

発熱型顆粒タイプモールドパウダー

Granulated Exothermic Mold Powder

岩 本 行 正^{*1}
Yukimasa IWAMOTO

鈴 木 貴 之^{*2}
Takayuki SUZUKI

何 波^{*3}
Bo HE

Abstract

It is necessary for mold powder to improve insulation properties in order to improve steel quality. Granulated mold powder is required to maintain a good clean working environment; however, granulated mold powder does not insulate as well as fine mold powder. Granulated exothermic mold powders with metal were developed in order to both improve insulation properties and maintain a good working environment. The new technology of adding metal material to granule mold powders provides sufficient heat to molten steel and is able to improve steel quality.

1. 緒言

自動車外板材を中心とした冷延材の表面品質に対する要求は非常に厳しく、連続 casting プロセスにおいては、欠陥のない铸片を得ることが重要である。冷延コイルのヘゲ、スリバー疵欠陥は铸片表層下の介在物、気泡性欠陥が原因であり、溶鋼中のアルミナ等の脱酸生成物、巻き込まれたパウダースラグや、アルゴン等の気泡が溶鋼中を浮上する際、メニスカス部の初期凝固シェル先端が延びて爪状に形成された不健全な初期凝固シェルに補足された結果生ずると考えられる^{1),2)} (Fig. 1)。特に極低炭素鋼は中炭素鋼や低炭素鋼と比較して爪状凝固シェルを形成しやすいとされる³⁾⁻⁵⁾。爪状の初期凝固シェルの形成は、メニスカス部の溶鋼温度低下に起因すると考えられ、その防止のためにはメニスカスの溶鋼温度を高く保持することが有効である。そのためには、浸漬ノズルデザイン、電磁攪拌、アルゴンガス吹き込みによるモールド内溶鋼流動の改善によるメニスカス部への熱供給と、モールドパウダーの保温性の向上が効果的で

1. Introduction

It is important to produce defect free slabs in the continuous casting process since high quality slabs have been required for cold rolled sheets, especially for automobiles. Inclusion and pinhole defects on the cold rolled sheets are caused by deoxidation products (such as alumina), powder slag, and gas bubbles that float to the surface and become trapped under excess shell that has formed at the meniscus (called hook)^{1),2)} (Fig. 1). This can result in slag spots and slivers on the cold rolled coil. Ultra low carbon steel, in particular, forms the hook easily compared with low carbon and medium carbon steel³⁾⁻⁵⁾. The cause of hook formation is insufficient temperature at the meniscus. Therefore, it is important to maintain sufficient temperature at the meniscus in order to prevent hook formation. Maintaining sufficient temperature at the meniscus can be achieved by improving the insulation properties

*1 技術研究所 第1研究グループ チームリーダー Team Manager, Shaped Refractories R&D Group, Research Center

*2 Assistant Manager, Shinagawa Advanced Materials Americas, Inc.

*3 瀋陽品川冶金材料有限公司 技術営業部長 Manager, Shenyang Shinagawa Metallurgy Materials Co., Ltd.

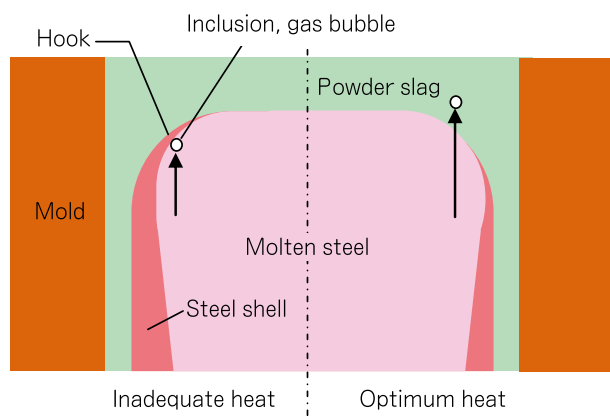


Fig. 1 Image of hook.

ある。

モールドパウダーの保温性については、一般に顆粒パウダーよりも粉末パウダーの方が良好である。顆粒パウダーの保温性が悪い理由として、粉末パウダーよりも顆粒粒子間の空隙が大きいため通気率が高いことによる^{6),7)}。極低炭鋼などの铸件表面品質改善のためには顆粒パウダーよりも保温性に優れた粉末パウダーの方が良好である事例が多い。

また、極低炭素鋼は浸炭防止のためモールドパウダー中へのカーボン添加量が制限されるため、カーボンの酸化による発熱量が小さく、モールドパウダーの保温効果が小さくなる。そこで、カーボンの代替となる発熱源として、金属の酸化発熱反応を利用するため金属を添加した粉末タイプの発熱型モールドパウダーもある⁸⁾。

従来、金属添加の発熱型モールドパウダーは粉末タイプに限定されていた。しかし、作業環境改善のため粉末パウダーよりも顆粒パウダーの方が好まれる傾向にあり、顆粒パウダーでありながら発熱量を確保でき保温性に優れたモールドパウダーが望まれていた。本報告では、一般に、粉末パウダーよりも保温性に劣るといわれている顆粒パウダーの欠点を補うため、金属を添加した発熱型顆粒タイプモールドパウダーについて述べる。

2. 発熱システム

モールドパウダーに発熱性を付与させる方法として、カーボンの酸化反応、有機物の燃焼、金属

of the mold powder providing heat at the meniscus, controlling the molten steel flow with SEN design, using electric magnetic force in the mold, and utilizing argon gas bubbling.

In general, granulated mold powder insulates less than fine mold powder since granule mold powder has more air permeable gaps than fine mold powder^{6),7)}. In fact, in many case, fine mold powder has been reported to have better quality on the slab surface than granulated mold powder.

On the other hand, carbon content of the mold powder for ultra low carbon steel is required to be minimized for preventing carbon pickup. Therefore the mold powder for ultra low carbon steel cannot be expected to provide sufficient heat from the exothermic carbon oxidation reaction⁸⁾.

There already is exothermic fine mold powder containing metal instead of carbon, but the technology of adding metal was limited only to fine mold powder. However, granulated mold powder is required for cleaner working environment in spite of inferior in insulation properties. Therefore granulated exothermic mold powder, which satisfies both the working environment and insulation property requirements, has been developed. This report is a review of the use of granulated exothermic mold powder containing metal.

2. Exothermic System

There are several technologies that give exothermic properties to mold powder such as carbon, organic substances, or metal. The usage of carbon is limited to the appropriate amount needed to maintain the melting speed of mold powder. In addition, mold powder for ultra low carbon steel is required to minimize the usage of carbon in order to prevent carbon pickup. Organic substance generates steam while being

の酸化反応が考えられる。このうち、カーボンは過剰に添加するとモールドパウダーの溶融速度が遅くなることから、モールドパウダー溶融層の適正な厚み確保のためにはカーボンの添加量には限界がある。特に極低炭鋼用モールドパウダーについては、溶鋼への浸炭の問題もあるため、実際に使用するうえではカーボン添加量は特に制限される。有機物については、その燃焼時に水蒸気の発生を伴うため、溶鋼中への水素ピックアップの懸念があり好ましくない。金属については少量で発熱効果が高く、モールドパウダーの溶融遅れ、溶鋼中への浸炭、水蒸気発生の問題もないため、特にカーボン添加量が制限される極低炭鋼用モールドパウダーの発熱源として好適である。

よって、顆粒タイプモールドパウダーの発熱量を増加させるために金属を添加することとした。しかしながら、顆粒パウダーは製造時の造粒工程において、水を添加した状態で混練するため、金属を添加すると、金属と水とが反応して発熱しながら水素が発生する問題がある。そこで、金属と水の接触による水素の発生を抑制する独自の方法を開発し、金属を添加した発熱型顆粒タイプモールドパウダーを製造することに成功した。

また、酸化剤の選定が不適切であると、発熱型モールドパウダーは溶融不良を起こし、スラグベアが著しく成長することもある。そのため金属を添加してもスムーズに発熱・溶融させるために酸化剤とカーボンの組み合わせを最適化することにより、顆粒タイプの発熱型モールドパウダーを実用化した。

3. 実験

金属添加によるモールドパウダーの発熱効果を評価するため、金属を1.5%添加した顆粒パウダーと添加しなかった顆粒パウダーを800℃急加熱の示差熱実験を行った。なお、金属添加しても溶融後の化学成分が同一となるよう、金属以外の原料配合量を調節した。示差熱実験結果をFig. 2に示すが、顆粒パウダーに金属を1.5%添加することによって無添加の顆粒パウダーよりも明確な温度上昇が認められ、発熱量が増加することが確認できた。

burned, and the steam could possibly cause hydrogen pickup by the molten steel. Metal has good exothermic properties, even in small amounts. In addition, metal will not affect melting speed, carbon pickup and hydrogen pickup.

Therefore, metal would be the optimum choice to add exothermic properties to a mold powder for ultra low carbon steel casting. However, the metal reacts with water during granulating and generates hydrogen with heat. We have successfully made granulated exothermic mold powders containing metal with a new technology that prevents the reaction between metal and water during granulation.

The selection of oxidant is very important for exothermic mold powders to maintain optimum exothermic reaction and good melting property. We developed new granulated exothermic mold powders which contain the optimum oxidant. They were designed to have the appropriate balance between the oxidant and carbon materials in order to maintain good exothermic reaction and melting property.

3. Experiments

For evaluating the effect of the exothermic material addition, the differential heat between the granulated mold powder with 1.5% metal addition and the granulated mold powder with no metal were measured while they were rapidly heated to 800℃. These powders were formulated to have the same chemistry after melting. The test result shown in Fig. 2 shows the granulated mold powder with 1.5% metal is able to increase the differential heat over that with no metal.

Then the granulated mold powder with added metal was poured on molten pig iron that was heated at 1500℃ by a high frequency furnace in order to evaluate melting property and exothermic reaction. Fig. 3 shows the result.

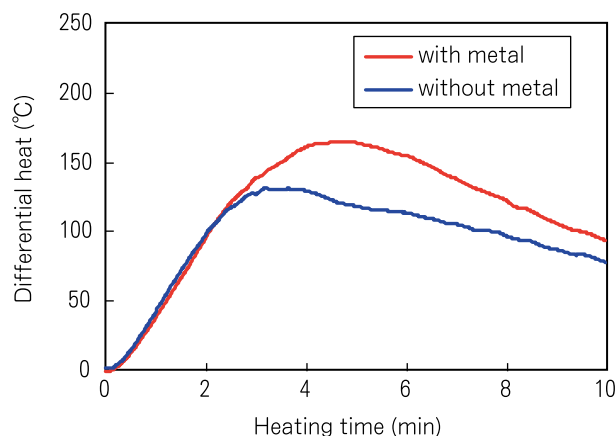


Fig. 2 Effect of metal addition on exothermic reaction.

次に、金属を添加した顆粒パウダーの溶融性状を確認するため、高周波誘導炉で1500℃の溶銑上に上記のモールドパウダーをそれぞれ散布し、発熱、溶融状況を観察した。実験結果をFig. 3に示すが、金属の添加による発熱は目視では明確に判別できないものの、溶融性状が悪化することなく、金属無添加の場合と同様にスムーズに溶融した。溶融後のスラグを採取したが、金属の残留は認められなかった、またスラグ成分からは発熱反応後の金属成分がスラグ中に残留していることから、全ての金属が酸化・発熱したと考えられる。

4. 実機鑄造結果

開発した発熱型顆粒タイプモールドパウダーの実機鑄造での使用結果を以下に述べる。

4. 1 A製鉄所

- ・ モールドタイプ：スラブ
- ・ 鋼種：極低炭素鋼
- ・ 鑄造速度：1.2m/min

従来品は金属無添加の顆粒パウダーであったものを、金属を添加した発熱型顆粒パウダーを開発、実機鑄造テストした。その結果、溶融性は良好でスラグベアの発生もなく、適正なプール厚みが確保され、パウダー消費量も従来品と同等であり、鑄造上の問題は全くなかった。Fig. 4にカーボンピックアップの結果を、Fig. 5にコイル品質を示す。従来品は極低炭素鋼用ということでカー

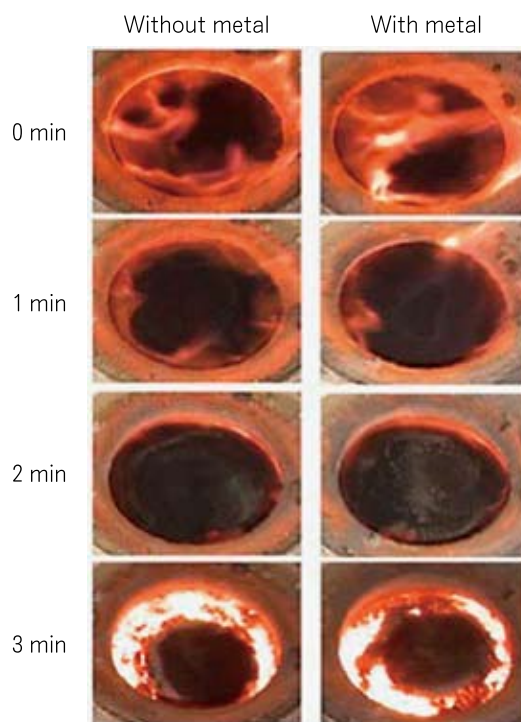


Fig. 3 Melting behavior of granulated exothermic mold powder.

Both granule mold powders melted smoothly with good melting property; however, the exothermic reaction was not visually observed. No un-reacted metal was visually observed in the powder slag after the test. A chemical analysis was also conducted on the powder slag, and it was confirmed that all metal was oxidized during the test.

4. Results of Actual Casting

The results from the use of new granulated exothermic mold powder on actual casting are shown below:

4. 1 Caster A

Casting condition

- ・ Mold : Slab
- ・ Steel grade : Ultra low carbon steel
- ・ Casting speed : 1.2m/min

Granulated exothermic mold powder was tested at caster A. The granulated exothermic mold powder had a good melting property

ボンピックアップ防止のためフリーカーボン量を抑える必要があり、カーボンによる十分な発熱が得られなかったが、開発品は低フリーカーボンでも発熱性を付与させることによって保温性が向上し、カーボンピックアップ量の規格範囲を満足しつつ、コイル品質が向上した。

4. 2 B製鉄所

- ・ モールドタイプ：スラブ
- ・ 鋼種：珪素鋼
- ・ casting速度：1.0~1.4m/min

従来品は金属無添加の顆粒パウダーであり、ノロカミが問題となっていたため保温性の向上を目的として金属を添加した発熱型顆粒パウダーをテストした。結果はFig. 6に示すように铸片へのノロカミが減少し良好な結果が得られた。また、従来品では溶融スラグ層厚が薄い問題があったが、改良品では適正厚みを確保することができた。

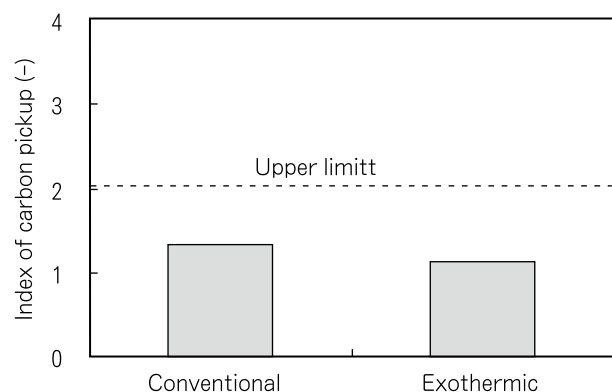


Fig. 4 Carbon pickup at Caster A.

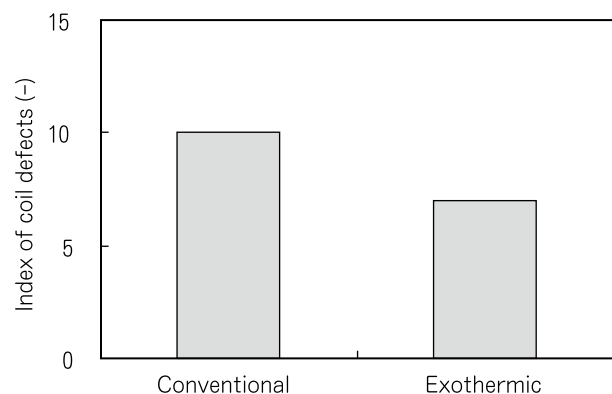


Fig. 5 Coil quality at Caster A.

without roping, maintained appropriate thickness of slag layer and had the same consumption as the conventional non-exothermic mold powder. No issue was observed during the test. Fig. 4 shows the carbon pickup and Fig. 5 shows the steel quality. The granulated exothermic mold powder provided better steel quality than conventional mold powder. The amount of carbon in the mold powder was minimized to prevent carbon pickup; therefore the conventional mold powder was not able to provide sufficient heat at the meniscus. The granulated exothermic mold powder provided sufficient heat at the meniscus and improved steel quality while maintaining low carbon pickup.

4. 2 Caster B

Casting Condition

- ・ Mold : Slab
- ・ Steel grade : Silicon steel
- ・ Casting speed : 1.0~1.4m/min

Conventional powder, which did not contain metal, had powder inclusion issue due to poor insulation. To improve the issue, granulated exothermic mold powder was tested at caster B. As shown in Fig. 6, the granulated exothermic mold powder improved steel quality. While the conventional powder also had an issue with thin slag layer, the granulated exothermic mold powder maintained appropriate thickness of

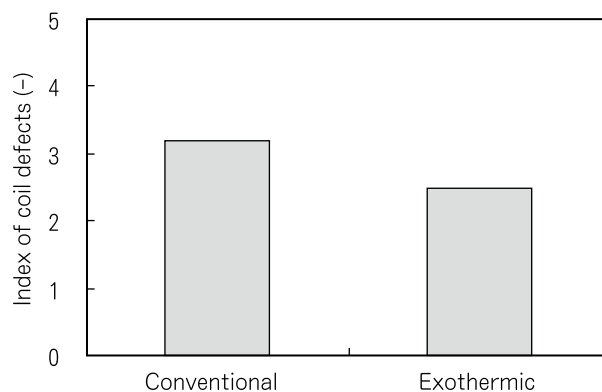


Fig. 6 Coil quality at Caster B.

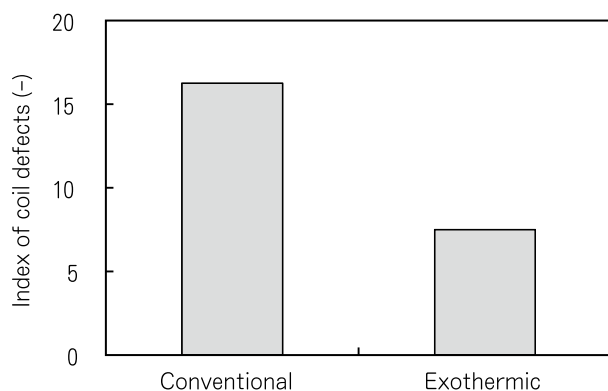


Fig. 7 Coil quality at Caster C.

4. 3 C製鉄所

- ・ モールドタイプ : スラブ
- ・ 鋼種 : 低炭素鋼
- ・ 鋳造速度 : 1.2~1.4m/min

従来品は金属無添加の顆粒品であったものを、改良品は金属を添加した発熱型顆粒パウダーとし、さらにパウダースラグ巻き込み防止のため高粘度化した。Fig. 7にコイル品質を示すが、発熱付与による保温性向上と高粘度化の効果によりコイル品質が向上した。

5. 結言

作業環境に優れた顆粒タイプの金属添加した発熱型モールドパウダーを開発した。従来の顆粒パウダーと同様に発塵がなく、溶解性も問題なく、コイル品質を向上することが可能となった。各所で好評に常用されている。

slag layer.

4. 3 Caster C

Casting Condition

- ・ Mold : Slab
- ・ Steel grade : Low carbon steel
- ・ Casting speed : 1.2~1.4m/min

Granulated exothermic mold powder was tested at caster C. The mold powder also had an increased viscosity over conventional mold powder, which did not contain metal, in order to prevent powder slag inclusion. Fig. 7 shows the coil quality. The granulated exothermic mold powder improved coil quality due to exothermicity and high viscosity.

5. Conclusion

Granulated exothermic mold powders containing metal have been developed in order to improve working environment and steel quality. The new powders have provided good working environment with minimal dust, had good melting properties, and improved steel quality over conventional mold powders. The newly developed granulated exothermic mold powders have been used with great success at many casters.

References

- 1) H. Yasunaka, R. Yamanaka, T. Inoue and T. Saito : Tetsu-to-Hagane, 81, 5 (1995)
- 2) Y. Awajiya et. al : CAMP-ISIJ, 17, 107 (2004)
- 3) M. Suzuki et. al : CAMP-ISIJ, 11, 42 (1998)
- 4) H. Yamamura et. al : CAMP-ISIJ, 11, 45 (1998)
- 5) T. Kajitani, H. Esaka, M. Wakoh, H. Misumi, and S. Ogibayashi : Tetsu-to-Hagane, 81, 11 (1995)
- 6) M. Ogata, T. Omoto S. Inoue, Y. Iwamoto and T. Kitamura : Shinagawa Technical Report, 47, 77 (2004)
- 7) H. Nakato, T. Nozaki, H. Nisikawa and K. Sorimachi : Tetsu-to-Hagane, 74, 7 (1988)
- 8) K. Ichikawa, O. Nomura and A. Morita : Shinagawa Technical Report, 34, 127 (1991)