

新中炭素鋼用モールドパウダー “REVIX” シリーズ

New Mold Powder Product “REVIX” for Middle Carbon Steel Grade

尾 本 智 昭^{*1}
Tomoaki OMOTO

小 形 裕 文^{*2}
Hirofumi OGATA

伊 藤 純 哉^{*2}
Junya ITOH

Abstract

The main middle carbon steel defects are longitudinal cracks and transverse cracks on the steel strand surface and these defects prevented from the casting speed increase.

We have developed new mold powder “REVIX” and it contributes to increasing steel quality and productivity.

The main characteristics and effects of REVIX are described in this report.

1. 緒 言

中炭素鋼の主な欠陥には、鑄片表面の縦割れや横割れが挙げられる。中炭素鋼は、凝固時の $\delta \rightarrow \gamma$ 変態による凝固収縮量が大いことから凝固シェルが不均一に生成しやすく、そのため表面割れが発生しやすいものと考えられる。鑄片の表面割れを抑制するには、モールドパウダーの結晶化温度を調整してモールド内の緩冷却化を指向することが一般的な手法であり、効果も得られている。しかしながら、鑄片品質向上のニーズが一層高まり、かつ鑄片割れが高速鑄造の障害になっていることから、結晶化温度の調整だけによらない、新たなモールドパウダーの開発が望まれてきた。

このような背景から、当社では結晶化速度に着目した新しいタイプの中炭素鋼用モールドパウダーREVIXを開発し、実機での鑄片品質向上や生産性向上に成果が得られた。本報では、新中炭素鋼用モールドパウダーREVIXの主な特性と効果の一例を紹介する。

2. REVIXの設計思想と特徴

2.1 表面割れ抑制

2.1.1 結晶化速度

表面割れはメニスカスで凝固シェルが不均一に形成するために発生すると考えられる。そこで、モールドと凝固シェル間に流れ込んだパウダースラグが瞬時に結晶フィ

1. Introduction

The main middle carbon steel defects are longitudinal cracks and transverse cracks on the steel strand surface. Due to the $\delta \rightarrow \gamma$ phase transformation during solidification, middle carbon steel has a high solidification shrinkage which causes the surface to crack by due to uneven solidification of the steel shell. The most common effective method for preventing surface crack is the reduction of heat removal in the mold by controlling mold powder crystallization temperature.

However, demands for the development of a new mold powder product that will increase steel quality are increasing. Surface cracks also prevent the casting speed increase.

To satisfy these demands we have developed REVIX new mold powder products for middle carbon steel. REVIX contributes to increasing steel quality and productivity.

In this report, the main characteristics and effects of REVIX are described.

*1 技術研究所 第1研究グループ第4研究チームリーダー Mold Powder Team Manager, Research Center

*2 技術研究所 第1研究グループ第4研究チーム Mold Powder Team, Research Center

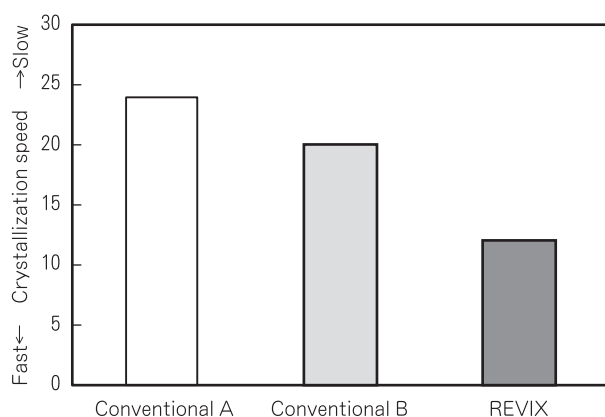


Fig. 1 Crystallization speed of some mold powders for middle carbon steel.

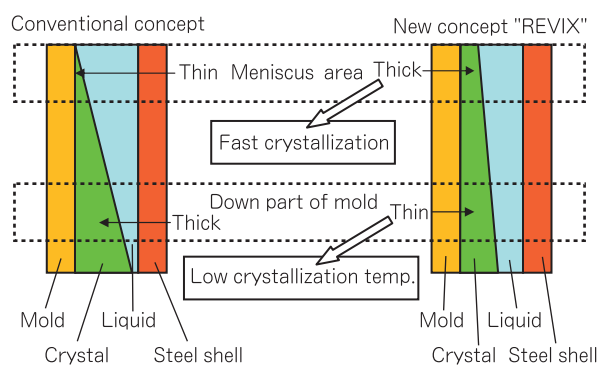


Fig. 3 Slagfilm model concept between conventional and REVIX.

ルム層を形成することが重要と考え、モールドパウダーの結晶化速度に着目した。

Fig. 1 に代表的な中炭素鋼用モールドパウダーの結晶化速度を測定した結果を示す。REVIXの組成はLi-カスピダインの理論組成に近く、またMgOやNa₂Oを低減させることで、従来品よりも速い結晶化速度が達成されている。

Fig. 2 に実機 casting時に採取したスラグフィルムの顕微鏡写真を示す。REVIXではモールド側に極めて密度の高い微細な結晶層が確認される。微細結晶層は結晶化速度が速いために形成されると推察でき、メニスカス域において瞬時に結晶フィルム層が形成されることで界面熱抵抗が増大し、従来よりも更に緩冷却化が可能となっている。

2. 1. 2 結晶化温度

従来の一一般的な手法のように、モールドパウダーの結晶化温度を高くすることでモールド内の緩冷却強化を指向することができる。しかし、 casting速度の速い領域での

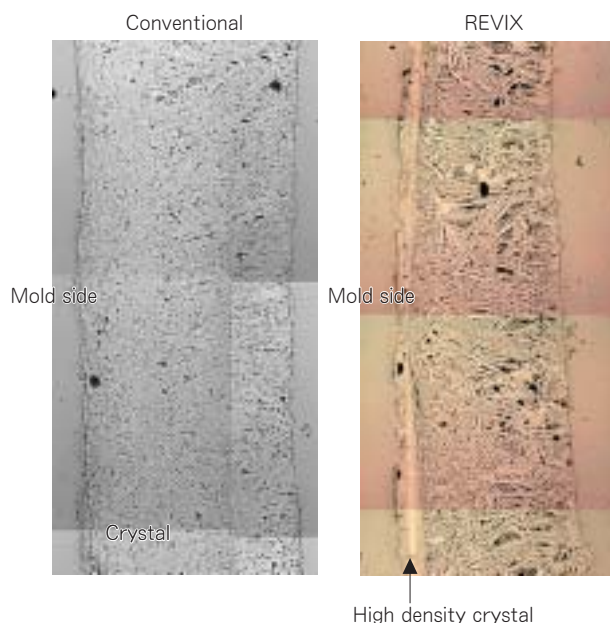


Fig. 2 Comparison of slagfilm microstructure.

2. Concept and Characteristics of REVIX

2. 1 Reduction in strand surface cracks

2. 1. 1 Crystallization speed

The surface cracks are caused by uneven steel shell formation. It is important that the powder slag flowing between mold and steel shell quickly forms a crystallized layer. Therefore we tried to control the crystallization speed of the mold powder.

Fig.1 shows the crystallization speeds of REVIX compared to typical middle carbon mold powders.

The fast crystallization speed of REVIX is achieved by a composition similar to Li-Cuspidine and a reduction in MgO and Na₂O.

Fig.2 shows a comparison of slag film microstructures sampled from an actual casting. REVIX had a high-density crystal layer in the slag film on the mold side. The high-density crystal layer is formed by the fast crystallization speed.

The higher density crystal layer is considered to be a product of fast crystallizations, which makes the crystal layer form quickly. Interfacial thermal resistance is also increased lowering heat removal at the meniscus.

2. 1. 2 Crystallization temperature

Formerly, mold powders with high crystallization temperatures had been used to lower heat removal

この手法による緩冷却指向は凝固シェルの発達には不利と考えられる。

Fig. 3 にREVIXのフィルムモデルを従来品と対比して示す。REVIXは結晶化温度を従来品よりも低く設定することが可能である。結晶化速度を速めることでメニスカスでの結晶フィルム層の形成がより速くなり、低結晶化温度でも緩冷却化され均一な凝固シェルが形成される。さらに、スラグフィルム中の結晶層の厚みが薄いために、メニスカス以降では強冷却化となり、凝固シェル厚みが確保される特徴も有している。

そのため、REVIXは1.0m/min前後の低速 casting から 3.0m/minのような超高速 casting まで幅広く使用することができる。

2. 2. 溶融性

結晶性の高いモールドパウダーは、モールド投入後に焼結が起りやすく、焼結塊やスラグベアーの生成などが懸念され、安定した操業が困難とも考えられる。REVIXは焼結の抑制、安定した溶融性の確保を目的として、カーボン量を10%以上に設定することで溶融性と滓化性を両立させている。Fig. 4 に高周波誘導炉での滓化溶融試験結果を示すが、REVIXは従来品に劣らない優れた溶融性を有している。特に casting 速度2.0m/min以上のメニスカスが活性な条件下で使用されるREVIXは、11%以上のカーボン量を設定している。

3. REVIXの使用効果の一例

代表的なREVIXの品質表をTable 1 に示す。

本開発品 REVIXを使用した一例をFig. 5 に示すが、この例では縦割れによる厚板手入れが大幅に低減された。

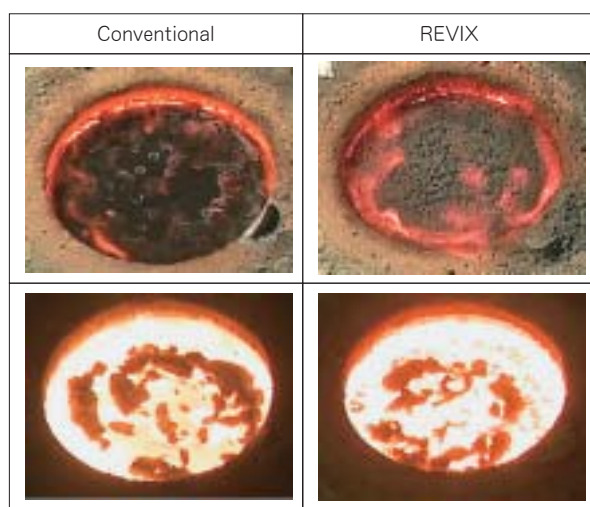


Fig. 4 Melting simulation by high frequency induction furnace test.

in the mold. However, this is a disadvantage to forming steel shells in high-speed casting.

Fig.3 shows a slag film model of REVIX compared to a conventional powder.

The crystallization temperature of the REVIX is lower than that of the conventional powder. The crystal layer in the slag film is formed quickly at the meniscus by the fast crystallization speed, so the steel shell is uniform.

REVIX can form a sufficiently thick steel shell though a higher heat removal under the meniscus, because the lower crystallization temperature creates a thin crystal layer.

Therefore, REVIX can be used for low casting speeds of 1.0m/min to high speeds such as 3.0m/min.

2. 2 Melting Characteristics

Generally, higher temperature crystallizing powders sometimes causes the powder sintering in the mold, and also causes the roping. These often cause casting problems for maintaining stable casting operation and quality problems.

However, stable melting of REVIX is achieved by the high carbon content such as above 10% to prevent sintering.

Fig.4 shows the melting properties of mold

Table 1 Typical properties of mold powders

	Conventional	REVIX-7TW	REVIX-3Y
CaO/SiO ₂	1.5	1.9	1.9
Na ₂ O	8	0	0
T.C	3	11	11
Crystallization temperature(°C)	1145	1100	1120

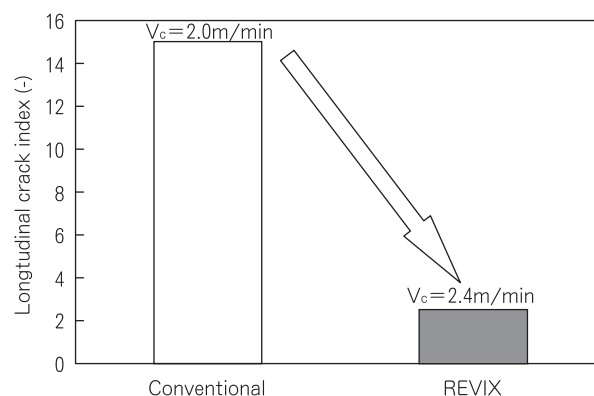


Fig. 5 Result of surface crack.

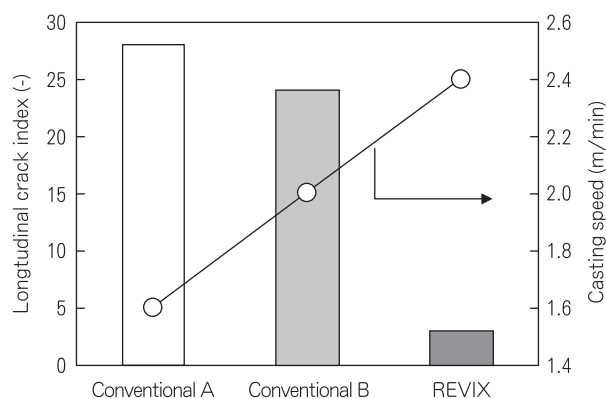


Fig. 6 Trend of surface crack index.

また、Fig. 6 に示すように、従来は縦割れの発生により高速鋳造化が困難であったが、REVIXの適用により縦割れによる手入りを低減しつつ、高速鋳造化が達成され、品質向上と生産性向上の両立が可能となった。

4. おわりに

中炭素鋼特有の表面割れ対策と中炭素鋼の昇速化を目的に、モールドパウダーの組成をLi-カスピダイン領域に設定し、MgO、Na₂Oの調整で速やかに結晶が晶出する新しいタイプのモールドパウダーREVIXを開発した。REVIXの適用によって、中炭素鋼の表面割れが減少するとともに高速鋳造化も可能となり、鋳片手入れコストの削減と生産性向上に大きく貢献している。

powders melted in a high frequency induction furnace. REVIX had same melting properties as the conventional ones.

For higher casting speeds such as 2m/min, REVIX has the above 11% carbon content.

3. Effect of REVIX Use

Table.1 shows the typical properties of REVIX with conventional middle carbon powder.

As Fig.5 shows the one of result of steel quality, the steel plate conditionings are reduced greatly by the use of REVIX product.

Fig.6 shows the results of surface crack index on the steel strands.

By using REVIX, the casting speed was increased greatly with keeping the steel quality because the steel defects were greatly reduced in higher casting speeds.

4. Conclusion

We had developed REVIX, a new mold powder product series, which reduces surface cracks on the steel plates and increases casting speed.

REVIX has faster crystallization speed due to low MgO and Na₂O to form quickly a crystal layer in the slag film at the meniscus.

REVIX contributes to reducing the steel plates conditioning costs and increasing the productivity of casters.