apparatur (LFA, bis 2 000 °C) bestimmt werden.

Phänomenologische Modelle

Die experimentell ermittelten Daten werden zur Anpassung der am Fraunhofer IWM entwickelten Materialmodelle genutzt. Zur Simulation von Blechumformprozessen wird das Werkstoffverhalten auf makroskopischer Ebene mittels phänomenologischer Modelle beschrieben. Sie sind in der Lage, die besonderen Eigenschaften der Titan-Blechwerkstoffe abzubilden. Das komplexe Materialverhalten dieser Blechwerkstoffe sowie die ausgeprägte Blechanisotropie und das Warmfließverhalten stellen dabei besondere Herausforderungen an das Materialmodell. In Abbildung 2 sind zwei simulierte Titannäpfe dargestellt. Sie wurden bei Raumtemperatur und bei 600 °C unter Einsatz eines geeigneten Werkstoffmodells tiefgezogen.



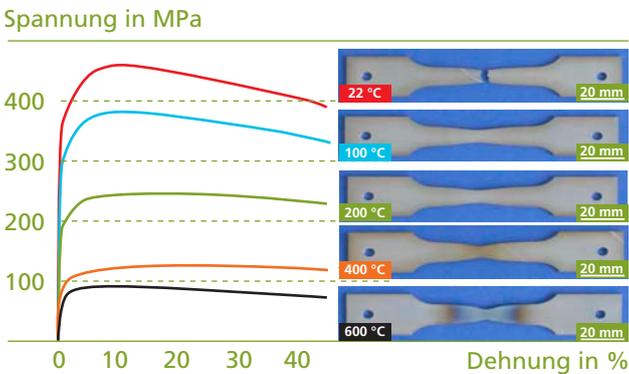
Zylinderstauchversuch an Titan bei 950 °C an der thermomechanischen Umformanlage Gleeble.

Titan – ein Sonderfall

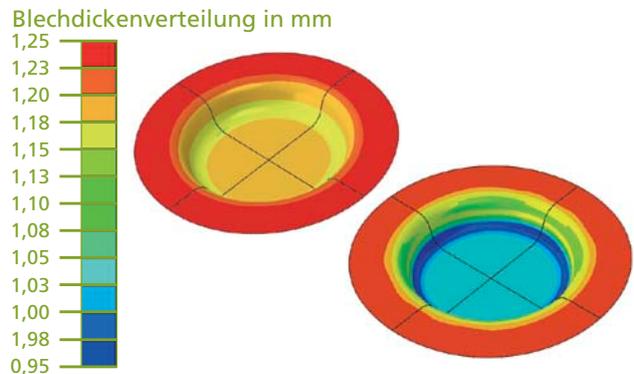
Bei Titanlegierungen ist das Prozessfenster aufgrund der beiden Parameter Temperatur und Dehnrage deutlich größer als bei typischen Blechumformprozessen. So werden Prozesstemperaturen von bis zu 850 °C bei geringen Umformgeschwindigkeiten erreicht. Außerdem neigt Titan sehr stark zu so genannten »Reißern«. Das Ziel ist daher, durch Simulation ein geeignetes Prozessfenster zu bestimmen, um

damit im Vorfeld mögliche Schwachstellen im Bauteil zu vermeiden und einen optimalen Herstellungsablauf erreichen zu können. Diese Möglichkeit der Simulation führt zu enormen Kosteneinsparungen, da aufwändige Prototypen-Versuche nach dem Prinzip »Versuch und Irrtum« auf ein Minimum reduziert werden.

Andre Koch, Matthias Tritschler



1 Technische Spannungs-Dehnungs-Kurven von Titan in Abhängigkeit von der Temperatur.



2 Blechdickenverteilung an einem Titan-Napf mit 100 mm Durchmesser bei Raumtemperatur (links) und bei 600 °C (rechts).