

Abstract

The present work deals with the Young's modulus, strengthening mechanism and texture of Mg–Gd and Mg–Nd alloys. The influences of solid solutes contents, precipitates and grain size on those properties were discussed. Pure Mg, binary Mg–xGd (x = 2, 5, 10, 15) and Mg–yNd (y = 0.2, 0.5, 1, 2, 5) alloys, and Mg–xGd (x = 2, 5, 10, 15)–0.5Zr alloys were prepared by permanent mould direct chill casting method. The microstructure and the mechanical properties of those alloys were analysed after solution treatment, ageing treatment and extrusion.

The experimental results show that with increasing solid-solution Gd content from 0 to 15 wt.% Young's modulus of Mg–Gd alloys increases slightly linearly from 44.1 to 44.5 GPa. A needle-like orthorhombic structure β' phase was formed in Mg matrix after ageing treatment. Due to a higher Young's modulus of the intermetallic β' phase which was estimated to be 80 GPa, the Young's modulus of Mg–15Gd alloys increased after annealing to 48.8 GPa. Regarding Mg–Nd alloys, Young's modulus firstly decreases and reaches 42.5 GPa for Mg–1Nd which is attributed to the solid-solute Nd. The Mg₄₁Nd₅ particle with Young's modulus of 57.0 GPa appeared in Mg matrix when Nd content was higher than 1 wt.%. Thus, the Young's modulus increases to 43.4 GPa for Mg–5Nd.

The hardness of Mg–Gd alloys with same Gd content and different grain size were almost the same, which indicates that grain size had little effect on hardness result. The hardness linearly increased with the increasing of Gd content ($dH_v/dc \approx 25 \text{ kg mm}^{-2}/\text{at.}\% \text{ Gd}$). The tensile and compressive yield strength enhanced with the increase of Gd content for all alloys in different conditions. Hall–Petch constants, k and σ_0 were calculated with tensile and compressive data. The influence of grain size strengthening was eliminated, and the yield strength of tension and compression both linearly increased with c^n , where c is the atom concentration of Gd, and $n = 1/2$ or $2/3$. Relative contribution of individual strengthening mechanisms to the yield strength of extruded Mg–Nd alloys were investigated. The addition of Nd to Mg led to the improvement of tensile and compressive properties. Mg₄₁Nd₅ phase distribute in Mg–2Nd and Mg–5Nd alloys, which is the main reason that decreased the grain size and increased the yield strength of the alloys.

Abstract

In der vorliegenden Arbeit wird der Einfluß von Gd und Nd auf den E-Modul, Verfestigungsmechanismen und die Textur von Mg-Gd- und Mg-Nd-Legierungen untersucht. Gegenstand der Untersuchungen ist vor allem der unterschiedliche Gehalt von Gd und Nd in Lösung, die Menge sich bildender intermetallischer Phasen sowie die daraus resultierende Korngröße. Rein-Mg, binäre Mg-xGd- ($x = 2, 5, 10, 15$ wt.%) und Mg-yNd- ($y = 0.2, 0.5, 1, 2, 5$ wt.%) sowie die ternäre Mg-xGd-0,5Zr ($x = 2, 5, 10, 15$ wt.%) wurden im Tütenguss-Verfahren hergestellt. Mikrostruktur und Eigenschaften wurden in der weiteren Folge im lösungsgeglühten, ausgelagerten und stranggepressten Zustand analysiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit steigendem Gehalt an Gd in Lösung (0-15 wt.%) der E-Modul der binären Mg-Gd-Legierungen linear geringfügig ansteigt (von 44,08 bis zu 44,46 GPa). Nach dem Auslagern bildete sich zudem in der Mg-Matrix die orthorhombische β' Phase. Diese Phase zeigt einen E-Modul von etwa 80 GPa und mit zunehmendem Anteil dieser Phase steigt auch der E-Modul binärer Mg-15Gd-Legierungen steigt auf 48,8 GPa. Im Fall der binären Mg-Nd-Legierungen fällt der E-Modul zunächst auf 42,5 GPa für Mg-1Nd (max. Löslichkeit von Nd in Mg). Danach bilden sich Mg₄₁Nd₅-Ausscheidungen mit einem E-Modul von 57,0 GPa und der E-Modul der binären Mg-5Nd-Legierungen steigt auf 43,4 GPa.

Im Fall der binären Mg-Gd bei gleichem Gd-Anteil zeigte sich in allen Fällen ähnliche Härte bei allerdings unterschiedlichen Korngrößen. Damit zeigt sich auch, daß die Korngröße nur einen geringen Einfluß hat. Insgesamt steigt die Härte jedoch linear mit steigendem Gd-Gehalt ($dH_v/dc \approx 25 \text{ kg mm}^{-2}/\text{at.}\% \text{ Gd}$). Zug- und Druckfestigkeit steigen ebenfalls mit zunehmendem Gd-Gehalt. Die Hall-Petch-Konstanten k und σ_0 wurde für die Zug- und Druckversuche ebenfalls bestimmt. Dabei konnte der Einfluß der Korngröße außer Acht gelassen werden. Insgesamt stiegen Streck- und Stauchgrenze linear mit steigendem Gd-Gehalt analog c^n (c ist die Atomkonzentration von Gd und der Faktor n ist $1/2$ oder $2/3$). Die Zugabe von Nd führte ebenfalls zu einer Verbesserung der Eigenschaften im Zug- bzw. Druckversuch. In den Mg-2Nd- und Mg-5Nd-Legierungen ist die Phase Mg₄₁Nd₅ die Ursache für eine Verringerung der Korngröße sowie für eine Erhöhung der Streckgrenze.