

Metallkunde · Werkstoffprüfung · Edelmetallforschung

## Verfahrens- und Prozessentwicklung zur Erzielung qualitativ hochwertiger Gießergebnisse mit einer Hochtemperatur-Vakuuminduktions-Kippgießanlage für hochreaktive Legierungen

Im Rahmen des Kooperationsprojekts wurde eine induktionsbeheizte Vakuum-Kippgießanlage für hochschmelzende und hochreaktive Legierungen auf Ti-Basis durch den Projektpartner Indutherm entwickelt. Aufgabe des fem war die Bestimmung der optimalen Gießparameter (Vakuum, Aufheizzeit und Aufheizdauer der Schmelze) sowie die Untersuchung geeigneter Tiegel und Formschalen.

Zunächst wurden Experimente an den Gießanlagen des fem durchgeführt, um diverse kommerziell erhältliche Tiegel- und Formschalenwerkstoffe zu testen. Nach Lieferung der Versuchsanlagen von Indutherm wurden damit die Gießversuche zur Ermittlung optimaler Anlagenparameter durchgeführt. Die Gussproben aus den Versuchen wurden am fem metallographisch, mechanisch und chemisch untersucht. Die chemische Analyse der Sauerstoff- und Stickstoffaufnahme sowie der Verunreinigungen von Tiegel und Formschale gab Aufschluss über die Reaktionen mit der Schmelze. Analog wurde außerdem die Reaktion der Schmelze mit der Atmosphäre untersucht. Außerdem wurden mit der Software ThermoCalc thermodynamische Berechnungen zur Abschätzung der Tiegelreaktionen durchgeführt.

### Zielstellung

Der Einfluss folgender Parameter auf die Ergebnisse des Gießversuchs für Standard-Gussteile (Gitter und Kugerring) wurde untersucht:

- › Gießparameter (Kippgeschwindigkeit, Kippwinkel, Schmelz- bzw. Küvettemperatur, Atmosphäre)
- › Tiegelmaterial (Graphit, Glaskohlenstoff, massiv  $Y_2O_3$ , Quarz und Al-Titanat mit Beschichtung aus  $Y_2O_3$  oder  $ZrO_2$ )
- › Aufbau der Formschale (Zusammensetzung, Trocknungszeit)
- › Legierungen (Ti6Al4V und NiTi)
- › Materialmenge (80–500 g)

### Ergebnisse

#### Einfluss des Tiegelmaterials

Bei den Versuchen mit Kupfer-Kokille und keramischem Tiegel wurde festgestellt, dass für NiTi und Ti6Al4V die Normvorgaben hinsichtlich Sauerstoff- und Stickstoff-Aufnahme erfüllt sind. Es wurden keramische Verunreinigungen im Guss nachgewiesen.

Für Ti6Al4V sind Tiegel auf  $Y_2O_3$ -Basis, trotz auftretender Y-Verunreinigung, eine gute Wahl, da hier die Reaktion mit dem Tiegelmaterial am geringsten ist. Mit diesem Tiegelmaterial ist dementsprechend auch die Härtesteigerung am geringsten. Für NiTi sind Tiegel mit  $Y_2O_3$ -Beschichtung ausreichend.



Abb. 1 | Gegossener und polierter Ring aus NiTi

Sowohl die keramischen Tiegel als auch die Kohlenstofftiegel konnten mehrmals benutzt werden. Die Aufnahme von Yttrium, Kohlenstoff und weiteren Elementen aus dem Tiegelmaterial hängt sehr stark von der Gießtemperatur, der Schmelzzeit und der Metallmenge ab.

Bei Graphittiegeln spielt die Löslichkeit von Kohlenstoff in Titan eine wichtige Rolle. Sie nimmt mit zunehmender Temperatur stark zu. Daher spielt die Temperatur in

Verbindung mit der Zeit eine wichtige Rolle bei der Reaktion mit Titan.

Graphittiegel sind für Ti6Al4V aufgrund der hohen Kohlenstoffaufnahme nicht geeignet, während sie für NiTi eine Alternative zu teuren, beschichteten keramischen Tiegeln darstellen.

### Einfluss des Einbettmaterials

Einbettmassen auf Basis von Siliziumdioxid mit Phosphatbinder sowie Zirkonsilikat zeigen eine starke Reaktion mit Ti6Al4V und NiTi. Bei den siliziumfreien Einbettmassen aus der Dentalindustrie wurde eine geringere Reaktion nachgewiesen. Deshalb wurden diese Einbettmassen als Formschale verwendet. Damit lassen sich aus beiden Legierungen Gussstücke mit guter Qualität und geringer Oberflächenhärte herstellen.



Abb. 2 | Herstellung der Formschale



Abb. 3 | Gussbaum aus NiTi weist nur geringe Reaktion mit der Einbettmasse auf

### Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, dass durch seine finanzielle Unterstützung die Durchführung des Forschungsvorhabens ZIM-KF2342801LL9 im Zeitraum 2009–2011 ermöglicht hat.

Projekt: ZIM-KF2342801LL9

#### Partner

Indutherm GmbH, Walzbachtal-Wössingen

#### Ansprechpartner

fem | Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie | Katharinenstraße 17 | 73525 Schwäbisch Gmünd  
B. Eng. Tiziana Heiß, t.heiss@fem-online.de