
銅片加熱炉用セラミック複合材製スキッドボタンの開発

Development of New Skid Buttons with Ceramic Composite Metal for Slab Reheating Furnace

高木 清(Kiyoshi Takagi) 小橋 正満(Masamitsu Obashi) 内藤 肅(Tadashi Naito)
井上 利夫(Toshio Inoue) 平石 久志(Hisashi Hiraishi) 篠崎 斌(Akira Shinozaki)

要旨：

銅片加熱炉で加熱した鋼材には、鋼材を支持する水冷スキッドパイプの影響を受け、スキッドマークと呼ばれる低温部が発生し製品品質や加熱能力に悪影響を及ぼす。スキッドパイプ上に装備されて直接鋼材と接しているスキッドボタンは、従来からコバルト基耐熱合金を採用しているが熱間強度の限界から、水冷スキッドパイプからの高さを大きくできず、スキッドマークを十分低減することが困難であった。今回、耐熱高強度材料であるセラミック複合材料を適用して、スキッドパイプの水冷や、シャドウの影響がなくなるまでボタン高さを大きくし、幅を狭くした（高さ 200mm，幅 50mm）ボタンを、61 年 3 月から水島熱転炉へ適用し、スキッドマークの低減と、耐久性に好結果を得た。

Synopsis：

In the reheating furnace of the walking beam type, skid marks caused by skid buttons should be minimal for stabilizing slab quality and reheat performance. Not strong enough at high temperatures, the conventional cobalt-based heat resistance alloy develops compressive deformation after a short period of operation, entailing a gradual increase in skid marks. In reconstructing the slab reheating furnace of Mizushima hot strip mill from the old pusher type with hot skids to the walking beam type, newly-developed 200mm tall-profiled and 50mm wide skid buttons of ceramic composite metal were placed in service in March 1986. These skid buttons contribute to improving slab quality by reducing skid marks, and minimizing troublesome deformation and other damage.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Development of New Skid Buttons with Ceramic Composite Metal for Slab Reheating Furnace



高木 清

Kiyoshi Takagi

水島製鉄所 設備部設備技術室 主査(掛長)



小橋 正満

Masamitsu Obashi

水島製鉄所 エネルギー部エネルギー技術室 主査(課長)



内藤 賢

Tadashi Naito

水島製鉄所 設備部設備技術室 主査(課長)



井上 利夫

Toshio Inoue

水島製鉄所 薄板圧延部薄板技術室 主査(課長)



平石 久志

Hisashi Hiraishi

久保田鉄工(株) 索形材研究第二部 主席部員(副部長)



篠崎 斌

Akira Shinosaki

久保田鉄工(株) 索形材研究第二部 主幹部員(課長)

要旨

鋼片加熱炉で加熱した鋼材には、鋼材を支持する水冷スキッドパイプの影響を受け、スキッドマークと呼ばれる低温部が発生し製品品質や加熱能力に悪影響を及ぼす。スキッドパイプ上に装備されて直接鋼材と接しているスキッドボタンは、従来からコバルト基耐熱合金を採用しているが熱間強度の限界から、水冷スキッドパイプからの高さを大きくできず、スキッドマークを十分低減することが困難であった。今回、耐熱高強度材料であるセラミック複合材料を適用して、スキッドパイプの水冷や、シャドウの影響がなくなるまでボタン高さを大きくし、幅を狭くした(高さ 200 mm, 幅 50 mm) ボタンを、61 年 3 月から水島熱延炉へ適用し、スキッドマークの低減と、耐久性に好結果を得た。

Synopsis:

In the reheating furnace of the walking beam type, skid marks caused by skid buttons should be minimal for stabilizing slab quality and reheat performance. Not strong enough at high temperatures, the conventional cobalt-based heat resistance alloy develops compressive deformation after a short period of operation, entailing a gradual increase in skid marks.

In reconstructing the slab reheating furnace of Mizushima hot strip mill from the old pusher type with hot skids to the walking beam type, newly-developed 200 mm tall-profiled and 50 mm wide skid buttons of ceramic composite metal were placed in service in March 1986. These skid buttons contribute to improving slab quality by reducing skid marks, and minimizing troublesome deformation and other damage.

1 緒 言

鋼片加熱炉の被加熱材には、スキッドボタンやスライダーと称される金物によって、スキッドマークと呼ばれる低温部が発生し、圧延製品の板厚および板幅寸法精度と熱原単位に悪影響を及ぼしている。

水島製鉄所熱間圧延工場の加熱炉¹⁾は、昭和 45 年の操業開始以来、水冷スキッドビームとスライダーとの間に断熱材を入れたホットスキッドを装備したプッシャー炉^{2),3)}で操業を行っていた。

しかし、近年の需要家ニーズの高度化、多様化や品質、コスト競争力向上に対して、従来のプッシャー炉では対応することが困難になり、昭和 59 年からウォーキングビーム化の検討を開始した。ウォーキングビーム化によりスラブ裏面品質の向上や省エネルギーに関する性能は飛躍的に向上することが判明したが、従来の耐熱合金製⁴⁾スキッドボタンを装備したウォーキングビーム炉では、スキッドマークの大幅な低減が望めなかった。

そこで、新しい耐熱・高強度材料を開発、適用して、水冷ビーム

の水冷やシャドウの影響がなくなるまで、スキッドボタンを高くし、幅を狭め、スキッドマークを極限まで小さくすることを目的とした研究に着手した。約 2 年間の研究期間を経て、セラミック複合材料によるスキッドボタンを久保田鉄工株式会社と川崎製鉄で共同開発し、61 年 3 月に熱延加熱炉へ適用した。操業開始後約 2 年が経過し、当初のねらいどおりスキッドマークの大幅な低減と圧縮変形の少ないスキッドボタンであることが確認された。

本稿では、スキッドマーク低減に関する伝熱解析内容と、セラミック複合材製スキッドボタンの特徴を中心に報告する。

2 耐熱合金製スキッドボタンでのスキッドマークの限界

2.1 スキッドマークの発生機構

連続式鋼片加熱炉の鋼材とスキッドビームおよびスキッドボタン

* 昭和62年9月29日原稿受付

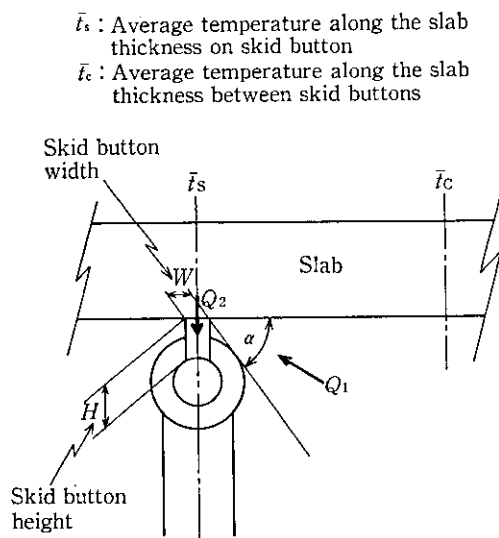


Fig. 1 Schematic view of slab contact with skid button in a reheating furnace

の位置関係を Fig. 1 に示す。鋼材下面での熱移動を示すと次のようである。炉内燃焼ガスおよび炉壁からの放射伝熱量 (Q_1) は、スキッドビームに遮られ、ビームに近づくほど角度が (α) 小さくなり、遮られる割合 (以下シャドウと称す) が増加し Q_1 は小さくなる。またスキッドボタンとの接触部は、スキッドボタンを介して、スキッドビーム冷却水への熱伝導 (Q_2) により冷却される。これらの原因により、鋼材下面のスキッドボタン接触部は局部的に低温となる。このスキッドマークを低減するためには、その発生機構から次のような構造とすればよい。

- (1) シャドウを小さくし、放射伝熱量 Q_1 を増加させるために、ボタン高さ H を高くする。
 - (2) 接触熱伝導 Q_2 を小さくするために、ボタン幅 W を小さくする。またボタン高さが高くなれば、ボタン頂部温度が上昇し、これによっても接触熱伝導 Q_2 は小さくなる。
- しかしながら、いずれもボタン頂部温度は上昇することになり、ボタン材料には過酷な状況となる。

2.2 既存の耐熱合金の圧縮強度

スキッドボタンは鋼材を搬送するに際し、鋼材との衝突および長時間の負荷により圧縮クリープ変形が発生する。これは耐熱合金で製作されているが、温度が上昇すると強度が低下し、鋼材重量に耐えられなくなるからである。従来、高温炉用スキッドボタンとして広く使用されているコバルト基耐熱合金には、熱間強度に限界がある。したがって、鋼材を受ける荷重により、ボタン頂部温度は限界がある。この荷重を以下「面圧 (kg/mm^2)」と表現する。Photo 1 に実炉での耐久性の実態を示すが、面圧を $0.2 \text{ kg}/\text{mm}^2$ で使用すると、約 1.5 年でボタン高さが 120 mm から 70 mm に減少している。ボタン幅を拡げて面圧を $0.1 \text{ kg}/\text{mm}^2$ として、ボタン高さを 150 mm へ高くしても、数箇月で 120 mm まで減少している。

ボタン高さを高くすると、ボタン頂部温度が高くなり、ボタン幅を広くすれば、スキッドビーム冷却水への熱移動が大きくなることから、ボタン頂部温度が低下する。したがって、ボタン面圧はボタン頂部温度での熱間圧縮強度より小さくなるように、スキッドボタンの高さおよび幅を選定しなければならない。

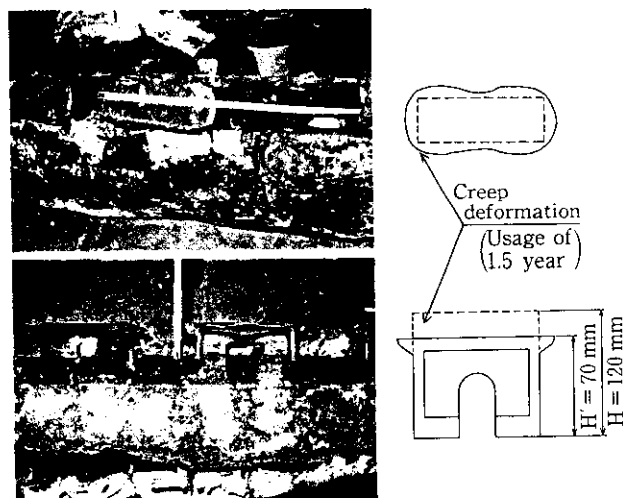


Photo 1 View of conventional skid button after 1.5 years of service

2.3 スキッドマークの限界⁵⁾

水島製鉄所熱延加熱炉をプッシャー炉からウォーキングビーム炉に改造した場合について検討を行った。既設プッシャー炉において、抽出時の鋼材長手方向の板厚方向平均温度の分布を Fig. 2 に示す。図中の $\bar{t}_c - \bar{t}_s$ を本文ではスキッドマークと称する。なおスキッドビームは抽出側でシフト⁶⁾を行い、スキッドマーク低減対策を講じている。一方、ウォーキングビーム炉に改造した場合の、スキッドマークのシミュレーション⁷⁾結果を、ボタンの高さおよび幅をパラメータとして Fig. 3 に示す。既設プッシャー炉でのスキッドマークを A に示すが、ウォーキングビーム炉において、ボタン高さを 200 mm、幅を 50 mm とするならば、スキッドマークを 1/2 から 1/3 にすることが可能である。

ところが、前項に示したように、スキッドボタンに使用しているコバルト基耐熱合金には、熱間強度に限界があり、ボタン頂部温度での耐熱合金の熱間圧縮強度と、ボタン面圧との大小関係により、ボタンの変形が支配される。

炉内温度とボタン頂部温度の関係およびボタン頂部温度と耐熱合金の許容面圧との関係を Fig. 4 に示す。当図はボタン高さが 120 mm の場合で、L1, L2 および L3 はそれぞれ

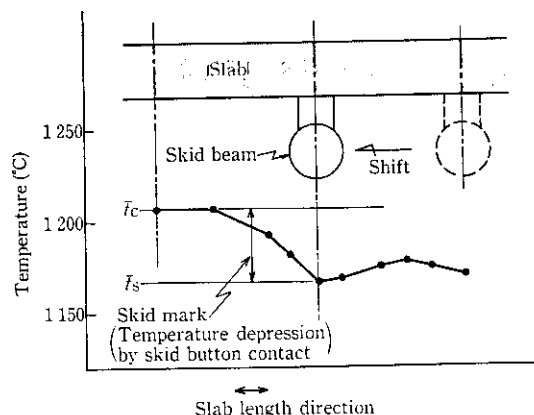


Fig. 2 Slab temperature deviation

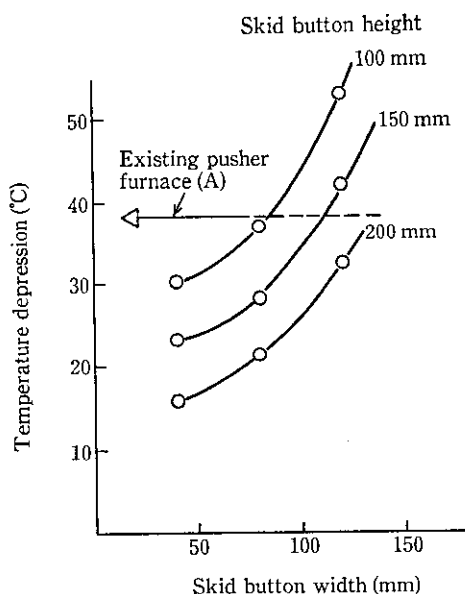


Fig. 3 Calculated values of temperature depression in walking beam furnace

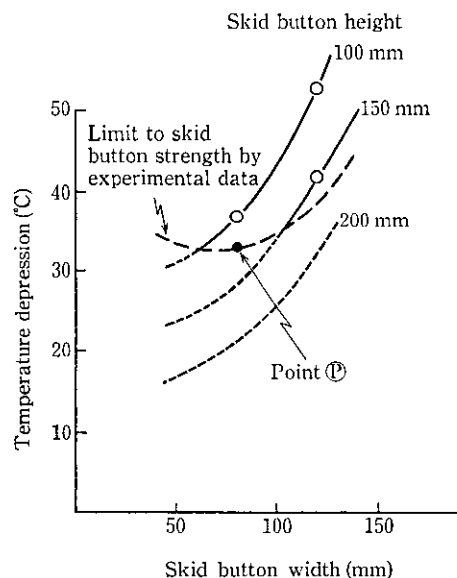


Fig. 5 Calculated value of temperature depression in walking beam furnace in consideration of skid button strength

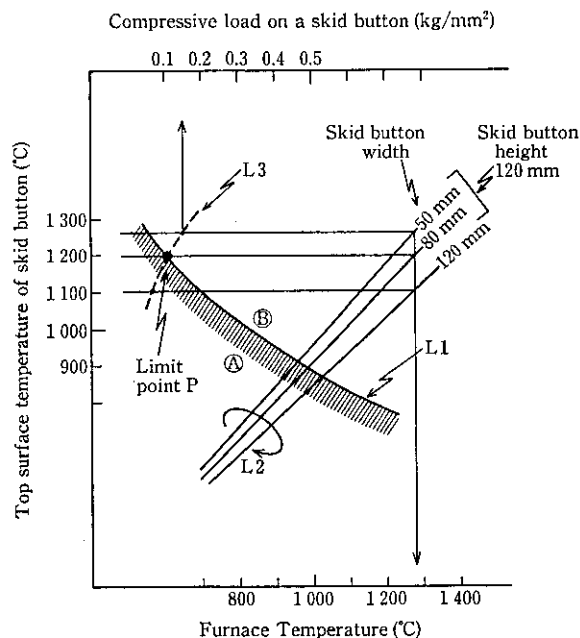


Fig. 4 Relation between compressive load, top surface temperature, furnace temperature, and button width at button height of 120 mm

L1: ボタン頂部温度と許容面圧の関係

L2: ボタン幅別の炉内温度とボタン頂部温度の関係

L3: ボタン幅と許容面圧の関係

を示している。L1の関係において、曲線より下部のA領域は耐熱合金の熱間圧縮強度が十分であり、変形が生じない領域である。炉内温度を1280°Cとすると、ボタン幅が狭くなるにたがってL2の関係からボタン頂部温度が上昇する。ボタン幅と面圧の関係線はL3で示され、このL3とボタン頂部温度と許容面圧の関係線L1の交点Pがボタン高さ、幅の限界となる。したがって、均熱帯の炉内温度が1280°Cの場合は、ボタン高さ120 mmでは幅80 mmがボタンの変形を起こさない限界となる。

Fig. 4に示したボタン寸法とスキッドマークの関係の中に、耐熱

合金の熱間圧縮強度からの制約を重ね合わせるとFig. 5となる。すなわち、従来の耐熱合金では、面圧をその熱間圧縮強度で支配される限界値以上に上げられないことから、ボタン高さと幅の間には比例関係がみられ、スキッドマーク低減に限界があり、水島熱延加熱炉の場合はP点が限界となる。この時のスキッドボタン高さは120 mm、幅は80 mmである。したがって、既設プッシャー炉に対するスキッドマークの低減効果はほとんどなく、高温での圧縮強度の高い材料の開発が必要である。

3 新耐熱材料の開発実験とその結果⁸⁾

3.1 新耐熱材料の具備すべき条件

鋼片加熱炉でのスキッドマークを低減するためには、スキッドボタンの高さを大きくし、幅を狭くすればいいことが前項の伝熱解

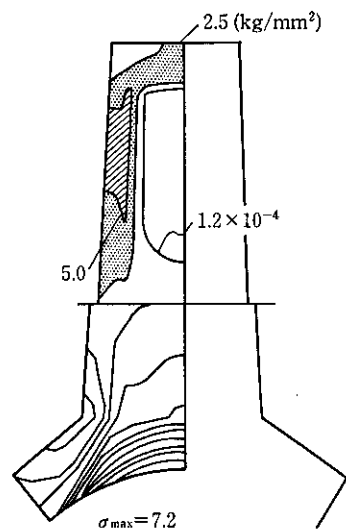


Fig. 6 Principal stress of skid button obtained by FEM analysis

析にて判明した。このことは、ボタンの屈曲を例にして考えると、ボタン幅が狭くなることにより、ボタン断面係数の減少および高さが高くなることにより、曲げモーメントの増大につながる。かつボタン温度が上昇するので熱間強度を低下する。

したがって、新耐熱材料を開発するうえで、スキッドボタンとして必要な強度特性値を定量化することが必要である。スキッドボタンの熱的および機械的条件を考慮した境界条件を設定し、ボタンに発生する応力解析結果を Fig. 6 に示す。炉温 1280°C において、背の高い幅の狭い新スキッドボタンに発生する最大主応力は 7.2 kg/mm² と計算された。この値を参考にして、新耐熱材料の具備すべき熱間疲労曲げ強度特性値を 10 kg/mm² 以上⁹⁾ に設定した。

一方、スキッドボタンによって、軟質材の裏面が凹むことを防ぐために、ボタンの面圧は 0.2 kg/mm² 以下が望ましいことが、高温下での鋼材載荷実験にて判明したので、熱間圧縮クリープ強度特性値は 0.2 kg/mm² 以上に設定した。

3.2 セラミックの強度特性と新耐熱材料

ニューセラミックと称される窒化珪素系セラミック (SiN) の強度特性を評価すると、セラミックは高温下でも 25 kg/mm² から 50 kg/mm² の曲げ強度を有しているが、疲労特性が判明していなかったため、高温下での 3 点片振り曲げ疲労試験を実施した。その結果を Fig. 7 に示すが、10⁶ サイクルで 2~3 kg/mm² と予想以上に強度が低下した。これよりセラミックは高温下で高応力が作用する工業用部品への適用は困難である。

またセラミックは寸法効果や酸化により、著しい強度低下を来す特性を有している。このことは、熱劣化を受けさせなければ強度低下を抑制することが可能であるために、微細化、均質化したセラミックを活用した新耐熱材料の開発へ方向を変更した。

微細化、均質化したセラミックを、耐熱合金の基地へ均一に分散させれば、分散強化形複合材料が出現することは種々の文献¹⁰⁾ にて明らかなので、まず、セラミックと耐熱合金との複合材料のテストピースを製作し、高温下での 3 点片振り曲げ疲労試験を実施した。その結果、10⁶ サイクルで約 17 kg/mm² 以上の驚異的な強度を有し、スキッドボタンとしての強度上の条件を満足している。

一方、複合材料の基地である耐熱合金の選定や、複合材料の酸化劣化、時効劣化等の特性を評価するために、既設プッシャー炉のスライダー¹¹⁾ に適用して、長期間、実炉の熱負荷にさらした。耐熱合金にニッケル・クロム合金を採用した複合材料の組織写真を Photo 2、コバルト合金を採用したものを Photo 3 に示す。ニッケル・クロム材では、長期間の熱負荷によりセラミックが飛散しており、複合材の特性を有していない。

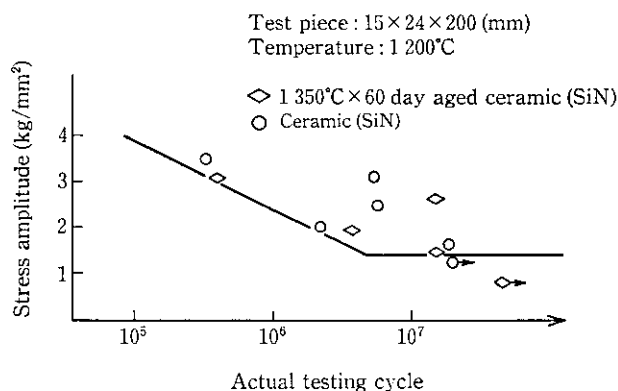


Fig. 7 Fatigue strengths of ceramic at high temperature

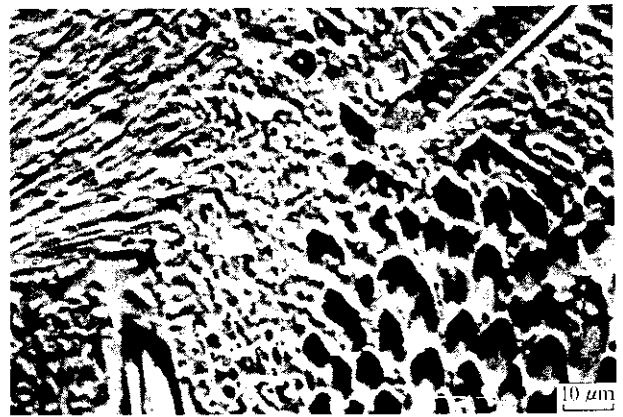


Photo 2 Micro structure of ceramics composite metal (Ni-Cr alloy + ceramics)



Photo 3 Micro structure of ceramic composite metal (Cobalt alloy + ceramics)

しかし、コバルト材では、セラミックが均一に分散したままで、分散強化型複合材料の組織がそのまま残り、強度低下も生じないことが判明した。

圧縮強度も、1300°C で 0.2 kg/mm² の圧縮クリープ強度 (0.25%/h) を有しており、セラミックとコバルト基の分散強化形複合材料は、背の高い、幅の狭い新スキッドボタン用の新耐熱材料として、十分な基本特性を持ち合わせている。

3.3 新耐熱材料の動荷重による強度特性

新耐熱材料の基本研究から開発されたセラミック複合材料と従来のコバルト基耐熱合金の特性比較を Table 1 に示す。強度に関する安定性は十分であるが、シャルピー衝撃値は低い。そこで衝撃値の許容限界値を究明するために、耐熱合金とセラミックの複合比を変化させ、実体に近いサンプルによって、繰返し圧下試験を行った。Fig. 8 にセラミック複合比と、破壊特性の関係を示す。セラミック複合比が 30% 以下の場合には強度不足により圧縮変形が、複合比が 70% 以上の場合には靱性不足により割れが生ずる。したがって 30~70% が適用範囲である。

スキッドボタンとして望ましい複合比を設定してから、炉温は 1280°C、圧下速度はウォーキングビーム炉での実体速度に合わせて、動荷重での高温繰返し圧下試験を継続した。Fig. 9 に結果を示すが、面圧 0.2 kg/mm² では、実炉で約 10 年に相当する 10⁶ 回まで圧縮変形や割れが生じないことが実験で検証された。

Table 1 Comparison of material characteristics between conventional and ceramic composite metal

		Conventional metal	Ceramic composite metal
Chemical composition (wt. %)		Cobalt alloy ($<0.15\% \text{ C}$ 27.0 Cr 40.0 Co 17.0 Ni)	Cobalt alloy + Ceramics
Compressive strength (kg/mm^2)	1000°C	0.37	0.60
	1200°C	0.12	0.25
	1300°C	0.05	0.21
Oxidation resistance (mm/year)	1000°C	0.12	0
	1100°C	0.21	0.10
	1200°C	0.70	0.26
Impact value ($\text{kg}\cdot\text{cm/cm}^2$)	RT	100	22
	1000°C	210	25

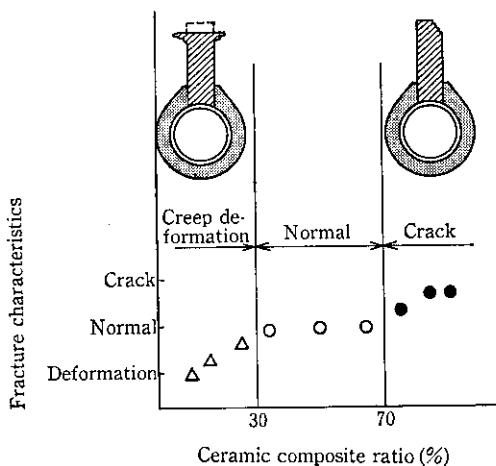


Fig. 8 Relationship between ceramic composite ratio and fracture characteristics

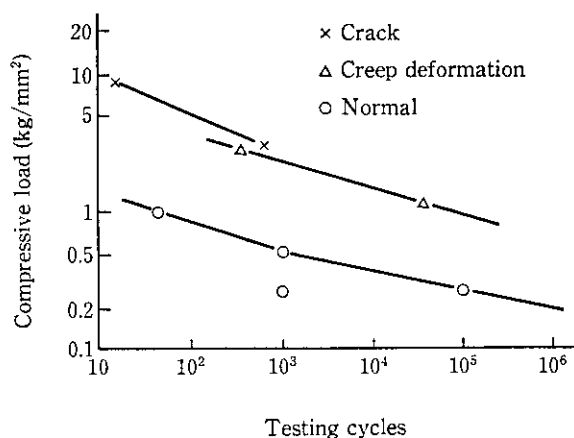


Fig. 9 Relationship between actual compressive load on skid button and testing cycles

一方、製造方法については、Fig. 10 に示すように金属チューブにセラミックと金属とを複合して造粒した粉体を充填した棒状の溶接棒を用いて、自動 TIG 溶接機により複合材を溶着させる方法を

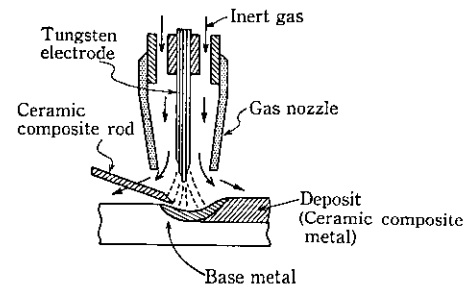
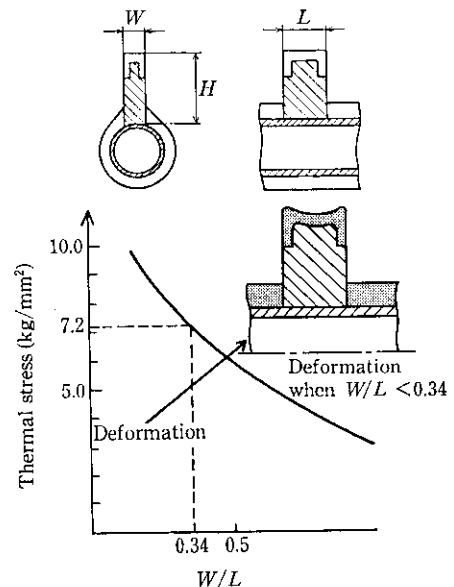


Fig. 10 Welding procedure of ceramic composite metal

Fig. 11 Change in thermal stress obtained by FEM with the factor showing the shape of skid metal W/L

開発した。

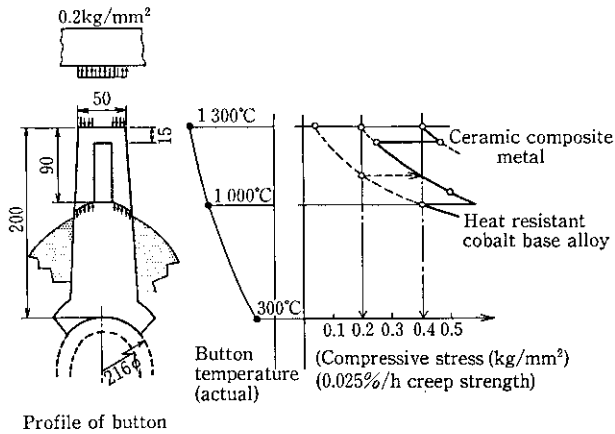
3.4 新スキッドボタンの最適形状設計

スキッドボタン幅 W は、スキッドマークを低減するうえで極力狭い方が望ましい。ボタン長さ L は、 0.2 kg/mm^2 の面圧に耐えるために、 $W \times L$ で表わされる表面積も必要である。一方、スキッドボタンは実炉において、急熱急冷の繰返し熱負荷を受けるので、非常な熱的負荷に耐えることも必要である。

今回、機械的熱的負荷に対する適正な複合形状を評価することを目的に、ボタン形状とボタンに発生する最大主応力の関係を FEM にて解析した。Fig. 11 にその結果を示すが、 W/L が小さいほど主応力が高くなり、逆に W/L が大きいほど低く、 $W/L=1$ のとき主応力は最小になった。この結果をふまえ、実験炉および実炉において、 W/L 比を変えたボタンに、実炉相当の急熱急冷の熱サイクルを与え、ボタンの変形状況を観察したところ、 W/L が 0.34 以下ではボタン頂部が降伏し、凹状に変形した。

上記結果から、 W/L は 0.34 以上に設定し、ボタン幅を新材料強度から許容される最も狭い寸法にした。

一方、新スキッドボタンのコストを低減する設計も必要である。Fig. 12 にボタン断面形状、温度および圧縮強度の関係を示している。従来のコバルト基耐熱合金の圧縮強度が不足する上面の外周お



Profile of button

Fig. 12 Change in temperature and compressive stress with position on the new type button

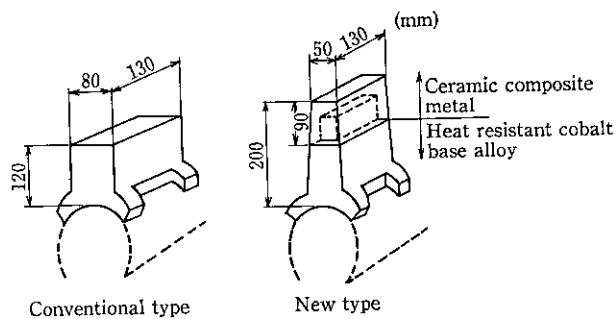


Fig. 13 Comparison of profiles between conventional and new type skid buttons

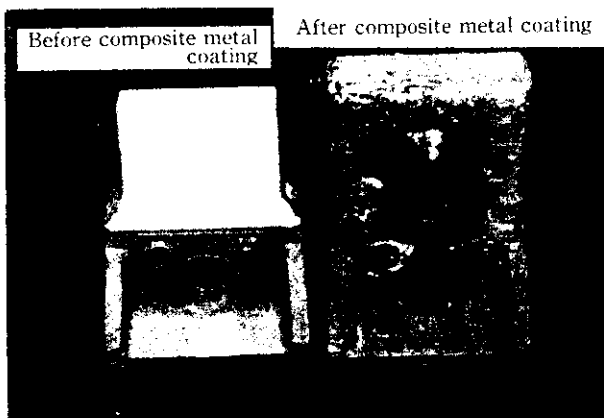


Photo 4 View of new skid button by ceramic composite metal

よび頂部のみにセラミック複合材料を適用することで、ボタン全体として十分な圧縮強度を確保可能になり複合材料の使用量を最小にして、低コスト化を達成している。

このように設計された新スキッドボタン形状を、従来のボタン形状と比較して Fig. 13 に示す。背の高さ、幅の狭さが明瞭である。Photo 4 は、セラミック複合材を溶着する前の母体と、溶着後の外観写真である。

3.5 伝熱特性評価実験の解析

スキッドボタンの形状と水冷ビーム配列のスキッドボタンへ与える影響および実炉での伝熱特性を把握し、2章でのスキッドマークの限界に関する解析精度を検証するために、Fig. 14 に示す実験装

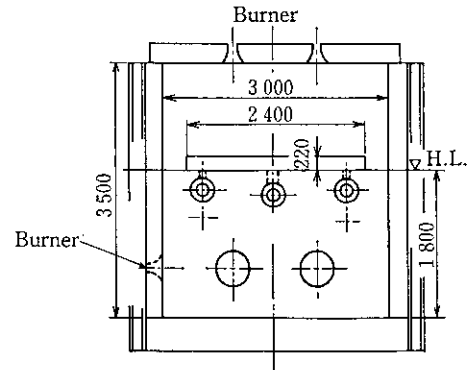


Fig. 14 Experimental device for measurement slab temperature

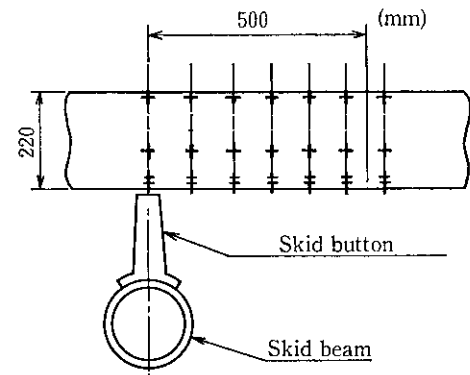


Fig. 15 Measured points of slab temperature

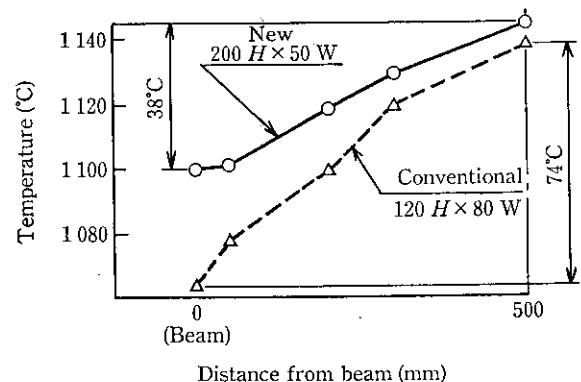


Fig. 16 Comparison of slab temperatures between conventional and new type skid button

置を製作した。実験装置では、水冷ビームを3本配置し、中央のビームは上下移動、外側のビームは水平移動できる構造とするとともに、鋼片の上下面にガスバーナーを設置した。鋼片は実鋼片厚みのものを採用し、伝熱特性を解析できるようにボタンと鋼片にそれぞれPR熱電対を埋め込んだ。Fig. 15 に鋼片寸法と测温位置を示す。実験は実炉と同じ加熱速度で昇温を行った。ボタンとの接触面の鋼片下面温度の実測値を Fig. 16 に示す。新スキッドボタン (200 mm 高さ, 50 mm 幅) は、従来のボタン (120 mm 高さ, 80 mm 幅) と比べて、ボタン回りの昇温は早くなり、均熱時において、ボタン直上とビーム中間 (500 mm 離れた点) との温度差が半減した。

この昇温曲線から、スキッドボタンの伝熱係数やシャドウ係数を定量化するとともに、ボタンの高さおよび幅寸法とスキッドマーク

の関係を整理したところ、2章の Fig. 3 とほぼ一致した。

4 実炉への適用結果とその評価

4.1 新スキッドボタンの採用範囲¹²⁾

新スキッドボタンを実炉に採用するにあたり、スキッドマークを極限まで低減するために、その採用範囲やビームレイアウトを検討した。Fig. 17 に、同一加熱条件のもとで、新ボタン形状と従来のボタン形状別に、鋼片とボタンの接触時間比率を変えた場合のスキッドマーク比について示した。一般的にウォーキングビーム炉では、鋼片とボタンの接触時間比率の小さい場合は移動ビームに相当し、逆に大きい場合は固定ビームに相当する。この関係から、新スキッドボタンは、鋼片とボタンの接触時間が長い固定ビームに採用

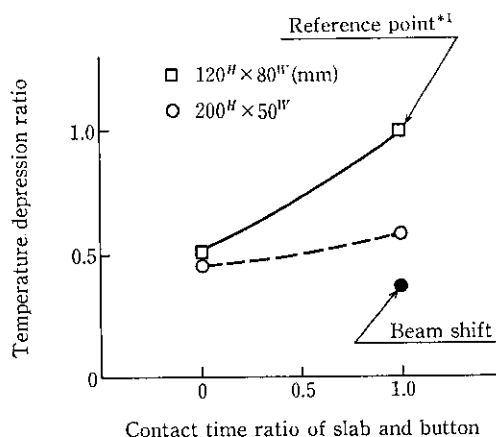


Fig. 17 Relation of temperature depression ratio and contact time ratio of slab and button (*1: The area supposed to keep contact at all time with the 120-mm height and 80-mm width skid button)

した方が効果的である。一方、接触時間が短い場合には、従来のボタン形状を採用した場合とほとんど差がないことが分る。

水島製鉄所熱間圧延工場の加熱炉の場合は、移動ビームの接触時間比率は約 30% で、固定ビームのそれは 70% に相当する。固定ビームのみに新ボタン形状を採用しても、移動ビームによって生ずるスキッドマーク量にはほぼ等しくなる。なおスキッドビームを炉長方向の適切な位置でシフトさせることは、ビームによって生ずるシャドウの影響を分散する効果がある。これは、ボタンの形状や、鋼片とボタンの接触時間に無関係に有効な手段である。

以上の検討結果をふまえ、水島製鉄所熱間圧延加熱炉では、スキッドマーク低減に最も効果的な均熱帯の固定ビームのみに、背の高いかつ幅の狭い新スキッドボタンを採用した。Fig. 18 に水島製鉄所熱間圧延加熱炉仕様^{13,14)}を示す。

4.2 実炉での効果

No. 3 加熱炉は稼働後、約 2 年経過している。Photo 5 に 1.5 年経

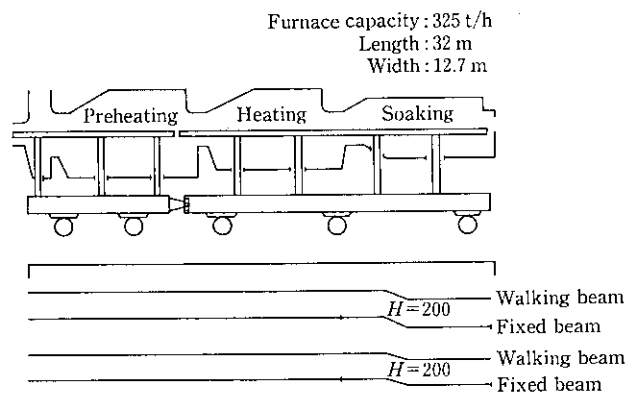
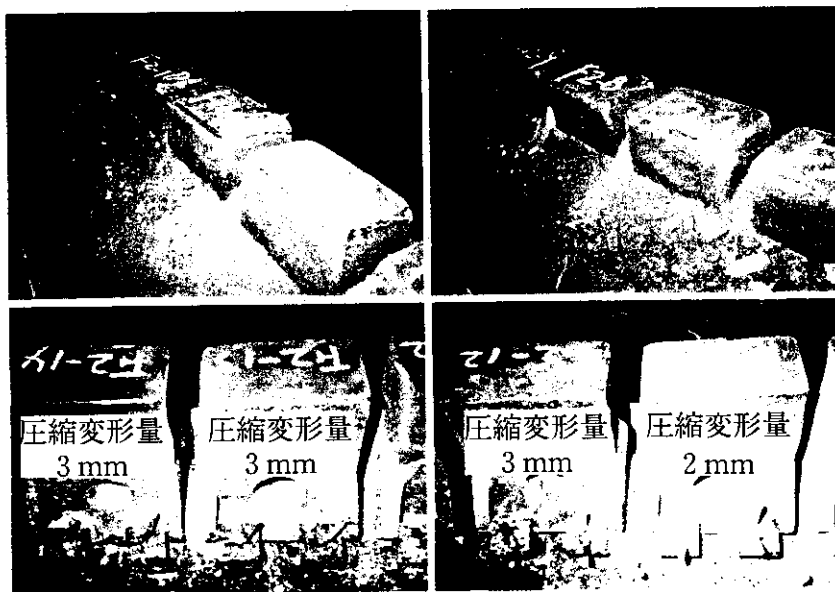


Fig. 18 Specifications and profile of reheating furnace of Mizushima hot strip mill



(Value of creep deformation about 2~3 mm)

Photo 5 View of new button after 1.5 years of service

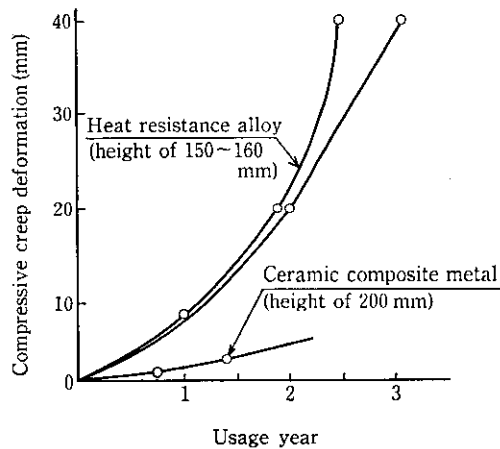


Fig. 19 Comparison of values of compressive creep deformation between heat resistant alloy and ceramic composite metal

過後の新スキッドボタンの状態を示す。当初懸念したボタンの割れは全く発生しておらず、ボタンの圧縮変形量も1.5年間で約3mmと極めて少ないことが分った。Fig. 19に従来の耐熱合金の圧縮変形量の実績と対比して、新ボタンの変形量を示すが、当初の計画どおりの性能を有することが確認できた。

一方、鋼片加熱後のスキッドマークについて、粗ミル出側の温度計により調査した一例をFig. 20に示す。ヒートパターンは、既設ブッシャー炉に比べて加熱帯炉温を約40°C下げており、このようにした場合でも、スキッドマークは、10°Cから15°Cを達成している。全体的にみた場合、今回のウォーキングビーム炉は既設ブッシャー炉に比して約50%のスキッドマーク低減をもたらしている。

5 結 言

水島製鉄所熱間圧延工場加熱炉のホットスキッドブッシャー炉からウォーキングビーム炉への改造に際して、スキッドマークの伝熱

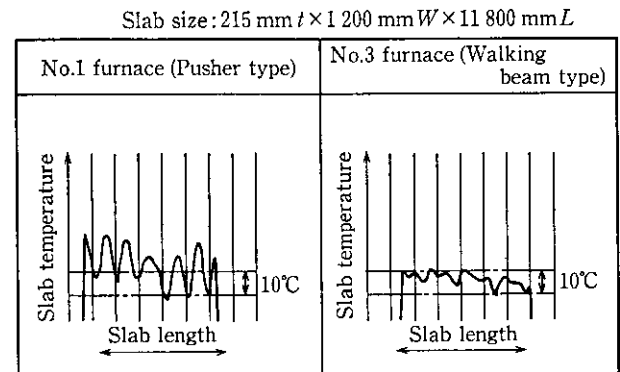


Fig. 20 Comparison of slab temperatures at the delivery roughing mill between pusher type and new walking beam type furnaces

特性を解析した結果、従来のコバルト基耐熱合金製スキッドボタンを装備したウォーキングビーム炉では、スキッドマーク低減には寄与しないことが明確になり、品質、コスト競争力を維持、向上するためおよびウォーキングビーム化の投資効率を最大限向上させるためにも、スキッドマーク低減技術の確立が必須条件であった。

これら要求に応えるべく、セラミックと耐熱合金の分散強化形複合材料の開発を行った。あわせて、スキッドボタンの形状、構造に対する研究、炉本体の伝熱特性、ビーム配列およびボタン配列の研究を行い、セラミック複合材製スキッドボタンを実用化した。

実炉への適用結果、当初心配したボタンの圧縮変形も小さく、スキッドマークの伝熱特性も良好に発揮して、品質の向上、省エネルギー、炉保全コスト低減に寄与している。

今後は、スキッドボタンの耐久性評価のフォローを継続するとともに、さらに背の高いスキッドボタンに耐える新しい材料開発によってスキッドマークの一層の低減を図っていきたい。

最後に、ウォーキングビーム化に対して、ご尽力をいただいた中外炉工業株式会社 工業炉設計部の担当者の方々に深く感謝の意を表わします。

参 考 文 献

- 清水勇夫, 武田利武, 梅本純生: 川崎製鉄技報, 5 (1973) 2, 263
- 薄崎 忍, 香月正人, 武田利武, 篠原慶章: 川崎製鉄技報, 3 (1971) 4, 517
- 三芳 純, 三宅祐史, 篠原慶章, 小橋正満, 高木 清, 川崎義則: 川崎製鉄技報, 14 (1982) 4, 548
- 平石久志, 篠崎 斌: クボタ技報, No. 14
- 小橋正満, 高木 清, 井上利夫, 内藤 肅, 新宅靖征, 坂本庄一: 鉄と鋼, 73 (1987) 12, S1130
- 三宅祐史, 篠原慶三, 高木 清, 小橋正満, 山田信男, 川崎義則: 鉄と鋼, 67 (1981) 4, S364
- 小橋正満: 鉄と鋼, 65 (1979) 4, S725
- 高木 清, 内藤 肅, 井上利夫, 小橋正満, 平石久志, 篠崎 斌: 鉄と鋼, 73 (1987) 12, S1131
- 窯業協会編集委員会講座小委員会: 「セラミックスの機械的性質」, (1979), 21
- 林 毅: 複合材料工学, (1971), [日科技連出版社]
- 高木 清, 内藤 肅, 小橋正満, 河内 登, 平石久志, 山上喜昭: 鉄と鋼, 71 (1985) 5, S342
- 小出正人, 井上利夫, 小橋正満, 中谷 修, 高木 清, 内藤 肅: 鉄と鋼, 73 (1987) 12, S1132
- Y. Shinohara, H. Miyake, K. Takagi, M. Obashi: *Fachberichte Hüttenpraxis Metallweiterverarbeitung*, 20 (1982) 10, 873
- 三芳 純, 三宅祐史, 高木 清, 篠原慶章, 堀田正雅, 小橋正満: 鉄と鋼, 68 (1982) 12, S1186