



Doctoral Thesis

Höchstfeste sprühkompaktierte Aluminium-Zink-Magnesium-Kupfer-Legierungen

Author(s):

Mächler, René

Publication Date:

1993

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000916722> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 10332

**HÖCHSTFESTE SPRÜHKOMPAKTIERTE
ALUMINIUM-ZINK-MAGNESIUM-KUPFER-
LEGIERUNGEN**

**ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH**

vorgelegt von

RENÉ MÄCHLER

Dipl. Werkstoff-Ing. ETH
geboren am 29. April 1965
von Innerthal (SZ)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Dr. h.c. Markus O. Speidel, Referent
Prof. Dr. Hans Böhni, Korreferent

1993

Zusammenfassung

Das Sprühkompaktieren wurde als alternatives Verfahren zur Herstellung höchstfester aushärtbarer Aluminiumlegierungen auf Al-Zn-Mg-Cu Basis evaluiert. Die Zinkgehalte wurden bis auf 11 Gew.-% angehoben zur Erzielung höchster Festigkeiten und zur Stabilisierung des Gefüges wurde Zirkon verwendet. Einzelnen Legierungen wurde zusätzlich Ag, Ni, Mn oder Cr zulegiert, um die mechanischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit zu beeinflussen.

Die mechanischen Eigenschaften und das Spannungsrissskorrosionsverhalten dieser Legierungen wurden in verschiedenen Wärmebehandlungszuständen eingehend untersucht.

Die Legierungen weisen ein anisotropes, aber sehr feines und homogenes Gefüge auf, das beim Extrudieren dynamisch rekristallisierte und durch feine Dispersoide vom Typ Al_3Zr stabilisiert wird. Das Zulegieren von unlöslichen Elementen wie Ni oder Mn führt zur Bildung grober intermetallischer Phasen, die stark verspröden wirken. Diese wurden bereits beim Sprühen primär aus der Schmelze ausgeschieden, weil die erzielbaren Erstarrungsgeschwindigkeiten am Sprühbolzen zu gering sind.

Im voll ausgehärteten Zustand T6 vereinen die Legierungen sehr hohe Festigkeitswerte mit einer hohen Duktilität und einer mässigen bis guten Bruchzähigkeit. Die Streckgrenzenwerte reichen je nach Legierung von 600 bis 750MPa, während die Bruchzähigkeiten zwischen 11 und $43\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ liegen. Durch Anpassung der chemischen Zusammensetzung an das Sprühkompaktierverfahren können die verspröden Phasen vermieden werden, was zu einer deutlichen Zähigkeitssteigerung führt. Dadurch weisen die sprühkompaktierten Legierungen eine bessere Kombination aus Streckgrenze und Bruchzähigkeit auf als vergleichbare 7xxx-Legierungen mit demselben Festigkeitsniveau.

Durch ein Überaltern wird die Bruchzähigkeit weiters erhöht, jedoch verlieren die Legierungen deutlich an Festigkeit. Ein starkes Überaltern (T73) kann zu einer Abnahme der Streckgrenze um bis zu 30% führen.

Die untersuchten Legierungen besitzen im voll ausgehärteten Zustand T6 eine mässige bis schlechte Spannungsrisskorrosionsbeständigkeit. Legierungselemente wie Ag, Ni, Cr und Cu wirken sich positiv auf das Spannungsrisskorrosionsverhalten aus.

Durch ein gezieltes Überaltern lässt sich die Spannungsrisskorrosionsanfälligkeit deutlich vermindern. Ebenso kann durch Anwendung von speziellen Rückbildungsglühungen (RRA) die Spannungsrisskorrosionsbeständigkeit ohne grossen Festigkeitsverlust erhöht werden.

Somit weisen die sprühkompaktierten Legierungen eine bessere Eigenschaftskombination aus Festigkeit und Spannungsrisskorrosionsbeständigkeit auf als konventionelle 7xxx-Legierungen.

Durch Optimierung der chemischen Zusammensetzung und durch gezielte Wärmebehandlungen kann mit dem Sprühkompaktierverfahren eine neue Klasse von hochfesten AlZnMgCu-Legierungen erzeugt werden, die einen guten Kompromiss aus Festigkeit, Zähigkeit und Spannungsrisskorrosionsbeständigkeit darstellen und in der Kombination dieser drei Eigenschaften die bisherigen 7xxx-Legierungen übertreffen.

Abstract

The spray deposition process has been evaluated as a new technology for the production of ultra high strength aluminium alloys based on the age hardenable Al-Zn-Mg-Cu system. Zn levels have been raised up to 11wt% to aim at highest strength levels and Zr has been used to control the grain size. Elements like Ag, Ni, Mn or Cr have been added to some alloys to further improve mechanical and corrosion properties.

The microstructure, mechanical properties and the stress corrosion cracking (SCC) behaviour have been extensively investigated.

The alloys show a very finegrained, dynamically recrystallized microstructure with a very high volume fraction of hardening phases. Alloying insoluble elements like Ni or Mn causes large intermetallic phases, which are detrimental to the toughness. The formation of these constituents is due to too low cooling rates obtainable by the spray deposition process.

The alloys combine a high strength with good ductility and moderate to good fracture toughness in the peak aged T6 temper. Yield strength values between 600 and 750MPa and fracture toughnesses from 11 to 43MPa $\sqrt{\text{m}}$ are achieved, depending on chemical composition. Avoiding coarse constituents by compositional adjustment to the spray deposition process improves clearly the fracture toughness. Thus, the sprayed alloys have superior combinations in strength and toughness compared with conventional high strength alloys. Overaging further improves toughness but causes a loss in strength up to 30%.

The alloys have an intermediate to low resistance to SCC when aged to peak strength. Ni, Ag, Cr and Cu additions are beneficial to the SCC behaviour. The SCC resistance can clearly be improved by overaging. Furthermore, the application of special retrogression and re-aging treatments (RRA) improve the SCC resistance without significant loss in strength. Therefore the spray deposited alloys exhibit a better combination in strength and SCC resistance than do commercial wrought 7xxx alloys.

Through an appropriate adjustment of chemical compositions to the spray deposition process and by optimizing heat treatments, a new class of high strength AlZnMgCu-alloys can be produced, which show a good compromise in strength, toughness and SCC resistance. In combination of these three properties, the spray deposited alloys are superior to other high strength aluminium alloys.