

高温顕微鏡による合金材料の半溶融状態の観察・3

Observation of Mashy Alloys by High Temperature Microscope · 3

木内 学*・柳本 潤*・杉山 澄雄*・田邊 明三*

Manabu KIUCHI, Jun YANAGIMOTO, Sumio SUGIYAMA and Akizo TANABE

1. はじめに

筆者らは、金属（合金）材料の半溶融状態の様子ならびにそれに力を加えた場合の内部組織の変形・流動・崩壊の様子を明らかにする目的で、高温顕微鏡（光学式）を使用した直接観察を行っている。

既報^{1),2)}では、A1070合金・A2017合金・Al-29% Si合金の各アルミニウム合金を観察試験片とし、観察手法の確立を目指すとともに、合金の半溶融状態における内部組織について、(a)溶融開始箇所、(b)溶融域の拡大化、(c)微小荷重を付加した際の組織変化、などの観察を行った。

本報では、新たに A5056合金を観察試験片に用い、半溶融状態での観察ならびに観察試験片への付加荷重（面圧）をこれまでの0.7~1.3 MPa から8~14 MPa と大きくした際の内部組織の変化について観察結果を示す。

2. 観察方法および観察条件

観察方法は既報で報告した方法と同じである。ただし、荷重付加の観察の場合において、より高い面圧を作り出すために、試験片の接地面積（観察面）をこれまでの1 mm⁻² から0.1 mm⁻² 程度に小さくした点が既報と異なる。

観察試験片の材質としては A5056合金を用いた。A5056合金は Al 中に Mg が4.8%、Fe が0.17%程含有する合金であり、それ以外に Zn などの低融点金属も微量含まれている。表1に A5056の化学成分を示す。市販の A5056合金をそのまま観察した場合、既報で示した A2017合金と

表1 A5056合金の化学成分 (Wt %)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Al
0.08	0.17	0.01	0.06	4.80	0.06	0.03	Bal.

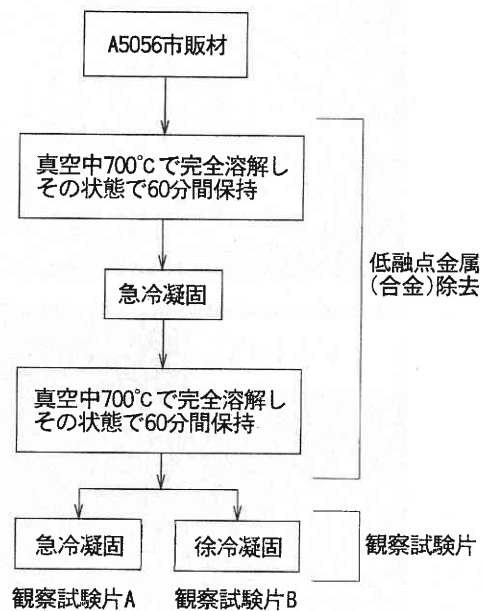


図1 観察試験片作製の概要

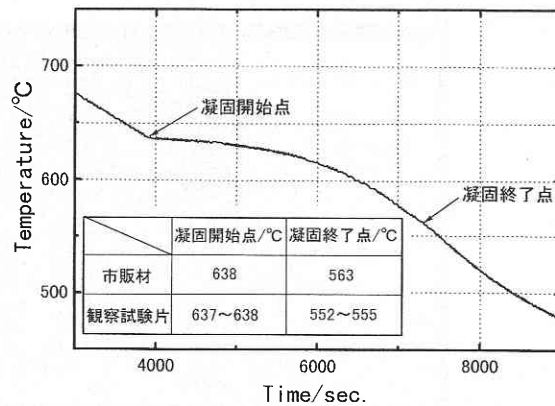


図2 A5056合金の冷却曲線

*東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報

同様に、低融点金属(合金)の気化による有色ガスが発生し、それが石英ガラス面に蒸着し、鮮明な観察画像を得ることができない。そのため、低融点金属(合金)の除去を目的に、 10^{-2} torr程度の真空中で溶解・凝固を数回繰り返す方法で観察試験片を作製した。図1は観察試験片作製の概要を示す。図2はA5056合金の市販材の冷却曲線を示す。また図中に、市販材と観察試験片との凝固開始点と終了点の温度を示す。観察試験片は市販材と比較して、凝固開始点はほぼ同じであるが、凝固終了点は $7, 8^{\circ}\text{C}$ 低

い温度となり、初期の合金組成に若干のずれが見られる。その他、観察試験片の作製において、急凝固(観察試験片A)と徐凝固(観察試験片B)により初期内部組織の大きさを変えた試験片を作り観察を行った。

3. 観察結果および考察

3.1 半溶融状態の観察

図3は、A5056の観察試験片A、Bの観察結果を示す。観察試験片Aから以下のことがわかる。凝固終了点直上の

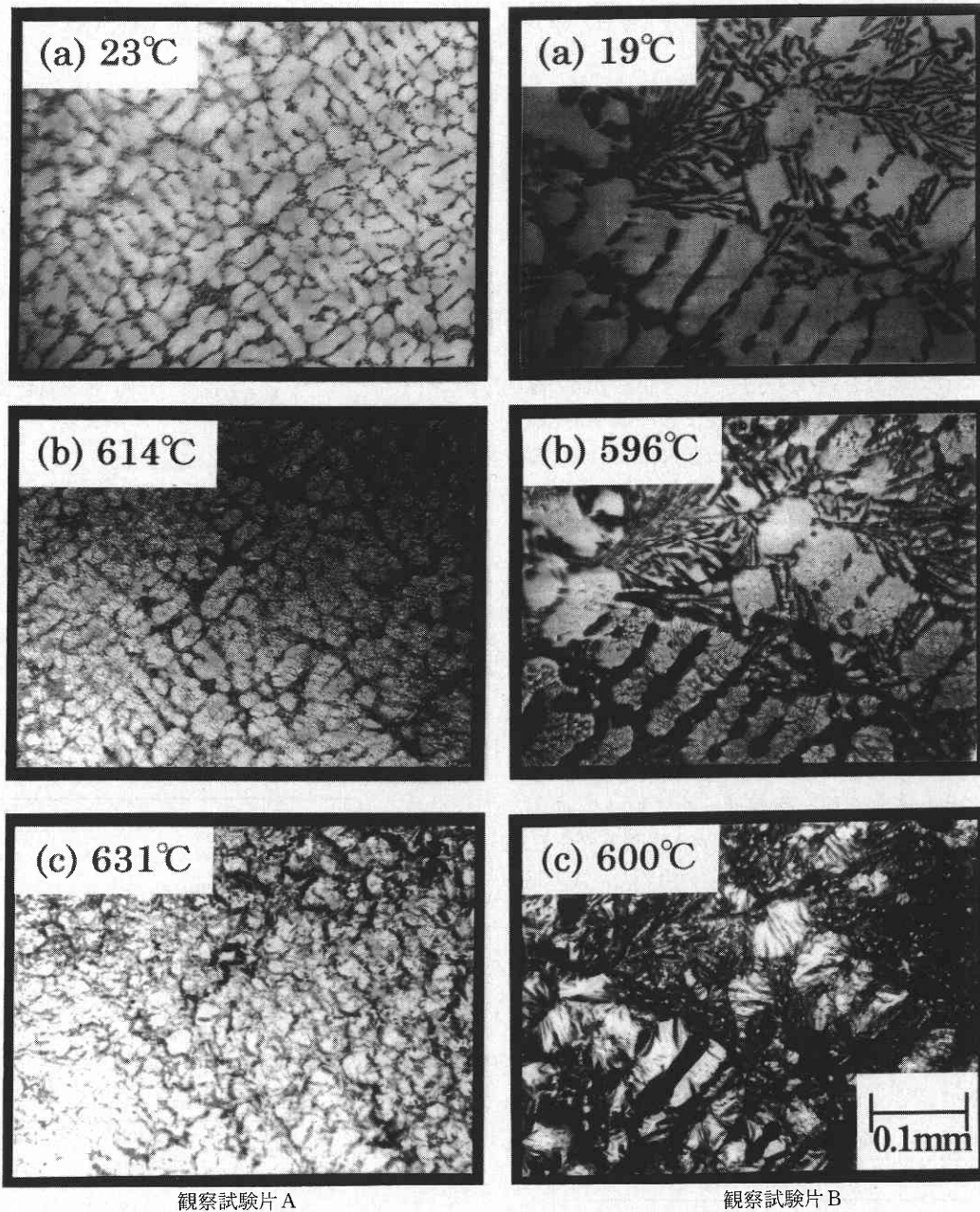


図3 観察試験片A、Bの半溶融状態の観察

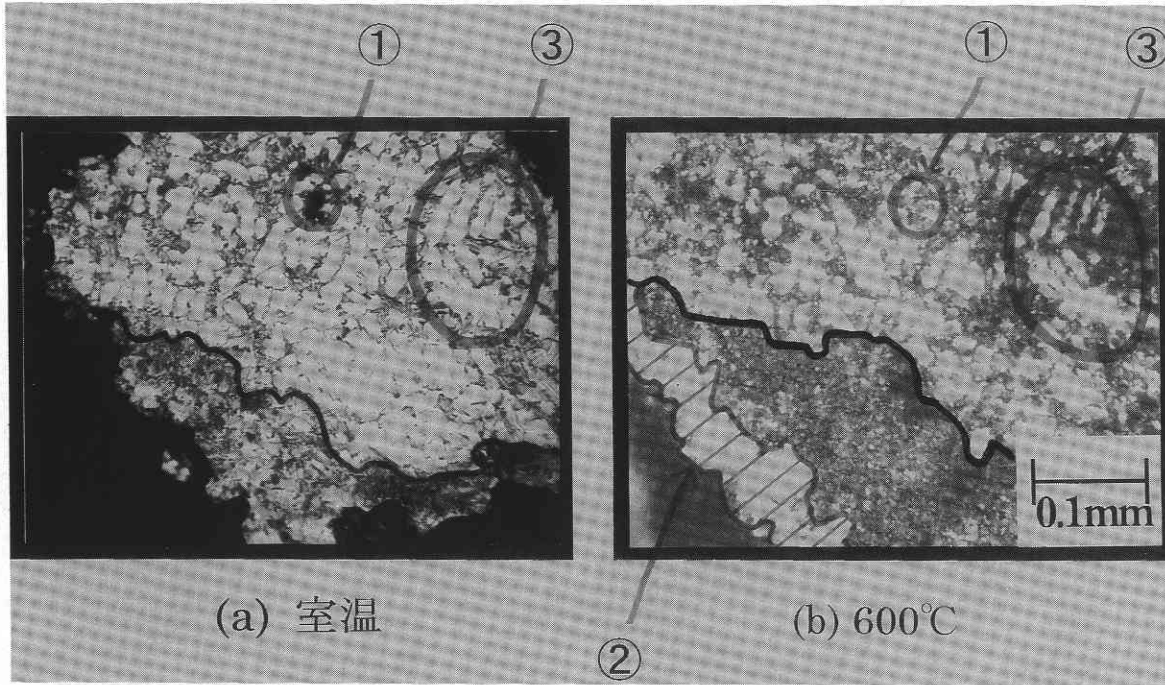


図 4 観察試験片 A に荷重を付加した際の半熔融状態の観察

内部組織を見ると、結晶粒界部が室温時のそれと比べて際立ってきていることがわかり、A5056の場合も A2017の場合と同様に、粒界部から溶融が始まることが推測される。その後、結晶粒内が点状に融解し、また結晶粒界の溶融化も広がる (614°C 参照)。さらに温度の上昇と共に結晶粒界が太い帯状となり、初晶 (固相) 域が次第に小さくなってきていることがわかる (631°C 参照)。また観察試験片 B からも、基本的には観察試験片 A と同じことがいえるが、粒界の晶出物から溶融が始まっていることが明確に観察できる (596°C 参照)。さらにまた、粗大な結晶組織の試験片 B の方が、微細な結晶組織の試験片 A より、同じ半熔融温度における組織変化の度合いの大きいことが一連の観察からいえる。

3.2 半熔融状態に荷重を付加した場合の観察

図 4 は、急冷凝固し作製した観察試験片 A に面圧約 14 MPa となる静荷重を付加した際の、室温と 600°C での同一箇所での観察結果を示す。図中①で示した箇所を比較すると、室温時では空隙であったが、600°C での半熔融状態では、その空隙部が埋まっていること。また図中②で示した箇所を比較すると、室温に比べ 600°C の半熔融状態では、液相成分の流入のためであると推定されるが、全体的に領域が広がってきていること。また、外側に新たに材料がつけ足され、いわゆるフォールディングのような全体形状の変形・崩壊が見られること。また図中③で示した箇所を拡

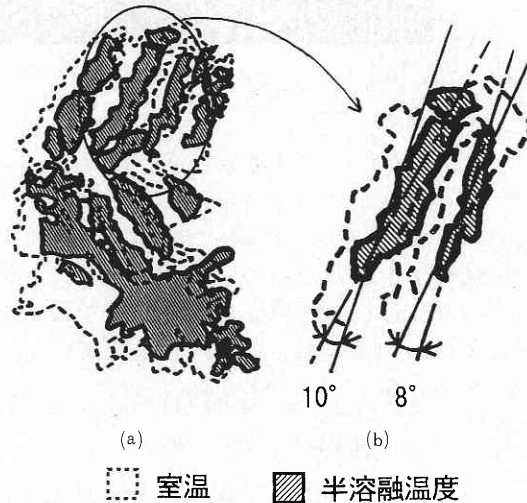


図 5 観察結果の説明図

大し、室温時と 600°C とで比較した結果を図 5 (a)(b) に示す。図 5 (a) から、室温時の初晶部 (白く見える部分) は 600°C では約 60% になっていることがわかる。図 5 (b) は、その一部をさらに拡大し、初晶部の変形ならびに回転の程度を調べた結果を示す。室温時の基準線の角度が 600°C のそれとでは数度狭くなっており、初晶部 (固相成分) の変形あるいは回転が生じていることがわかる。

図 6 は、徐冷凝固し作製した観察試験片 B に、面圧約 8

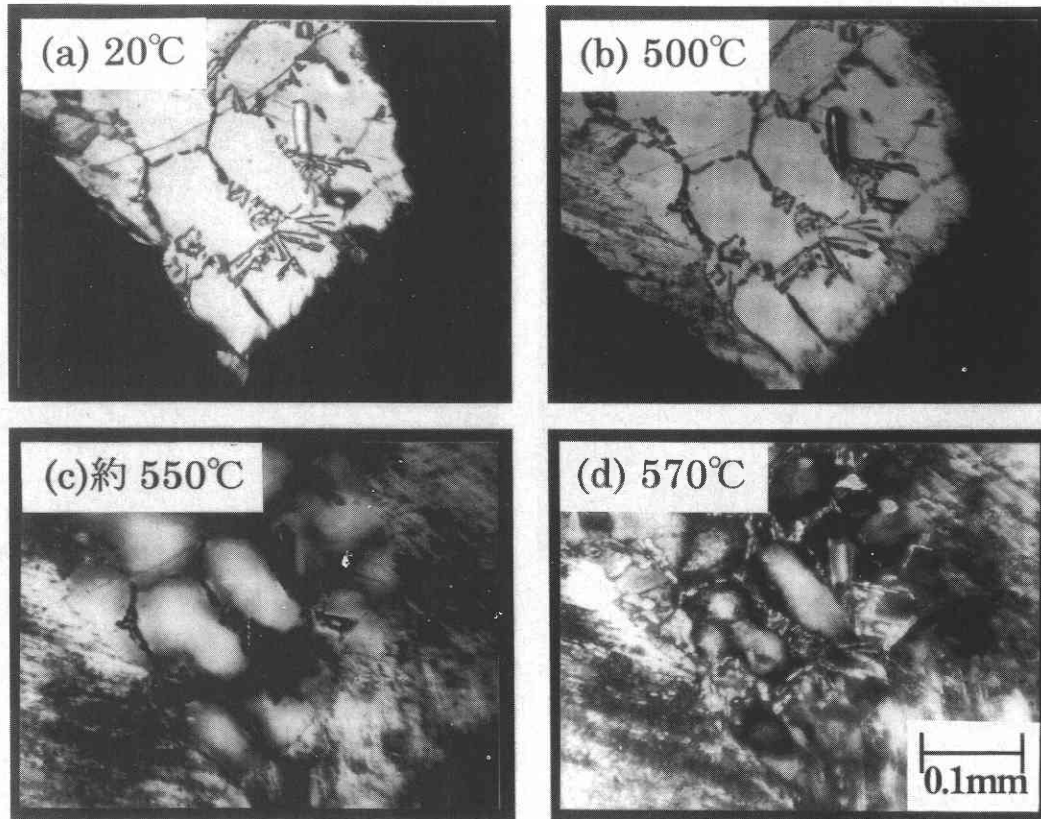


図6 観察試験片Bに荷重を付加した際の半溶融状態の観察

MPaとなる静荷重を付加し観察した結果を示す。500°Cの熱間状態では結晶粒の大きさ形も室温とほぼ同じである。約550°Cの半溶融状態に達すると、粒界部分が溶融し始め結晶組織も変化している。また、面圧の作用で、全体の形状も大きく変化してきている。さらに570°Cでは、初晶部(固相成分)の大半が溶融し液相中に浮遊しているような状態となっていることなどがわかる。

4. ま と め

A5056合金の半溶融状態の様子ならびにそれに荷重を付加した際の内部組織の変化について高温顕微鏡による観察を行い、概略以下の結果を得た。A5056合金を加熱し半溶融状態に達すると、(a)結晶粒界部から溶融が始まり、昇温とともにその溶融域が次第に広がる。(b)粗大な結晶組織の方が微細なものより、同じ半溶融状態の温度において、組織変化の度合いが大きい。また、半溶融状態にある合金に8~14 MPaの圧力を加えた場合では、(b)液相成分の一部

が空隙部に流入し、(d)残りの液相成分は外部(自由面)に向かって流動し、(e)液相成分の流入・流動により内部組織の崩壊が起こり、それにともない外形状も変化し、さらに、(f)固相成分自身も変形ならびに回転し形が変わる。

今後は、引張りや曲げによる内部組織の崩壊の様子などを観察するとともに、温度と変形、付加荷重と変形など、より定量的な把握を目指し観察を行う予定である。

なお、半溶融状態の観察用のためのガラス器具の製作にあたりご協力を頂いた本所・試作工場 滑川敏夫技術官に謝意を表する。
(1996年3月22日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内 学・杉山澄雄・田邊明三：平7春塑加講論，(1995)，115.
- 2) 木内 学・柳本 潤・杉山澄雄・田邊明三：46回塑加連講論，(1995)，363.