

異種アルミニウム合金の鋳造による複合化の検討

渡部 友太郎*

Joining between Different Aluminum Alloys
by United pouring Method

Tomotaro Watanabe*

キーワード: 合わせ湯, 複合化, アルミニウム合金, 金属間化合物, Mg_2Si Keywords: United pouring, joining, Aluminum alloy, Intermetallic compound, Mg_2Si

1. 緒言

アルミニウム合金は、軽量性、熱および電気伝導性、加工性などの優れた特性を持っているが、さらなる耐摩耗性、耐熱性、強度特性など様々な製品への要求に対して、必要な製品部位の鉄鋼材など他材料による部分的な複合化や、特性の異なるアルミニウム合金製品を組み合わせることなどによって応えている。

鋳造製品ではネジやリベットなどを使用しない複合化の方法として、従来より鋳ぐるみと呼ばれる固相状態の部品を液相である溶湯によって周囲を囲み、一体化する方法が用いられている。しかし、この方法は機械的なアンカー効果による接合を主としており、界面反応による接合の強度に対する寄与は小さく、十分な接合強度が得られない。

界面反応による接合強度に期待する方法として、アルミニウム合金製パイプなどの合金材をアルミニウム合金溶湯で鋳ぐるみ複合化するといったアルミニウム合金同士による鋳ぐるみも提案されている。しかし、この場合溶湯温度、注湯時間などを厳しく制御しなくては、鋳ぐるまれるアルミニウム合金材が溶損する危険がある⁽¹⁾。

上述の問題を解決し、鋳造工程で特定の部位を複合化できれば、製品の高性能化を一工程で図ることができる。したがって、本研究では一部に高靱性を付与した製品化の可能性を考慮し、JIS AC4CH 材と AC7A 材を複合化することを想定した。AC4CH は Al-Si 系アルミニウム合金に微量の Mg を添加することによって、靱性を向上させており、機械構造用部品などに広く使われている。一方、AC7A は Al-Mg 系アルミニウム合金であり、さらに高い靱性を特徴とする。一般に、AC7A において Si

は Mg と金属間化合物 Mg_2Si を生成し、伸びに悪影響を与えるため不純物として定義されており⁽²⁾、Si を含む合金との複合化は困難と考えられる。予備実験でも、鋳ぐるみのような固相+液相による複合化では、粒状の Mg_2Si の晶出相を界面に生成し、機械的強度は期待できなかった⁽³⁾。そこで、本報では両者の液相同士での複合化を試み、作製した試験片の境界における金属間化合物の晶出形態、および、晶出形態が強度に与える影響について検討した。

2. 実験方法

2.1 実験材料 材料となるアルミニウム合金の組成を表1に示す。分析には光電式発光分光分析装置を用いた。

2.2 実験方法 まず、AC4CH と AC7A を用いて、図1に示す鋳鉄製舟型に薄板による仕切りを設け、993K で注湯後静かに仕切りを上げ、液相同士の界面を作製し、液相中の拡散によって晶出する組織について検証した。つぎに、図2左図に

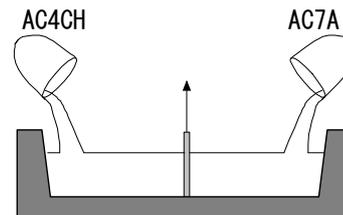
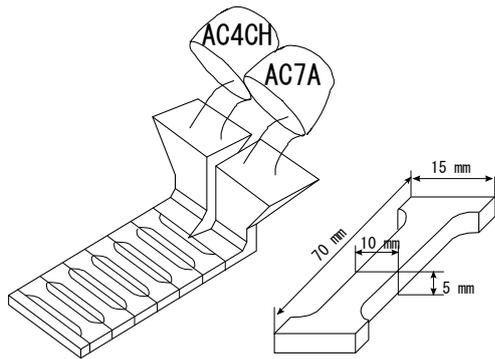


図1. 鋳鉄製舟形による合わせ湯試験片の作製法
示す黒鉛型を用いて、合わせ湯試験片(幅 70 mm 厚さ 5 mm)を作製した。2つのるつぼを設置する時間による溶湯、黒鉛型の冷却を考慮し、注湯温度は 1023K、型温は 523K とした。作製された試験片から図2右図に示す形状の引張試験片を切り出し、引張強度を測定したのち、界面近傍の組織観察を行った。

表1. アルミニウム合金組成 (重量%)

	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Ti	Pb	Sn	Cr	Al
AC4CH	0.02	6.8	0.33	<0.01	0.10	0.03	<0.01	0.25	<0.01	<0.01	<0.01	残部
AC7A	0.01	0.05	5.0	0.10	0.21	0.36	0.01	0.13	<0.01	<0.01	0.06	残部

*先端加工グループ



黒鉛型による合わせ湯試験片 引張試験片
 図 2. 合わせ湯試験片および引張試験片の作製法

3. 実験結果および考察

鋳鉄製舟型を用いて作製された界面のマイクロ組織を図 3 に示す。溶湯の境界から AC7A 側には粒界に黒色に見える Mg_2Si の晶出が観察される。一方, AC4CH 側では通常の Al-Si 共晶組織より細かな共晶組織となっており, 内部に微細な黒色粒に見える組織が観察される。エネルギー分散型分光器 (EDX) による分析によって, この共晶組織は Al-Si の共晶組織であった。Al-Si-Mg 3 元状態図によれば, 3 元化合物は存在しないとされていることから⁽²⁾⁽⁵⁾, 黒色に見える微細粒は Mg_2Si と想定され, 共晶組織の微細化に寄与していると考えられる。

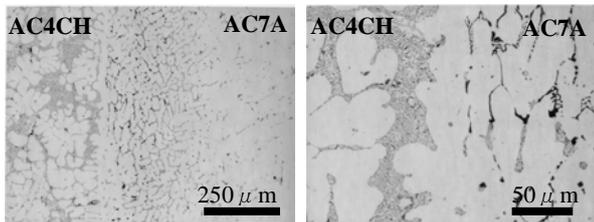


図 3. 鋳鉄舟形による合わせ湯界面の晶出形態

つぎに, 図 2 の黒鉛型による合わせ湯試験片から切り出した引張試験片の引張試験結果の一例を図 4 に示す。合わせ湯界面は試験片のほぼ中央であり, 破断位置はすべて界面以外である。これは, 湯口側を中心に引けが発生しており, そこから破断していることが要因の1つである。しかし, 引けの発生していな

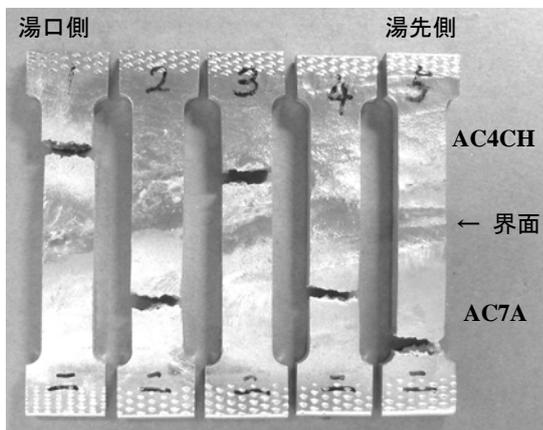
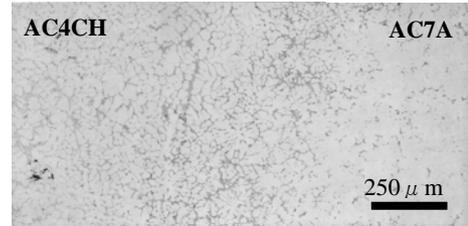


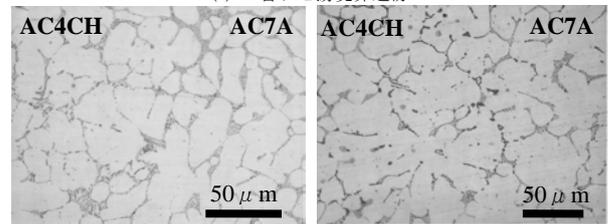
図 4. 引張試験片の状態

い試験片の引張強度は, 断面積を 50 mm^2 とすると, 最大のもので 180 N/mm^2 となる。JIS ハンドブック⁽⁴⁾では, AC4CH 金型試験片の機械的性質が 160 N/mm^2 以上となっていることを考慮すると, 十分な強度を有していると考えられる。

最後に, 合わせ湯界面近傍の組織を図 5(a) に示す。鋳鉄製舟形で作製した図 3 の界面と比較すると, 合わせ湯界面が AC4CH の組織から徐々に AC7A の組織へと変化しているため不明瞭となっている。また, 図 5(b) に示すように AC4CH



(a) 合わせ湯境界近傍



(b) AC4CH 側 (c) AC7A 側
 図 5. 黒鉛型による合わせ湯界面の晶出形態

側では図 3 と同様に微細な Al-Si 共晶組織となっている。AC7A 側では図 5(c) に示すように, 粒状に分散している Mg_2Si の晶出量が多く, 粒界に連続的に晶出しているものは少ない。これは流動中に両合金が拡散するため, 拡散範囲が広がり, 体積当たりの Mg_2Si の晶出量が減少したためと考える。

4. 結言および今後の方針

合わせ湯用黒鉛鋳型を用いて, AC4CH と AC7A の複合材料作製を試みた。作製された試験片の引張強度から, 異種アルミニウム合金の合わせ湯による製品化の可能性を確認することができた。今後は, 引張強度以外の機械的特性, 合わせ湯方法の違いによる影響についての検証, 他アルミニウム合金への本法適用の可能性の検証などを行う予定である。

(平成 20 年 7 月 4 日受付, 平成 20 年 8 月 26 日再受付)

文 献

- (1) 日本軽金属株式会社:「アルミニウム製一体型キャリパボディ及びその製造方法」, 特許公報, 特許第 3307356 号 (2000 公開)
- (2) 津村 善重:「アルミニウム合金」, 金属通信社(1976)
- (3) 渡部 友太郎:「AC4CH と AC7A の合わせ湯による複合材料の製作と組織」, 第 152 回全国講演大会講演概要集, 日本鋳造工学会, p.13 (2007)
- (4) 日本規格協会:「JIS ハンドブック 非鉄」(2007)
- (5) L.F.Mondolfo: “Aluminum Alloys : Structure and Properties” , Butterworth (1976)