
熱間スラブマーキング装置の開発

Development of Hot Slab Spray Marking Device

土田 剛(Tsuyoshi Tsuchida) 佐藤 明宗(Akimune Sato)

要旨：

連铸工場などにおいて、高温のスラブに鮮明な識別記号を自動マーキングしたいという課題は長年の懸案であったが、今回水島製鉄所にて開発と実用化に成功し、第 6 連铸工場において順調に稼動している。600° ～1000℃の高温スラブのマーキングされる端面を一時的に冷却し、紙の文字板を用いて白色水性塗料を吹きつける方式で、10m 離れても識別できる鮮明なマーキングが可能となった。すでに他社に導入され海外からも照会を受けており、今後半製品識別管理の確実化と高熱悪環境作業の廃止のため広く活用されることを期待している。

Synopsis：

In most continuous casting lines, a device has been awaited which can mark distinct identification on the surface of hot slabs. Kawasaki Steel Corporation has recently developed a unique automatic spray marking device for hot slabs of which temperature is from 700°C to 1000°C, and it is now in successful operation at Mizushima Works. In the marking process, a slab surface is descaled and cooled for a while by water jets and then white water paint is sprayed through a paper stencil while the particular surface is still cool. In this way, marks obtained are clear and distinguishable from a distance of ten meters. This marking device has already been installed in other steel company and many inquiries have been made from abroad. A wider acceptance of this device is expected because of its ensuring performance in slab identification and discontinuance of labor in hot and unpleasant environments.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

熱間スラブマーキング装置の開発

Development of Hot Slab Spray Marking Device

土 田 剛*
Tsuyoshi Tsuchida佐 藤 明 宗**
Akimune Sato

Synopsis:

In most continuous casting lines, a device has been awaited which can mark distinct identification on the surface of hot slabs. Kawasaki Steel Corporation has recently developed a unique automatic spray marking device for hot slabs of which temperature is from 700°C to 1000°C, and it is now in successful operation at Mizushima Works.

In the marking process, a slab surface is descaled and cooled for a while by water jets and then white water paint is sprayed through a paper stencil while the particular surface is still cool. In this way, marks obtained are clear and distinguishable from a distance of ten meters. This marking device has already been installed in other steel company and many inquiries have been made from abroad.

A wider acceptance of this device is expected because of its ensuring performance in slab identification and discontinuance of labor in hot and unpleasant environments.

1. 緒 言

近年、製鉄所における大きな省力課題のひとつとして、製品、半製品へのマーキングの自動化が積極的に推進され、その結果として、それらのほとんどは技術的な解決をみて実用化されている¹⁻³⁾。

しかしながら高温のスラブに対し、鮮明な識別記号を自動的にマーキングしたいという要求のみは、長年の懸案課題にもかかわらず未解決のまま残されていた。

水島製鉄所では、昭和48年よりこの課題に着手

し独自の着想に基づく装置の開発に成功した。現在この1号機は第6連铸工場において順調な稼動を続けている。

2. 開発の背景

半製品であるスラブは工場間をハンドリングされるため、識別記号は不可欠であり、工程管理上重要な役割を持っている。連铸工場などにおいては、生産されたスラブは一般に冷却床に山積みされて冷却される。それゆえ定位置で自動マーキングを行うには、600°~1000°Cというテーブル上の

* 水島製鉄所システム部付主査(課長待遇)
(昭和53年10月23日原稿受付)

** 水島製鉄所システム部制御技術室主査(掛長待遇)

高温スラブに行わなければならない。

これまで刻印方式や鉄片鋌打方式などが一部で採用されていたが、いずれも遠くから見えるほど鮮明なマークではないので、冷却後人手により再マーキングする必要があった。

昭和48年、当時の労働力不足を背景に水島製鉄所における効率化テーマのひとつとしてこの問題が提起され、これまでの方式の改良では満足すべき結果が期待できないという判断から、新しい方式の開発に着手することになった。鮮明なマーキングという点では、ステンシルによる塗料吹付方式が最も有効であり、多くの特許が申請され開発の試みもなされていたがいずれも実現には至らなかった。その最大の理由は、対象が高温スラブということでステンシルとしては耐熱性の金属板を用いるという発想に起因していた。実際にこの方式で鮮明なマーキングを行おうとすると高温スラブにステンシルを近接させる必要があり、このとき激しい輻射熱をうけて熱硬化性の塗料がステンシル自体に強固に固着堆積し洗浄除去が非常に困難であった。そこでこれまでと全く発想を変え、 $600^{\circ}\sim 1000^{\circ}\text{C}$ という高温スラブに対し、ステンシルとして紙を用いるという試みを行い、これが解決の発端となった。まず紙であれば低価格なので使い捨てにでき塗料の付着堆積という問題はなくなる。次に金属と異なり柔軟性があり、凹凸のあるスラブ端面に密着し鮮明にマーキングできる。したがって、問題はマーキングが完了するまでいかにして燃えにくくするかにあった。紙を厚くしたり、湿らせることも効果はあったが十分ではなかった。石綿を含めると効果は大きいですが、価格が高くランニングコストからみて無理であった。このような試行の末たどりついた結論は、スラブ端面を一時的に冷却するという方法であった。確認実験により次のことがわかった。水噴射により、スラブ表面温度は一旦約 300°C 以下まで低下し、その後徐々に復熱していき元の温度近くまで戻る。一方、紙が火炎を発して燃焼を開始する発火点は $400^{\circ}\sim 500^{\circ}\text{C}$ である。したがって、この温度に復熱するまでの時間的余裕により紙製のステンシルを接触させマーキングを行うことは十分に可能となり、最大の問題は解決をみるに至った。いわば高温スラブに対しては耐熱性のあるステンシルとい

う思いこみをなくし、燃えやすい紙を用いたことと、対象をそのままにして難しい策を講じるのではなく、対象自体から一時的にその困難さを取り除くという発想の転換が問題解決の糸口を生んだといえる。後で述べるように、この一時的に冷却するという方法は、その他の問題を解決するにも役に立った。

昭和49年水島製鉄所第6連鑄工場の建設開始にあたり要求が具体化し、研究開発課題のひとつとして実施することになり、昭和50年に装置の具体的な機構計画図を作成し、日本レギュレータ㈱で試作に入った。そして昭和52年12月の試運転において、高温スラブへの鮮明な自動マーキングが初めて達成された。

3. 技術検討経緯

開発の過程で生じたおもな問題と解決に至った方策とを以下にのべる。

3.1 ステンシルへの塗料の固着

前述のように、紙のステンシルを用いて使い捨てにするという方式によって一応この問題は解決した。紙としては安価なダンボール原紙を用い、文字の打ち抜きやすさ、ハンドリングの容易さ、燃焼開始の遅れ時間の実験から厚み 0.4mm 程度のものに決定した。

ステンシル紙の燃焼防止対策としては、通常の連鑄スラブ温度の場合、 $15\text{kg}/\text{cm}^2$ 前後の圧力水を $10\sim 20\text{s}$ 間に1回あたり $50\sim 120\text{l}$ 噴射した。そうするとマーキングされるスラブ表面温度はいったん約 300°C 以下に下がり、徐々に復熱して紙の燃焼開始温度 $400^{\circ}\sim 500^{\circ}\text{C}$ を越えるまでに 10s 前後の余裕をとることができる。ステンシル紙をスラブ表面に接触させて、塗料の吹付けを完了する時間は約 5s なので、十分にゆとりをもってマーキングすることができる。なおこの水噴射は後述するスケールの除去を兼ねている。一般のスラブ連鑄機では、スラブの重量を測定する秤量テーブルがトーチカッタの後に設置され、そこで 20s ほどスラブが停止するので、この位置で水噴射を行うと余分にスラブを停止させる必要がなく有利である。

3・2 スケールによる塗料の脱落防止

かりに高温スラブに対し塗料によりマーキングができたとしても、スラブ表面に発生するスケールとともに脱落し、大半は消失してしまう。

連铸スラブのトーチ切断面の場合も、切断後数minで薄いスケールが発生し、その上に塗料を吹付けても、その後のスケールの成長はく離とともに消失し用をなさなかった。

マーキング直前にスラブ表面に圧力水を噴射することは、この問題の解決にも役立った。圧力水噴射によりそれまでに発生していた初期スケールのうち脱落しやすいものは、水圧と熱収縮によりはく離した。その後、吹付けられた耐熱塗料は熱と化学反応によりスラブ表面に強固に付着した。この付着した塗料はその後のスケール成長をおさえ、数kg/cm²の水を噴射しても水に浸しても消失することはなかった。

3・3 熱気流などの塗料付着阻害要因の除外

高温スラブの表面には激しい熱気流が存在する。さらにスラブ表面に接触した塗料は瞬間的に気化する。それゆえ、そのまま高温スラブに塗料を吹付けても、大部分は飛散し鮮明なマーキングは達成できないし、塗料のランニングコストも高いものとなる。

この問題も前項と同様、マーキングされる端面

を一時的に水冷することによって解決した。

3・4 塗料によるノズル詰まりの防止

塗料は、開発当初までに市販されていた特殊耐熱塗料を用いた。これは水溶性の無機質塗料であるが、一般の塗料以上に沈殿しやすくノズル詰りを生じやすいものであった。

この問題は常時塗料を攪拌させるとともに、市販ノズルを改造してノズル内部を経由して塗料を循環させることにより解決した。

4. 装置の構成と標準仕様

4・1 装置の構成

Fig.1にマーキング装置の概念図を示す。ステンシル紙の流れにそって右の方から説明すると、まずリールスタンドから送られる帯状のステンシル紙は、文字打抜装置によってFig.2に示すような文字が打ち抜かれる。その後ステンシルテーブルへ送り出され、カットによって一定長さに切断される。次にステンシル移送台車に設置された吸着ホルダーがステンシル紙を真空吸着して、高温スラブの停止位置まで搬送する。一方、指定位置へ停止したスラブの端面は、水噴射装置によってスケール除去と冷却が行われており、それが完了すると同時にリフティングシリングによってステ

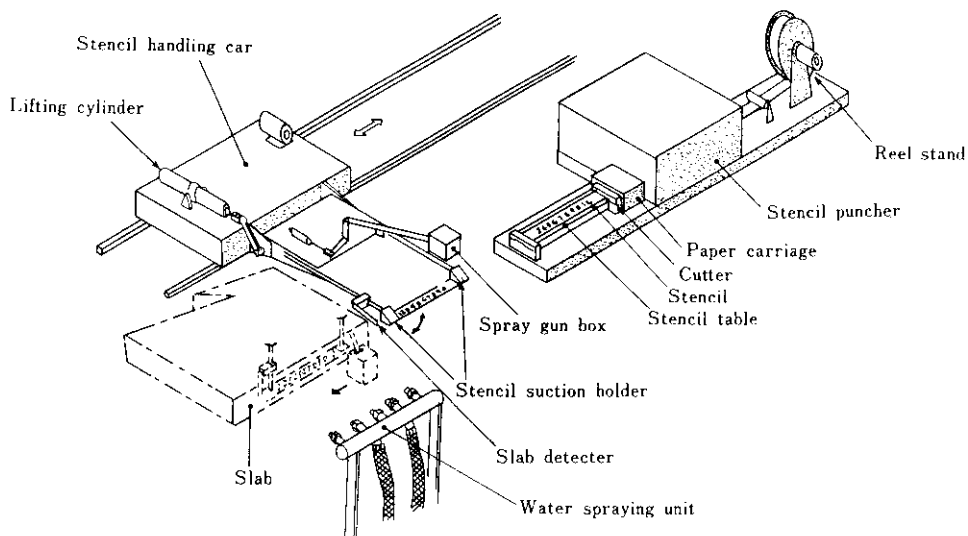


Fig.1 Schema of the marking machine

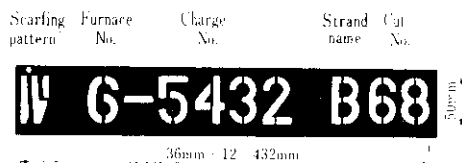


Fig.2 Example of punched letters

ステンシル吸着ホルダーが旋回下降し、ステンシル紙をスラブ端面に接触させる。マーキングされるスラブ端面は 300℃前後に冷却されているため、復熱する 10 数 s 間はステンシル紙は燃焼することなく密着することが可能であり、この時、塗料吹付ガンが横移動しながら塗料を噴射し、ステンシル紙を通して鮮明なマーキングが達成される。Photo.1 にマーキング装置の主要部を、Photo.2 にマーキング中のスラブを示す。これらの写真では、塗料吹付ガンはステンシル移送台車と別に走行するようになっているが、2号機以後のものは Fig.1 に



Photo.2 Slab on marking

しめずように両者を一体化し、装置の簡略化を図っている

Photo.3、Photo.4 はマーキングされたスラブが冷却された後に撮ったもので、スケールとともに脱落することなく 10m 近く離れたところから

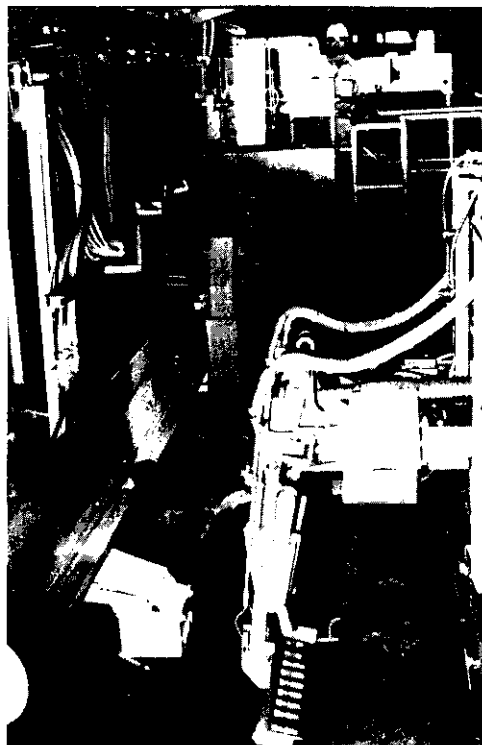


Photo.1 Main parts of the marking machine

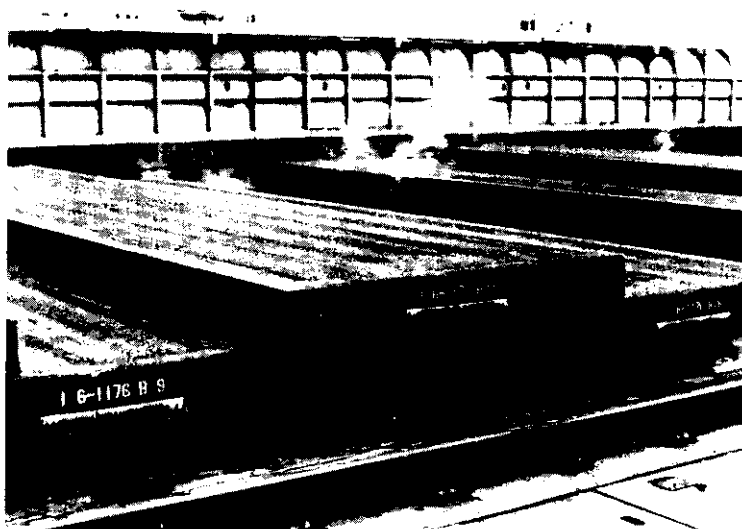


Photo.3 Marked Slabs

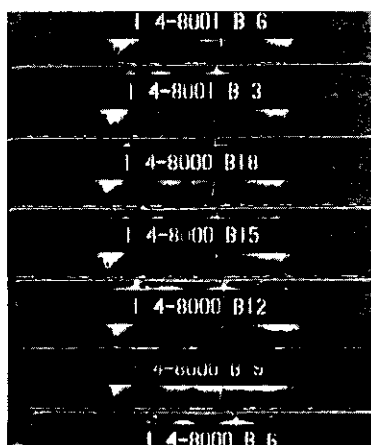


Photo.4 Cooled slabs with sprayed marks

でも判別できるほど鮮明である。Fig.3に2ストランドスラブ連铸機にこの装置を導入したときの一例を示す。

4.2 標準仕様

連铸スラブのトーチカットによる切断面にマーキングする場合の標準仕様を下記に示す。

(1) スラブ仕様

- (a) スラブ厚み：70mm以上
- (b) スラブ温度：600°～1000° C
- (c) スラブ停止精度：±100mm
- (d) スラブ端面表面粗さ：10mm以下

(2) マーキング仕様

- (a) 文字サイズ：50mm高さ×30mm幅
- (b) 文字ピッチ：最小36mm
- (c) 文字の種類：数字、アルファベットほか
- (d) マーキングサイクル：最小40s
- (e) マーキング塗料：TiO₂系水性無機質塗料
デタ設定方法は下記のいずれの方式も可能である。

(1) 上位計算機とのリンケージ方式

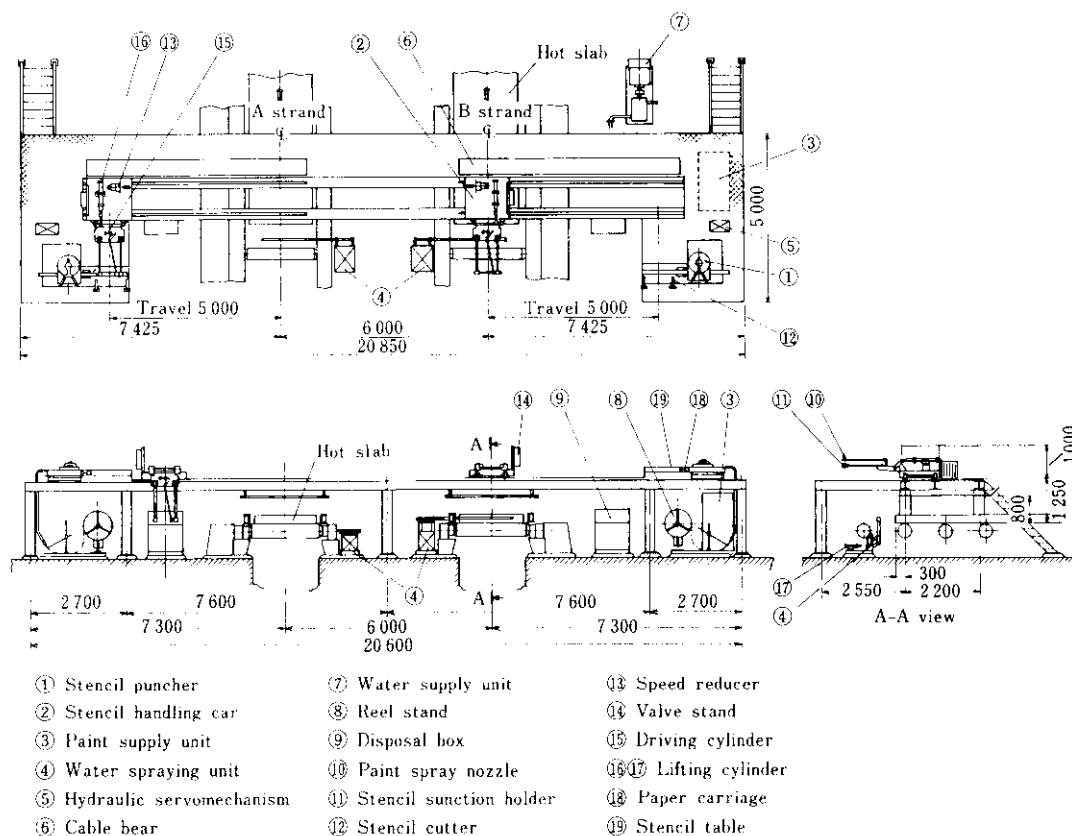


Fig.3 Installation example of the marking machine

Table 1 Comparison between a conventional stamper and a spray marker

	Conventional stamper	Hot slab spray marker
Reliability	Several percents of marks are not distinguishable because of slab surface roughness	All the marks are distinguishable
Distinction	Not identified from 3m apart	Identified even from 10m apart
Atmospheric corrosion resistance	Marks usually fade away with scale exfoliation	Clear even after one year of storage at open yards
Labour saving effect	Manual paint marking is necessary	Manual paint marking is completely unnecessary
Initial investment cost for one unit	\$ 150 000 ~ \$ 200 000	\$ 150 000 ~ \$ 200 000

- (2) カードリーダー方式
- (3) キーボード設定
- (4) デジタルスイッチ設定

5. 装置の特徴

これまで熱間スラブにマーキングを行う代表的なものとしては刻印機（スタンプ）があった。本装置は、刻印機との比較（Table 1 参照）からもわかるように下記のような特徴を有している。

(1) マーキングの確実性

連铸スラブのトーチカッタ切断面は4~5mmの凹凸はさげえない。したがって刻印方式では、数%の判読できないマークの発生を防ぐことが不可能であったが、この塗料吹付方式では10mmまでの凹凸があっても判読可能である。

(2) マークの鮮明度

刻印によるスラブ表面のマークは、数m離れると判別が困難である。一方、実際のスラブのハンドリング作業ではそれ以上の距離からの識別が必要なため、人手による再マーキングを除くことができない。しかし本装置では、マークの寸法は50mm×30mmと比較的小さいが、白色塗料による鮮明なマーキングなので10m離れたところからでも識別することができる。

(3) マークの堅固さ

白色塗料はスラブ表面に熱と化学反応により強く固着しているので、マーキング後数kg/cm²

の圧力水を噴射しても全く消失せず機械的に削りおとすのも困難なほどである。したがってスラブを水に漬けて冷却したり、長時間屋外に放置しても鮮明さを失うことはない。

(4) 完全自動化

本装置は連铸工場においてトーチカッタの後の秤量テーブルに設置し、全自動より完全無人運転を行っている。すべての動作は起動点から終点までリミットスイッチなどにより時間監視し、かりに装置が故障した場合でもすぐに気付いて迅速に処置できるよう十分な配慮を払っている。

6. 結 言

600°~1000°Cという高温の連铸スラブに鮮明なマーキングを行うという課題は、ステンシルとして紙を用い、マーキングされるスラブ端面を一時的に冷却するという着想が核となっておもな問題の解決を見、はじめて自動マーキングが可能となった。本装置に関する特許、実用新案は海外を含めて申請されている⁴⁾が、すでに国内他社にも設置され、海外からも照会がきており客観的評価をうけつつある。今後半製品識別管理の確実化および高熱悪環境作業の廃止に役立つ装置として活用されることを期待している。最後に装置の具体化にあたって御尽力いただいた日本レギュレータ㈱の各位に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 小川：鋼板マーキング装置，日本鉄鋼協会共同研究会第61回計測部会資料 計61 3 1, (1975)
- 2) 三浦，守谷，飯田，瀬川，佐藤，増田，石井：水島製鉄所第2厚板工場の自動化，川崎製鉄技報，8 (1976) 3, 74
- 3) 佐藤：第2厚板工場の自動化機器，日本鉄鋼協会共同研究会第64回計測部会資料 計64 3 5, (1976)
- 4) たとえば，川崎製鉄㈱：特公昭53-46210

