

.....  
**技術報告**  
 .....

UDC 621.746.047 : 669.14-147-412 : 621.785.1-932

**連続铸造スラブの熱片直送**

植田 嗣治\*・平原 弘章\*・桑原 明夫\*  
 渡部 忠男\*・松井 健一\*<sup>2</sup>

**Hot Charge of Continuously Cast Slabs**

*Tsuguharu UEDA, Hiroaki HIRAHARA, Akio KUWABARA,  
 Tadao WATANABE, and Kenichi MATSUI*

**Synopsis :**

Kashima Steel Works has three casters. The products quality of these casters are very high and approximately 150 000 tons of products are monthly hot-charged into reheating furnaces to improve energy consumption.

In this paper, the following items are described.

(1) Hot charge of low carbon aluminum killed steel.

Decrease in sub-surface  $Al_2O_3$  inclusion and development of the deburring equipment of slabs.

(2) Hot charge of 40 kg/mm<sup>2</sup> grade steel.

Decrease in longitudinal cracks of slabs and development of the optical inspection system for hot slabs.

**1. 緒 言**

鹿島製鉄所は、昭和 51 年に連铸スラブの熱片直送をプロセス化し、現在では、月間約 15 万 t を実施するに至っている<sup>1)</sup>。これは、当所連铸材の 40~45% の熱片比に相当し、省エネルギーに大きく寄与している。当初は、薄板用低炭 Al キルド鋼スラブから手始め、その後の連铸铸込技術の改善や熱間探傷技術の開発に伴い、現在では、厚板・熱延用 40 級鋼にまで、熱片対象を拡大している。

本報では、鹿島製鉄所における最近の連铸材熱片比率拡大化状況について概説する。

**2. 連铸設備および熱片直送の現状****2.1 連铸設備概要**

鹿島製鉄所は、最近稼動した低機高型連铸機 (SH-CC) を含めて、3 基の連铸機を有し、月間約 35 万 t を製造している。これら連铸機の概要を Table 1 に示す。当所連铸機の特徴として、No. 1 CC は厚板用素材供給が

主体であり、No. 2 CC は、熱冷延用素材が主体となっている。

**2.2 熱片直送の現状**

昭和 51 年に薄板用低炭 Al キルド鋼連铸スラブの熱片直送をプロセス化して以来、その直送量は急増している。Fig. 1 は、最近の熱片直送量推移を示す。現在、月間約 15 万 t の連铸材が熱片直送されており、最近では厚板用 40 級鋼の熱片比率の増加が顕著である。この熱片直送システムは、铸片の完全無手入を前提としており、表面品質を安定して良好に維持することが不可欠である。また、このシステムは、連铸工場、圧延工場と工程計画部門との緊密な関係によつてはじめて有効に機能するため、Fig. 2 に示すような熱片の流れに沿った迅速な情報伝達が極めて重要である。

**3. 薄板用低炭 Al キルド鋼連铸スラブの熱片直送**

主として冷延用に供される低炭 Al キルド鋼スラブの品質上の最大の問題は表面疵である。この表面疵は、ス

昭和 55 年 11 月 10 日受付 (Received Nov. 10, 1980)

\* 住友金属工業(株)鹿島製鉄所 (Kashima Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 3 Aza-Hikari Oaza-Hikari Kashima-cho Kashima-gun 314)

\*<sup>2</sup> 住友金属工業(株)中央技術研究所 (Central Research Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

Table 1. List of continuous casting machines in Washima Steel Works

		NO.1 CC	NO. 2 CC	SH - CC
Furnace		BOF x 3		
Ladle Capacity		270 tons		
Start up		Sep. 1972	June 1974	July 1979
CC Machine	Type	Curve	Curve	Curve(SH)
	Tundish (tons)	32	32	17
	Length (m)	23.8	28.8	22.4
	Strand radius (m)	12.5	12.5	5.8 ~ ∞
	Number of strand	2	2 (3)	1 (2)
	Section of cast products (mm)	Width	950 - 2100	950 - 2100 (700 - 975)
	Thick-ness	220 - 250	270 - 300 (270)	250 - 300 (300)
	Length	10,500	10,500	10,500
Monthly productivity (tons)		160,000	160,000	30,000
Steel grade		C - steel Low alloy	C - steel Low alloy	C - steel Low alloy
Main final products		Heavy plates, Sheets	Sheets	Sheets, H - shapes

( ) Twin casting

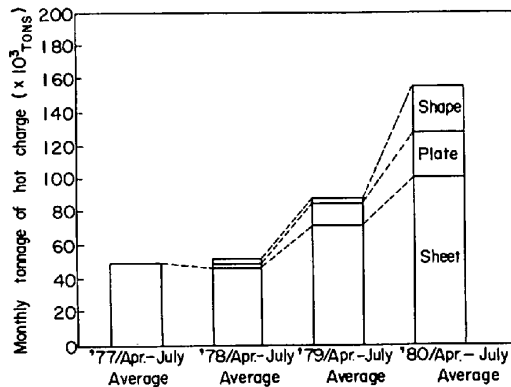


Fig. 1, Transition of hot charge tonnage.

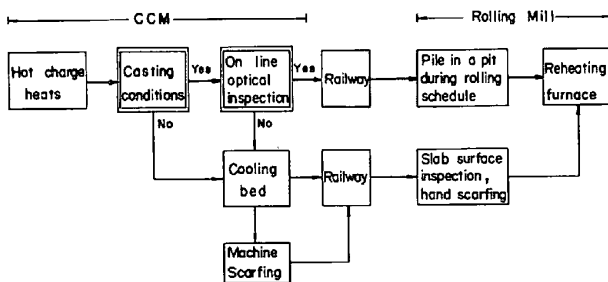


Fig. 2 System of "Hot charge" for sheet and plate.

ラブにおける「砂カミ」であり、冷延鋼板においては、「スリパー疵」となつて現れる。この主因は、スラブ表層直下のアルミナクラスターであることが知られており、熱片直送可否は、この肌下介在物をいかにして減少させるかという問題に帰結すると言つても過言ではない。このため、当所では、以下に示すようなアルミナ介在物低減対策を実施している。

3.1 スラブ肌下介在物の低減

冷延用低炭 Al キルド鋼スラブの肌下介在物を減少さ

せるためには、以下の2つの基本施策が必要である。

- i) モールドインプット介在物量を減らす
  - ii) モールド内凝固シェルへの介在物捕捉量を減らす
- 具体的には、i)として、レードル内 Ar ソフトバブリングによるアルミナ介在物の浮上分離、レードル注入流の空気酸化防止およびタンディッシュ内介在物浮上分離を促進するための各種改善が、また ii)として、凝固前面で強い洗浄効果を有する適切な浸漬ノズルの使用および溶鋼温度と鋳込速度の適正管理が重要である。

Fig. 3 は当所で実用化に成功したタンディッシュポーラス上ノズルを示す<sup>2)</sup>。ポーラスれんがを通して流される Ar ガスは、大型介在物の浮上分離に大きな効果がある。またタンディッシュ内での介在物浮上分離を促進するため、鋼浴深さを増して堰を設置することは有効である。Fig. 4 はタンディッシュ鋼浴深さを増したことによる鋼中酸素レベルの差を示す。鋼浴深さを 610 mm から 900 mm に増すことにより、2 ~ 3 割の低減が認められる。

モールド内の凝固シェル前面に適切な流動を与えることは、洗浄効果という意味で肌下介在物の低減に効果がある。Fig. 5 は浸漬ノズル形状の影響を示す。スラブ全幅にわたつて強い洗浄効果を与えるように開発されたノズルタイプ B は、肌下アルミナクラスター低減に顕著な効果がある<sup>3)</sup>。

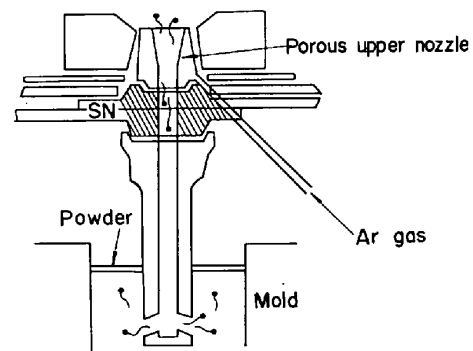


Fig. 3 Schematic diagram of Ar bubbling through porous nozzle.

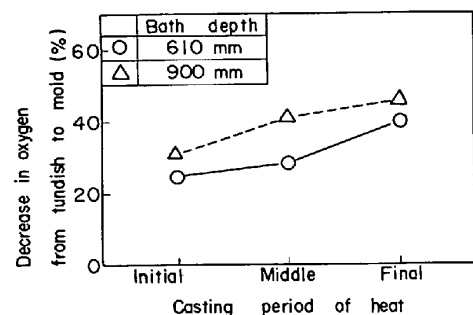


Fig. 4 Effect of tundish capacity on the oxygen level of molten steel.

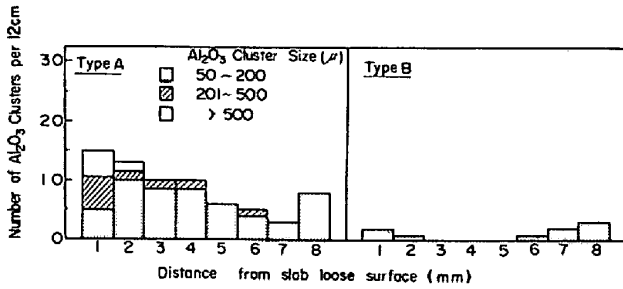


Fig. 5 Effect of the submerged nozzle on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> clusters in subsurface of the slab.

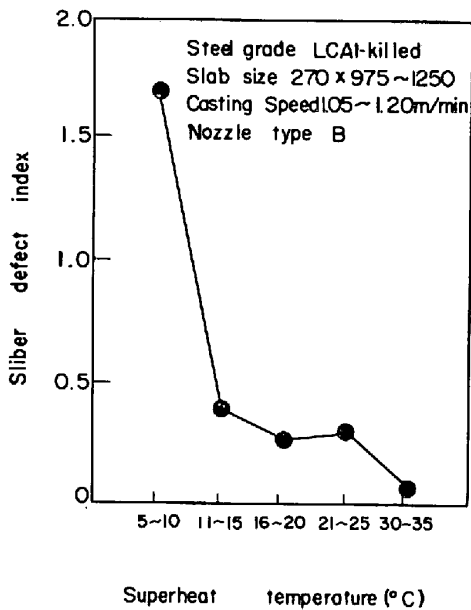


Fig. 6 Relationship between casting temperature and sliver defects on cold rolled surface.

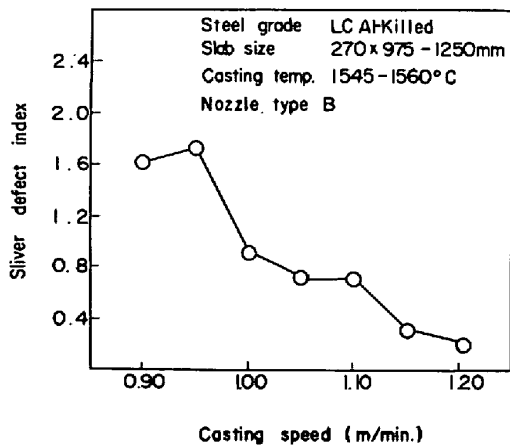


Fig. 7 Relationship between casting speed and sliver defects on cold rolled sheet surface.

上述の種々の改善に加えて、メニスカスシエルの温度と形状に影響をおよぼす鋳込み温度と鋳込み速度の適正管理も重要である。Fig. 6, 7 に、冷延鋼板スリパー疵におよぼす鋳込み温度と鋳込み速度の影響を示す。高温

高速鋳込みを指向すべきである。このように、肌下介在物に関する限り、鋳込み条件が敏感に影響するため、熱片直送可否に際しては、鋳込み条件判定精度が重要な因子となる。

3.2 連鋳スラブのオンラインバリ取り装置の開発

熱片直送材は、Fig. 2 に示したように、鋳片の手入工程が無い場合、スラブ切断時の溶着バリ残存の問題が生ずる。この溶着バリは、圧延鋼板とロールに疵をつけるため、圧延前に必ず除去する必要がある。当所は、この問題に対処して、昭和 52 年にオンラインバリ取り装置を開発した。これは、Fig. 8 に示すように、搬送スラブ端部が通過する際、昇降自在のバイトを上昇させ、バイトによつてスラブ下端に溶着したバリを機械的に掻き取ることを特徴とする装置である。除去後のバリはバスケットに入るようになっていいる。この装置は完全自動化されており、熱片直送のプロセス化当初から全スラブに対して適用され効果をあげている。

4. 厚板・熱延用 40k 級鋼連鋳スラブの熱片直送

低炭 Al キルド鋼の場合と異なり、40k 鋼スラブの品質上の問題は、スラブにおける「縦割れ」であり、鋼板においては「線状疵」となつて残存する。これは主として、成分系に基づくものであるが、熱片直送に際しては、この縦割れの低減が前提となる。また、現状の鋳込み条件コントロールによつても、縦割れを常に皆無に維持することは困難であるので、熱片直送を安定して実施するためには、縦割れを熱間探傷して、スラブの表面品質を下工程に対して保証することが不可欠となる。

4.1 スラブの縦割れ低減

当所は、連鋳マシン特性および品質上の要請から、二次冷却に関しては、一貫して強冷却操業を基本としている<sup>4)</sup>。このため、40k 級鋼スラブのコーナー横割れは皆無となつており、熱片直送をする上での唯一の障害は、

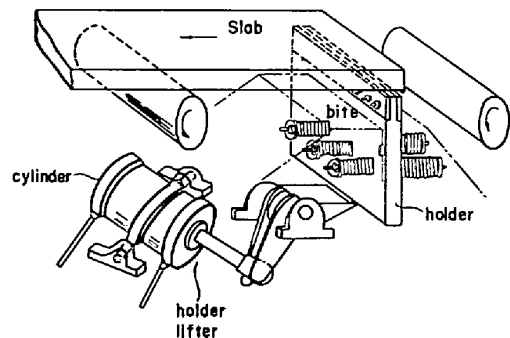


Fig. 8 Schematic diagram of on-line deburring equipment for slab CC.

ときおり発生する縦割れにあるといえる。これは、主として、縦割れ感受性の大きい成分域<sup>5)</sup> ( $\%C=0.11\sim 0.15$ ) を汎用していることに基づくものである。

縦割れは、初期の不均一凝固<sup>5)</sup> と応力付加に起因するため、その低減対策は初期凝固の適正コントロールに向ける必要がある。このため、当所では、マシン上部アライメント、モールド内湯面変動およびパウダーの3点を特に重点管理している。

モールドとファーストローラエプロンの芯ずれは、縦割れを発生させやすいので、通常0.5 mm以下の芯出し精度が必要である。また、初期凝固を適正コントロールするためには、モールド内湯面レベルの変動( $\Delta l$ )を小さく維持する必要がある (Fig. 9)。当所では、早くから、Fig. 10 に示すような自動鋳込み<sup>6)</sup> を実施してお

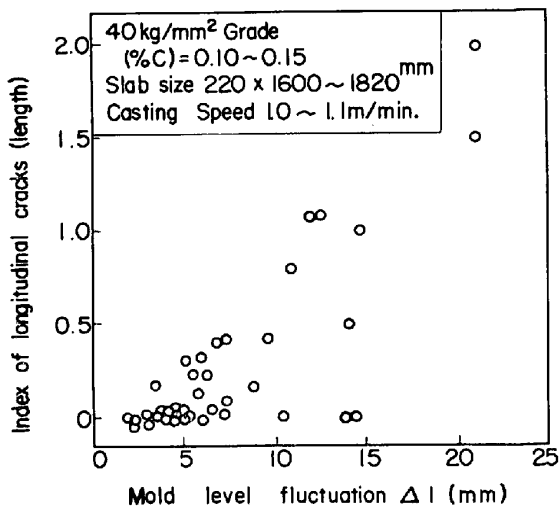


Fig. 9 Effect of mold level fluctuation on longitudinal cracks of slabs for plate.

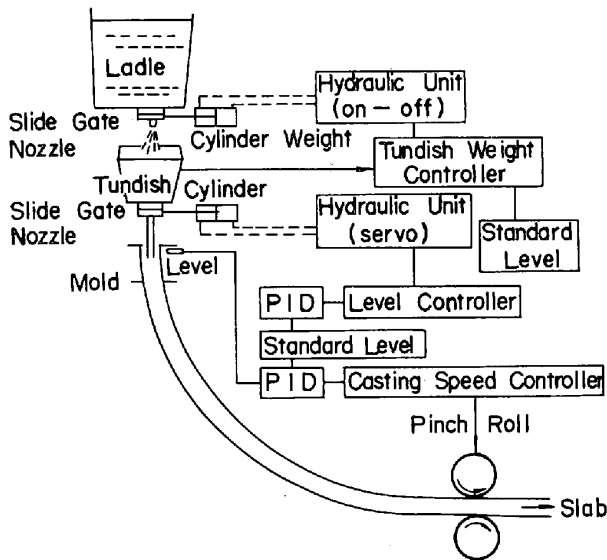


Fig. 10 Outline of automatic casting system.

り、通常鋳込み時は  $\Delta l \leq 6 \text{ mm} (\pm 3 \text{ mm})$  に制御されている。パウダーは、当初の粉末状から顆粒状に改善をはかると同時に、モールド湯面への均一添加をはかるため、Fig. 11 に示す自動供給機を開発適用している。

4.2 連鋳スラブの熱間探傷技術開発

成分的に縦割れ感受性の大きい40k級鋼を熱片直送するためには、上述の対策によつて、鋳片の表面性状を良好に維持すると同時に、良好熱片であることを保証することが必要である。

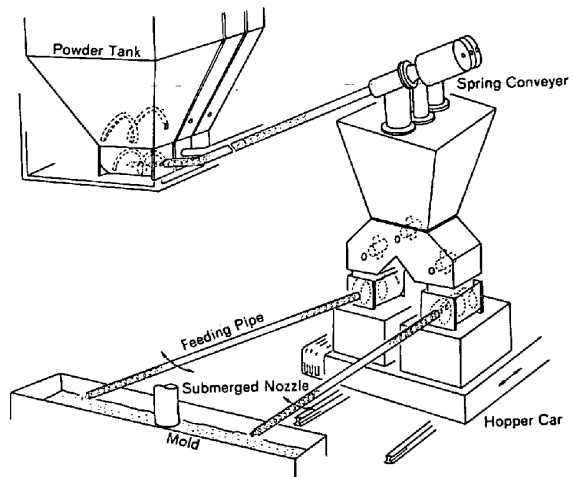


Fig. 11 Automatic powder feeding control system.

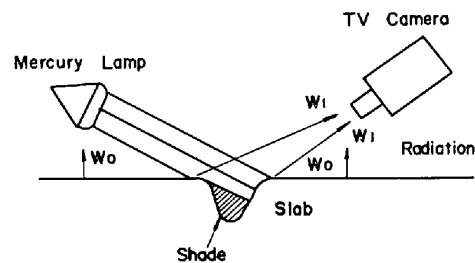


Fig. 12 Schematic diagram of taking reflection image of slab surface defects.

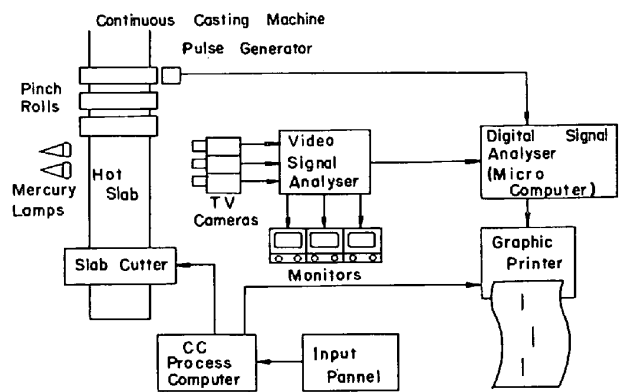


Fig. 13 Schematic diagram of TV inspection system for hot slabs.

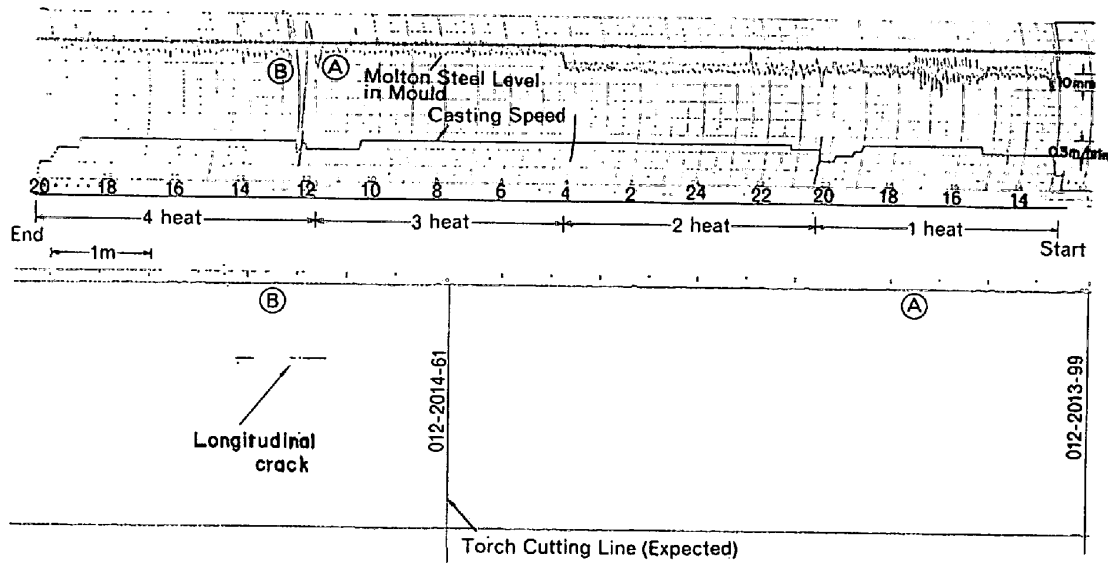


Fig. 14 Relationship between fluctuation of meniscus level in the mold and corresponding output for the graphic printer.

一般に、強冷却鋳造時に発生する縦割れを詳細観察すると、その近傍は凹みを伴っている。そこで、Fig. 12に示すように、縦割れを直接観察するのではなく、凹みを陰として観察することにより、縦割れを間接探傷することが可能である。こうした考え方に基づいて開発された光学式探傷システム<sup>7)</sup>を Fig. 13 に示す。このシステムは、長さ 50 mm 以上の縦割れのみを抽出強調することができると同時に、自動記録されるため鋳込み異常を定量的に把握することが可能である。Fig. 14 は、鋳込み条件と探傷記録チャートに打ち出された縦割れの対応を示す。モールド湯面変動が大きい位置で、明瞭な縦割れ発生を認めることができる。このように、熱間探傷システムは、熱片の表面品質を保証すると同時に鋳込み条件への迅速なフィードバックの手段として不可欠のものとなっている。

## 5. 熱片直送に伴うシステム・設備改造

冷片から熱片直送へと連铸スラブフローの変化に合わせてシステムおよび設備改造が行われた。

### 5-1 システム改造

当初の冷片搬送一本立てのシステムから、冷片+熱片の2本立システムに改造された。特に、熱片ロット集約、熱片情報および熱片スラブトラッキングには大きな改造が加えられ、現在は、工程指示→転炉→CC→圧延に至るまで一貫した熱片情報体系が形づくられている。

### 5-2 設備改造

熱片直送化に伴って、熱片のハンドリング、関連設備の防熱、熱片温度降下抑制対策等に対し設備改造が行われた。主な改造は以下の通りである。

- 1) クレーン改造—リフティングマグネットクレーンから電動トンガ
- 2) 防熱対策—搬送台車、クレーン電気室等
- 3) 熱片温度降下抑制対策—保温ピット新設

## 6. 熱片直送の効果

連铸熱片の加熱炉装入温度は、薄板用で 450~550°C、厚板用で 400~500°C である。これら熱片装入により、冷片装入時に対して  $10\sim 14 \times 10^4$  kcal/steel-t のエネルギー節約が可能である。

## 7. 結 言

鹿島製鉄所連铸機の熱片直送量拡大は、安定したスラブ品質と厳格な品質保証システムに基づいている。現在、薄板、厚板、形鋼用スラブの一層の熱片拡大を推進中である。近い将来、50k級鋼を含め、連铸材熱片比率は 70% に達する計画になつており、より大きな省エネルギー効果が期待されている。

## 文 献

- 1) 橋尾守規, 越後臣康, 加藤裕勝, 中塚康雄, 松井健一: 鉄と鋼, 66 (1980) 11, S857
- 2) 植田詞治, 橋尾守規, 山崎 勲, 豊田 守: 鉄と鋼, 61 (1975) 12, S472
- 3) 北村信行, 山崎 勲, 豊田 守, 龍 正彦: 鉄と鋼, 61 (1975) 4, S55
- 4) 橋尾守規, 木村智彦, 加藤裕勝, 渡部忠男: 鉄と鋼, 65 (1979) 4, S121
- 5) 杉谷泰夫, 中村正宣: 鉄と鋼, 65 (1979) 12, p. 1702
- 6) 梨和 甫, 橋尾守規, 徳田 誠, 青木紀之: 鉄と鋼, 60 (1974) 7, p. 868
- 7) 橋尾守規, 渡部忠男, 中塚康雄, 相馬正幸, 広島龍夫, 松井健一: 鉄と鋼, 65 (1979) 11, S826