

Schnelle Erstarrung verschiebt Grenzen

ALUMINIUMLEGIERUNGEN MIT GEWINNBRINGENDEN EIGENSCHAFTEN

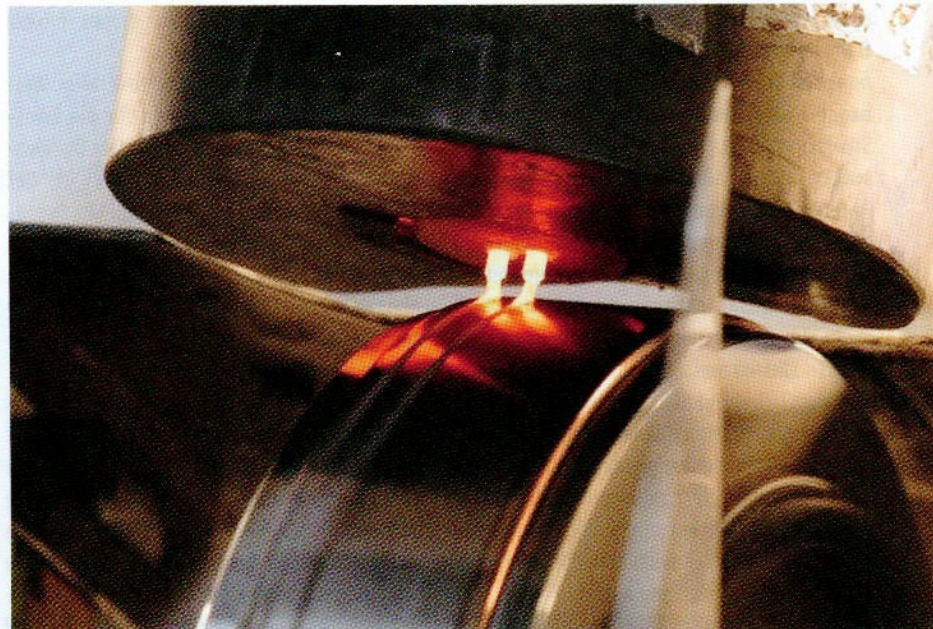
Durch die hohe Abkühlgeschwindigkeit beim Rapid Solidification Process erhalten Aluminiumlegierungen Eigenschaften, die man mit konventionellen Verfahren nicht hätte erreichen können. Vor allem eine höhere Temperaturfestigkeit, geringe Ausdehnung und glattere Oberflächen verbessern die Herstellung von optischen Komponenten.

EBE ELZINGA
ALBERT BOSCH

Bei der Entwicklung von feinmechanischen Techniken und in der Präzisionstechnik steigen die Anforderungen an die verwendeten Materialien. Besonders bei Aluminiumlegierungen, die für ihr niedriges Gewicht und hohe Festigkeit bekannt sind, stößt man in vielen Anwendungen an die Grenzen. Die gewünschte Festigkeit, Steifheit, thermische Ausdehnung und Oberflächenglattheit, beispielsweise für Spiegel, können mit konventionellen Aluminiumlegierungen häufig nicht mehr erreicht werden. Mittels der sogenannten Meltspinning-Technologie hat RSP Technology aus Delfzijl in den Niederlanden eine Reihe neuer Aluminiumlegierungen entwickelt, die für bestimmte Anwendungen neue Möglichkeiten eröffnen.

Flüssig gerädert

Wesentlich beim Rapid Solidification Process (RSP) ist das schnelle Abkühlen der flüssigen Legierung. Dadurch entsteht ein Gefüge mit einer ultrafeinen Mikrostruktur. Bei diesem Verfahren wird flüssiges Aluminium mit einer Temperatur von zirka 900 °C auf ein sich schnell drehendes Kupferrad gegossen (Bild 1). Das Metall erstarrt sehr schnell, weil das wassergekühlte Kupferrad die Wärme mit einer Geschwindigkeit von umgerechnet einigen Millionen Grad pro Sekunde abführt. Der dünne Aluminiumstrahl, der auf das Rad



1 Rapid Solidification Process: Das Metall erstarrt sehr schnell auf dem wassergekühlten Kupferrad

läuft, erstarrt zu einem einige Mikrometer dicken Band. Das Band wird direkt nach dem Erstarren zerkleinert, verpresst, entgast und mittels Hot Isostatic Pressing (HIP) zu einem festen Pressbolzen geformt, der sich durch Extrusion oder Schmieden weiterverarbeiten und unterschiedlich formen lässt.

Die Technik der schnellen Erstarrung wird bereits um 1870 zum ersten Mal beschrieben. Bis in die 70er-Jahre des 19. Jahrhunderts wurde diesem Verfahren wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Durch die damalige Energiekrise und den Bericht des Club of Rome erhielt es neue Aufmerksamkeit. Seit 1977 arbeitet die Technische

Universität in Delft an praktischen Anwendungen. Die Firma Rijnvelden hat 1993 das Spin-off-Unternehmen RSP Technology gegründet und mit dieser Aufgabe betraut. Durch diese Unterstützung konnte die erste Produktionslinie gebaut werden. Seit 1998 ist durch die Beteili-

KONTAKT

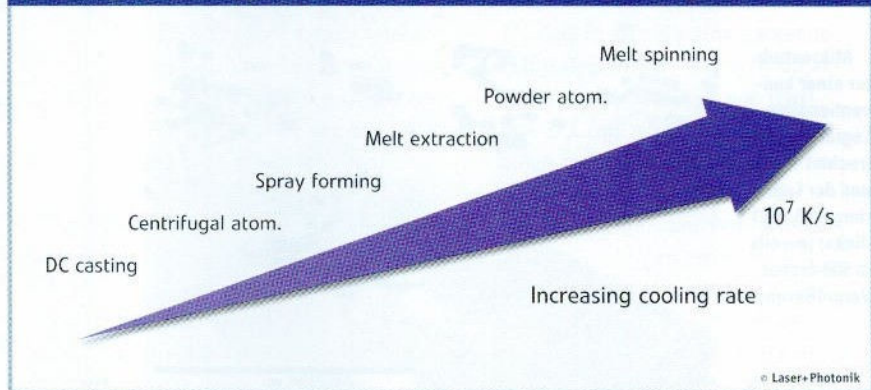
RSP Technology BV,
NL-9936 BV Delfzijl,
Tel. +31 (0) 5 96 /6 32 -3 00,
Fax +31 (0) 5 96 /6 32 -6 78,
www.rsp-technology.com

gung von Corus, der Noordelijke Ontwikkelings Maatschappij (NOM) und der Friesland Bank in Delfzijl die erste vollwertige Produktionsstätte für die Produktion des RSP-Materials erbaut worden. Jährlich kann hier eine Menge von 200 t dieses Materials produziert werden. Im Moment produziert RSP Technology Legierungen für verschiedene Industrien und entwickelt neue Legierungen zusammen mit interessierten Unternehmen.

Neue Eigenschaften bieten neue Möglichkeiten

Durch die hohe Abkühlgeschwindigkeit beim RSP-Prozess (Bild 2) ist es möglich, Eigenschaften von Aluminiumlegierungen zu erreichen, die mit konventionellen Verfahren nicht möglich sind. Ein Beispiel ist

Abkühlgeschwindigkeiten bei verschiedenen Erstarrungstechniken



2 Das schnelle Abkühlen beim RSP-Prozess verleiht Aluminiumlegierungen neue Eigenschaften

Steifheit für Anwendungen, bei denen mechanische und thermische Beanspruchung bei niedriger Verformung eine Rolle spielt.

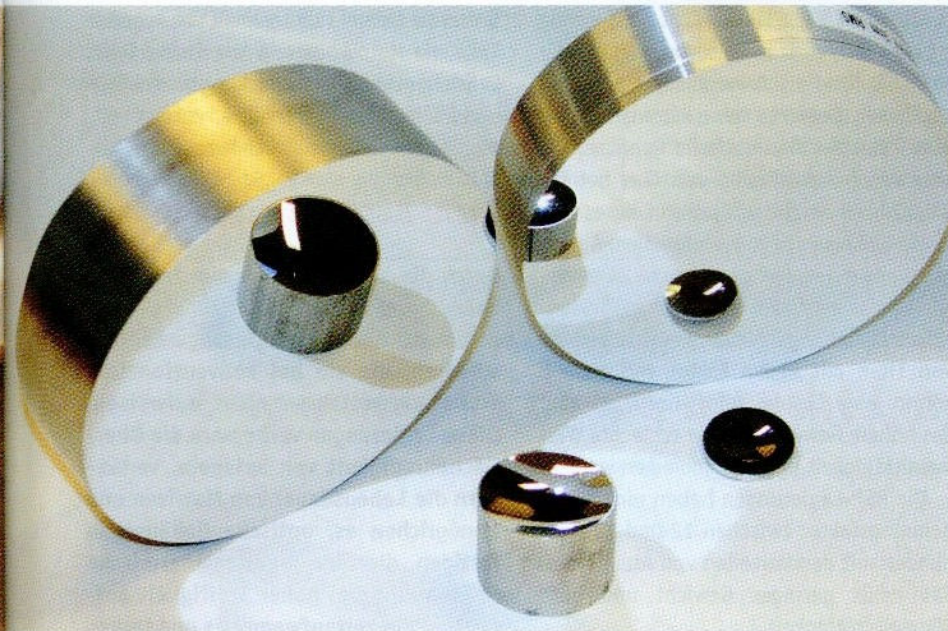
ken lässt sich die Rauheit verringern. Eine Nickelbeschichtung und eine anschließende Bearbeitung mit einem Diamanten führt zu einer Verbesserung von zirka 1 bis 2 nm. Nachteile der Beschichtungstechnik sind die längere Herstellzeit und die Empfindlichkeit für bimetallische Verformungen bei großen Temperaturunterschieden.

In der Zusammenarbeit mit TNO (www.tno.nl) hat RSP eine Alternative zum »Meltspin-6061« entwickelt, das »RSA-6061«. Es hat sich gezeigt, dass bei diesem Material nach der Bearbeitung mit dem Diamanten ein Rauheitswert von 2 nm oder weniger ohne zusätzliche Beschichtung erreicht wird. Für Anwendungen, bei denen Spiegel zusätzliche mechanische oder andere physikalische Eigenschaften haben müssen, wie in der Luft- und Raumfahrt, können auch andere RSP-Legierungen eingesetzt werden. Das gilt besonders für eine geringe Ausdehnung bei hoher Festigkeit.

Die Mikrostruktur der konventionellen Legierung AA6061 ist bekannt. Sie zeigt immer eisenhaltige Einlagerungen, kombiniert mit Mn-, Cr- und Si- und daneben MgSi-Partikeln. Die Art und Weise, wie diese Körner verteilt sind, bestimmt die Oberflächenrauigkeit des Materials nach der Bearbeitung mit dem Diamanten. Je kleiner diese Körner sind und je gleichmäßiger sie verteilt sind, umso besser ist die Oberflächenrauigkeit. Die Korngröße der konventionellen Legierung 6061 liegt zwischen 10 und 20 µm. Bei der Legierung RSA 6061 liegt der Wert bei ungefähr 1 µm (Bild 4).

Längere Lebensdauer

Optische Matrizen, mit denen beispielsweise Kontaktlinsen und Reflektoren hergestellt werden, bestehen normaler-



3 Beispiel für den Einsatz von RSP in optischen Anwendungen

die Legierung »RSA-443« mit 40 Prozent Siliziumanteil. Dieses Material hat die thermische Ausdehnung von Stahl und wird für optische Gehäuse verwendet. Andere Vorteile sind:

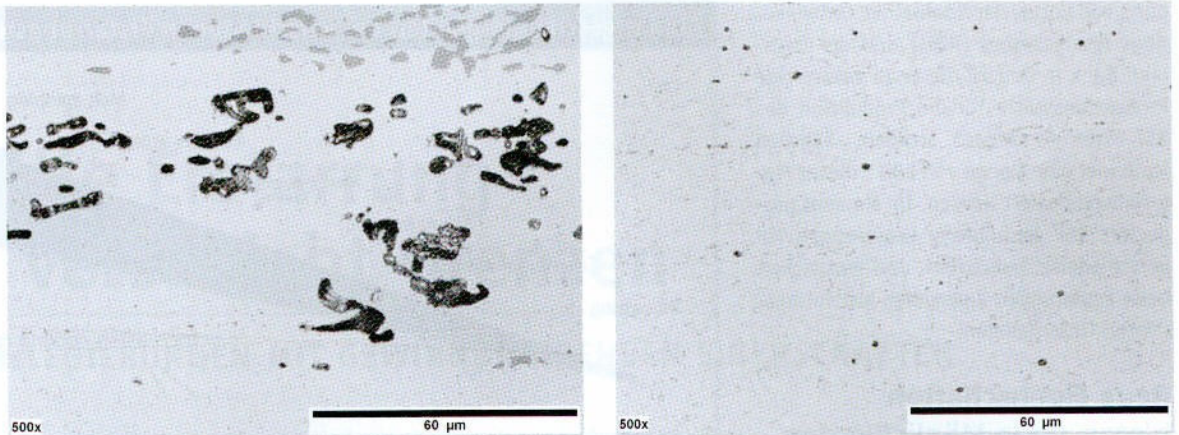
- hohe Festigkeit bei Raumtemperatur von bis zu 850 MPa,
- hohe Festigkeit bei höheren Temperaturen (Motorkolben),
- thermisch stabile Legierungen für optische Gehäuse, Wärmesenken und 3-Achsen-Positioniersysteme,
- hohe Festigkeit kombiniert mit einer hochfeinen Kristallstruktur für optische Spiegel und optische Matrizen und
- hohe Festigkeit, kombiniert mit hoher

In der optischen Industrie nutzt man RSP für Gehäuse von Lasern, Spiegeln oder Matrizen (Bild 3).

Glattere Oberflächen

Die Materialauswahl beeinflusst bei Spiegeln in hohem Maße deren Eigenschaften. Häufig wird, besonders in der Luft- und Raumfahrt, die Legierung »Al 6061« verwendet. Durch Abdrehen mit einem Diamanten lässt sich eine Oberflächenrauheit von etwa 6 nm erreichen. Dieser Wert genügt meist aber nicht für das sichtbare Spektrum, da das Material noch zu rau ist. Mit verschiedenen Beschichtungstechni-

4 Mikrostruktur einer konventionellen Legierung 6061 (rechts) und der Legierung RSA 6061 (links) jeweils in 500-facher Vergrößerung



weise aus Kupferlegierungen (Messing, CuNi, CuBe). Diese Legierungen haben nach der Bearbeitung mit dem Diamanten eine glatte Oberfläche mit einer Rauigkeit von etwa 2 nm bei einer mittleren Temperaturfestigkeit. Diese Kupferlegierungen korrodieren jedoch beim Kontakt mit Kunststoffen. Die Standzeit der Matrize wird dadurch auf zirka 10 000 Anwendungen begrenzt.

Mit einer Nickelbeschichtung kann die Standzeit auf bis zu 70 000 Anwendungen erhöht werden. Die bereits erwähnten Nachteile, die durch das Beschichten entstehen, kommen auch hier zum Tragen: Es sind mehr Arbeitsschritte erforderlich, was Zeit kostet, und das Material reagiert empfindlich auf bimetallische Verformungen. Konventionelle Aluminiumlegierungen sind hier keine Lösung. Einerseits aufgrund der schlechteren Oberfläche nach der Bearbeitung und andererseits wegen der geringeren Temperaturfestigkeit.

»RSA-905« ist eine Aluminiumgusslegierung mit hohem Nickelgehalt. Diese Legierung hat nur Vorteile: Die Oberflächenrauigkeit ist sehr gering, und das Material ist korrosionsbeständig. Außerdem bietet die Legierung eine hohe Temperaturfestigkeit. Die Lebensdauer der Matrizen erhöht sich mit diesem Material auf bis auf 150 000 Anwendungen, was einer Verdoppelung entspricht. Eine Beschichtung ist überflüssig. Die Produktion mit einer solchen Matrize spart Zeit und Kosten.

Stabilere Gehäuse

RSP hat einige Legierungen mit niedriger thermischer Ausdehnung bei hoher Steifigkeit entwickelt. Genutzt werden sie für alle filmmechanischen Bauteile, für die konventionelles Aluminium nicht steif genug ist oder sich zu stark ausdehnt. Titan oder RVS sind für diese Anwendungen aufgrund des hohen Gewichts keine Alternative. Ein gutes Beispiel sind optische Gehäuse. Die thermische Ausdehnung von Glas beträgt zirka 7 bis 8 $\mu\text{m}/(\text{m} \times ^\circ\text{C})$. Wenn dieses Glas in ein Gehäuse aus konventionellem Aluminium mit einem Faktor von rund 24 eingesetzt wird, entstehen besonders bei Temperaturschwankungen Probleme. Der Einsatz von Titan mit einem Faktor von etwa 8 könnte eine Lösung sein. Hier muss aber das höhere Gewicht und die schlechte Wärmeleitfähigkeit in Kauf genommen werden.

Die RSP-Legierungen haben einen Ausdehnungsfaktor zwischen 12 und 18, verbunden mit den Vorteilen von Aluminium, das heißt geringes Gewicht und gute Wärmeleitfähigkeit.

Ein anderes Anwendungsgebiet ist das Electronic Packaging, wobei »RSA 443« meistens direkt angepasst wird. Neben dem geringen Gewicht ($< 2,55 \text{ g/cm}^3$) ist der niedrige Ausdehnungskoeffizient von weniger als $13 \times 10^{-6}/\text{K}$ wichtig. Diese Legierung kann ein Ersatz für Kovar sein. Trotz des extrem hohen Siliziumgehalts ist die Legierung RSA 443 extrudierbar und

kann deshalb auch für die endkonturnahe Fertigung (net-shape) geliefert werden. Auch für Anwendungen, bei denen es auf eine Kombination von hohem Verschleißwiderstand und geringem Gewicht ankommt, hat RSP Legierungen entwickelt. Beispiele sind sich schnell bewegende Teile wie Motorkolben, hydraulische Teile, Schrittmotoren, Verpackungsmaschinen und Positionierungsmodule.

Fazit: Beschichtung entfällt


Durch die hohe Abkühlgeschwindigkeit beim Rapid Solidification Process bekommen Aluminiumlegierungen Eigenschaften, die sie bei konventionellen Erstarrungsverfahren nicht aufweisen. Diese Legierungen verbessern die Oberflächenrauigkeit von Spiegeln, verlängern die Lebensdauer von Matrizen und ermöglichen es, optische Gehäuse zu fertigen, die eine niedrige thermische Ausdehnung bei hoher Steifigkeit aufweisen. Ein zeitaufwendiges und teures Beschichtungsverfahren ist bei diesen neuen Legierungen nicht erforderlich.


AUTOREN


EBE ELZINGA ist Marketing Manger bei RSP Technology in Delfzijl, Niederlande.

Dr. ALBERT BOSCH ist in der Forschungs- und Entwicklungsabteilung von RSP Technology tätig.

CUSTOM SOLUTIONS







precision made in germany

micos

Turnkey solution • Inhouse competence

Phone: + 49 7634 50 57 - 0 | www.micos.ws