

ほうろう用鋼板 KTM について

Cold Rolled Steel Sheet KTM for Two Coats Enamelling

芳賀 雄彦*

Takehiko Haga

久々湊 英雄**

Hideo Kuguminato

今井 卓雄***

Takuo Imai

伊藤 健治****

Kenji Ito

Synopsis:

KTM is an enamelling steel sheet newly developed by Kawasaki Steel Corp. This article describes its characteristics, important metallurgical factors influencing the enamelling properties, the press formability and some important points in steelmaking process.

In conventional enamelling steel sheet made of rimmed steel, fishscale is apt to occur at the edge part of the steel sheet (rim layer) and it is difficult to prevent.

KTM has no such problem, since it is made of killed steel containing boron. The press formability is same as, or superior to, SPCC grade.

1. ま え が き

ほうろう用冷延鋼板は、通常低炭素リムド鋼をオープンコイル焼鈍法にて湿水素中で焼鈍し、C含有量を0.005%程度に低下させた脱炭リムド鋼である¹⁾。

脱炭リムド鋼は、ほうろう加工を行った際のガス発生 (H_2 , COガス) に起因するほうろう欠陥、たとえばつまとび (fishscale) や泡 (blister) など

の欠陥がほとんど発生しないこと、さらに焼成歪が小さいことなどのすぐれた特性が評価されて、広く用いられている。しかし焼鈍原価が高いことや、鋼板端部につまとびが発生することがあるなどの問題がある。これらの改善を図るため種々検討してきた。

リムド鋼板端部につまとびが発生しやすい原因は、鋼板端部は介在物が少なく清浄度の高いリム層にあたり、水素の吸蔵能が低くなっているためである²⁾。

* 千葉製鉄所管理部薄板管理課課長

*** 千葉製鉄所製鋼部第2製鋼課課長

** 千葉製鉄所管理部薄板管理課

**** 技術研究所薄板研究室

Fig. 1 に鋼板幅端部からの位置による酸素含有量と、つまとび発生の難易を表わすつまとび発生時間の変動を対応して示す。鋼板端部に酸素含有量が最小になる位置（リム層相当部）があり、その部分でのつまとび発生時間が短くなっている。すなわち端部は板幅中央部に比べて酸素が低く、つまとびが発生しやすい。

したがって、ほうろう用鋼板は酸素(介在物)含有量を均一に分布させる製造法を選ぶか、あるいは溶製時溶鋼の酸素含有量を高くし、リム層の酸素含有量を高くするなどの対策を講じる必要がある。しかし、酸素含有量を高くするためには、造塊時リミング反応をなんらかの手段で調整しなければならず、その結果リム層を薄くすることになるが、これではリムド鋼の特長が失われ表面品質を悪くする懸念がある。また酸素含有量を高くすることはプレス加工性を悪くするので限界がある。

すなわち、リムド鋼においてほうろう性を向上させるにはおのずと限界があり、キルド鋼が新たに見直されてきた。

一方、鋼板中のCに起因するほうろう欠陥を防ぐために、一般に脱炭焼鈍が行われるが、最近の製鋼技術の進歩により、真空脱ガス処理工程で容

易に極低炭素鋼を製造することができるようになった。さらに連続 casting による一般冷延鋼板の製造法が確立されつつあり、ほうろう用鋼板も連続 casting が可能な鋼種を開発する要請があった。

すなわち、連続 casting では従来のリムド鋼と同一成分で casting することが困難であるため、Al または Si キルド鋼、あるいは Al と Si とを複合使用したキルド鋼が一般的である³⁾が、ほうろう用鋼板としては Al や Si の使用がほうろう性、表面品質および材質の面から制約されるため、真空脱ガス処理を有効に利用したC脱酸によるキルド鋼を選んだ。しかし、キルド鋼は酸素が低いため水素吸蔵能が小さくなるのでそのままではほうろう用鋼板には利用できず、水素吸蔵能の向上に寄与する特殊元素の添加による改善が望まれた。

以上の問題について研究を重ねた結果、2回掛けほうろう用冷延鋼板、川鉄規格KTMの開発に成功し、昭和49年4月より市販を開始するに至った。このKTMはほうろう性がすぐれており、従来品に比べてとくに耐つまとび性が著しく改善されている。またプレス加工性はSPCCと同等か、よりすぐれている。

本報では、製品品質の要点と開発に際し明らかとなったほうろう性に対する冶金的要因について説明し、あわせてプレス加工性の水準およびその製造法を紹介する。

2. 品 質

2-1 製品品質の要点

2回掛けほうろう用鋼板、川鉄規格KTMは、つまとび発生の防止を目的とした冷延鋼板であり、その化学成分仕様および例をTable 1, 2に示す。またその特長を以下に示す。

- (1) 鋼板の水素吸蔵能を高めるためにBを約0.008%添加してあり、通常のほうろう処理ではつまとびが発生しない。
- (2) つまとびや泡などのほうろう欠陥防止のため、真空脱ガス処理工程で脱炭を行い、C含有量は0.02%以下に調整してある。そのためA₁変態点が高くなり焼成歪が小さい。

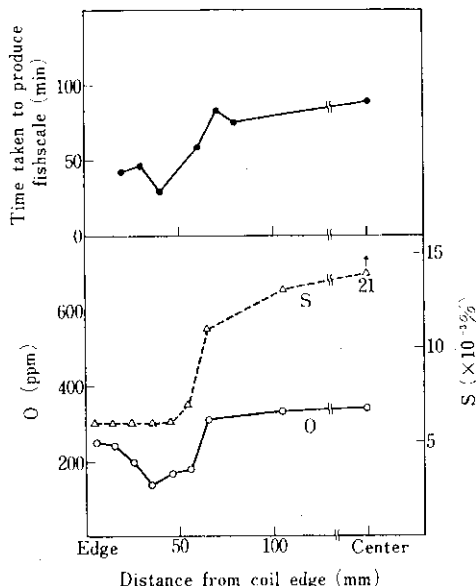


Fig. 1 Distribution of time taken to produce fishscale and the chemical component O, S in transverse direction of the cold rolled sheet (Rimmed steel)

Table 1 Specification in chemical composition

(%)

Grade	C	Si	Mn	P	S	B	Note
KTM	≤0.02	≤0.03	≤0.40	≤0.013	≤0.030	0.008	Ultra low carbon soft-killed steel
SPCC	≤0.10	Tr	0.25~0.50	≤0.040	≤0.045		Low carbon rimmed steel

Table 2 Representative chemical composition

(%)

Grade	C	Si	Mn	P	S	B	Thickness
KTM	0.011	0.009	0.32	0.013	0.014	0.008	1.2mm, 0.8mm
SPCC	0.054	Tr	0.33	0.014	0.028	—	1.2mm, 0.8mm

- (3) 当社がほうろう用鋼板として供給している KTS-M (脱炭リムド鋼) と同様のほうろう前処理を行うことにより、ほうろう密着性に対して最適となるように Si 含有量は 0.03 % 以下、P 含有量は 0.013 % 以下に調整してある。
- (4) 製鋼での化学成分規制およびその他製造工程での管理を行うことにより、プレス加工性

は SPCC と同等か、よりすぐれている。また B の添加により非時効性である。

- (5) キルド鋼なので材質は均質である。

以上のように重要な役割を持つ成分、すなわち C, Si, P, B および O について連続鋳造で製造した製品コイルの分析値を Fig. 2 に示す。鋳込み初めから終りまでの成分変動は小さく、製品コイルが均質であることを示している。

2.2 ほうろう性に対する冶金的要因

ほうろうは高温大気中で焼成されるため、ほうろう特有の欠陥を生じやすい。したがって、ほうろう用鋼板としては機械的性質のみならず各種のほうろう欠陥を生じにくくすることが重要である。すなわち、耐つまとび性、ほうろう密着性がすぐれかつ焼成歪が小さいことが要請される。ここでは KTM を開発するにあたって、明らかになったほうろう性に対する冶金的要因について述べる。

2.2.1 耐つまとび性

鋼板のつまとび性を調べる手段は確立された方法がなく、非常に困難な問題である。すなわち、つまとびは鋼板要因のみならず、ほうろう条件や焼成条件によって大きく左右され⁴⁾、鋼板要因のみを分離することが困難なためである。

しかし、つまとびと鋼板中の水素透過時間との関係が見いだされ⁵⁾てから、この方法でつまとび性を評価する試みがなされ、鋼板製造上の要因との関係も調べられている⁶⁾。

Fig. 3 に示す装置を用いて電解電流密度 50 mA/cm² で陰極電解し、水素を鋼板中に吸収さ

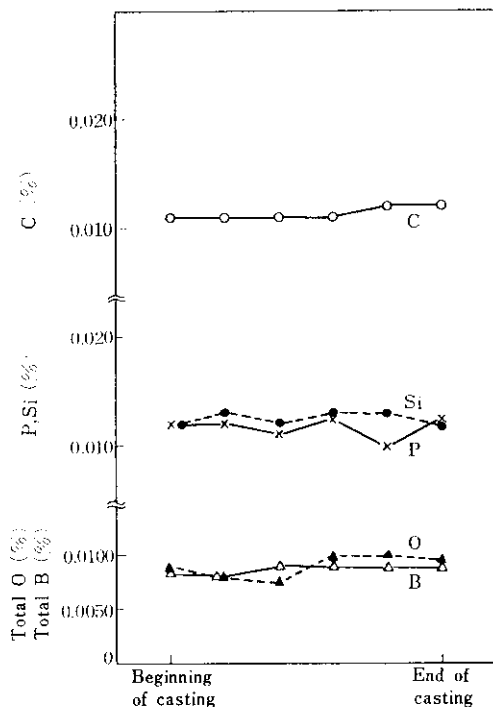


Fig. 2 Distribution of chemical components in cold rolled sheet (KTM) made by continuous casting

せ、これが鋼板中を拡散し、反対面から発生する量をガスクロマトグラフィーで検出し、水素透過時間を求めた。なお測定試片はすべて板厚と表面状態を一定にするために 0.6mm まで冷間圧延し、830°C で 4min の焼ならしを行った。

Fig. 4 に水素透過時間と鋼中の B 含有量との関係を示す。同時に脱炭ほうろう用鋼板 (KTS-M) の水素透過時間もあわせて示したが、KTS-M では水素透過時間が約 1.17min であるのに対し、KTM はすべて 1.5min 以上であり、しかも B 量の増加とともに 50ppm までは除々に、それ以上では著しく長くなる傾向がある。したがって、B はつまとび性向上に有効な元素であることが示唆された。そこで B の効果をさらに検討した。

Fig. 5 に水素透過時間と鋼中の酸化物として存在する B 以外の B 含有量との関係を示す。横軸は全 B 量から酸素と当量の酸化ボロン (B_2O_3) としての B 量を減じた量、すなわち酸化物以外の B を示す。

酸化物以外の B が 20ppm までは水素透過時間

に影響を与えないが、それ以上では水素透過時間が長くなる。すなわち酸化物として消費されない B が水素透過時間を長くすると考えた場合、20

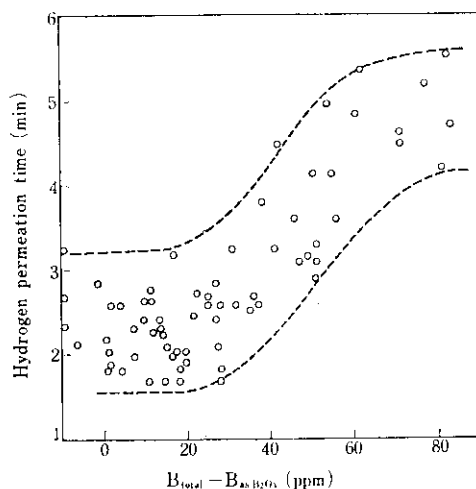


Fig. 5 Effect of B except boron oxide on the hydrogen permeation time

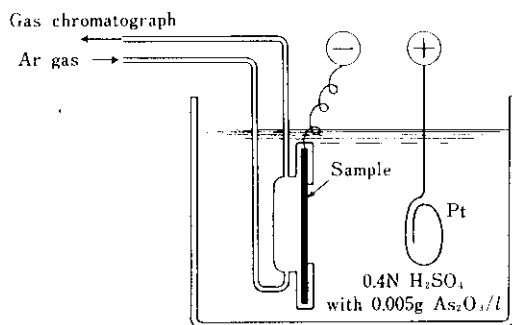


Fig. 3 Apparatus for measurement of the hydrogen permeation in steel sheet

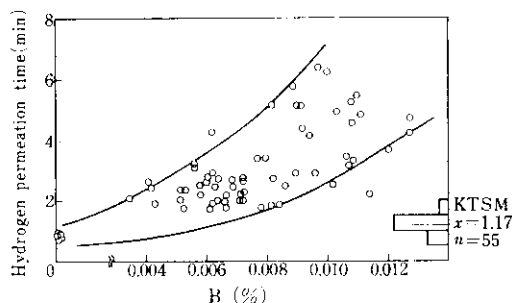
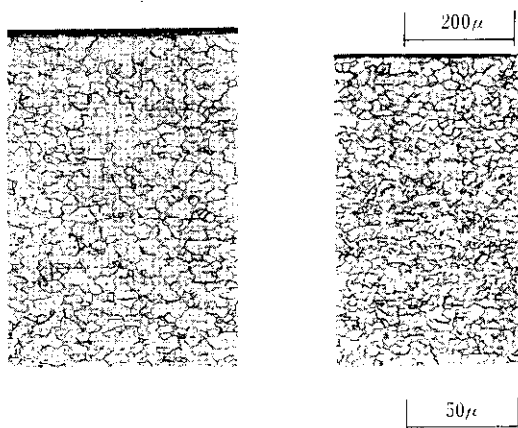


Fig. 4 Effect of B content on the hydrogen permeation time



KTM

SPCC

Photo. 1 Microstructures and carbides in KTM and SPCC

ppmのずれがあるが、この 20ppm の B が窒化物になっており、窒化物も水素の拡散に寄与しないと仮定するとほぼ説明される。

KTM のカーバイド組織を **Photo. 1** に示す。B の添加によってカーバイド組織が微細になっている。Nicholson ら⁷⁾ は B や B の窒化物がカーバイドに侵入し、カーバイド量が増加することを報告している。また Newman⁸⁾ は炭素鋼を用いて細かい炭化物を析出させたとき、水素の拡散が最も遅くなることを示している。したがって、B 添加によって水素透過時間が長くなることは、固溶 B あるいは微細なカーバイドの析出による寄与がより大きいものと推定され、つまとび性を向上させるために、B を添加する場合できるだけ溶鋼中の酸素を低くしておく必要がある。

2-2-2 ほうろう密着性

ほうろう密着性には鋼板の前処理条件、たとえば酸洗や Ni 浸漬が大きな影響を与えることはよく知られている。そこで、まず酸洗性におよぼす P と Si の影響を調べた。75°C の 9% H_2SO_4 溶液中で 5min の酸洗を行い、酸洗減量を求めた結果を **Fig. 6, 7** に示す。脱炭リムド鋼(KTS-M)では、酸洗減量は P 含有量の増加とともにほぼ直線的に増加するが、KTM では 0.015% P まで急激に増加し、それ以上では同一 P 含有量でも KTM のほうが酸洗減量が大きくなる。これは KTM がキルド鋼であるので P の低いリム層が存在しないためである。一方、0.04% Si までは酸洗減量が少なくなり、P と逆の傾向を示している。

市販の釉薬を用いて通常の 2 回掛けほうろう焼成を行い、密着性を調べた。密着性は P.E.I. (Porcelain Enamel Institute) 密着試験機を用いて、試料を一定圧力(2000lb/in²)で圧縮変形させ、ほうろうの剝離程度を読みとり、それと全面積との比を算出し P.E.I. 指数(%)として、剝離なしを 100%，全面剝離を 0%とする。

P 含有量と密着性の関係を **Fig. 8** に、Si と密着性の関係を **Fig. 9** に示す。P, Si ともその含有量が増加すると P.E.I. 指数が低下する。酸洗減量におよぼす P と Si の影響はまったく逆の効果にもかかわらず、その密着性に対しては同じ

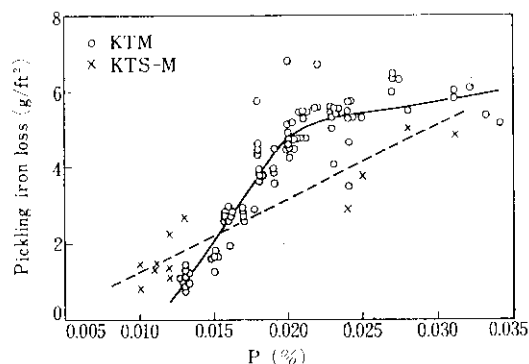


Fig. 6 Effect of P content on the pickling iron loss

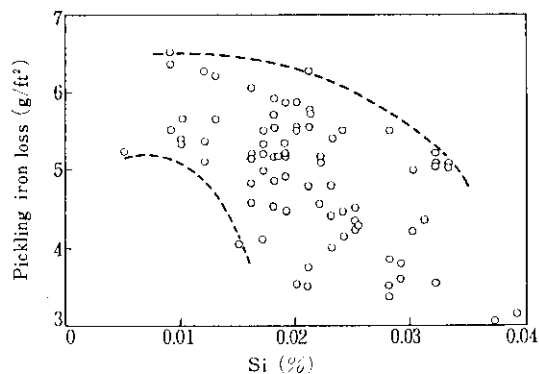


Fig. 7 Effect of Si content on the pickling iron loss

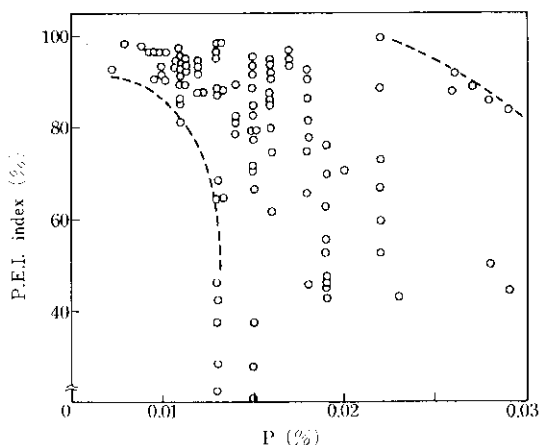


Fig. 8 Relation between P.E.I. index and P content

傾向を示している。**Fig. 10** に酸洗減量と P.E.I. 指数の関係を示すが、酸洗減量が小さくてもまた大きすぎても P.E.I. 指数が小さくなり、酸洗減量が 2~3g/ft² で P.E.I. 指数が最も高くなるこ

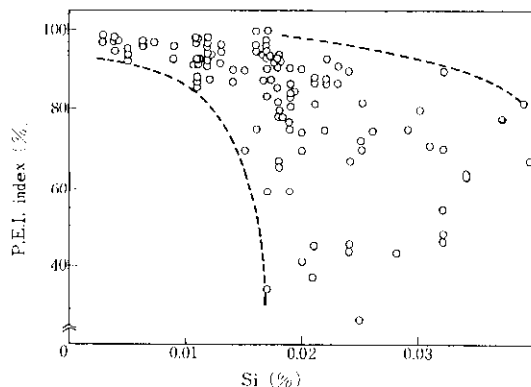


Fig. 9 Relation between P.E.I. index and Si content

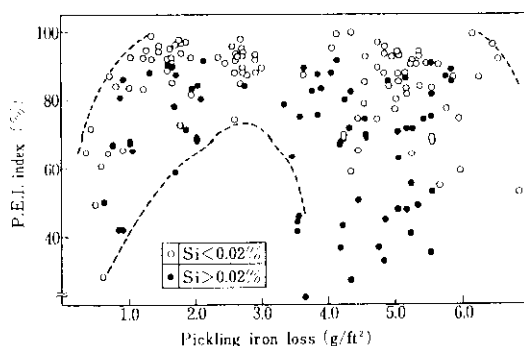


Fig. 10 Relation between P.E.I. index and pickling iron loss (P : 0.006~0.015%)



Si=0.3%



P=0.03%

Photo. 2 Microstructures of the surfaces of pickled steel sheets through a scanning electron microscope

とがわかる。

また同一酸洗減量であっても、 $\text{Si} \geq 0.02\%$ では $\text{Si} \leq 0.02\%$ の鋼板より P.E.I. 指数は小さい。これは密着性に寄与するのは酸洗減量ばかりでなく、酸洗後の表面性状が組成により異なるためである。異なった組成を有する試料の酸洗後の鋼板表面の走査型電顕写真を Photo. 2 に示す。

したがって、KTM では Si を 0.03% 以下（好ましくは 0.02% 以下）に、 P を 0.01% 程度に制御して良好なほうろう密着性を得るように製造されている。

2.2.3 焼成歪

ほうろう焼成中における鋼板の自重による変形を焼成歪 (Sagging) というが、Fig. 11 に示す方法で焼成歪を求めた。焼成時間は 3.25min で一定とし、焼成温度を変えて KTM, SPCC およびほうろう用脱炭リムド鋼板 KTS-M を用いて比較を行った。SPCC では、通常のほうろう焼成温度である $809^\circ\sim 840^\circ\text{C}$ の範囲で $3\sim 5\text{mm}$ の焼成歪が生じるのに対し、KTM は 850°C 以下では焼成歪が 1mm 以下であり、KTS-M のそれと同

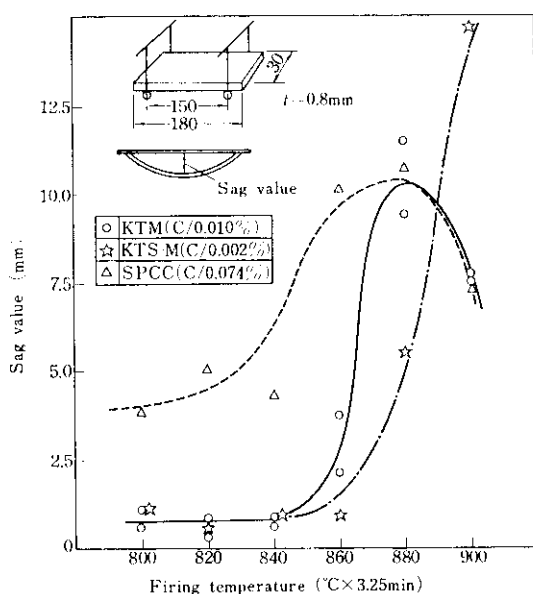


Fig. 11 Relation between sag value and firing temperature

程度である。880°CではSPCC、KTMともに焼成歪が大きくなるが、通常のほうろう焼成温度ではSPCCよりすぐれ、KTS-Mと同程度の焼成歪であることが結論される。

2.2.4 前処理条件

KTMの代表的組成である0.01% C-0.01% Si-0.30% Mn-0.01% P-0.01% B鋼を用いて良好なほうろう密着性を得るための前処理条件の検討を行った。酸洗減量およびNi付着量とP.E.I.指数の関係を求めてFig. 12に示す。ほうろう条件は市販の釉薬を用い、通常の2回掛け焼成を行っている。

酸洗減量が1~3g/ft²、Ni付着量が30~100mg/ft²で良好な密着性が得られる。これは脱炭リムド鋼KTS-Mとほぼ同じであり、適正な前処理条件もKTS-Mと同じで、酸洗が75°Cの9% H₂SO₄で5min、Ni浸漬浴が65°Cで2% NiSO₄·7H₂O (pH=3.0)で、5minの前処理で十分な密着が得られることを示し、新ほうろう用鋼板KTMを用いてもKTS-Mの前処理条件を何ら変更する必要がなく、KTS-Mと同じ前処理で良好な密着性が得られることを示している。

Table 3にKTMの標準前処理条件を示す。

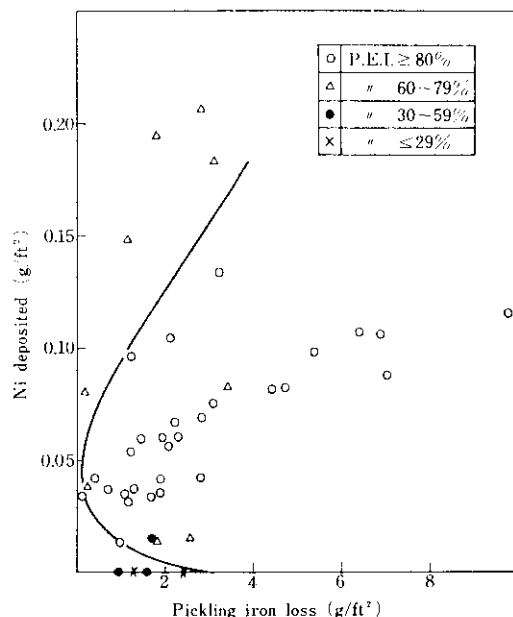


Fig. 12 Relation between enamel adherence and pickling iron loss, deposited Ni

Table 3 Standard conditions of pre-treatment of KTM

Process	Condition
(a) 1st degreasing	Alkaline degreaser Over 80°C More than 10min
(b) 2nd degreasing	Alkaline degreaser Over 80°C More than 10min
(c) Hot water rinsing	
(d) Cold water rinsing	
(e) Pickling	Sulfuric acid solution (8-10wt%) 70-80°C 5 min
(f) Cold water rinsing	
(g) Nickel dipping	Nickel sulfate solution (NiSO ₄ ·7H ₂ O : 2 wt%) pH : 2.5-3.5 60-70°C 5 min
(h) Cold water rinsing	
(i) Neutralizing	Sodium carbonate solution (Na ₂ CO ₃ : 1 wt%) 60°C More than 5 min
(j) Drying	

2・3 材 質

2・3・1 機械的性質

KTMとSPCCの引張試験値を比較してTable 4に示す。

Table 4 Tensile test *

Grade	Y.P. (kg/mm ²)	T.S. (kg/mm ²)	El. (%)	Y.El. (%)	Thick- ness (mm)
KTM	(20)**	31	48	—	1.2
SPCC	22	33	48	1.6	1.2

* Tensile properties are of longitudinal direction

** As no sharp yield point appears in KTM, 0.2% proof stress is shown for this steel sheet

KTMは極低炭素鋼であるが、JIS (G3141) で規定されている引張強さ 28kg/mm² 以上は有している。また非時効性であり降伏点が認められず、0.2%耐力は 20kg/mm² 程度で、SPCC より低い。伸びは SPCC と同水準である。

2・3・2 プレス成形性

(1) 深絞り性

Fig. 13 に B 含有量と C.C.V. (コニカルカップ値) の関係を板厚 1.2mm の場合について示すが、B は C.C.V. や r (ランクフォード) 値によって代表される深絞り性を悪くする元素である¹⁰⁾。

KTM の B 含有量は水素吸蔵能 (耐つまとび性) が高く、かつ SPCC と同水準以上の C.C.V. を確保するために 0.012% 以下に規制している。

また一般に深絞り用鋼板の熱間圧延は、熱間仕上温度を A_r 変態点直上で圧延することにより、深絞り性の改善がはかられているが¹¹⁾、極低炭素鋼は A_r 変態点が高くなるため、仕上温度は 850°C 以上が望ましい。しかし仕上温度を高くすることは、表面品質および酸洗能率上好ましくない。

Fig. 14 に熱間仕上温度と $\bar{r}$ 値の関係を B 添加の効果とあわせて示す。KTM は B の添加により A_r 変態点が下がるため、極低炭素鋼であるに

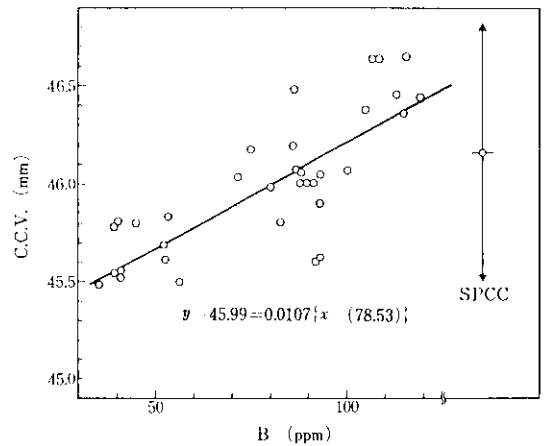


Fig. 13 Relation between B content and C.C.V.

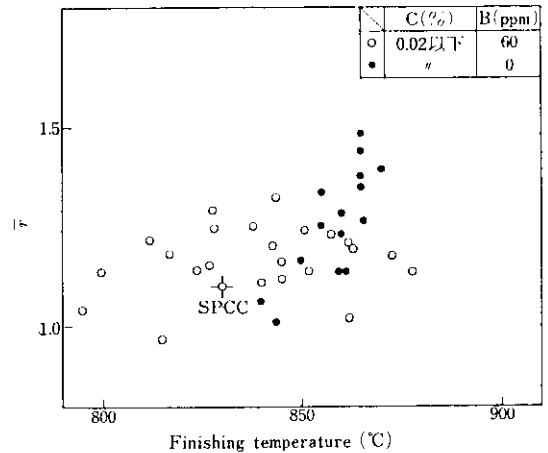


Fig. 14 Effect of hot rolling finishing temperature on the $\bar{r}$ -value (average Lankford value)

もかわらず、通常の熱間仕上温度で十分材質の良いものができ、通常の熱間仕上温度で SPCC と同等以上の $\bar{r}$ 値が得られる。

Table 5 に KTM と SPCC の C.C.V. を比較して示す。

Fig. 15 に 40 t プレスで円筒平底ポンチを用い

Table 5 Conical cap value

Grade	C.C.V.	Thickness (mm)
KTM	45.8	1.2
SPCC	46.2	1.2

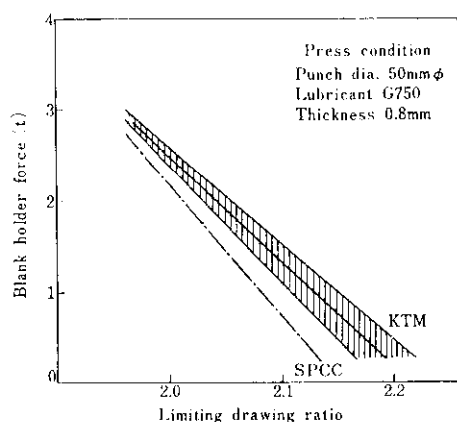


Fig. 15 Relation between limiting drawing ratio and blank holder force at cylindrical cup drawing of cold rolled sheet

て試験を行った結果を示す。

成形可能なしわ押え圧力の範囲は、KTM の方が SPCC より高く、同一プレス条件で大きなblank径でも絞り抜け、限界絞り比が大きい。

(2) 張出し性

Table 6 に KTM と SPCC のバルジ試験値とエリクセン試験値を比較して示す。バルジ高さ、エリクセン値とも KTM が SPCC よりすぐれている。このように KTM がすぐれている理由は、介在物が少なく清浄度が高いためである。

Table 6 Bulge test (150mmφ) and Erichsen test

Grade	Bulging height (mm)	Thickness (mm)	Er.	Thickness (mm)
KTM	35.8	0.8	11.6	1.2
SPCC	33.4	0.8	11.3	1.2

2.3.3 時効性

Bは窒化物を形成しやすい元素であり、Bを鋼板中に化学量論的にN含有量と等量以上添加することによって、冷延鋼板を非時効とすることができる。

Fig. 16 に B 含有量と 100°C×30min の時効を行ったときの降伏伸び (Y. El.) の関係を示す。B 含有量が約 50ppm 以上で、時効後の Y. El. は

1%以下である。

したがって、6 カ月程度の保管期間においてもストレッチャーストレインは発生せず、加工性の劣化を生じることはない。

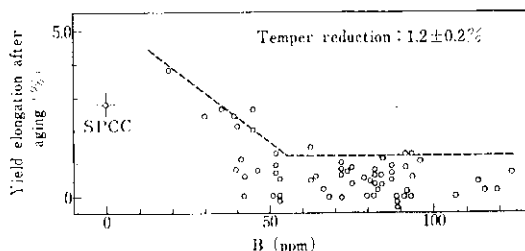


Fig. 16 Relation between B content and yield elongation after aging (100°C×30min aged)

3. 製造上の特長

KTMの品質は、以上に述べてきたように化学組成が非常に重要で、製鋼工程でその大部分が決定される。KTMの化学組成は極低炭素鋼でMn, SiおよびAlなどの脱酸に寄与する成分が少なく、その上Siと同程度の脱酸力を有するBを安定して約80ppm含有させることが重要である。したがって、KTMの品質の良否は脱酸に大きく依存するといっても過言ではない。さらにP, Siも極力低下させた製鋼技術上非常に厳しい成分範囲である。

溶製方法は転炉出鋼後真空脱ガス処理を行い、通常連続铸造で直接スラブにするが、造塊で鋼塊にすることもある。

次に製鋼操業上考慮している点について述べる。

3.1 脱炭および脱酸法

真空脱ガス時の脱炭を容易にするために、転炉出鋼時のC目標値を0.04~0.05%としている。これはC値をそれ以上に高くして出鋼した場合、脱ガス時の脱炭反応が酸素不足のため目標値の0.01% Cまで安定して進行しにくくなるためである。しかし酸素が過剰の場合には、取鍋にて出鋼時のC

含有量に対応して適量の Al を投入し、予備脱酸をしたあと真空脱ガス工程を通し C 脱酸後、Al により最終的な脱酸調整を行い酸素含有量を 100ppm 以下の清浄な溶鋼とする。この際使用する Al 量を最小限にコントロールすることにより連続 casting におけるタンディッシュノズルの詰り防止、さらに表面品質に悪影響をおよぼす Al_2O_3 の生成量を少なくしている。

3.2 健全な連铸スラブの製造法

開発当初スラブに断面割れが発生したが、溶鋼成分および铸込条件を選定することにより解決している¹²⁾。

断面割れは B, S の粒界へのフィルム状析出に起因していることがわかったので、これらの析出物の発生を抑制するため種々の対策を講じた。その結果、(1) B 含有量をできる限り下げること、(2) Mn/S を上げること、(3) スラブ冷却水比を下げること、(4) 铸込速度を下げること、などが有効であった。特に水比を下げることでスラブの断面割れは大幅に改善された。

3.3 美麗な表面品質

KTM にはフラックス系系在物、 Al_2O_3 クラスタ、および脱酸不足に起因する線状の表面欠陥が発生する。これらの防止対策は次のとおりである。

- (1) フラックスを選び、铸込溶鋼過熱温度を高くする。
- (2) タンディッシュ浸漬ノズルの材質および形状を選定し、その浸漬深さの管理を行う。
- (3) Al の使用量を少なくし、 Al_2O_3 クラスタ系系在物の生成を減少させる。
- (4) 十分に脱炭、脱酸を行い CO 気泡に起因する欠陥を防ぐ。

Fig. 17 にタンディッシュ溶鋼温度と冷延鋼板表面疵発生率の関係を示す。溶鋼温度は高いほど表面品質は良くなっている。

また Fig. 18 に Al および C 含有量と冷延鋼板表面疵発生率の関係を示す。Al 含有量が 0.005% 以下、C 含有量が 0.02% 以下の場合に表面品質は良くなっている。

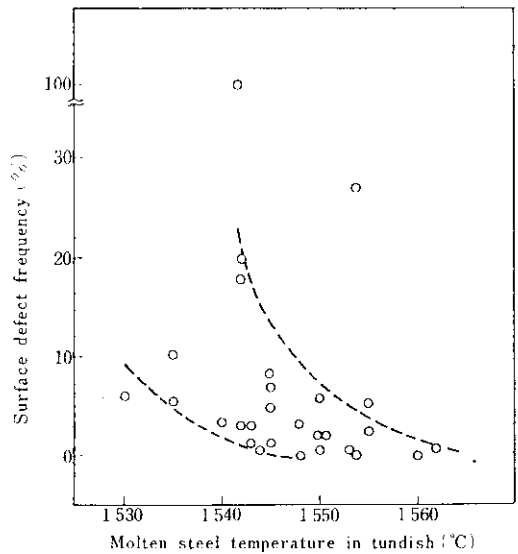


Fig. 17 Relation between surface defect frequency of cold rolled sheet and molten steel temperature in tundish

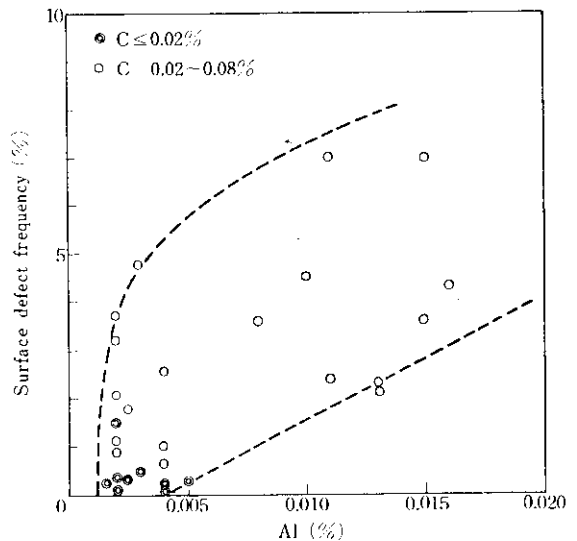


Fig. 18 Relation between Al, C content and surface defects of cold rolled sheet

3.4 B 歩止の向上

B は酸素との親和力が強い元素であり、一般的には B の歩止は低く、不安定である。当初は B を最終脱酸調整後添加していたが、それでも B 歩止は不安定であった。B 歩止は、注入流酸化の防止

をはかり、Al の添加量を表面品質が悪くならない限り高くすることで安定した。

Fig. 19 に B 歩止におよぼす酸素含有量, Al 含有量および注入流酸化を防止した効果について示す。注入流酸化防止に注入管が有効であり, Al 量

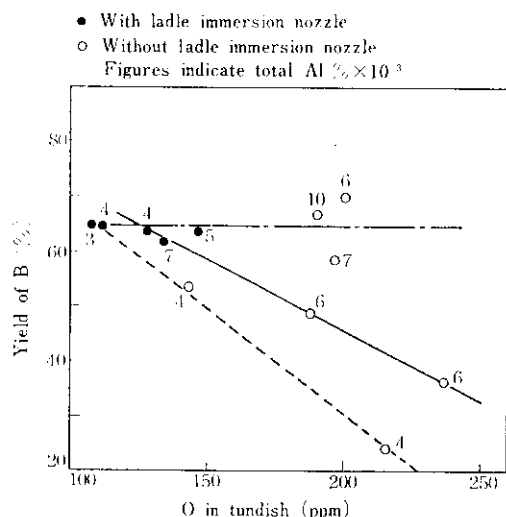


Fig. 19 Effect of O content of molten steel in tundish on the yield of B

とともに B 歩止向上に大きく影響している。

その他の B 歩止安定化には、取鍋スラグの酸化力低減や、B 添加時の十分な脱酸調整を行うことが有効である。

4. む す び

以上当社が新たに開発した 2 回掛けほうろう用

鋼板、川鉄規格 KTM について製品品質の要点とほうろう性に対する冶金的要因について説明し、あわせてプレス加工性の水準とその製造法の特長について紹介した。KTM 鋼板がすでに使用された実績としては、ガス湯沸器、ガスレンジ、ガスストーブなどのほうろう用厨房器具や建材用ほうろうパネル材などがあり、中南米、中近東にも輸出されている。KTM 鋼板の特長をまとめると次のようである。

普通のリムド鋼では板幅端部につまとびが発生しやすく、防止することが困難であった。この点 KTM は、キルド鋼にすることによりそのリム層の問題を解決した。

従来キルド鋼は一般的にほうろう用鋼板に適さないとされていたが、KTM は B を添加することにより、耐つまとび性を著しく改善することができた。また KTS-M と同様のほうろう前処理を行うことにより、ほうろう密着性に対して最適となるように、Si および P 含有量を調整してある。さらに真空脱ガス処理で脱炭してあるため焼成歪が小さく、泡も発生しないなどのほうろう特性を有している。

一方、プレス加工性は SPCC と同等か、よりすぐれており、しかも B の添加により非時効性となっている。したがって、通常の絞り加工程度の 2 回掛けほうろう用鋼板として、その用途は広いものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 原田：川崎製鉄技報，5 (1973) 2, 84
- 2) 高橋，安田，大橋：鉄と鋼，60 (1974) 11, S540
- 3) 公開特許公報 特開昭47-47209
- 4) B. Walker : Institute of Vitreous Enamellers Bull., 20 (1969) 1, 22
- 5) E. Büchel u. L. Leontaritis : Arch. Eisenhüttenw., 39 (1968) 5, 343
- 6) D. J. Blickwede : J. Amer. Ceram. Soc., 53 (1973) 2, 185
- 7) Nicholson : Technical Report No. 55-42, Wright Air Development Center U. S. Air Force, Air Research and Development Command, (1955)
- 8) J. F. Newman and L. L. Shreir : JISI, 207 (1969) 10, 1369
- 9) 高橋，安田：未発表
- 10) 福田，清水：塑性と加工，13 (1972) 142, 841

- 11) 神崎, 中里, 伊藤: 鉄と鋼, 50 (1964) 4, 591
- 12) T. Imai, K. Suzuki, T. Haga: 1st National Meeting on Continuous Casting, Rio de Janeiro, August 29, (1974)

