

ホットストリップミル用ワークロールの肌荒れの原因

Causes of Wear of Work Rolls in Hot Strip Finishing Mill

新 山 英 輔* 奥 本 武 臣**

Eisuke Niyyama

Takeomi Okumoto

蜂 須 幹 雄*** 清 野 信 二***

Mikio Hachisu

Shinji Kiyono

内 容 梗 概

ホットストリップミル用の鑄鉄製ワークロールの肌荒れ“バンディング”についての文献を概観し、これとの対比において鑄鋼ロールの肌荒れ“流星”について観察、実験、考察した。ロールの温度と応力が高くなるような圧延条件は、流星発生を促進する。圧延圧力、圧延ひん度を下げるとはロール温度低下に有効だが、水冷の強化はさらに効果的である。流星は表面からのファイヤクラックが、ある深さで水平に伸びることによる表面層のハク離から出発し、これがすりつけられて“尾”を形成する。これにはロール胴部の局所的熱膨張が密接に関係するが、表面のスケールは直接の関係がない。鑄鉄のバンディングの特長は1個所の起点からなだれ状に拡大する点であるが、鑄鋼の流星は個々に発生して互いに誘起しない。ロール組織の改善が対策として成功している。

1. 緒 言

ホットストリップミル用ワークロールの肌荒れは製品である鋼板の表面仕上げに影響し、またロール交換時期を早めるので、この対策は圧延操業、ロール製造の両面から種々検討されている。ここでは、この問題に関する従来の文献を概観し、われわれの二、三の観察と実験の結果について述べる⁽¹⁾。

2. 鑄鉄ロールの肌荒れ

2.1 圧延条件との関連

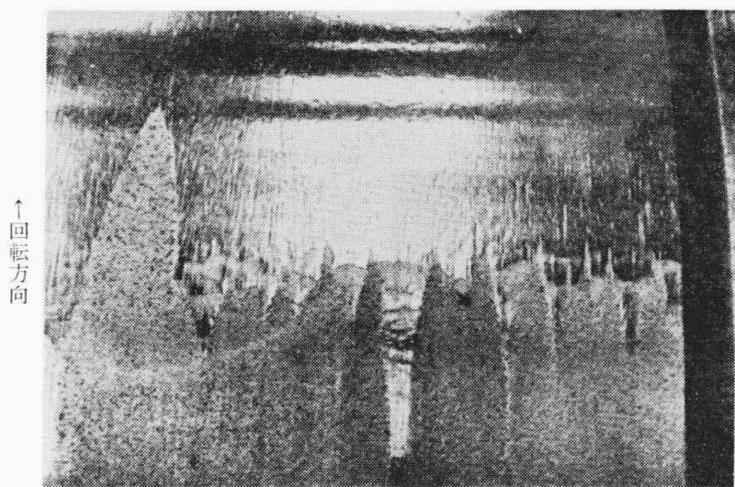
ワークロールの肌荒れの主要な原因のひとつが、ロールの温度上昇にあることについては意見の一致がみられている⁽²⁾⁽³⁾⁽⁵⁾。その対策として、高圧水と低圧水を併用しロール冷却をはかること⁽³⁾、使用初期は圧延速度をおそくし、その後しだいに上げてゆくこと⁽³⁾、圧延速度を低くすること⁽⁵⁾、などがあげられているが、これらと生産上の要求を調和させなければならない点に困難があり、どうしてもロール材質の改善を問題にしなければならなくなる。

2.2 ロール材質の変遷

ホットストリップミルが開発された初期においてはワークロールにはチルド鑄鉄が使われていた。これは硬度が高く、耐摩耗性に富み、しかも安価という特長を有するが、生産速度の上昇に伴い、チルはげ、折損などの問題が起こり、Niなどを加えた合金鑄鉄によるいわゆるグレンロールが用いられるようになった。ところが、このロールに Banding と呼ばれる肌荒れが現われ、対策として表面だけをチルドした中抜き鑄造を行ったりしてある程度の効果をあげてきた⁽³⁾。しかしながらロール使用条件のさらに過酷なミルでは、鑄鋼品が1、2あるいは3段スタンド(F_{1,2,3})に使用されるようになった⁽²⁾。鑄鋼ロールは比較的高価であるが、鑄鉄のようなバンディングを生ずることがなく、現在では国内のほとんどのミルがこれを採用している。

2.3 バンディングの機構

ロール材質の優劣を実地に判定することは、実はきわめてむずかしい問題に属する。というのは個々のロールが組み込まれるスタンドが異なり、また圧延材の種類、その他の圧延条件もそのたびに变化するからである。したがって、ロールの比較は多分に主観的になり



第1図 鑄鉄ロールのバンディング⁽⁴⁾

がちである。そこでこれを補う意味で肌荒れの機構を明らかにして、材質の優劣を理論的に判断することが重要になる。従来の文献には、鑄鉄ロールのバンディングについていくつかの考察がみられる。

Peterson 氏は黒鉛を含む Ni グレン鑄鉄よりも、表面がチルドされた中抜きロールのほうがバンディングが少ないという経験から、黒鉛がファイヤクラックの発生と、スケールの付着とを促進すると考え、そのことから鑄鋼ロールがもっとも有利であろうと推論している⁽³⁾。

Williams 氏はバンディングとはスケールの付着であるという Peterson 氏の定義を批判して、バンディングは摩耗の一形態であることを実証した⁽⁵⁾。そしてその発生過程は、まず表面下0.2 mm 付近でレデブライトセメントタイト中に表面に平行のき裂が生じ、やがて第1図のように、Comet Tail から Banding へと発展するとしている。Altmeyer 氏も第2図のようなレデブライトセメントタイト中の“はしご状き裂”を観察している⁽⁴⁾。これらを敷衍すれば、Peterson 氏とは異なる根拠から、やはり鑄鋼の利点が認められることになる。

鑄鋼ロールには鑄鉄と同じバンディングは現われない。しかし肌荒れがまったくないわけではなく、外国文献にも鑄鋼ロールの Banding, Skin Spalling⁽⁶⁾⁽⁷⁾、あるいは Tail Mark⁽³⁾として略述されている。これらに相当するものとして国内では“流れ星”が問題となっており、以下これについての観察と実験の結果を述べる。

3. 鑄鋼ロールの肌荒れ

3.1 流星の発生状況

第3図はF₁スタンドに現われた典型的な流星現象である。F₂ス

* 日立製作所日立研究所

** 日立製作所日立研究所 理博

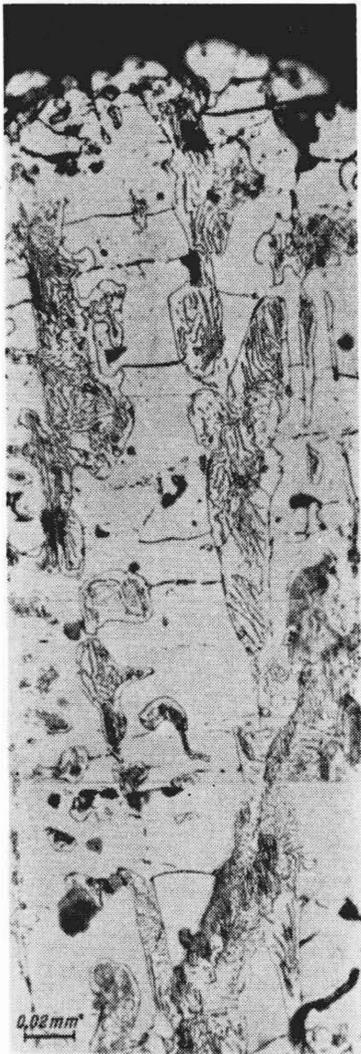
***日立製作所勝田工場

スタンドにもこれとやや形態は異なるが類似のものがみられる。これらはホットストリップミルの前段スタンドでの特有な現象であり分塊、あるいは粗圧延機の鋳鋼ロールにはみられない独特の肌荒れといえる。発生の経過は、研削され、スタンドに組み込まれたロールが使用とともにしだいに表面が黒くなり、やがて光沢をますようになり、そしてこの面に白く流星の形でハク離が起こりこれが広がってついには全面におよぶのである。一方このとき、圧延製品の表面には流星に対応した模様が現われる。

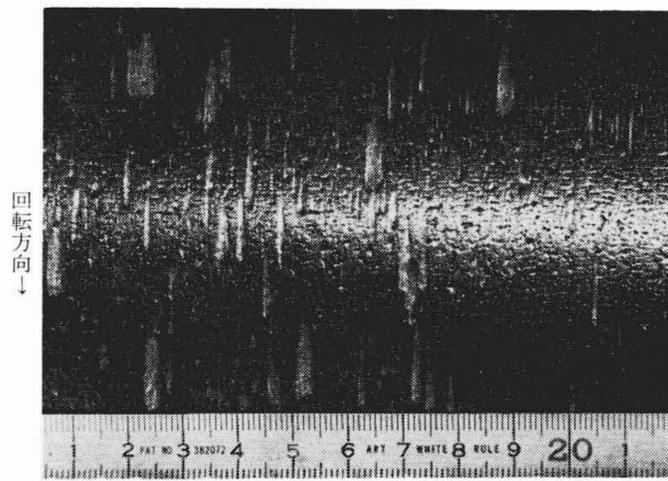
流星が多発するための条件として(1)生産量が多いとき、(2)1個の製品板が長いとき、(3)ロールを繰り返し使用して径が小さいとき、などが経験的に知られている。これらの事実は、ロール表面の温度や応力の大小が流星発生に密接な関係を有することを示唆している。

3.2 流星の実体

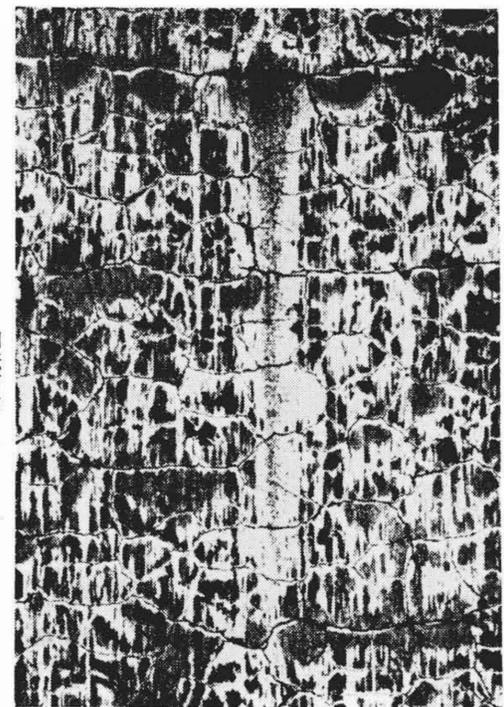
第4図は1個の流星を拡大したもので、それがファイヤクラックを起点としていることが明らかである。第5図はその断面で、ファイヤクラックは単に垂直に進展するのではなく、深さ0.2~0.6mmの地点で水平に方向を転換し、左右連結して表面を脱落するに至り、これが流星の起点となることがわかる。その際クラックは針状あるいは網目状セメントタイトに沿って進展する傾向がある。しかし、クラックが水平に伸びる原因としてはこのほかに、圧延機および補強



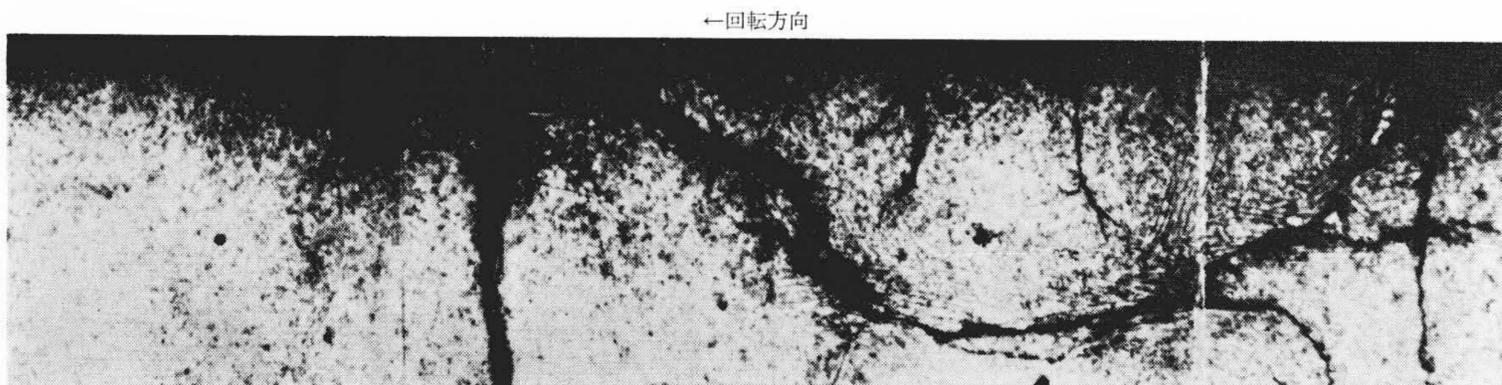
第2図 鋳鉄ロール表面下の“はしご状き裂”⁽³⁾ (250×)



第3図 鋳鋼ロールの流星 (0.5×)



第4図 流星の拡大写真 (5×)



第5図 流星の断面 (60×)

第1表 スケールのX線回折結果

試料	酸化物形態	FeO	Fe ₃ O ₄	Fe ₂ O ₃
スラブ上のスケール (表面)		+++	++	+
スラブ上のスケール (裏面)		+++	+	-
ロール表面のスケール		-	+++	-

ロールからのせん断応力がある。

3.3 ロール表面のスケール

流星の発生は外観上は、ロール表面への黒色皮膜 (スケール) の付着とハク離という形を取って現われる。前述のように Paterson 氏は Banding の原因としてスケールの重要性を主張している⁽³⁾。

こうしたことから、スケールの形態をX線回折により調査してみた結果を第1表に示す。仕上スタンドにはいる前のスラブ上のスケールはFeOが大部分で、高温で形成された酸化物であることを示しており、一方ロール表面のスケールはFe₃O₄であってロール自体が低温で酸化して(560°C以下で安定)形成されたものであり、スラブ上のスケールの転写でないことがわかる⁽⁸⁾。

このことから、スケールは少なくとも Peterson 氏が考えるほどの重要な役割を果たしてはいないことが間接的に結論される。

3.4 ロールの膨張と摩耗形状

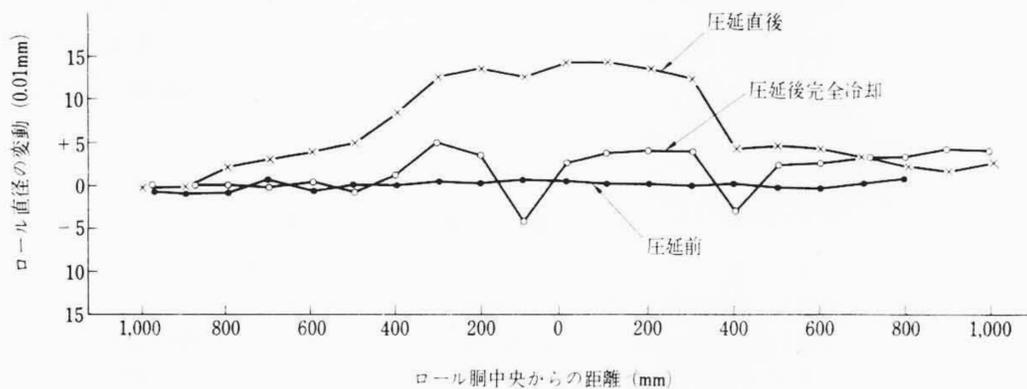
流星は場所的に必ずしもロールの全面に現われず、胴上のかなり局限された幅の中に集中して発生することが多い。また時間的にも圧延開始後ある時間が経過してから発生し、しかもその時期は一定しない。こうしたことを説明するためにはロールの熱膨張に注目しなければならない。

第2表は圧延終了後30分のロール各部の表面温度の一、二の例である。多くの場合は例1のように胴中央の温度が高いが、ときには例2のように両端が高いこともある。いずれにしても圧延中にはこ

第2表 圧延直後のロール表面温度 (°C)*

ロール	狭幅材を圧延したときの一例		広幅材を圧延したときの一例	
	中央	端**	中央	端**
F ₁ 上	54°	~40	41	44
F ₁ 下	51	~40	—	39
F ₂ 上	44	~30	36	40
F ₂ 下	40	~30	29	35

* 圧延終了後 30 分の時点でアルコール寒暖計で測定
 ** 板材の接する範囲の最端部



第6図 ロールプロファイルの変化の一例 (F₁ 下ロール)

れよりも大きな場所的な温度差があると想像される。

第6図はひとつのロールの圧延前、圧延直後(約30分)、完全冷却後の3時点のプロファイルの変化を例示したものである。圧延直後は中央が膨張していること、冷却後に左右2個所の異常摩耗が明らかになること、などがわかる。このことから、圧延中になんらかの原因で局所的な膨張が起こり、その部分での応力集中のために流星の形で摩耗が始まるのではないかと推論される。

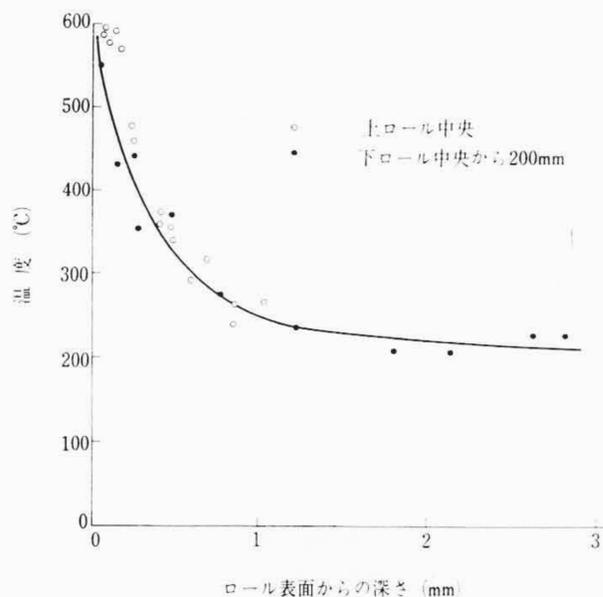
3.5 圧延中のロール温度

ワークロールの表面付近の温度分布についての理論計算⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾の結果を確認するために、焼入鋼埋込法⁽¹¹⁾によりF₁スタンド上下ロール胴上各部の温度を測定した。ここで与えられる温度はそれぞれの個所の最高加熱温度と考えてよい。第7図はその結果で、理論的予想にほぼ一致して表面は約600°C、2mmの点で200°Cといった値が得られた。これによれば流星の深さ(0.2~0.6mm)は300~600°Cに加熱されることになり、その部分の材料が応力のみならず熱的にも過酷な条件にさらされることがわかる。また、板が接触する幅の中では胴上の位置による温度差は検出されなかった。

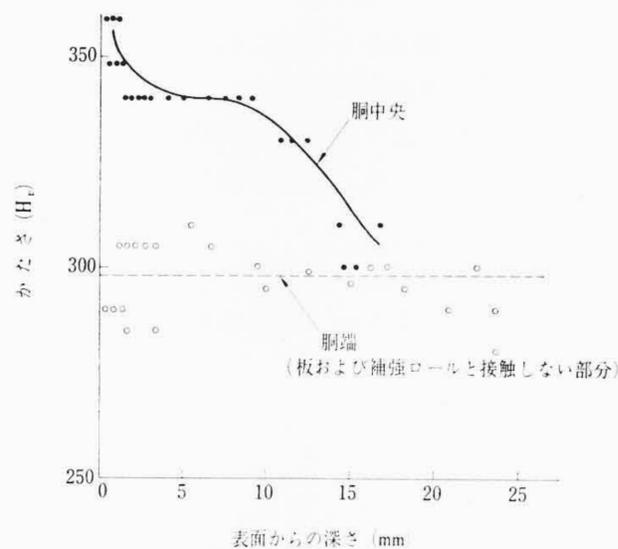
つぎに、これよりも内部の、ロール全体としての温度が圧延中にどのような時間的変化をたどるかを知らるために、ロール内部に熱電対をそう入し、スリッピングを通して起電力を取り出して記録した。実験方法と結果の詳細は別報⁽¹²⁾にゆずって、実際的な結論だけを述べると、ロールの熱膨張に関するような全体としての温度は圧延間隔、圧延圧力などにも影響されるが、それよりも冷却水の影響が大きく、水量と水圧を十分に与える必要のあることが明らかになった。

3.6 ロール表面層の硬化

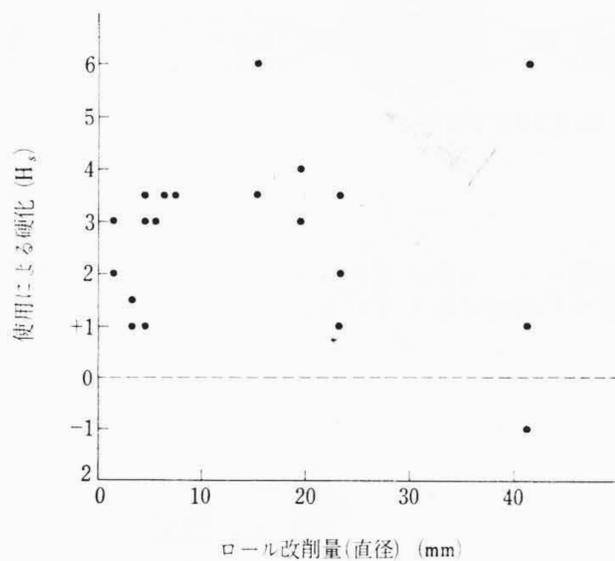
ワークロール表面が過酷な応力条件下におかれることのひとつの証拠として表面層の硬化が認められる。第8図は使用されたロールの断面についてかたさ変化をみたもので、硬化は最大Hv50、その深さは15mmに及んでいる。第9図は製造時と使用後のかたさの差を多数のロールについて調べた結果で、使用程度(改削量)との関係ははっきりしないが、使用されたものはほとんどが硬化している。これに加えて、ワークロール胴上の補強ロールが接した部分に10分の数ミリの凹凸が現われる事実からみて、ワークロール表面層が圧延機、および特に補強ロールから塑性変形を起こすほどの応力を受けていることが示唆される。



第7図 F₁ ロール表面層の圧延時の温度分布



第8図 ロール表面層の使用による硬化(铸鋼)

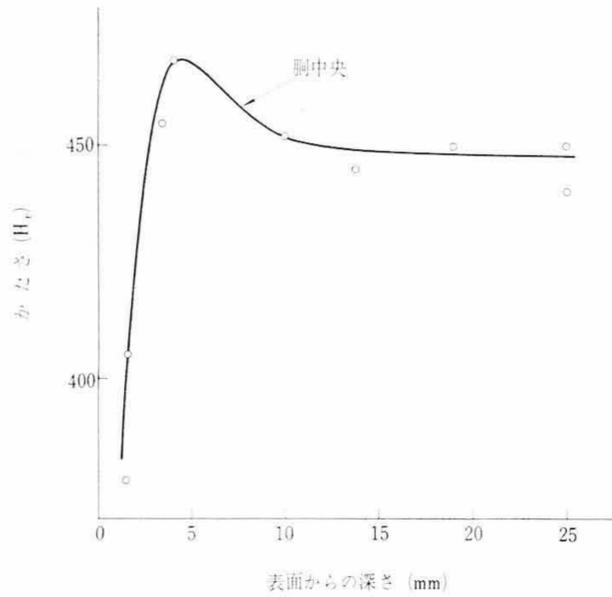


第9図 ロール表面の使用による硬化(铸鋼)

第10図は比較のために合金铸铁製ワークロールの表面層のかたさを調べた結果で、ここでは加工硬化は現われず、むしろ加熱による焼戻軟化が最表面にみられることは興味深い。

3.7 流星の発生機構

铸铁のバンディングと铸鋼の流星は形態は異なるが、機構においてかなりの共通点がある。いずれもその端緒は圧延機からの応力と熱、補強ロールからの応力などが加算されて表面下一定の深さに表面に平行のき裂が発生する。き裂は铸铁にあってはレデブライツセメント内部に、铸鋼にあってはセメントと基地の境界にも生ずる。このき裂が肌荒れとして進展する過程において両者の差が現われる。すなわち铸铁では、表面の崩壊(ほうかい)が1個所



第10図 ロール表面層の使用による軟化 (铸铁)

で始まるとこれを起点として末広がり、あるいは Comet Tail 状になだれのように肌荒れが広がる。これはかたいセメントaitを含む脱落層がみがき粉のようになってすでに潜在的なき裂の生じたロール表面にこすりつけられ、これを荒らし、連鎖反応が続くものと考えられる。

一方、铸铁の流星は個々に発生し、尾が細長く伸びるだけで他の流星を誘発することがない。これは脱落物がかたいセメントaitを

含むのに対して、基地は全体として靱(じん)性に富むので、単に鋭いひっかき傷がつくだけで終わるためと考えられる。

4. 結 言

ホットストリップミル用の铸铁製ワークロールの肌荒れについて観察と実験を行ない、铸铁ロールとの対比においてその特長を明らかにした。これに基づいて圧延作業上およびロール製造上の対策を打ち出し、現状では流星はほとんど発生をみないまでに至った。今後圧延条件の変化のいかんによってはどのような形態の肌荒れが現われなくても限らない。しかし、ここで铸铁ロールの基本的な特性が明らかになったので、これを応用してそれぞれの事態に対処していけるものと考えている。

参 考 文 献

- (1) 奥本, ほか: 鉄と鋼 50, 601 (1964-4)
- (2) Allison: Iron & Steel Eng. 33, 98 (1956-6)
- (3) Peterson: Iron & Steel Eng. 33, 98 (1956-12)
- (4) Altemeyer, ほか: Stahl u. Eisen 81, 184 (1961-3)
- (5) Williams: Iron & Steel 372 (1962-8)
- (6) Sachs, ほか: Iron & Steel Eng. 38, 71 (1961-12)
- (7) Latorre, ほか: Iron & Steel Eng. 39, 149 (1962-12)
- (8) 相山: 金属材料の加熱と酸化, 誠文堂新光社 (1956)
- (9) Peck, ほか: Iron & Steel Eng. 31, 45 (1954-6)
- (10) 関本: 日立評論 別-42, 43 (昭 36-5)
- (11) 新山, ほか: 日立評論日研30周年記念論文集, 122 (昭39-11)
- (12) 高見, ほか: 自動制御, 37 (1964-12)



特 許 の 紹 介



特許第425529号

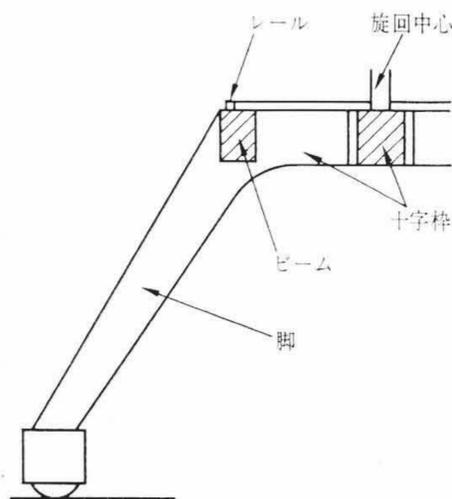
山 崎 勇

旋 回 ク レ ー ン の ポ ー タ ル

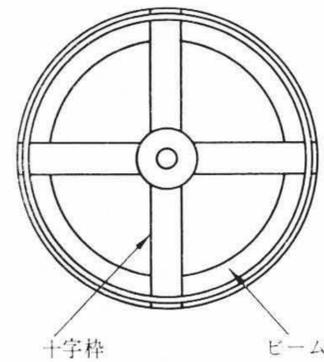
従来の旋回クレーンのポータルは、角形のわく上に円形のローラパスを設置する構成になっている。

この発明のポータルは、閉断面を有する環状体を十字わくと一体の脚により支持し、環状体の外側面ビーム上またはその近くに旋回体の旋回用レールを設けたことを特長とするものである。

従来のポータルは角形の部分に余分の部材を必要とするが、この発明のポータルはそのような必要がなく、製作に際して機能に則した強度を容易に持たせることができる。(富田)



第1図



第2図