

平成20年度 戦略的基盤技術高度化支援事業  
極薄肉鑄造技術の自動車用鑄物部品軽量化への応用開発  
研究開発成果等報告書

平成21年3月

鑄鉄の組織改善が容易にできる方法として接種処理が挙げられる。接種処理とは鑄鉄溶湯に、0.2～0.5mass%程度の粒状添加物を、鑄込み直前、あるいは鑄込み中に溶け込ませる溶湯処理である。接種処理を行うことにより、以下の効果が得られる<sup>3)</sup>。

- ・薄肉部や角隅部などの冷却速度が速い部位のチル化を防止する。
- ・黒鉛及び基地組織を改善し、機械的性質を向上させる。
- ・肉厚の違いによる各部分の黒鉛及び基地組織の変化を低減し、強度の変動を小さくする。
- ・特定の鑄造欠陥（中子への差し込み欠陥など）を低減する。
- ・ねずみ鑄鉄では基地のフェライト化を抑え、球状黒鉛鑄鉄ではフェライト化を助長する。

前年度までの研究<sup>4)</sup>（以下、前報と表記する）では、一般的に用いられる接種剤（Fe-Si、及びCa-Si）の添加量を制御することによって、厚さ2mmの球状黒鉛鑄鉄を作製することに成功している。しかし、接種は添加後の時間経過に従い接種効果が消滅し（これをフェーディングという）、接種剤の化学組成、添加量、及び添加方法などによって効果が変わる。そのため、適切な条件で接種を行わなければ製品に悪影響を及ぼす。いくつかの例を以下に挙げる。

- ・凝固形態が変化し、無接種と比べ内引け巣やザク巣などの鑄造欠陥が生じる。
- ・接種剤が酸化物などのスラグを発生させ、内部に介在物として残留しやすい。

したがって、無チルで製品の用途に合った組織を得るためには、適切な鑄造条件で接種を行う必要がある。本研究では薄肉球状黒鉛鑄鉄のチル化を防止するための最適な接種剤の化学組成、添加量、及び添加方法などを調査・検討し、チルのない薄肉球状黒鉛鑄鉄を製造することを目的とした。

## 2-2-3 考察

### 2-2-3-1 組織観察・測定結果についての考察

今回作製した試料では、0mass%接種（無接種）試料を除くすべての試料でチルは晶出していなかった。堀江らは一定の凝固速度で、チルが晶出しなくなるときの黒鉛粒数をチル臨界黒鉛粒数と定義し、チル臨界粒数と冷却速度の回帰式（相関係数 $r=0.993$ ）を求めた<sup>1)</sup>。求めた式を(2-3)式に示す。

$$N = 0.58R^2 + 19.07R + 1.01 \dots (2-3)$$

N：チル臨界黒鉛粒数 (Nod/mm<sup>2</sup>)

R：冷却速度 (°C/s)

前報では、試料の薄肉部中心の凝固速度を測定し、その測定値である27.45°C/sを(2-3)式に代入して図2-9に示す冷却速度とチル臨界黒鉛粒数の関係を導出した<sup>4)</sup>。本研究で用いた鑄型は前報と同様のため、チル臨界黒鉛粒数は約960Nod/mm<sup>2</sup>であり、0mass%接種（無接種）試料でチルが晶出した原因は、黒鉛粒数がチル臨界黒鉛粒数以下だったため、Cのセメンタイト化が進んだと考えられる。球状黒鉛鑄鉄の凝固過程では、共晶凝固の開始と同時に黒鉛はオーステナイト層に取り囲まれるため、溶湯との直接接触はなく、Cはオーステナイト層を通して拡散

する。凝固の進行につれて黒鉛が成長するが、それ以上にオーステナイト層の厚さが増大し、拡散距離が増大するので、凝固の進行と共に C の拡散速度は低下する。それに対してセメントイトへの凝固では C 原子は隣接する Fe 原子と結びつき  $Fe_3C$  を形成すればよいので拡散距離が著しく短い。5) 以上のことから、黒鉛粒数が多くなるとチルが晶出しなくなる原因は、黒鉛粒数が増大することによって、黒鉛を取りまくオーステナイト層が薄くなり、C の黒鉛化が進むためであると考えられる。

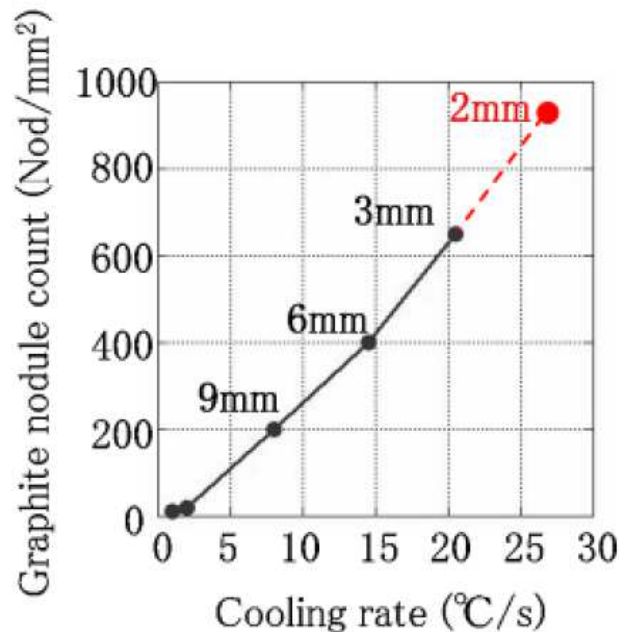


図 2-9 Relationships between chill critical graphite nodule count and cooling rate.

### 2-2-3-2 溶存酸素量測定結果についての考察

溶存酸素量はすべての試料で溶解炉内より取鍋内の方が低い値を示した。これは取鍋内で行った球状化・接種処理によって脱酸反応が起こったためである。すべての試料の取鍋内での溶存酸素量を図 2-10 に示す。図 2-10 から球状化処理のみ行った試料の溶存酸素量よりも、球状化処理と接種処理を複合して行った試料の溶存酸素量の方が低いことがわかる。無チルで試料を作製するための溶存酸素量をチル臨界溶存酸素量と定義すると、0mass%接種試料ではチルが晶出し、0.05mass%接種試料ではチルが晶出しなかったことから、溶存酸素量が 2.57~4.20massppm の範囲に、無チルで試料を作製するためのチル臨界溶存酸素量が存在すると思われる。本研究では 0.05mass%接種試料の溶存酸素量 2.57massppm をチル臨界溶存酸素量とした。溶存酸素は古くから黒鉛球状化阻害元素とされ、球状化に必要な Mg を消費することから Mg 消費型阻害元素と分類されている 6)。そのため、球状黒鉛鋳鉄において良好な組織を得るためには鋳鉄溶湯から溶存酸素を取り除く必要がある。

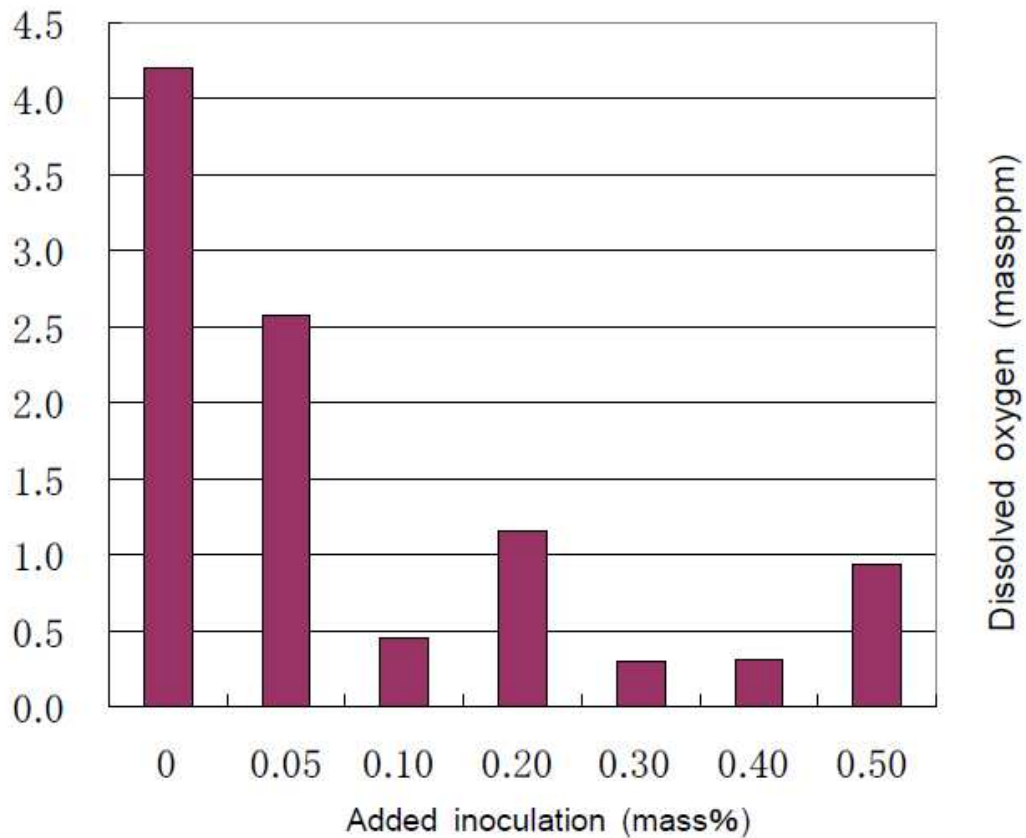


図 2-10 The effect of inoculation on the dissolved oxygen in ladle.

#### 2-4 結言

本研究から得られた結果を以下に挙げる。

- ・取鍋接種で接種剤 **Ca-Si** を **0.05~0.50mass%**添加すると、高い脱酸効果が得られ、無チルで厚さ **2mm** の薄肉球状黒鉛鑄鉄を作製できた。
- ・一次接種と二次接種（鑄型内接種）をする際、一次接種剤添加量よりも、二次接種剤添加量を多量にすることで高い効果が得られた。
- ・取鍋接種と鑄型内接種を併用した場合の接種効果は、取鍋接種のみの場合よりも高く、最適量を添加することによって、無チルで薄肉化した自動車部品を作製できた。