

氏 名	いわしみず こうじ 岩清水 康二
本籍（国籍）	岩手県
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博 第311号
学位授与年月日	令和2年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当 課程博士
研究科及び専攻	工学研究科フロンティア物質機能工学専攻
学位論文 題目	アルミニウム合金溶湯の品質評価に関する研究
学位審査委員	主査 教授 平塚貞人 副査 教授 水本将之 副査 准教授 西川 聡

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、アルミニウム合金鋳造品及びアルミニウム合金ダイカスト品の品質安定化と高品質化を目的とし、アルミニウム合金溶湯を炉前で評価する K モールド法とガス量評価法の評価精度を向上させるため、溶湯中に発生する介在物とガスの関係について検討した。

第1章「序論」では、アルミニウム合金鋳造における溶解工程と溶湯中に発生する介在物、ガスの挙動及び現状の清浄化処理方法と溶湯品質評価法と課題について述べた。また、本研究の目的と意義、本研究の構成と方針について述べた。

第2章「鋳造企業で溶解したアルミニウム合金溶湯の品質評価」では、鋳造現場における適正な清浄化技術、溶湯品質評価方法の検討と現場での不良解析や品質向上の一助となることを目的とし、東北地域のアルミニウム合金鋳造業者、ダイカスト業者らを対象に、JIS 砂型用合金 AC7A 合金、AC4C 合金、ダイカスト用 AD12 合金について K モールド法、減圧凝固法、溶湯清浄度評価装置による溶湯評価を行った。これらの結果から溶湯中のガス量だけではなく、介在物量や試験条件が試験結果に影響を及ぼすことを明らかにした。

第3章「けい素量が増加した JIS AC7A 合金溶湯の K モールド法を活用した簡易溶湯品質評価」では、AC7A 合金の品質に影響を及ぼすけい素量について K モールド試験片を活用して、簡易的に評価できる新たな方法を検討した。AC7A 合金成分中のけい素が増加すると Mg_2Si が粒界に発生し、これが AC7A 合金の靱性を低下させる原因であることを明らかにした。これにより、K モールド法が介在物評価だけではなく、新たに AC7A 合金の靱性を低下させるけい素量評価法としての活用法を見出した。

第4章「JIS AC7A 合金溶湯の減圧凝固試験でのポロシティ発生に及ぼす水素、介在物の影響」では、Al-Mg 系合金で、溶解中に酸化物を生成しやすい AC7A 合金の減

圧凝固試験法でのポロシティ発生状況を精度よく評価することを目的とし、溶湯温度や試験条件を変化させて得られた減圧凝固試料を用いて AC7A 合金のポロシティ発生に及ぼす溶湯温度、試験圧力や介在物量の影響について調べた。減圧凝固試験の試験圧力を変化させた試料では、溶湯中の水素量が同等でも介在物量の多い溶湯の方がポロシティ量が多く発生した。これまで溶湯中のガス量評価法として利用されている減圧凝固法の評価には、K モールド法などによる介在物量の評価も併せて行うことが適切であることが分かった。

第 5 章「JIS AC4CH 合金溶湯の減圧凝固試験でのポロシティ発生に及ぼす水素、介在物の影響」では、Al-Si 系亜共晶組成に近い実用合金である AC4CH 合金を用いて減圧凝固法でのポロシティ発生状況を精度よく評価することを目的とし、ポロシティ発生形態に及ぼす水素ガス、介在物と試験圧力の影響について調べた。溶湯中の介在物量、ガス量の少ない溶湯による減圧凝固試料では、微細なひけ状のポロシティが分散発生した。ガス量が増加すると徐々に分散したポロシティが粗大化する傾向にあることが明らかになった。

第 6 章「JIS AD12 と AD12.1 合金溶湯の減圧凝固試験でのポロシティ発生に及ぼす水素、介在物の影響」では、Al-Si-Cu 合金の減圧凝固法を用いた溶湯品質評価について検討するため、ダイカスト用アルミニウム合金 AD12 合金と市販の AD12.1 合金の水素ガス量、介在物量を変化させた溶湯を用いて、減圧凝固試験のポロシティ発生形態に及ぼす介在物、水素ガスの影響について調べた。溶湯中のガス量、介在物量の少ない溶湯による減圧凝固試験試料では、内部にひけ状の粗大なポロシティが形成した。本合金は、固相-液相間の狭い表皮形成型凝固の形態をとるので、合金の凝固とともに水素ガスは固相から液相へと放出され、雰囲気中へと放出される。このときの凝固収縮にともない最終凝固部である内部中央がひけ、さらに溶湯中のガス量が高くなることで内部中央へガスが放出され、試料上部が大きく膨らむことを明らかにした。

第 7 章は、総括で各章のまとめと本研究成果の活用について述べた。

論文審査結果の要旨

本論文は、アルミニウム合金鋳造品及びアルミニウム合金ダイカスト品の品質安定化と高品質化を目的とし、K モールド法とガス量評価法の評価精度を向上させるため、溶湯中に発生する介在物とガスがどのように影響するのかを検討している。

第 1 章「序論」では、アルミニウム合金鋳造における溶解工程と溶湯中に発生する介在物、ガスの挙動及び現状の清浄化処理方法と溶湯品質評価法と課題について述べている。また、本研究の目的と意義、本研究の構成と方針について述べている。

第 2 章「鋳造企業で溶解したアルミニウム合金溶湯の品質評価」では、東北地域のアルミニウム合金鋳造業者、ダイカスト業者らを対象に JIS 砂型用合金 AC7A 合

金、AC4C 合金、ダイカスト用 AD12 合金について K モールド法、減圧凝固法、溶湯清浄度評価装置による溶湯評価を行っている。さらに、減圧凝固法における介在物量や試験条件を検討することの課題も的確に抽出している。

第 3 章「けい素量が増加した JIS AC7A 合金溶湯の K モールド法を活用した簡易溶湯品質評価」では、AC7A 合金の品質に影響を及ぼすけい素量について K モールド試験片を活用して、簡易的に評価できる新たな方法を検討している。その結果、K モールド法が介在物評価だけでなく、新たに AC7A 合金の靱性を低下させるけい素量評価法としての活用法を見出している。

第 4 章「JIS AC7A 合金溶湯の減圧凝固試験でのポロシティ発生に及ぼす水素、介在物の影響」では、溶湯温度や試験条件を変化させて得られた減圧凝固試験片を用いて AC7A 合金のポロシティ発生に及ぼす溶湯温度、試験圧力や介在物量の影響について調べている。その結果、これまで溶湯中のガス量評価法として利用されている減圧凝固法の評価には、K モールド法などによる介在物量の評価も併せて行うことが適切であることを明らかにしている。

第 5 章「JIS AC4CH 合金溶湯の減圧凝固試験でのポロシティ発生に及ぼす水素、介在物の影響」では、AC4CH 合金のポロシティ発生形態に及ぼす水素ガス、介在物と試験圧力の影響について調べている。その結果、溶湯中の介在物量、ガス量の少ない溶湯では、微細なひけ状のポロシティが分散発生し、ガス量が増加すると徐々に分散したポロシティが粗大化する傾向にあることを明らかにしている。

第 6 章「JIS AD12 と AD12.1 合金溶湯の減圧凝固試験でのポロシティ発生に及ぼす水素、介在物の影響」では、ダイカスト用アルミニウム合金 AD12 合金と市販の AD12.1 合金の水素ガス量、介在物量を変化させた溶湯を用いて、減圧凝固試験のポロシティ発生形態に及ぼす介在物、水素ガスの影響について調べている。特徴的なポロシティ発生形態について 5 つのパターンに分類し、それぞれ溶湯に求められる清浄化方法を提案している。

第 7 章は、総括で各章のまとめと本研究成果の活用について述べている。本研究の成果は、鋳造品やダイカスト品の品質向上の一助となることが期待できる。

以上のように、本論文では、鋳造品やダイカスト品のアルミニウム合金溶湯の品質評価方法を確立したもので、その工学的意義が極めて大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。

原著論文名（1編）

1. JIS AC7A 合金の減圧凝固試験でのポロシティ発生に及ぼす溶湯温度、圧力と介在物の影響，岩清水康二，平塚貞人，池浩之，高川貫仁，黒須信吾 鋳造工学，（91 巻，11 号，788-794），2019 年 11 月