

# 愛知発明賞

## 「ADC12合金セミソリッド鑄造」 (特許 第6132642号)

本田 隆 愛三工業株式会社 生産技術部 ダイカスト室 チームリーダー  
鬼頭 雅幸 愛三工業株式会社 生産技術部 ダイカスト室 室長  
三輪 謙治 元 公益財団法人科学技術交流財団 知の拠点重点研究プロジェクト統括部  
主幹研究員  
村上 雄一郎 国立研究開発法人産業技術総合研究所 マルチマテリアル研究部門  
軽量金属プロセスグループ 主任研究員

### ①応募発明等の概要

燃料電池自動車（FCV）は、水素と空気中の酸素を化学反応させて電気を作り、その電気で駆動モータを回して走行する自動車である。走行時に排出するのは水だけで、二酸化炭素や環境負荷物質を排出しない究極のエコカーとして普及が期待されている。しかしながら、燃料として用いられる水素は、分子量が小さくガス漏れが生じやすいため、収縮巣の発生する従来のダイカスト製品を燃料系の部品として用いることができなかった。そのため、水素タンクからFCスタックに水素を供給する水素系システムのデリバリASSY（図1）においては、高重量、高コストな鍛造製品が用いられていた。

本発明は、収縮巣の発生を抑制した半凝固鑄造に関し、高品質な半凝固金属スラリーを、比較的簡易で安価な設備により比較的短時間で製作することを可能とした。そしてデリバリASSYを、従来の半凝固鑄造では製造が困難かつ市場では流通量の多いADC12合金を用いて本発明に係る半凝固鑄造により製造した結果、鍛造製品と比較して製品重量40%、コスト80%を低減した世界初のデリバリASSYの実現が可能となった。

（図2、図3）

なお本発明を用いたデリバリASSYは、トヨタ自動車の第2世代ミライ（2020年12月発売）に搭載されており、ミライとともに広く世の中に普及される。



図1 水素系システム

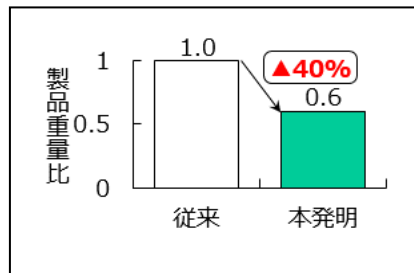


図2 軽量化

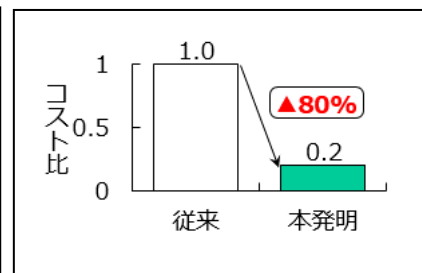


図3 低コスト化

### ②従来発明等の課題と開発ニーズ

＜開発のニーズ＞

半凝固鑄造は、固相と液相が共存状態（半凝固状態）にある金属（以下、半凝固金属スラリー）を形成する方法であり、材料が高固相率であるため鑄造製品の収縮巣の発生を抑え、鑄造製品の強度の信頼性を向上させることができる。

従来より半凝固鑄造に使用されている半凝固金属スラリーは、AC4CH合金が多く使われており、市場では流通量が多く、安価で、強度に優れるADC12合金は使用されてこなかった。

その理由は固相と液相が共存できる温度領域が違うことに起因し、温度域が広いAC4CH合金は粥状凝固（図4）なのに対し、温度域が狭いADC12合金は表皮形成型凝固（図5）と呼ばれる凝固形態であるため、ADC12合金は、固相が均一な良質な半凝固金属スラリーを作製することが困難であったためであり、その問題を解決する手段が求められていた。

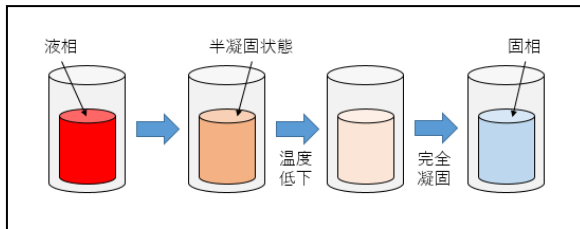


図4 粥状凝固イメージ (AC4CH合金)

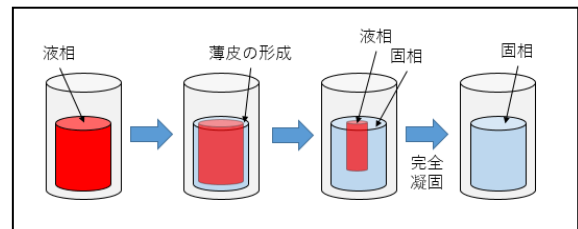


図5 表皮形成型凝固イメージ (ADC12合金)

<従来発明の課題>

従来の半凝固金属スラリーの作製方法は、超音波や電磁攪拌振動などの高価な振動発生装置を使用するか、所定の高さから熔融金属を容器に注ぎ、容器の中で熔融金属に自己攪拌を生じさせて半凝固金属スラリーを作製する方法が用いられていた。しかし、その場合、攪拌力が弱く、固液共存温度域の狭い合金（例えばADC12合金）の場合、固相の成長速度が速いため、良質な半凝固金属スラリーの条件である固相の均一な分散と微細な初晶が得られず、限られた合金でしか、良質な半凝固金属スラリーを作製することが出来なかった。

③ 応募発明等の特徴

<発明の構成>

本発明は、従来発明の課題を解決するために、以下の3つの構成により半凝固金属スラリーを作製することを特徴とする。

- ① 熔融金属を熔融金属よりも低い温度の容器に注いで固液共存状態にまで冷却する（図6、図7）。
- ② 熔融金属の冷却に際して、容器を機械的に振動させ、容器の中にて熔融金属を対流させる（図8）。
- ③ 容器の振動は、振動周波数が20Hz以上250Hz以下で、かつ、振動速度振幅が150mm/s以上で、振動変位振幅が0.25mm以上である。

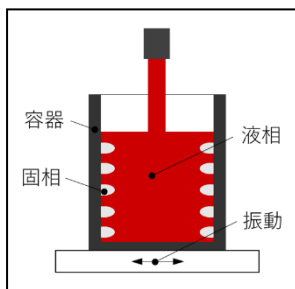


図6 容器から固相の析出

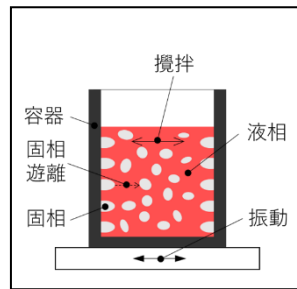


図7 振動による固相の遊離

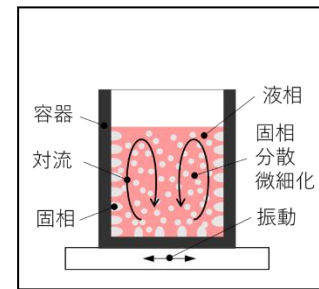


図8 対流による固相の分散と微細化

<発明の効果>

微細で均一な非樹枝状（球状）の粒子を含む高品質な半凝固金属スラリーを、比較的簡易で安価な設備により比較的短時間で製作することを可能とした。

つまり、容器を機械的に振動させることで容器の内周面に生じる金属の固相が粒子状に遊離し、それら粒子が分散する。また、それら粒子同士が熔融金属の対流によって相互に干渉し合いながら流動するので、粒子がより微細な丸みを帯びた形状となる。さらに容器を機械的に振動させるので、電磁的な振動発生に比べ振動発生装置の構成を簡略化することが可能となる。

図9に、熔融金属の材料をADC12合金として、本発明により得られた半凝固金属スラリーの切断面を顕微鏡で拡大した拡大図を示す。鑄造製品の強度の信頼性を向上させるために望ましい平均粒径（80μm以下）、平均円形度（3以下）を満たす半凝固金属スラリーが得られた。

本発明によれば、熔融金属がアルミニウム合金、マグネシウム合金、銅合金又は鉄系合金に広く適用が可能である。特に市場で流通量が多く、安価で、強度に優れるが固液共存温度域が狭いADC12合金でも半凝固金属スラリーの作製が可能となった点に意義が大きい。

これは、日本で流通しているダイカスト合金の90%以上に適応することが可能と言うことを意味する。

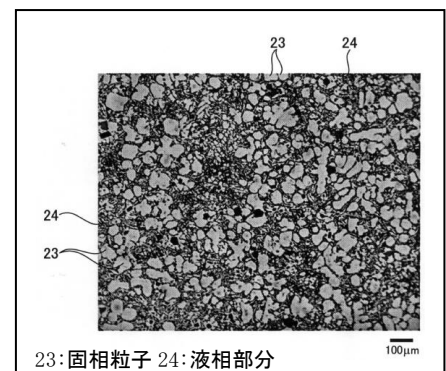


図9 ADC12合金の半凝固金属スラリーの切断面