



## 軽金属, 「私の一枚」シリーズより 工業用純アルミニウム中のシリコンリング\*

吉田 英雄\*\*

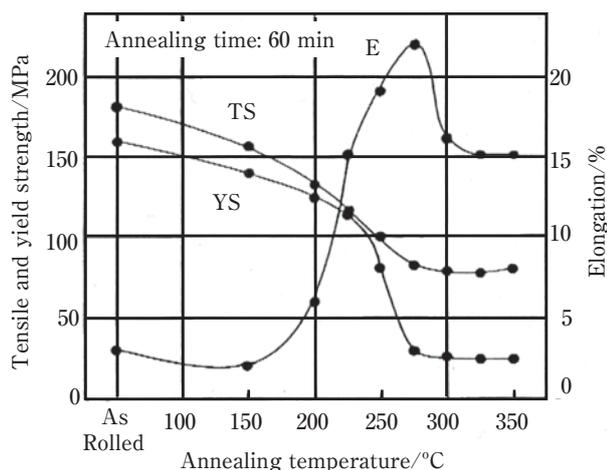
### Si-ring in Commercially Pure Aluminum

Hideo Yoshida\*\*

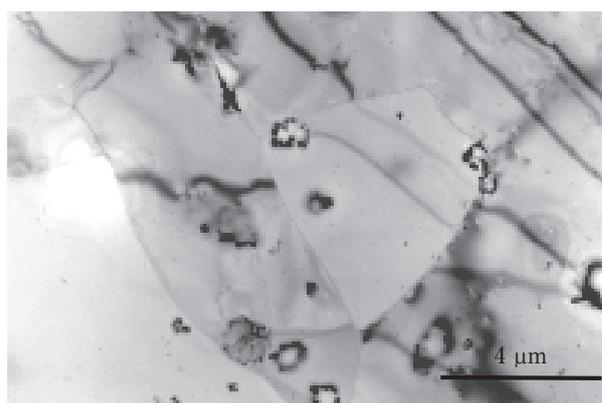
約30年前, 純アルミニウム1050の冷間圧延材の焼鈍による軟化特性を調査していて, **Fig. 1**に示すような275°C付近で急に伸びが高くなる現象を見つけた<sup>1)</sup>。もちろん過去には気づかれた方も多と思う。これは何故だろうと, 当時新人の森山勉君がマイクロ組織を観察していたら, 黒い点状の粒子のものが数多くあり, 最初はゴミか何か付着したものではないかと疑いながら調べた。SEMで観察するとこの粒子はリング状になっていて, EDS分析をするとケイ素が出てくる(以下, これをシリコンリングと呼ぶ)。これは何かあると考え, さらにTEMで調査をすすめた。

TEMで観察すると, やはり275°C付近で, **Fig. 2**に示すような亜結晶粒や再結晶粒の粒内にシリコンリングが最も多く観察された<sup>2), 3)</sup>。この温度域は再結晶粒と亜結晶粒の混粒組織になっている。300°C以上になる

とシリコンリングは少なくなり, 350°Cでは観察されない。このシリコンリングの径は何で決まるのだろうかと調べていくと, **Fig. 3 a), b)**からわかるように転位セルのサイズにぴったり合う。このシリコンリングは電子線回折から粒状の単結晶シリコンがリング状に集まったもので多結晶体であることがわかった<sup>2), 3)</sup>。回復過程で固溶したあるいは転位に捕まったケイ素がマトリックスから排出され, その粒界に偏析ないしは析出して粒界移動を抑制し, 凝集化することで粒界を離れていくことがわかる。さらに高温では鉄も同様に偏析・析出してくる。**Fig. 4**は亜結晶粒界に偏析した鉄やケイ素を示す<sup>4)</sup>。撮影には九州大学のHAADF-STEM分析電子顕微鏡を用いた。固溶した不純物元素が粒界に偏析・析出, 凝集化することで亜結晶粒や再結晶粒の成長は制御されているとの観点で再結晶速度



**Fig. 1** Annealing curves of an 1050 cold-rolled sheet.



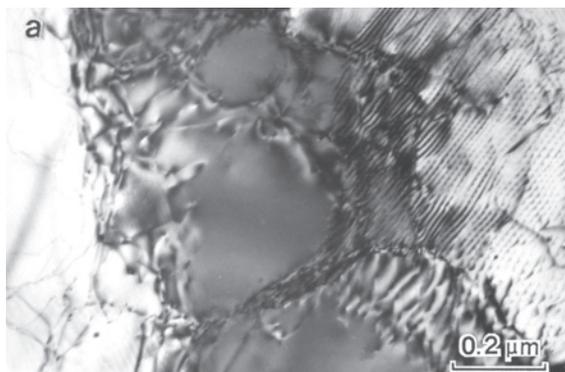
**Fig. 2** Si rings formed in an 1050 aluminum sheet annealed at 275°C. But these rings disappeared at more than 300°C.

\* 「軽金属」(64 (2014), 179)の「私の一枚」シリーズに掲載されたものに加筆。

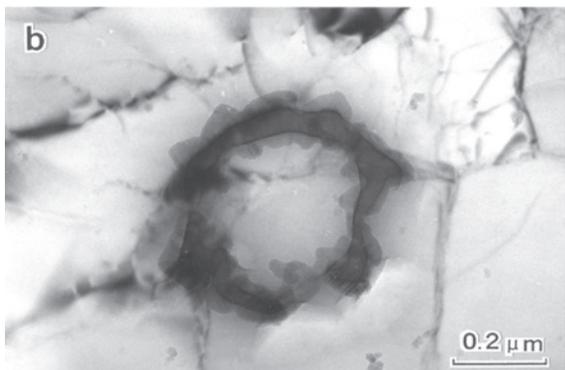
Revision of "Si-ring in pure aluminum" reprinted from "My one shot" series in Journal of Japan Institute of Light Metals, 64 (2014), 179.

\*\* (株)UACJ 技術開発研究所

Research & Development Division, UACJ Corporation



a) As cold rolled



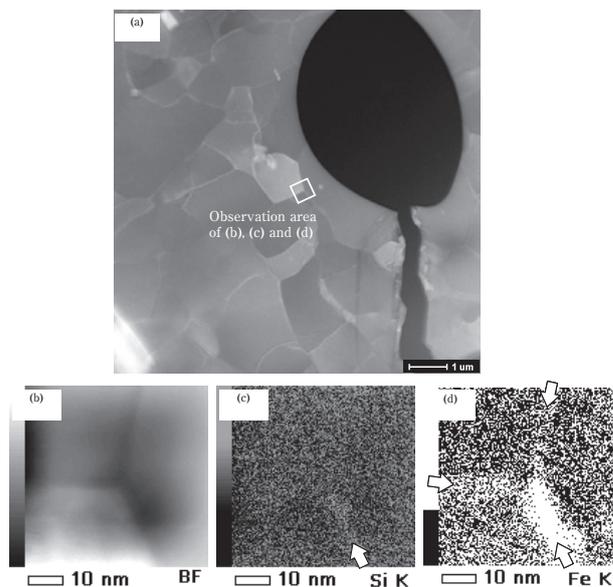
b) 150°C/1 h annealed



c) 200°C/1 h annealed

**Fig. 3** Formation of silicon-ring on dislocation cell boundaries, (a) dislocation cells in a cold-rolled sheet, (b) Si-ring formed on the dislocation cell boundary annealed at 150°C for 1 h and (c) Si-ring left from this boundary annealed at 200°C for 1 h.

論をまとめ、昨年の軽金属学会で講演発表した<sup>5)</sup>。この発表内容をまとめ、ICAA14<sup>6)</sup>での講演発表や「軽金属」に論文投稿し<sup>7)</sup>、本誌にも転載されている<sup>8)</sup>。また伸びが275°C付近で最大となり、さらに高温になると低下する。さらに、150°C付近では伸びが最も低下し、ほとんど伸びがないことも生じる。これら伸びの極大極小の原因については、浅野君らの若手の研究グループが解明しようとしている<sup>9)</sup>。Fig. 3が軽金属に掲載された「私の一枚」である。



**Fig. 4** STEM and EDS mapping images of the sample annealed at 250°C for 50 min. (a) HAADF-STEM image, (b) Bright field image, and EDS mapping image of (c) Si, and (d) Fe.

#### 参考文献

- 1) 森山 勉, 吉田英雄: 第68回軽金属学会春期大会講演概要, (1985), 217.
- 2) 森山 勉, 吉田英雄, 土田 信: 軽金属, **39** (1989), 184-189.
- 3) 森山 勉, 吉田英雄, 土田 信: 住友軽金属技報, **30** (1989), 1-7.
- 4) 浅野峰生, 中村拓郎, 吉田英雄: 軽金属, **64** (2014), 279-284
- 5) 吉田英雄, 大久保喜正: 第124回春期大会講演概要 (2013), 201.
- 6) H. Yoshida and Y. Ookubo: Aluminium Alloys 2014-ICAA14, Trondheim, Materials Science Forum **Vols. 796** (2014), 734-739.
- 7) 吉田英雄, 大久保喜正: 軽金属, **64** (2014), 285-291.
- 8) 吉田英雄, 大久保喜正: UACJ Tech. Rep., **1** (2014), 45-54.
- 9) 中村拓郎, 浅野峰生, 吉田英雄, 嶋田雄介: 第125回秋期大会講演概要 (2013), 117.



吉田 英雄 (Hideo Yoshida)  
(株)UACJ 技術開発研究所