

銀-錫-鋁三元系合金相图*

鄭建宣 張文英 余錦堂
(廣西大學)

提 要

用X射线方法测定了銀-錫-鋁三元系合金相图。合金含量从30wt.%Sn到純錫,从30wt.%Al到純鋁。同时,对此三元系的富銀角($<30\text{wt.}\% \text{Sn}$, $<30\text{wt.}\% \text{Al}$)相图的 γ 相区, $\zeta + \delta$ 相区和 $\beta + \gamma + \delta$ 相区重新做了测定。

室温相截面由六个单相(即 α , μ , β , γ , Sn和 δ)相区,八个双相(即 $\alpha + \mu$, $\alpha + \beta$, $\beta + \mu$, $\beta + \gamma$, $\gamma + \text{Sn}$, $\beta + \text{Sn}$, $\beta + \delta$ 及 $\text{Sn} + \delta$)相区,和三个三相(即 $\alpha + \beta + \mu$, $\beta + \gamma + \text{Sn}$ 及 $\beta + \text{Sn} + \delta$)相区所构成。所有单相与三个二元系的单相一致,沒有新相出现。

一、引 言

1. 关于二元系相图

(1) 銀-鋁二元系曾由 Hume-Rothery^[1], Raynor^[2] 和 Rotherham^[3] 等人作过細致研究。

相图中有 α 相(面心立方結構), μ 相(β 錳結構), ζ 相(六方密积結構), δ 相(面心立方結構)等单相区。在200°C时,鋁在銀中的最大溶解度为2.34 wt.%Al。銀在鋁中的最大溶解度,在150°C时为0.7 wt.%Ag,在200°C时为1.1 wt.%Ag。

在 Hume-Rothery 等人的工作中,曾指出銀鋁合金的扩散效应是很大的,因此在进行热处理时必须注意。

(2) 銀-錫相图主要是由 Murphy^[4] 作出的。除了 α 和Sn单相以外,它还有两个中間相, β 相(六方密积結構)和 γ 相。关于 γ 相的結構,最初 Murphy 认为 Ag_3Sn 是六方密积結構^[5],已經証明它是略有四角变形的六方密积超結構^[6]。在室温下, α 相的最大溶解度为10.5 wt.%Sn, β 相区在13.5—19.5 wt.%Sn之間, γ 相区在25—26.85 wt.%Sn之間。銀在錫中的溶解度,在210°C时为0.06 wt.%Ag,室温时为0.02 wt.%Ag^[7]。

(3) 鋁-錫系相图曾由 Sulley^[8] 等人作过細致研究。錫和鋁几乎不溶解,錫在鋁中的溶解度,在650°C时为0.05 wt.%Sn,530°C时为0.04 wt.%Sn,165°C时小到可以忽略^[9]。在室温下,可视为互不溶解。

2. 关于三元系相图

到目前为止,銀-錫-鋁三元系合金相图尚未見于文献,仅本文作者之一与他的共同工作者做过关于这个合金系的富銀角相图^[10]。合金含量最高到30wt.%Sn和30wt.%Al,其

* 1964年10月18日收到。

结果如图 1 所示。室温相截面由四个单相(即 α , β , μ 及 γ) 相区, 五个双相(即 $\alpha + \beta$, $\alpha + \mu$, $\beta + \gamma$, $\beta + \mu$ 及 $\beta + \delta$) 相区和两个三相(即 $\alpha + \beta + \mu$ 及 $\beta + \gamma + \delta$) 相区所构成。所有四个单相与二元系 Ag-Sn 及 Ag-Al 所存在的单相相同, 没有新相出现。

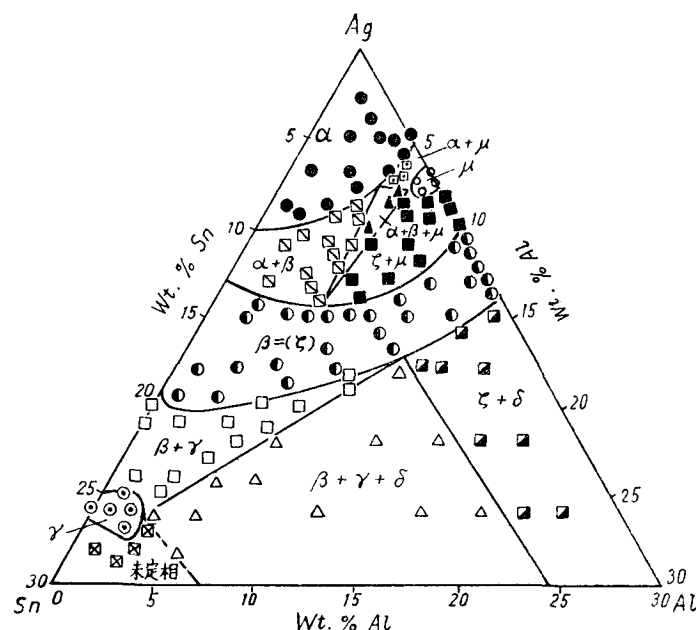


图 1. 银-锡-铝三元系富银合金相图(室温截面)

- | | | |
|---------------------|----------------------|-------------------------------|
| ● — α | □ — $\alpha + \beta$ | ■ — $\xi + \delta$ |
| ● — $\beta (= \xi)$ | □ — $\alpha + \mu$ | □ — 未定相 |
| ○ — μ | □ — $\beta + \gamma$ | △ — $\beta + \gamma + \delta$ |
| ⊗ — γ | ■ — $\xi + \mu$ | ▲ — $\alpha + \beta + \mu$ |

二、材料与实验方法

本工作是前一工作^[10]的继续, 合金含量从 30wt.%Sn 到纯锡, 从 30wt.%Al 到纯铝, 即对整个截面作了全面探讨。但研究仅限于室温相截面。

实验中所用的金属银、锡和铝的纯度均为 99.99%。合金用感量为万分之一克的天平来称量, 每个合金配制 10 克。然后在高频电炉中熔化, 熔化在真空中进行。所用的坩埚为石英坩埚。必须让合金冷却到室温后才取出, 否则坩埚容易破裂。用一种升降装置, 每次可熔化几个合金, 这样可以节省抽真空时间, 提高高频电炉的使用率。

为了使合金均匀, 合金必须进行块退火。退火温度随合金而异, 可参考二元系的固相线来确定。合金块退火温度范围: 在 β , γ , δ 相区附近为 350—500℃; 在 Sn 相区附近为 210℃。退火时间: 400℃ 以上者退火一周, 400℃ 以下者退火两周。块退火是在真空中进行, 以防止氧化。退火温度相同的合金, 可放在同一石英管中同时进行退火, 但用炭粉隔开以防扩散。如果合金在块退火时表面出现小珠, 说明退火温度过高, 这时将合金再熔化一次, 然后在较低的温度下重新退火。

合金经过块退火以后, 铸成粉末, 装入小玻璃管内, 抽成真空后密封, 然后进行粉末退火, 以消除铸屑时所引起的晶格范性形变。粉末退火比块退火温度稍低, 在 β, γ, δ 相区附近为 330—450°C, 在 Sn 相区附近为 200°C。保温一天一夜, 然后缓慢冷却到室温。冷却速度大约每小时 10°C。

所有合金粉末均用 9.5cm 的德拜-谢乐照相机进行照相。X 射线管的阳极为铜靶, 电压为 35kv, 电流为 15mA, 曝光时间为 4—7 小时。在这样的实验条件下, 所得照片颇为清晰。

三、实验结果及讨论

我们共制配了 189 个合金 (连前一工作的 122 个合金在内), 每个合金都拍摄了粉末照片, 以便进行分析。所有相边界均用相消失法来确定。根据分析结果, 以及原有三个二元系相图和银-锡-铝三元系富银合金相图的所有资料, 描出了银-锡-铝三元系合金相图 (室温截面), 如图 2 所示。该图由 $\alpha, \mu, \beta, \gamma, \text{Sn}$ 和 δ 六个单相区, 八个双相 (即 $\alpha + \mu$,

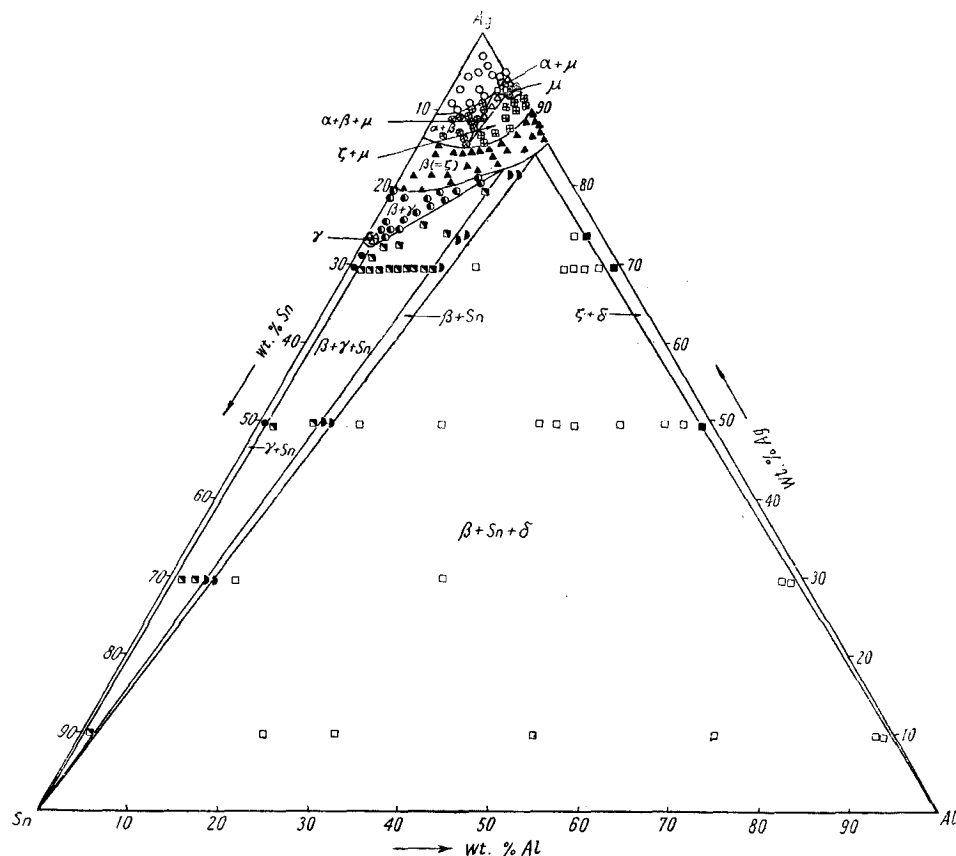


图 2 银-锡-铝三元系合金相图 (室温截面)

- | | | |
|---------------------|----------------------------|----------------------------------|
| ○ — α | ⊕ — $\alpha + \beta$ | ■ — $\beta + \gamma + \text{Sn}$ |
| ⊙ — μ | ⊗ — $\xi + \mu$ | ● — $\beta + \text{Sn}$ |
| ▲ — $\beta (= \xi)$ | △ — $\alpha + \beta + \mu$ | □ — $\beta + \text{Sn} + \delta$ |
| △ — γ | ● — $\beta + \gamma$ | ■ — $\xi + \delta$ |
| □ — $\alpha + \mu$ | ● — $\gamma + \text{Sn}$ | |

$\alpha + \beta$, $\beta + \mu$, $\beta + \gamma$, $\gamma + \text{Sn}$, $\beta + \text{Sn}$, $\beta + \delta$ 及 $\text{Sn} + \delta$) 相区和三个三相(即 $\alpha + \beta + \mu$, $\beta + \gamma + \text{Sn}$ 及 $\beta + \text{Sn} + \delta$) 相区所构成。所有单相与三个二元系的单相一致, 没有新相出现。

我们对银-锡-铝三元系富银合金相图中的 γ 相区, $\zeta + \delta$ 相区和 $\beta + \gamma + \delta$ 相区重新做了精密测定。结果与原著略有不同。 γ 相区缩小了一些, 相边界 $(\zeta + \delta)/(\beta + \gamma + \delta)$ 向右移动, $\beta + \gamma + \delta$ 相区实际上为一个双相区($\beta + \text{Sn}$)及两个三相区(即 $\beta + \gamma + \text{Sn}$ 及 $\beta + \text{Sn} + \delta$) 所组成。

在图 3 中, 我们选印了一些德拜-谢乐照片。

所有合金未经化学分析, 但我们比较其熔炼前后的重量, 相差约为 0.1—

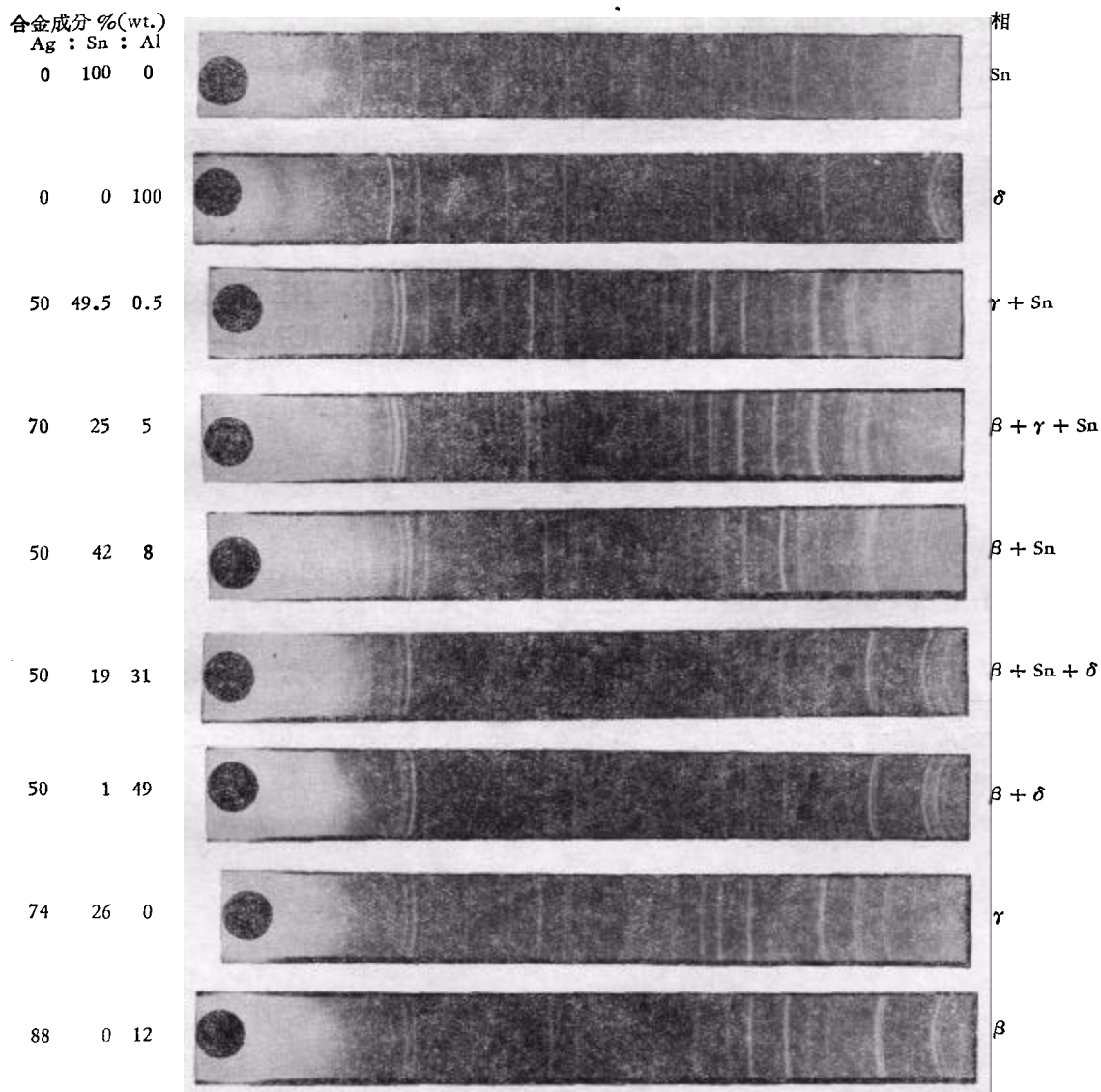


图3 X光照片

0.3%, 所以合金成分误差可能不大。我们认为相边界是比较准确的。

我们认为, 用每小时 10°C 的粉末降温速度, 对于这个系统的合金是适合的。但是, 由于在较低的温度下, 原子扩散速度很缓慢, 要达到严格的室温平衡状态是比较困难的。因此, 图 2 中的相截面, 应该说是近似室温平衡的相截面。

陆学善教授对本研究工作多方鼓励, 特此致谢。

参 考 文 献

- [1] Hume-Rothery, W., Raynor, G. V., Reynolds, P. W. and Packer, H. K., *J. Inst. Metals*, **66** (1940), 209.
- [2] Raynor, G. V. and Wakeman, D. W., *Phil. Mag.*, **40** (1949), 404.
- [3] Rotherham, L. and Larke, L. W., *J. Inst. Metals*, **81** (1952—1953), 67.
- [4] Murphy, A. J., *J. Inst. Metals*, **35** (1926), 107.
- [5] 见文献[4].
- [6] Nial, O., Almin, A. and Westgren, A., *Z. Phys. Chem.*, **B14** (1931), 83.
- [7] Hanson, D., Sandford, E. J. and Stevens, H., *J. Inst. Metals*, **55** (1934), 115.
- [8] Sulley, A. H., Hardy, H. K. and Heal, T. H., *J. Inst. Metals*, **76** (1949—1950), 269.
- [9] Hardy, H. K., *J. Inst. Metals*, **80** (1951—1952), 431.
- [10] 郑建宣、黄畅之、陈寿山、陈铁民、甘启昌, *物理学报*, **14** (1958), 346.

A PHASE DIAGRAM OF THE ALLOYS OF THE TERNARY SYSTEM OF SILVER-TIN-ALUMINIUM

CHENG C. S. CHANG W. Y. YU C. T.

(Kwangsi University)

ABSTRACT

A phase diagram of the alloys of the ternary system of silver-tin-aluminium was constructed on the basis of the data obtained by X-ray analysis.

The phase diagram obtained consists of six single-phase regions (namely α , μ , β , γ , Sn, and δ regions), eight two-phase regions (namely $\alpha + \mu$, $\alpha + \beta$, $\beta + \mu$, $\beta + \gamma$, $\gamma + \text{Sn}$, $\beta + \text{Sn}$, $\beta + \delta$ and $\text{Sn} + \delta$ regions), and three three-phase regions (namely $\alpha + \beta + \mu$, $\beta + \gamma + \text{Sn}$ and $\beta + \text{Sn} + \delta$ regions). No new phase was observed in these alloys of the ternary system.