

Zn 固溶量对 Mg-Zn-Y 合金组织的影响

苏娟, 郭锋, 蔡会生, 刘亮, 陈宝东

(内蒙古工业大学, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要: 利用电化学相分离法, 成功提取 Mg-Zn-Y 合金中的第二相, 并获得合金元素在 Mg-Zn-Y 合金中的固溶量, 建立了镁合金中直接测定元素固溶量的方法。利用 Miedema 混合焓模型及 Toop 模型(对称)和 Kohler 模型(非对称)计算 Mg-Zn-Y 三元合金中 Zn 的活度及活度相互作用系数, 通过实验测定及计算表明: Mg-Zn-Y 中 Zn 的自相互作用系数与 Y 的相互作用系数均为正值, 说明这一体系里 Zn 与 Zn, Zn 与 Y 是相互排斥的, Y 的存在可以提高 Zn 的活度, 即 Y 固溶量的增加会导致 Zn 固溶量的降低, 增加了固液界面前沿液相中的成分过冷度, 从而使得晶粒细化, 晶界处片层状的 $Mg_3Y_2Zn_3$ 共晶相聚集增多, 逐渐连续成网状。

关键词: 稀土 Y; 镁合金; 电化学; 组织结构

中图分类号: TG146.22

文献标识码: A

文章编号: 1002-185X(2019)07-2179-06

Mg-Zn 系镁合金由于具有较高的强度、良好的塑性, 是目前的研究热点之一^[1,2]。稀土对 Mg-Zn 镁合金的强度、耐热、耐蚀以及热加工等性能的改善作用也得到了研究者的普遍认可^[3,4]。稀土元素的加入, 不仅可以细化晶粒而且会形成稀土第二相或者是共晶相, 这种使合金组织发生变化的原因, 被推测为与合金元素在基体中的固溶有关, 但没有实验数据作依据。Zn 是镁合金中重要的合金元素, 其在镁中的最大固溶度达到 6.2%, 有研究者指出, Zn 与稀土易形成 Mg-Zn-RE 化合物, 从而降低 Zn 在 Mg 基固溶体中的溶解度, 但是这一说法仍然缺乏有效的固溶数据支撑, 究其原因是没有有效的方法实测镁合金中合金元素的固溶量。镁合金中 Zn 与其他合金元素存在交互作用, 其固溶能力不仅取决于自身的物化性质以及与镁的尺寸匹配和电子作用关系, 也与合金中其他元素在镁基固溶体中的存在有关。本研究以 Mg-Zn-Y 合金为研究对象, 探索建立有效测定合金元素在镁合金中的合金元素固溶量的方法, 利用 Miedema 混合焓模型^[5]及 Toop 模型(对称)^[6-8]和 Kohler 模型(非对称)^[9]计算 Mg-Zn-Y 三元合金中 Zn 的活度及活度相互作用系数, 研究稀土 Y 对 Zn 固溶能的影响作用, 解释稀土溶入合金中组织变化的原因。

1 实验

实验镁合金的名义成分为 Mg-3.0Zn-xY(x=0, 1, 2, 质量分数, %), 原料分别为纯度 99.95% 的纯镁块材,

99.99% 的 Zn, Mg-Y 中间合金。实验原材料称重, 按成分配比在 GDJX20405 熔炼炉中进行熔炼, 温度控制在 720~740 °C 范围内, 分别采用 CO₂ 和 SF₆ 作为保护气体, 待实验原材料完全熔化后, 精炼 30 min 后浇铸成合金锭(空冷)。实际成分见表 1。利用 X 射线衍射仪分析测定镁合金中的物相, QHV-400L 非自耗电弧炉熔炼合成合金中各个物相(α -Mg、 $Mg_3Y_2Zn_3$), 利用电化学工作站测定极化曲线, 初步确定电解电位。

查阅大量文献确定电解液成分为乙醇(分析纯)-乙酸(分析纯)-松香酸(分析纯)-苯甲酸铵(分析纯)。将铸件加工成直径为 12 mm 的电解试棒, 电解时间 8 h, 电解完成后, 将试件取出, 收集表面的阳极沉淀做物相及形貌分析。电解液真空抽滤, 滤液倒入烧杯, 放置于温度为 60 °C 的电加热板上将有机物乙醇挥发去除, 合金元素会附着在烧杯底部及烧杯壁上, 倒入浓度为 20% 的盐酸 50 mL, 利用玻璃棒反复冲洗。然后用慢速定量滤纸过滤, 定容至 100 mL, 用 OPTIMA2X00/5000 电感

表 1 实验合金的主要化学成分

Table 1 Main chemical composition of experimental alloys (wt%)

Alloy	Zn	Y
Mg-Zn-0%Y	2.99	0.00
Mg-Zn-1%Y	3.01	0.99
Mg-Zn-2%Y	2.98	1.98

收稿日期: 2018-07-10

基金项目: 国家自然科学基金(51661025); 内蒙古工业大学科学研究项目(X201506)

作者简介: 苏娟, 女, 1983 年生, 博士生, 内蒙古工业大学材料学院, 内蒙古 呼和浩特 010051, 电话: 0471-6575722, E-mail: gdsujuan@163.com

耦合等离子体发射光谱仪(ICP-OES)测定合金元素浓度, 为了避免合金元素会有部分残留在滤纸上的残渣里, 待滤纸及残渣干透, 将滤纸置于坩埚中, 在温度为 500 °C 箱式电阻炉内灼烧, 保温 3 h, 用 10 mL 盐酸溶解, 并定容至 50 mL, 测定溶液中合金元素浓度, 将 2 次测定的浓度相加, 通过失重计算固溶量。利用 D/Max 2500/PC X 射线衍射仪进行物相分析, 并用 Sigma500 场发射扫描电子显微镜进行形貌及能谱分析。

2 结果与分析

2.1 合金显微组织与相组成

对铸态合金进行 X 射线衍射分析, 其结果如图 1 所示, 合金的主要组成相为 α -Mg 和 $Mg_3Y_2Zn_3$ 。显微组织分析如图 2 所示。基体 α -Mg 呈等轴晶, 随着 Y 含量的增加, 晶粒尺寸有所减小, 平均晶粒尺寸分别为 25、18、12 μm 。 $Mg_3Y_2Zn_3$ 相呈片层状分布在晶界处并且随着 Y 含量增加从不连续网状变为连续网状分布, Mg-Zn-1%Y 中 $Mg_3Y_2Zn_3$ 质量比为 0.75%, Mg-Zn-2%Y 中 $Mg_3Y_2Zn_3$ 质量比为 1.21%。(图 3a, 3b)。

2.2 电解及固溶量的测定

由图 1、图 2 可知, Mg-3.0Zn-xY 的合金组成相为

α -Mg 和 $Mg_3Y_2Zn_3$, 利用非自耗电弧炉熔炼合成各个物相, 其中 α -Mg 根据 Mg-Zn 相图进行成分配比, $Mg_3Y_2Zn_3$ 按照质量成分配比(成分配比见表 2)。图 4 为 α -Mg 与 $Mg_3Y_2Zn_3$ 的 XRD 图谱。在选取的电解液中分别测定极化曲线, 如图 5 所示。从图 5 可以看出 α -Mg 的分解电位为 -1.125 V, $Mg_3Y_2Zn_3$ 相的分解电位为 -0.82 V, 电位相差 305 mV, 大于两相安全提取电位差应大于 100 mV 的要求, 因此可以使用恒电位提取法分离。

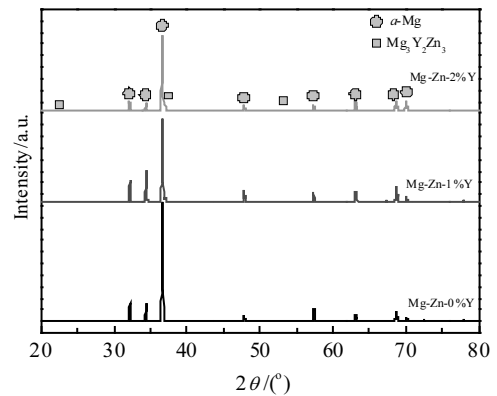


图 1 不同 Y 加入量试样的 XRD 图谱

Fig.1 XRD patterns of the samples with different Y contents



图 2 合金的光学显微组织

Fig.2 Optical microstructures of alloys: (a) Mg-Zn-0%Y, (b) Mg-Zn-1%Y, and (c) Mg-Zn-2%Y

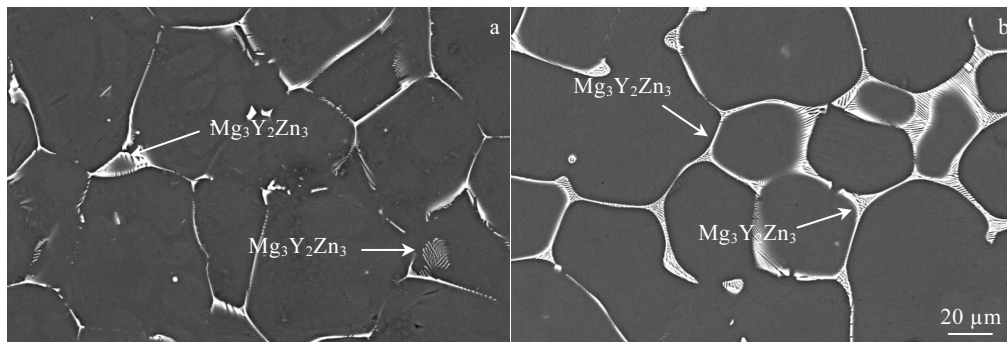


图 3 合金铸态 SEM 照片

Fig.3 SEM images of alloys: (a) Mg-Zn-1%Y and (b) Mg-Zn-2%Y

表 2 合金中各相的配料

Table 2 Composition of phase of alloys (g)

Component	α -Mg	Mg ₃ Y ₂ Zn ₃
Mg	100	10
Zn	3.42	27.1
Y	0	24.7

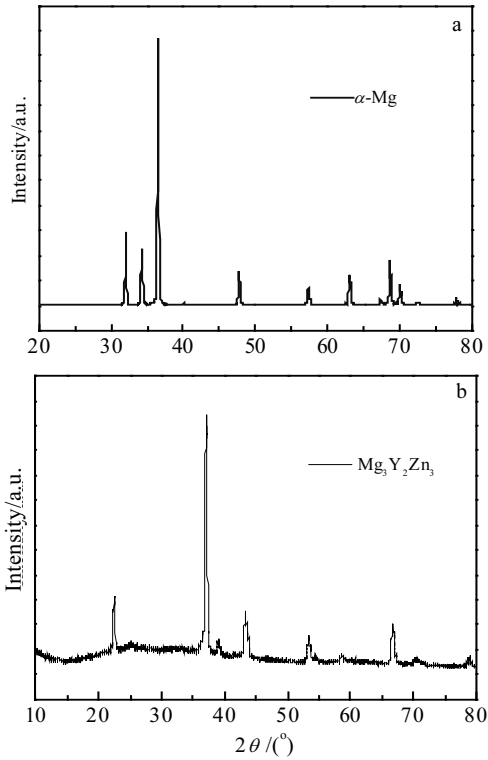


图 4 α -Mg 相与 Mg₃Y₂Zn₃ 的 XRD 图谱

Fig.4 XRD patterns of α -Mg (a) and Mg₃Y₂Zn₃ (b)

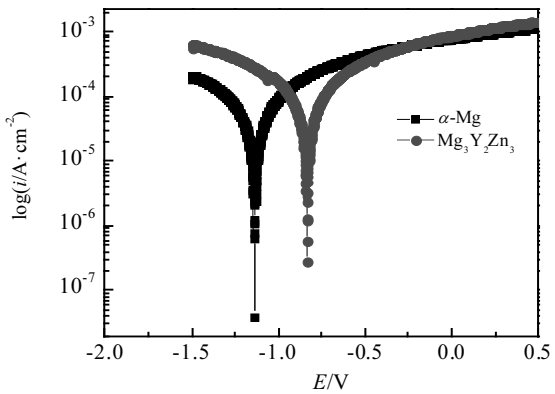


图 5 α -Mg 相与 Mg₃Y₂Zn₃ 在电解中的极化曲线

Fig.5 Polarization curves of α -Mg and Mg₃Y₂Zn₃

确定在恒电位 -950 mV 下电解, 将试棒置于 BLJI-07 冷阱低温电解 8 h, 收集电解残渣做 X 射线衍射分析, 结果如图 6。可以看到, 不论是 Mg-Zn-1%Y 还是 Mg-Zn-2%Y 合金 α -Mg 相均消失, 只有第二相 Mg₃Y₂Zn₃ 的衍射峰。图 7a、7b 分别为 Mg-Zn-1%Y 和 Mg-Zn-2%Y 电解 8 h 的合金相提取物的 SEM 照片。可以很清楚的看到片层状的 Mg₃Y₂Zn₃ 相, 特别是最薄的片层也保留了其原样, 而片层中的 α -Mg 全部被电解下去, 这也证明了所采用的电解条件是合适的。利用电解前后的失重及 ICP 测定的浓度值计算合金元素固溶量, 实验结果如表 3 所示。可以看出, 随着 Y 含量的增加, 其固溶量在增加, 但是 Zn 的固溶量在降低。

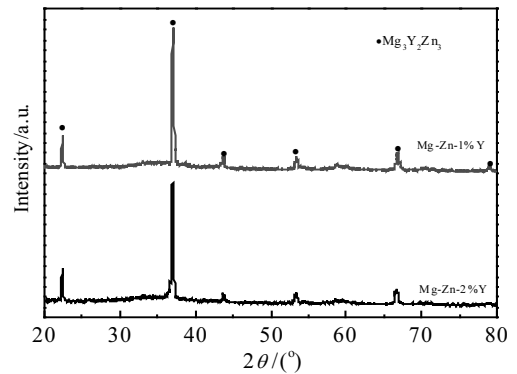


图 6 从试样中分离得到的化合物 X 射线衍射图谱

Fig.6 XRD pattern of compounds extracted from samples

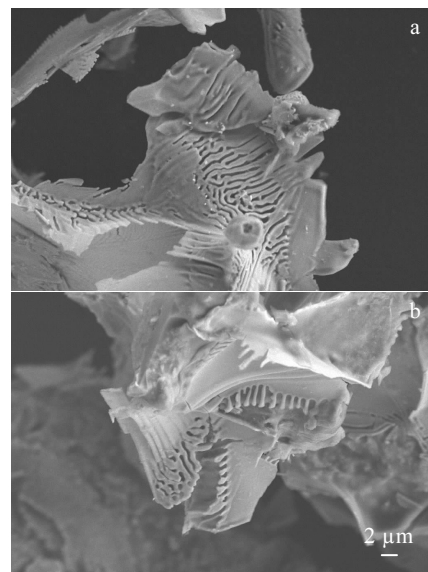


图 7 电解提取稀土合金相的 SEM 照片

Fig.7 SEM images of rare earth alloy phase by electrolytic

extracting: (a) Mg-Zn-1%Y and (b) Mg-Zn-2%Y

表 3 合金元素的固溶量

Table 3 Solid solution of alloying elements (wt%)

Alloy	Y	Zn
Mg-Zn-0%Y	0.00	1.6376
Mg-Zn-1%Y	0.7148	0.9386
Mg-Zn-2%Y	1.5112	0.6361

2.3 Zn 的活度及活度相互作用系数计算

利用 Miedema 混合焓模型及 Toop 模型(对称)和 Kohler 模型(非对称)计算 Mg-Zn-Y 三元合金中 Zn 的活度及活度相互作用系数。三元系 $i-j-k$, i 和 j 为溶质, k 为溶剂, 当溶剂组元与溶质组元性质相近时, 认为溶剂组元与溶质组元为对称组元, 否则为非对称组元。对于 Mg-Zn-Y 系合金, Mg 为溶剂, Zn 和 Y 为溶质。根据 Wanger^[10]定义:

$$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^0 + x_j \varepsilon_i^j + x_j \varepsilon_i^j \quad (1)$$

式中, γ_i 为组元 i 活度系数, γ_i^0 为组元 i 无限稀浓度时活度系数, ε_i^j 为组元 i 的自相互作用系数, ε_i^j 组元 j 对 i 的相互作用系数, x_i 和 x_j 为组元 i 和 j 的摩尔分数。其中:

$$\Delta H_{ij}^E = f_{ij} \frac{x_j [1 + (\phi_i - \phi_j) \mu_i x_j] [1 + (\phi_i - \phi_j) \mu_j x_i] x_j}{x_i V_i^{2/3} [1 + (\phi_i - \phi_j) \mu_i x_j] + x_j V_j^{2/3} [1 + (\phi_i - \phi_j) \mu_j x_i]} \quad (7)$$

$$f_{ij} = \frac{2pV_j^{2/3}V_i^{2/3} \left\{ 9.4 \left[(n_{ws}^{1/3})_j - (n_{ws}^{1/3})_i \right]^2 - (\phi_j - \phi_i)^2 - \alpha(r/p) \right\}}{(n_{ws}^{1/3})_j^{-1} - (n_{ws}^{1/3})_i^{-1}} \quad (8)$$

$$\Delta H_{ik}^E = f_{ik} \frac{x_i [1 + (\phi_i - \phi_k) \mu_i (1 - x_i)] [1 + (\phi_k - \phi_i) \mu_k x_i] (1 - x_i)}{x_i V_i^{2/3} [1 + (\phi_i - \phi_k) \mu_i (1 - x_i)] + (1 - x_i) V_k^{2/3} [1 + (\phi_k - \phi_i) \mu_k x_i]} \quad (9)$$

$$f_{ik} = \frac{2pV_k^{2/3}V_i^{2/3} \left\{ 9.4 \left[(n_{ws}^{1/3})_k - (n_{ws}^{1/3})_i \right]^2 - (\phi_k - \phi_i)^2 - \alpha(r/p) \right\}}{(n_{ws}^{1/3})_k^{-1} - (n_{ws}^{1/3})_i^{-1}} \quad (10)$$

$$\Delta H_{jk}^E = f_{jk} \frac{\frac{x_j}{1-x_i} \left[1 + (\phi_j - \phi_k) \mu_j \frac{(1-x_i-x_j)}{(1-x_i)} \right] \frac{(1-x_i-x_j)}{(1-x_i)} \left[1 + (\phi_k - \phi_i) \mu_k \frac{x_j}{(1-x_i)} \right]}{\frac{x_j}{1-x_i} V_j^{2/3} \left[1 + (\phi_j - \phi_k) \mu_j \frac{(1-x_i-x_j)}{(1-x_i)} \right] + \frac{(1-x_i-x_j)}{(1-x_i)} V_k^{2/3} \left[1 + (\phi_k - \phi_i) \mu_k \frac{x_j}{(1-x_i)} \right]} \quad (11)$$

$$f_{jk} = \frac{2pV_k^{2/3}V_j^{2/3} \left\{ 9.4 \left[(n_{ws}^{1/3})_k - (n_{ws}^{1/3})_j \right]^2 - (\phi_k - \phi_j)^2 - \alpha(r/p) \right\}}{(n_{ws}^{1/3})_k^{-1} - (n_{ws}^{1/3})_j^{-1}} \quad (12)$$

式中, V_i 和 V_j 为组元 i 和 j 的摩尔体积, Δn_{ws} 为组元 i 和 j 的电子密度差, $\Delta \phi$ 是组元 i 和 j 的电负性差, p 、 μ 、 a 均为经验常数, 对于液态合金 $a=0.73$, 对固态合金 $a=1$ (参数值如表 4、表 5 所示), 当过渡族与非过渡族元素形成合金时, 需要加入修正值 r/p , 在 Miedema

$$\ln \gamma_i^0 = \frac{1}{RT} (G^E + \frac{\partial G^E}{\partial x_i}) x_j \rightarrow 0, x_k \rightarrow 1 \quad (2)$$

$$\varepsilon_i^j = \frac{1}{RT} \left(\frac{\partial^2 G^E}{\partial x_i^2} \right) x_j \rightarrow 0, x_k \rightarrow 1 \quad (3)$$

$$\varepsilon_i^j = \frac{1}{RT} \left(\frac{\partial^2 G^E}{\partial x_i \partial x_j} \right) x_k \rightarrow 1 \quad (4)$$

G^E 为三元系的过剩自由能, 由 Kohler 模型和 Toop 模型可以得到 G^E 的表达式。

Kohler 模型:

$$G^E = (x_i + x_j)^2 G_{ij}^E + (x_j + x_k)^2 G_{jk}^E + (x_i + x_k)^2 G_{ik}^E \quad (5)$$

Toop 模型:

$$G^E = \frac{x_j}{1-x_i} G_{ij}^E + \frac{x_k}{1-x_i} G_{ik}^E + (1-x_i)^2 G_{jk}^E \quad (6)$$

式中, G_{ij}^E 、 G_{jk}^E 和 G_{ik}^E 为 3 个二元体系 $i-j$ 、 $i-k$ 和 $j-k$ 的过剩自由能, 因为 $G_{ij}^E = \Delta H_{ij}^E - T \Delta S_{ij}^E$, ΔH_{ij}^E 为组分 i 与 j 合金化过程中的生成焓; ΔS_{ij}^E 为组分 i 与 j 相应的过剩熵。一般情况下 ΔS_{ij}^E 的绝对值较 ΔH_{ij}^E 小得多, 所以在本计算中假设 $\Delta S_{ij}^E = 0$, 则 $G_{ij}^E = \Delta H_{ij}^E$ 。根据 Miedema 模型可知^[5]:

模型中 Mg、Zn 是非过渡族, Y 是过渡族元素, 根据文献[5], Mg 和 Y 形成二元合金时 r/p 为 0.28, Zn 和 Y 形成二元合金时 r/p 为 0.98。

根据 Toop 模型, 三元合金组元 i 在无限稀浓度时的活度系数及其相互作用系数的表达式为^[8]:

表 4 Miedema 模型中的参数

Table 4 Miedema model parameters^[5]

Element	ϕ	n	$V^{2/3}$	μ
Mg	3.45	1.17	5.8	0.1
Zn	4.1	1.32	4.38	0.1
Y	3.2	1.21	7.34	0.04

表 5 Miedema 模型中的参数 p 的值

Table 5 Value of parameters p in Miedema model

No.	Type	p
1	Alloys of two transition metals	14.2
2	Alloys of two non-transition metals	10.7
3	Alloys of a transition metal with a non-transition metal	12.35

$$\ln \gamma_i^0 = \frac{1}{RT} f_{ik} [1 + \mu_i(\phi_i - \phi_k)] \quad (13)$$

$$\varepsilon_i^i = \frac{1}{RT} f_{ik} \left\{ \frac{[(4\mu_i + 2\mu_k)(\phi_k - \phi_i) - 2 - 2\mu_i\mu_k(\phi_k - \phi_i)^2]}{V_K^{2/3}} - \frac{2[1 + \mu_i(\phi_i - \phi_k)][V_i^{2/3}(1 + \mu_i(\phi_i - \phi_k)) + V_K^{2/3}(-1 + \mu_k(\phi_k - \phi_i))]}{(V_K^{2/3})^2} \right\} \quad (14)$$

$$\varepsilon_i^j = \frac{1}{RT} \left[\frac{f_{ij}[1 + \mu_i(\phi_i - \phi_j)]}{V_j^{2/3}} - \frac{f_{ik}[1 + \mu_i(\phi_i - \phi_k)]}{V_k^{2/3}} - \frac{f_{jk}[1 + \mu_j(\phi_j - \phi_k)]}{V_k^{2/3}} \right] \quad (15)$$

将参数值代入。

根据 Kohler 模型, 三元合金组元 i 在无限稀浓度时的活度系数及其相互作用系数的表达式为^[9]:

$$\ln \gamma_i^0 = \frac{1}{RT} f_{ik} [1 + \mu_i(\phi_i - \phi_k)] \quad (16)$$

$$\varepsilon_i^i = \frac{1}{RT} \left\{ \frac{[-(4\mu_i + 2\mu_k)(\phi_k - \phi_i) - 2 - 2\mu_i\mu_k(\phi_k - \phi_i)^2]}{V_K^{2/3}} - \frac{2[1 + \mu_i(\phi_i - \phi_k)][V_i^{2/3}(1 + \mu_i(\phi_i - \phi_k)) + V_K^{2/3}(-1 + \mu_k(\phi_k - \phi_i))]}{(V_K^{2/3})^2} \right\} \quad (17)$$

$$\varepsilon_i^j = \frac{1}{RT} \left\{ \frac{-f_{ik}[1 + \mu_i(\phi_i - \phi_k)] - f_{jk}[1 + \mu_j(\phi_j - \phi_k)]}{V_K^{2/3}} \right\} \quad (18)$$

将组元模型参数代入 Toop 模型(对称)和 Kohler 模型(非对称)并计算, 将结果代入式(1) x_i 和 x_j 分别为三元合金 Mg-Zn-Y 中组元 Zn 和 Y 的摩尔分数, 可以计算活度系数 γ_i , 再根据

$$a_i = x_i \gamma_i \quad (19)$$

计算在 923 K 时, Mg-Zn-Y 中 Zn 和 Y 的活度 a_i 及活度相互作用系数, 结果如表 6 所示。

表 6 活度系数及活度相互作用系数计算值

Table 6 Calculated value of activity parameters and interaction parameters

Parameter	Toop	Kohler
$\ln \gamma_{Zn}^0$	-0.0013	-0.0017
ε_{Zn}^{Zn}	0.0015	0.0029
ε_{Zn}^Y	0.0062	0.0064
a_i (Mg-Zn-1%Y)	0.010	0.011
a_i (Mg-Zn-2%Y)	0.011	0.011

根据表 6, 不论是 Toop 模型(对称)还是 Kohler 模型(非对称), Mg-Zn-1%Y 中 Zn 的自相互作用系数 ε_{Zn}^{Zn} 及 Zn 与 Y 的相互作用系数 ε_{Zn}^Y 均为正值, 说明这一体系里 Zn 与 Zn, Zn 与 Y 是相互排斥的, Y 的存在可以提高 Zn 的活度, 也就是实验所得到的 Y 固溶量的增加会导致 Zn 固溶量的降低, 所以剩余液相中会有大量的 Zn 存在, 成分过冷度增大。所以 Y 元素的加入使晶粒细化的原因主要有 3 个方面: 第 1, 高熔点合金元素 Y 的加入, 使得合金从液相凝固成固相的过程中, 得到了更多的结晶核心。第 2, Y 是表面活性元素, 使合金液的界面张力降低, 晶粒的形核功下降, 临界晶核半径减小, 形核容易^[11]。第 3, Y 的加入使得 Zn 的固溶量降低, 所以结晶界面前沿液相中 Zn 浓度增加, Y 在液相中也有一定的含量, 所以溶质浓度增加, 导致成分过冷度增加。这 3 个方面的综合影响作用使得晶粒从 25 μm 细化到 12 μm 。随着 Y 含量的增加, 晶界处片层状的 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$ 共晶相聚集增

多, 其中 Mg-Zn-1%Y 中 $Mg_3Y_2Zn_3$ 质量比为 0.75%, Mg-Zn-1%Y 中 $Mg_3Y_2Zn_3$ 质量比为 1.21%。渐变连续成网, 也主要是因为 Y 的加入降低了 Zn 在 α -Mg 中的固溶量, 导致液固相界面前沿液相中溶质含量增加, 发生共晶反应时, 生成的共晶相数量增多。

3 结 论

1) 利用电化学相分离法可以直接测定合金元素在镁合金中的固溶量, 为固溶研究提供真实可靠的实验数据, 随着 Y 含量的增加, 其固溶量在增加, 但是 Zn 的固溶量在降低。

2) 通过 Miedema 模型及 Toop 模型和 Kohler 模型计算 Mg-Zn-Y 三元合金中 Zn 的活度及活度相互作用系数可知, Zn 与 Zn、Zn 与 Y 是相互排斥的, Y 的存在可以提高 Zn 的活度, 所以会导致 Zn 固溶量的降低。

3) Y 的加入使得 Zn 固溶量的降低, 所以界面前沿液相中溶质浓度增加, 一方面使得晶粒细化, 另一方面在发生共晶反应时, 共晶相数量增多, 逐渐连成网状。

参考文献 Reference

[1] Xu D K, Liu L, Xu Y B *et al.* *Journal of Alloys and Compound*[J], 2006, 426: 155

- [2] Watanabe H, Mukai T. *Scripta Materialia*[J], 1999, 41(2): 363
- [3] Wilson R, Bettles C J, Muddle B C *et al.* *Materials Science Forum*[J], 2003, 419(1): 267
- [4] Liu S J, Yang G Y, Luo S E *et al.* *Journal of Alloys and Compounds*[J], 2015, 644: 846
- [5] Miedema A R, De Châtel P F, De Boer F R. *Physica*[J], 1980, 100B: 1
- [6] Sun Shunping(孙顺平), Yi Danqing(易丹青), Zang Bing(臧冰). *Rare Metal Materials and Engineering*(稀有金属材料与工程)[J], 2010, 39(11): 1974
- [7] Toop G W. *Transaction of the Metallurgical Society of Aime*[J], 1965, 233(5): 850
- [8] Ding Xueyong(丁学勇), Fan Peng(范鹏), Han Qiyong(韩其勇). *Acta Metallurgica Sinica*(金属学报)[J], 1994, 30(14B): 49
- [9] Kohler R. *Monatshefte für Chemie-Chemical Monthly*[J], 1960, 91(4): 738
- [10] Wanger C. *Thermodynamics of Alloys*[M]. Cambridge: Massachusetts Addison Wesley, 1952: 161
- [11] Liu Chunming(刘春明), Peng Xiaoxian(彭小仙), Li Huizhong(李慧中) *et al.* *Journal of Central South University, Science and Technology*(中南大学学报, 自然科学版)[J], 2010, 41: 1303

Effect of Solid Solution Amount of Zn on Microstructure of Mg-Zn-Y Alloy

Su Juan, Guo Feng, Cai Huisheng, Liu Liang, Chen Baodong
(Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, China)

Abstract: The second phase in Mg-Zn-Y alloy was extracted by electrochemical phase separation, and the solid solution amount of alloying elements in Mg-Zn-Y alloy was obtained. A method for direct determination of solid solution amount in magnesium alloy was established. The activity and activity interaction coefficients of Zn in Mg-Zn-Y ternary alloy were calculated by Miedema mixed enthalpy model and Toop model (symmetry) and Kohler model (asymmetric). The experimental measurements and calculations show that the interaction coefficients of Zn and Y in Mg-Zn-Y alloy are positive, indicating that Zn and Zn, Zn and Y are mutually exclusive in this system. The existence of Y can improve the activity of Zn, and the increase of Y solution amount will decrease the solid solution amount of Zn. Thus, the supercooling degree of the liquid phase in the front of the solid-liquid interface is increased so that the grain is refined, and the $Mg_3Y_2Zn_3$ eutectic phase of the grain boundary is increased to form continuous mesh gradually.

Key words: rare earth Y; magnesium alloy; electrochemical; microstructure

Corresponding author: Guo Feng, Ph. D., Professor, School of Materials Science and Engineering, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, P. R. China, Tel: 0086-471-6576340, E-mail: guofengnm@sina.com