

技術報告

— 83 —

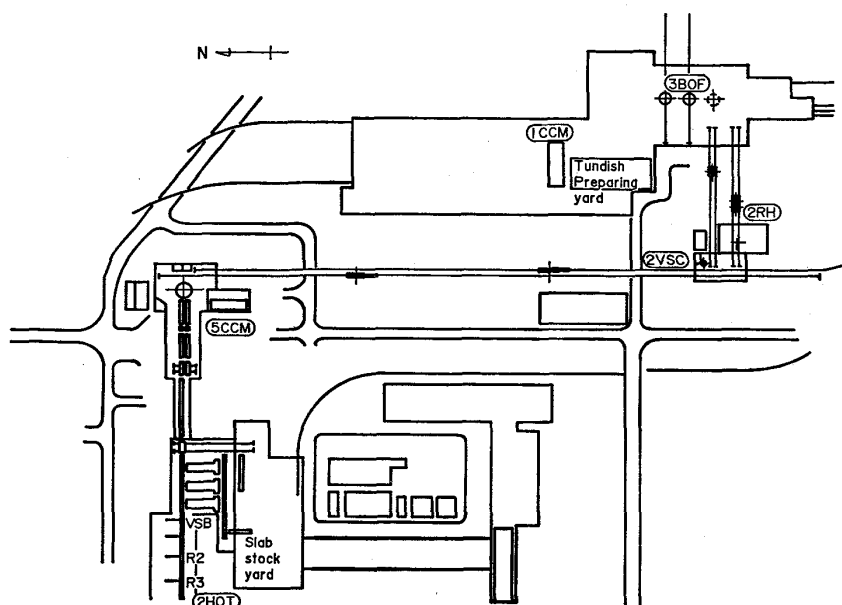


Fig. 1. General layout of Fukuyama No. 5 slab caster.

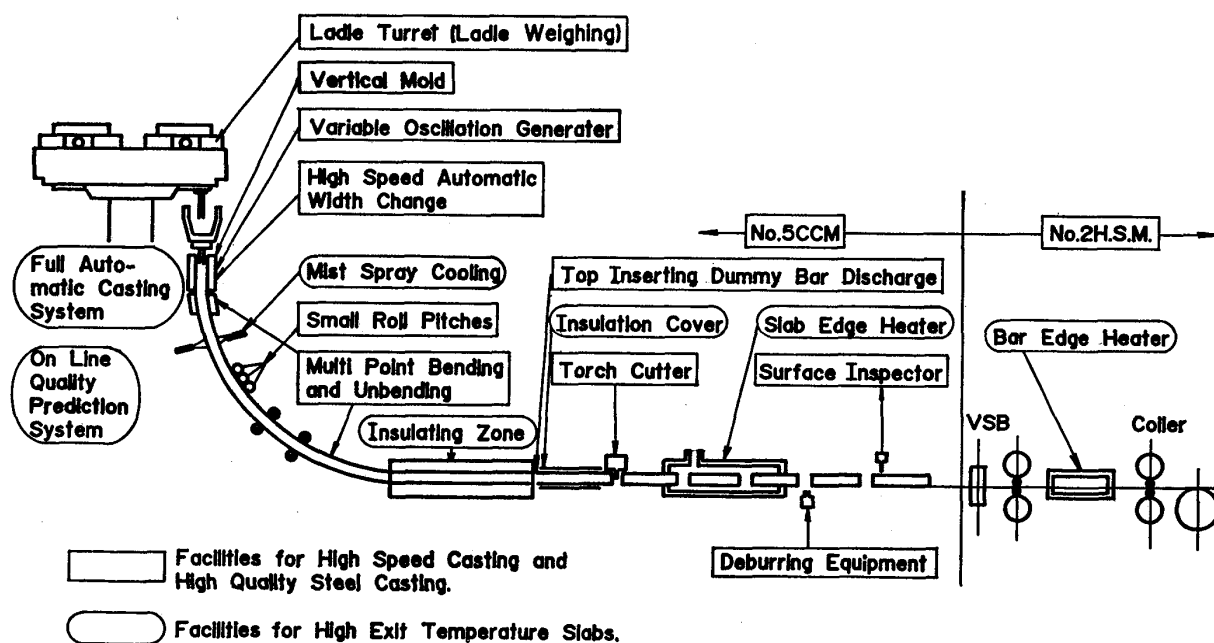


Fig. 2. Features of Fukuyama No. 5 slab caster.

(220 mm) との整合性を取る必要があつたため 220 mm 厚とした。Fig. 2 に第 5 連鋳機の特徴を図示する。

3. 操 業

3.1 操業状況

Fig. 3 に第 5 連鋳機稼動後の生産量及び、HDR 量の推移を示す。生産量は、昭和 59 年 12 月に、当初計画である 180 千 t/月を達成した。HDR 量は昭和 60 年 6 月に、105 千 t/月を達成し、さらに 150 千 t/月に拡大する予定である。

3.2 高速鋳造

HDR を実施する上で、最も重要な課題の一つは、生産能率の高い熱延ミルと連鋳機を、量的にマッチングさせることである。Fig. 4 に第 2 熱延ミルと第 5 連鋳機のプロダクション (t/h) の比較を示す。熱延ミルの能率を低下させることなく HDR を行うためには、鋳造速度 2.0 m/min 以上の高速鋳造操作が必要なが分かる。

以上の点から、第 5 連鋳機は稼動直後より高速鋳造を指向した。月間平均速度は、昭和 59 年 12 月以降 2.0 m/min を超えており (Fig. 5)、最高鋳造速度は 2.5

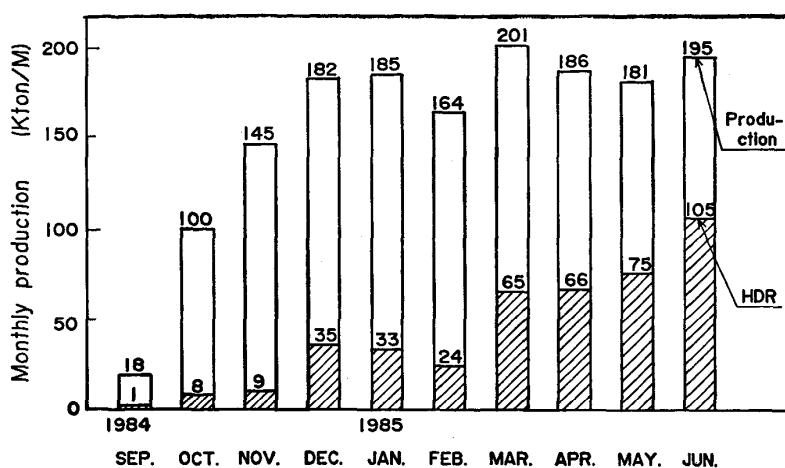


Fig. 3. Transition of production.

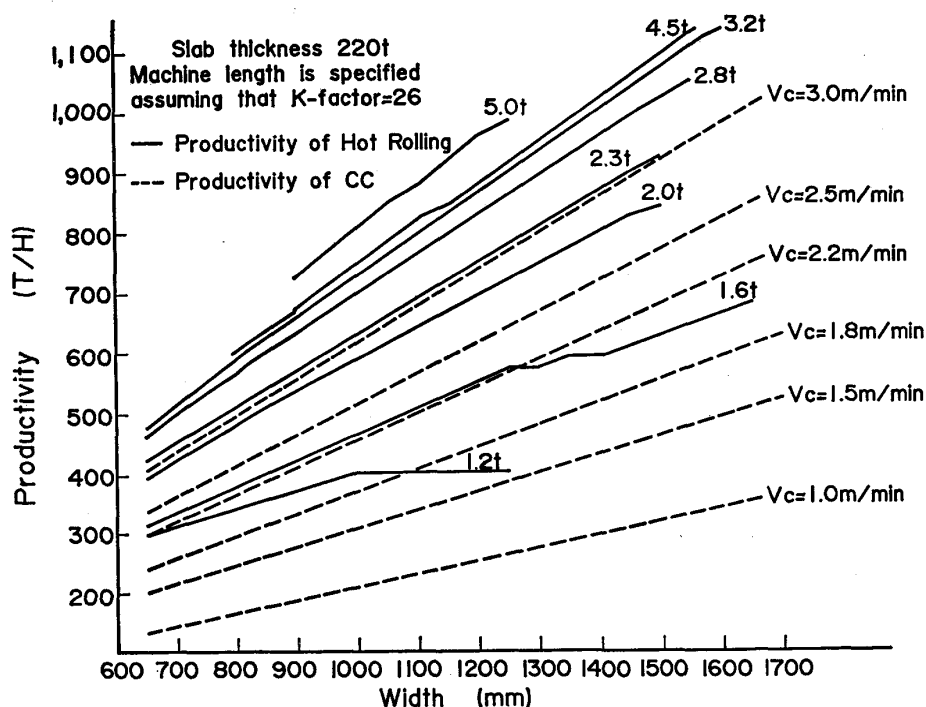


Fig. 4. Productivity of continuous casting and hot rolling.

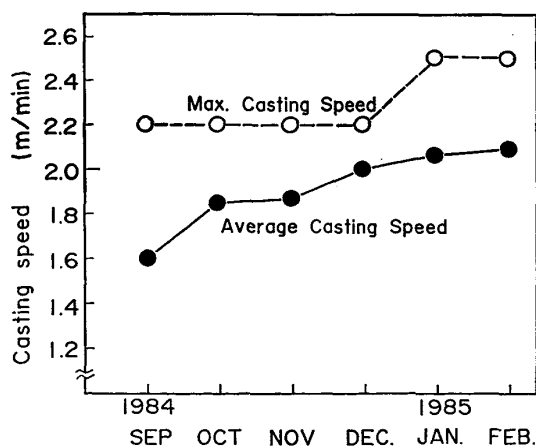


Fig. 5. Transition of casting speed.

m/min に到達している。また、心配されたブレイクアウトの発生は極めて少なく、安定した操作を行っているが⁹⁾、この基礎となった主な技術は以下のとおりである。

3.2.1 高速鋳造用パウダー

一般に、鋳造速度が高くなるに従いモールドパウダーの消費量は減少し (Fig. 6)、高速鋳造下では、鋳片と、モールド間の潤滑不足に起因するブレイクアウトの発生頻度が大となる。そこで、パウダー中に Li を適量添加し、粘性、軟化点をコントロールすることにより、鋳造速度 2.0 m/min 以上においても 0.3 kg/m² 以上の消費量を確保できるパウダーを開発した¹⁰⁾。Fig. 7 にこ

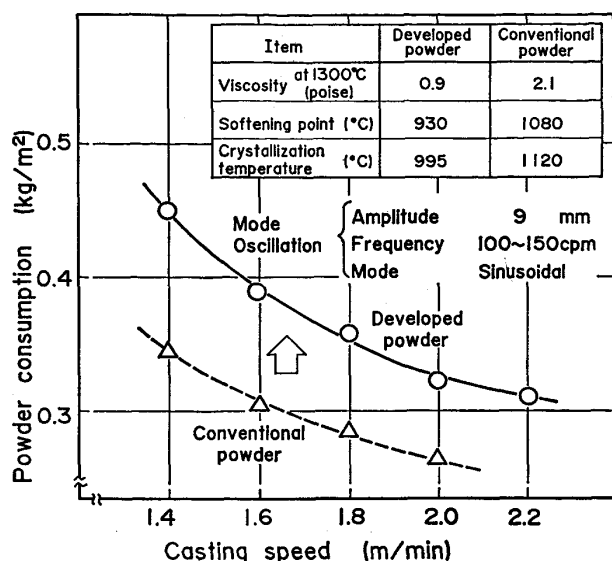


Fig. 6. Relationship between powder consumption and casting speed.

のパウダーを使用し RI によつて測定した 2.2 m/min 鋳造時のモールド直下凝固シェル形状を、Fig. 8 に従来パウダーと新パウダーのモールド内凝固係数の比較を示す。Li 含有モールドパウダーの使用により、均一で健全な凝固シェルが形成されていることが分かる。

3.2.2 非サイン鋳型振動

高速鋳造時に発生する拘束性ブレークアウトの防止を目的として、鋳型の上昇時間を下降時間より長くする非サイン振動を適用している¹¹⁾。非サイン振動によりパウダー消費量を増加させることができた (Fig. 9)。また、振動装置の油圧シリンダーの入側、出側の差圧を計測することにより鋳型と鋳片間の摩擦力を間接的に測定した結果、非サイン振動の適用により摩擦力が軽減している

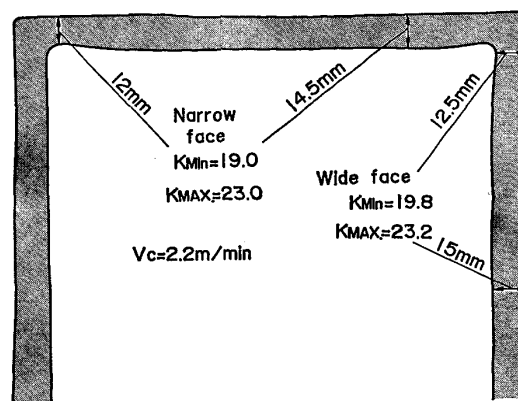


Fig. 7. Shell profile at 875 mm below meniscus.

ことが判明した。

3.2.3 強冷却能モールド

拘束性ブレークアウト防止には、鋳型表面温度を 350 °C 以下に維持することが有効であるとされており¹²⁾、鋳型冷却スリット形状の最適化と流速の確保及び鋳型薄肉化をはかった。(スリット幅: 5 mm, スリットピッチ: 20 mm, スリット深さ: 15 mm, 流速 9 m/s 以上) Fig. 10 に各引き抜き速度における鋳型銅板温度を示す。鋳型表面の推定温度は、max 320 °C であり、高速鋳造時においても表面温度は低く保持されている。(測定位置; 鋳型上端より 140 mm, 幅方向 センターより 300 mm)

3.2.4 鋳型直下支持

高速鋳造時の鋳型直下支持方式として、長辺側はコムグリッドを、短辺側はフートシューを採用し、鋳片の面支持を行つている。また、短辺側はさらに 6 段のサイドラローラーを設置しており、鋳型直下のバルジング性ブレー

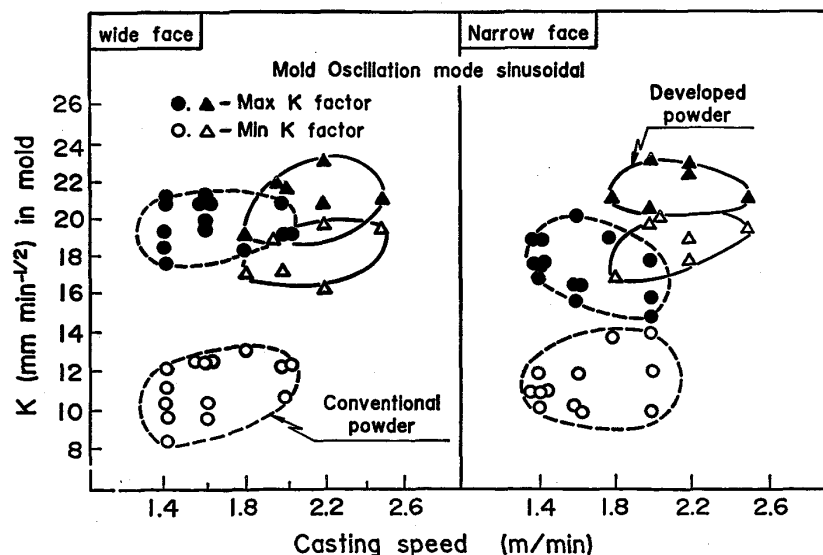


Fig. 8. Effect of mold powder on K factor in mold.

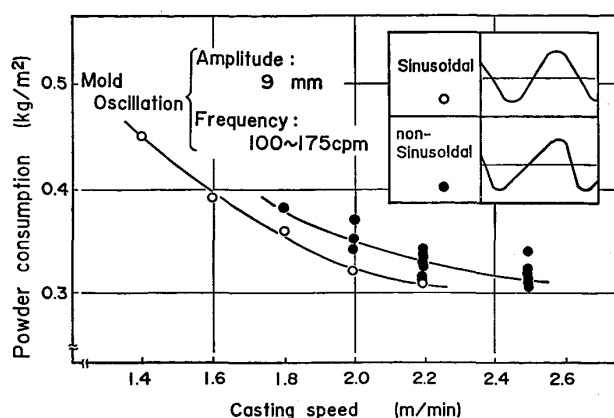


Fig. 9. Effect of non-sinusoidal oscillation on powder consumption.

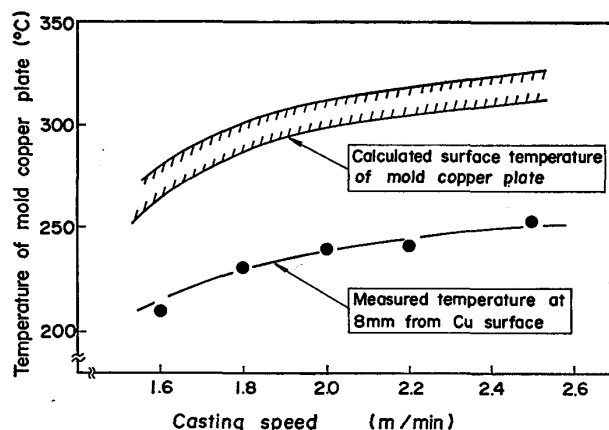


Fig. 10. Relationship between casting speed and temperature of mold copper plate.

クアウトの防止を図っている。

3.2.5 モールドレベル制御

スライディングノズルと、渦流距離計によるモールドレベル制御で、高速铸造時においても湯面レベル変動を最少限(±10 mm 以内)に抑え、铸造安定性の向上及び、表面品質の向上を図っている。

3.2.6 铸造中幅替

2.0 m/min 以上の高速铸造時においても安定して幅替可能とするためモールド短辺を上方方向2軸個別駆動としモールド直下の短辺サポートロールも上下2グループ独立駆動とした。その結果、铸造速度の減速なしで幅替可能となり、熱延の圧延サイズに合わせた铸片の供給が可能となった。

3.3 铸片高温化

HDR を実施する上で、もう一つの重要な課題は、铸片の高温化である。高温铸片を得るためには、温度降下しやすい铸片エッジ部の保温と加熱、铸片凝固潜熱の有効利用及び、搬送ラインでの熱放散量の減少がポイント

となる。以下に第5連铸機で実施している铸片高温化の各種対策を示す。

3.3.1 ミスト冷却

高温無欠陥铸片を得るためには、二次冷却帯での緩冷却及び、均一冷却をはかる必要がある。第5連铸機ではクーリンググリッド部を除き、全二次冷却帯に当社で開発したミストスプレーを採用している¹³⁾。

開発したノズルは、噴霧パターンが安定しており、铸片幅方向の均一冷却性に優れている。また、低気水比でも良好なミストパターンが得られておりランニングコスト上有利である他、ノズル数及び、ノズル詰まり発生が少なく、メンテナンス性においても優れている。

3.3.2 スプレー幅切り

温度低下の起こりやすい铸片エッジ部の過冷却を防止する目的で、スプレー幅切り装置を、铸型直下を除いた全二次冷却帯に設置している。スプレーノズルは、铸片のサイズ及び目標幅切り量に応じて自動的に移動し、スプレーカバー範囲を、容易にまた連続的に調整可能な構造としている。

3.3.3 機内断熱

連铸機の機内後半 16 m を、上下面及び両側面ともに保温カバーで断熱している。その結果、機内断熱帯における未凝固溶鋼からの凝固潜熱の利用と、放熱防止が可

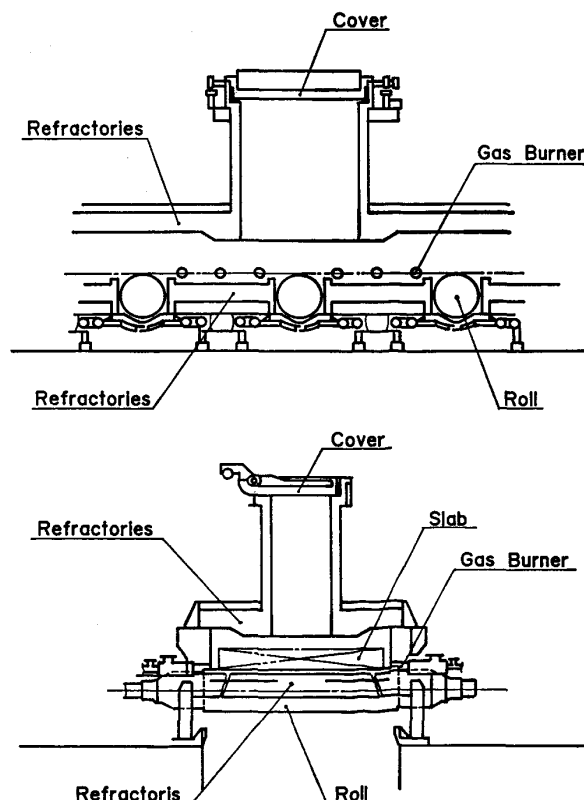


Fig. 11. Slab edge heater.

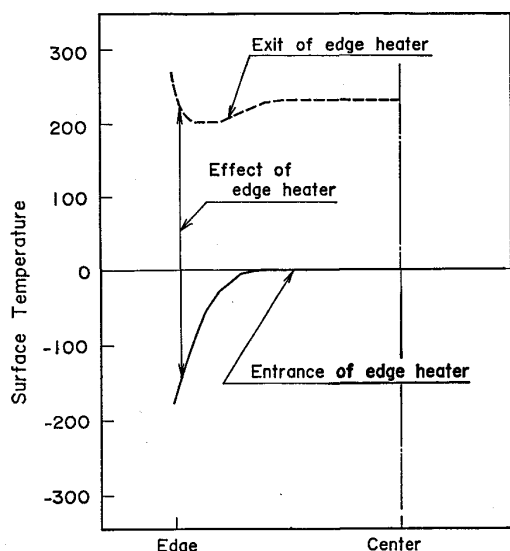


Fig. 12. The effect of edge heater for temperature compensation.

能となり、ピンチロール帯出側で 1000°C 以上の銑片表面温度を得ている。

3.3.4 カッター部保温カバー

カッター切断中の銑片温度降下を防止する目的で、カッター部保温カバーを設置している。カバーは、同調カッター本体の動きに応じて、自動的に保温位置から待機位置へ移動可能な構造としている。

3.3.5 スラグ端面加熱装置 (エッジヒーター)

種々の保温及び断熱対策にもかかわらず、銑片エッジ部は温度降下しやすく、圧延可能な温度を確保するためには、銑片端部を加熱する必要がある。このため、カッター切断後、ガスバーナータイプのエッジヒーター (Fig. 11) で、端部加熱している。エッジヒーターによる昇熱効果を、Fig. 12 に示す。

3.3.6 搬送ライン保温カバー

端部加熱後の銑片は、熱延ミルへ高速搬送されるが、

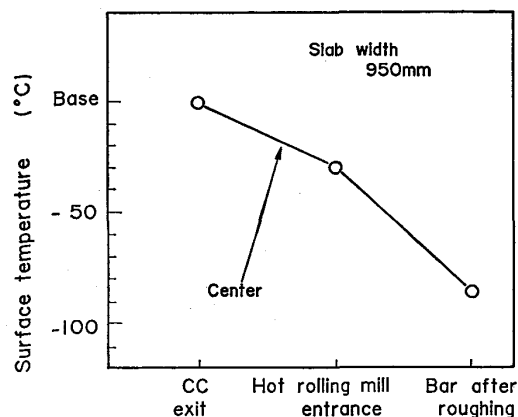


Fig. 13. Temperature transition of HDR slab.

その間の温度降下を防止するため、搬送ラインを全ラインに渡って、主として反射板タイプのカバーで覆い、断熱している。

これらの各種高温化対策の結果、Fig. 13 の連銑機、熱延ミル間の温度推移に示すように、直送圧延可能な高温銑片を得ており、温度条件の厳しい 1.2mm 厚コイルも HDR 可能となつている。また従来加熱炉への冷片装入時、約 30万 kcal/t を要していたエネルギー原単位も、HDR 操業時銑片端部加熱及び粗バー加熱と合わせて、約 7万 kcal/t まで大幅に低減した。

3.4 HDR 材の品質向上

HDR を実施するためには、高速銑造下で、かつ高温条件下において、無欠陥銑片を製造する必要がある。銑片の品質向上が不可欠である。Table 2 に、第 5 連銑機で採用している主な品質向上対策を示す。

銑片表面性状は、高精度モールドレベルコントロールと、適切な浸漬ノズル形状の選定により良好であり、表面割れ欠陥は、ミストスプレーの適用により大幅に低減している (Fig. 14)。また、HDR 材で当初懸念された銑片の温度不足に伴うコイルの機械試験値異常も前項に示す対策により、加熱炉材と遜色の無いレベルとなつている。Fig. 15 に、コイル幅方向での伸びの値を一例として示す。

Table 2. Quality improvement measures of No. 5 slab caster.

Purpose	Counter measures
Surface quality	<ol style="list-style-type: none"> 1. Very accurate mold level control 2. Application of optimum mold powder for high speed casting 3. Optimum design of immersion nozzle 4. Air-mist cooling
Inner quality	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clean steel by VSC and RH treatment 2. Vertical bending type machine 3. Soft-reduction
Quality assurance	<ol style="list-style-type: none"> 1. On-line quality prediction system 2. Surface inspector 3. Roll gap checker

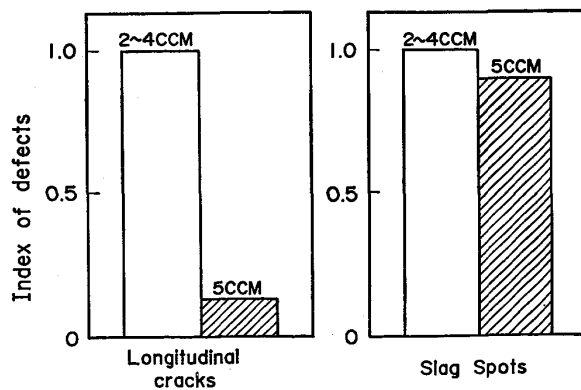


Fig. 14. Results of surface defects on slab.

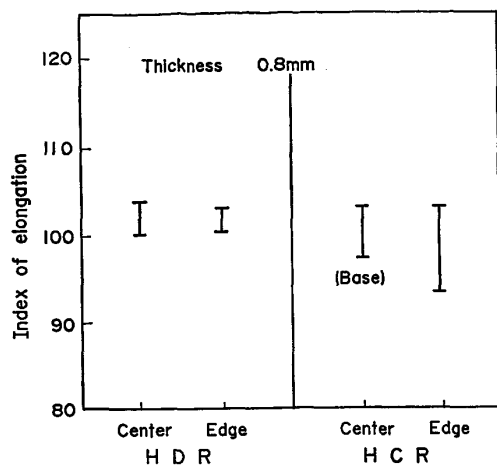


Fig. 15. Comparison of elongation between HDR and HCR.

4. 結 言

日本鋼管福山製鉄所第5連铸機は、稼動以来順調な操業を続け、現在では、生産量 200 千 t/月で、内約 100 千 t/月の HDR を実施している。

HDR を行う上で大きな課題であつた高速铸造技術、铸片高温化技術及び品質向上技術について報告したが、これらの各技術の適用により、現在一部の高級品種と非定常部铸片を除き HDR 可能となり、HDR 対象材は大幅に拡大しつつある。また、従来加熱炉への冷片装入時、約 30 万 kcal/t を要していたエネルギー原単位も、

HDR 操業時铸片端部加熱及び粗バー加熱と合わせて、約 7 万 kcal/t まで大幅に低減した。今後さらに铸造速度のアップによる生産量拡大と、HDR の量的拡大及び、エネルギー原単位のなおいっそうの低減をはかる予定である。

文 献

- 1) 田中 功, 椿原 治, 本多通保, 船津勝海, 山川 洋: 鉄と鋼, 67 (1981), S 926
- 2) 藤沢二次夫, 島 孝次, 河野拓夫: 鉄と鋼, 67 (1981), S 947
- 3) 小野修二郎, 斎藤 実, 吉田義信, 鈴木功夫, 手塚英男, 川高寛明: 鉄と鋼, 68 (1982), S 1010
- 4) 松永 久, 吉井正孝, 貞広真二, 斎藤 実, 福田武幸: 製鉄研究 (1984) 313, p. 1
- 5) 多賀雅之, 小林隆衛, 木村智彦, 山下幹夫, 野下果平: 鉄と鋼, 70 (1984), S 180
- 6) 小谷野敬之, 寺田 修, 内田繁孝, 和田 勉, 田口喜代美, 小島達雄: 鉄と鋼, 71 (1985), S 156
- 7) 大西英明, 福喜多興二, 松村勝己, 江種俊夫, 石坂陽一, 小沢宏一: 鉄と鋼, 71 (1985), S 311
- 8) 大西英明, 和田 勉, 竹中正樹: 鉄と鋼, 71 (1985), S 312
- 9) 小谷野敬之, 内田繁孝, 瀬良泰三, 政岡俊雄, 森孝志, 鈴木幹雄: 鉄と鋼, 71 (1985), S 157
- 10) 宮脇芳治, 半明正之, 白谷勇介, 内田繁孝, 石田寿秋, 寺岡卓治: 鉄と鋼, 70 (1984), S 143
- 11) 水上秀昭, 尾関昭矢, 長谷部信久, 栗林章雄, 内田繁孝, 北川 融: 鉄と鋼, 71 (1985), S 247
- 12) 大西保之, 野田郁郎, 沢田靖士, 木村秀明, 亀山鋭司, 小舞忠信: 鉄と鋼, 70 (1984), S 838
- 13) 宮原 忍, 手嶋俊雄, 内田繁孝: 鉄と鋼, 69 (1983), S 923