

新しい技術

UDC 621.771.265

鋼矢板圧延用分割スリーブロールの開発

松原博義*・入江利治*²・弘瀬 智*・高木圭治*

Improvement of Multi-composite Sleeve Roll for Sheet Pile Rolling

Hiroyoshi MATSUBARA, Toshiharu IRIE, Satoshi HIROSE, and Keiji TAKAKI

1. 結 言

形鋼圧延用ロールは、孔型の各位置で圧延形態が異なるため、局部摩耗、はだ荒れ、クラックなどが起き、ロールの消耗を早めている。なかでも、鋼矢板圧延用ロールのつめ底に発生する円周方向のクラックは、これを除去するための所要改削量が多く、問題となっていた。

このつめ底クラック防止対策として、きわめて有効な分割スリーブロール¹⁾²⁾を開発した。このロールは、スリーブをクラックの発生しやすいつめ底部で分割し、アーバーに焼きばめすることにより製造している。この分割スリーブロールを使用した結果、つめ底クラックの発生は、まったくなくなり、従来の一巻ロールに比し、2～2.5倍のロール耐用度を示した。また、分割部の品質に与える影響も皆無であつた。この方式は、レールや溝型鋼などの圧延用ロールに見られるクラック防止にも有効である。

そこで、以下に、この分割スリーブロールの開発経緯、形状・構造の特徴および、使用実績を報告する。

2. 分割スリーブロールの構造と特徴

2.1 分割スリーブロールの開発経緯

2.1.1 ロールに発生する欠陥

鋼矢板は、製品断面形状が複雑であり、とくにつめ部を圧延成形する部分に、つぎのような欠陥が発生しやすい。

- (1) ロールつめ底部の円周方向クラック
- (2) ロールつめ頭部の軸方向クラック
- (3) ロールつめ部の倒れ
- (4) ロールつめ部の摩耗

とくに、Fig. 1 に示すロールつめ底部の円周方向クラックについては、クラックを放置したままで圧延した場合、孔型フランジ部の欠損やロール折損を引き起こす危険がある。

このクラックを除去するために、2～3回圧延するごとに、多量のロール改削が必要で、その結果、ロール原単位を高める原因となつていた。

2.1.2 つめ底部の円周方向クラックの発生原因

クラックは、つぎの各要因の相乗作用により、発生するものと考えられる。

(1) 圧延材による加熱・冷却の繰り返しによつて発生する熱衝撃負荷。

(2) 圧延材の圧延圧力が、孔型の壁に垂直に作用するスラストカ。

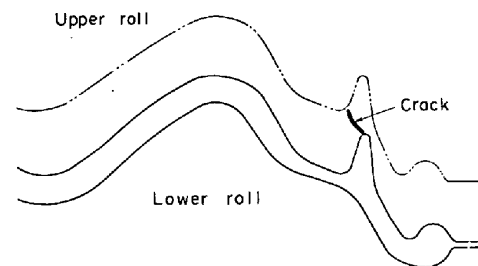


Fig. 1. Crack of the nail bottom of upper-roll.

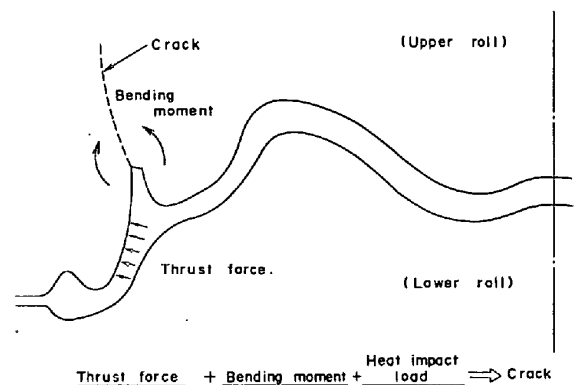


Fig. 2. Originate causality of the crack of circumferential direction in the nail bottom of upper roll.

昭和 56 年 1 月 30 日受付 (Received Jan. 30, 1981) (依頼新しい技術)

* 日本鋼管(株)福山製鉄所 (Fukuyama Works, Nippon Kokan K. K.)

*² 日本鋼管(株)本社 (Nippon Kokan K. K., 1-1-2 Marunouchi Chiyoda-ku 100)

(3) 圧延荷重によつて、ロール胴部に発生する曲げ応力。

なお、Fig. 2 につめ底部の円周方向クラックの発生機構を示す。

2.1.3 クラックの防止対策

クラックの発生を抑えるための手段として、従来から水冷強化、材質改善などの対策を講じているが、大きな効果は、現れていない。

本ロールは、クラックがもつとも発生しやすいつめ底部で、スリーブを分割しアーバに焼きばめすることにより、上記のクラック発生原因を軽減させることをねらいとしたものである。

すなわち、クラック発生要因(1)に対しては、き裂の干渉効果、つまり深いき裂が自由端の役割をなして、き裂を生じさせる冷却時の引張応力を緩和することを図り、また、(2)(3)に対しては、圧延かみこみ時などの、せん頭負荷に対する応力集中軽減効果を、図つたものである。

2.2 分割スリーブロールの形状と構造

分割スリーブロールは、スリーブとクラック発生位置で分割したものであり、この具体例を Fig. 3 に示す。

また、製造上で配慮した事項は、つぎのとおりである。

- (1) スリーブのすべり防止
- (2) スリーブ間のギャップ規制
- (3) フレッシングコロージョン（接触疲労）の防止
- (4) 最適材質の選定

なお、項目別に、以下に説明する。

2.2.1 スリーブのすべり防止

スリーブは、径大アーバに焼きばめを行うことにより組み立てているが、この焼きばめによる円周方向応力は、スリーブが薄くなると大きな値となり、スリーブ割損を起こすおそれがある。

そこで、すべりを防止し、かつスリーブ割損を生じな

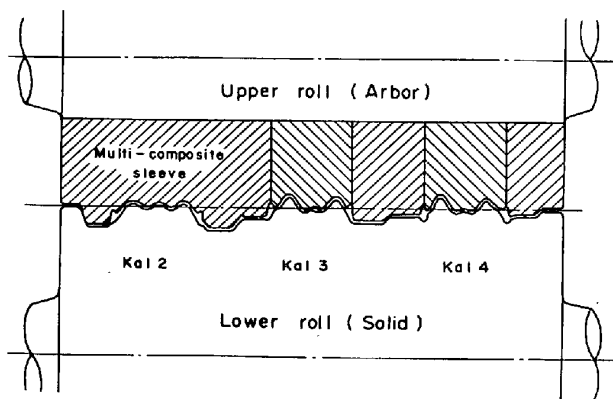


Fig. 3. Example of the multi-composite sleeve roll.

いように、特殊増摩材などを用い、焼きばめ面の摩擦係数を大きくしている。また、軸方向のすべり防止のため、両端のスリーブ部に、突起部を取り付けている。また、スリーブのすべりに対する安全率を2.4以上としている。

2.2.2 分割スリーブ間のギャップ規制法

スリーブをアーバに焼きばめすると、冷却過程で軸方向に収縮する。したがつて、全スリーブを同時に焼きばめすると、各スリーブ間に大きなギャップが生じるのでこれを防止するために、最も幅の大きいスリーブから焼きばめとスリーブ端面の仕上加工を行つた後に、つぎのスリーブを焼きばめする作業を繰り返すことにより、スリーブ間のギャップを0.2 mm 以下に押える方法をとつた。

2.2.3 フレッシングコロージョン（接触疲労）防止

スリーブを焼きばめによつて、アーバと金属接触させた状態で、繰り返し荷重を与えると、フレッシングコロージョンを生じ、材料の疲労強度が低下する。そこで、十分な材料安全率をとるとともに、特殊焼きばめ法を適用し、フレッシングコロージョンを生じにくくしている。

2.2.4 強度評価と材質の選定

本ロールを製作する場合、スリーブとアーバに発生する応力に対して、材料強度が十分にあることと、焼きばめ面のすべりに対して、抵抗力があることが必要である。

圧延荷重により、スリーブとアーバに発生する曲げ応力としては、

- (1) スリーブ外径円周曲げ応力

$$\sigma_B = \frac{M_2}{Z_2} \cdot \alpha = \frac{E_2 \cdot I_2 / (E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2)}{(\pi/32) \{ (D_2^4 - D_1^4) / D_2 \}} \cdot M \cdot \alpha$$

- (2) アーバネック曲げ応力

$$\sigma_N = \frac{M}{Z} \cdot \alpha' = \frac{\{ (P \cdot a) / L \} \cdot l}{(\pi/32) D_1^3} \cdot \alpha'$$

- (3) アーバ胴部曲げ応力

$$\sigma_{BA} = \frac{M}{Z} \cdot \alpha'' = \frac{\{ (P \cdot a) / L \} \cdot b'}{(\pi/32) \cdot D_1^3} \cdot \alpha''$$

などがあり、また、スリーブにはたらく応力としては、

- (1) 焼きばめ応力（スリーブ内面円周方向応力）

$$\sigma_t = \frac{R_2^2 + R_1^2}{(R_2^2 - R_1^2)} \cdot P_m$$

$$P_m = \delta / \left\{ \frac{R_2^2 + R_1^2}{(R_2^2 - R_1^2)} \cdot \frac{1}{E_2} + \frac{1}{m_2 E_2} + \frac{1}{E_1} - \frac{1}{m_1 E_1} \right\} \cdot 2R_1$$

- (2) 圧延応力（スリーブ内面円周方向応力）

$$\sigma_t = \left(3.6 - 0.6 \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot \frac{P_e}{\pi R_1}$$

(3) 熱応力 (スリーブ内面円周方向応力)

$$\sigma_t = \frac{\alpha E}{1-\nu} \cdot \frac{1}{r^2} \left\{ \frac{r^2 + R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \int_{R_1}^{R_2} T(r) dr + \int_{R_1}^r T(r) dr - Tr^2 \right\}$$

があり, これらの強度評価を行い, スリーブの円周方向すべりに対する安全率

$$\eta = \frac{T_f}{T_m}$$

を, 2.4 以上とした。

適用材質として, スリーブ材には, 耐摩耗性とスリーブ割損防止を考慮して, Cが 1.5~1.7% のアダマイト材を使用し, アーバ材には, 耐折損性を重視して, C0.6~0.8% に, Ni, Cr, Mo を添加した合金の鑄鋼ロールを使用している。

スリーブロールのC%, 機械的性質を Fig. 4³⁾, アーバロールのC% と機械的性質を Fig. 5⁴⁾に示す。

なお, Photo.1 に, 分割スリーブロールの製造状況を示す。

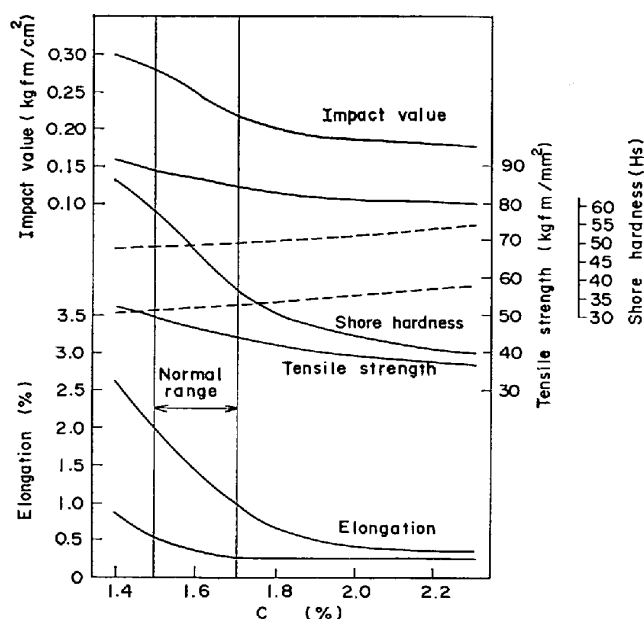


Fig. 4. Mechanical properties and C % of the admite roll (sleeve roll).

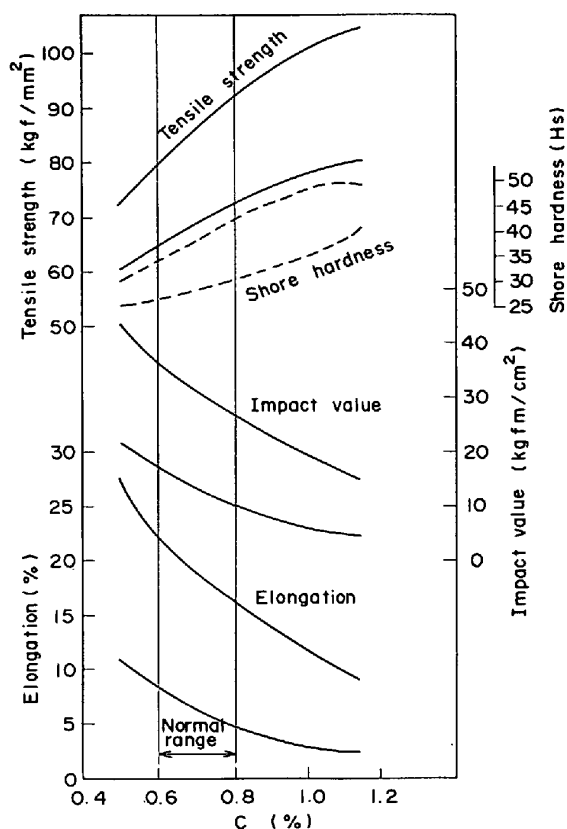


Fig. 5. Mechanical properties and C % of the alloy cast steel roll (Arbor).



Photo. 1. Multi-composite sleeve roll.

3. 分割スリーブロールの実績

分割スリーブロールの製造例を, Table 1 に示す。従来の一体式ロールにおいては, クラック除去のため

Table 1. Example of the multi-composite sleeve roll.

Example of the applied roll	Dimension	Type of the multi-composite sleeve roll
R ₂ mill. NKSP III-Type roll No. 1 Large section mill FUKUYAMA · NKK	Arbor 755 φ × 2 500 l Sleeve 1 245 φ × 2 500 l	5 sleeve rolls
R ₁ mill. NKSP III-Type roll No. 1 Large section mill FUKUYAMA · NKK	Arbor 750 φ × 2 500 l Sleeve 1 244 φ × 2 500 l	6 sleeve rolls

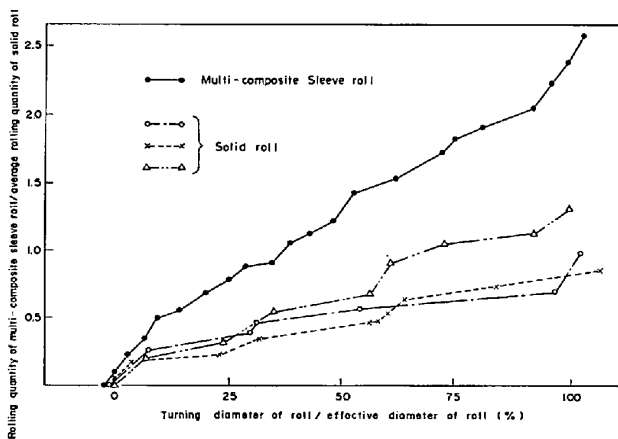


Fig. 6. Comparison of the rolling actual results.

に、大幅な改削を行う必要があつたが、分割スリーブロールにおいては、鋭角部のクラックがまったく発生しないため、同一有効利用径での累計圧延量は、Fig. 6 に示すように、従来ロールの約 2~2.5 倍のロール耐用度を示している。

4. 結 論

本方式の効果としては、つぎのような点をあげることができる。

(1) 鋼矢板ロールの消耗を左右するつめ底クラックを完全に防止することができ、ロール耐用度が、従来の一体式ロールに対し、2~2.5 倍となる。

(ロール原単位 50% 減 ロール常備数 33% 減
ロール旋削時間 30% 減)

(2) 各分割スリーブの材質を、それぞれのスリーブの使用条件に合わせて代えることにより、ロール耐用度をさらに伸ばすことが可能である。

(3) ロールを廃却径まで使用したのち、アーバ部分は、再使用可能であり、2 回目以降の使用においては、ロールの購入費が軽減する。

(4) ロールフランジ欠損部の補修更生用のロールとしての利用が可能である。

(5) 圧延中に、ロール変形やクラックなどが発生し

ないため、圧延能率の向上や歩留り向上に寄与する。

(圧延能率 1% 向上 歩留り 0.2% 向上)

(6) 本分割方式は、鋼矢板圧延用ロールに限らず、形鋼圧延用ロールの鋭角部孔型クラックの防止手段としても有効活用できる。

なお、最後に、本分割スリーブロール製造技術開発に協力された、日立金属(株)に、謝意を表す。

記 号

D_1 : アーバ径 (cm)

D_2 : スリーブ径 (cm)

I_1, I_2 : アーバおよびスリーブの断面二次モーメント (cm⁴)

E_1, E_2 : アーバおよびスリーブの縦弾性係数 (kg/cm²)

M : 曲げモーメント (kgf·cm)

P : 圧延荷重 (kgf)

L : 支点間距離 (cm)

a : 荷重点位置 (cm)

b' : 計算位置 (cm)

$\alpha, \alpha', \alpha''$: 形状係数

l : モーメントアーム (cm)

P_m : 焼きばめ圧力 (kgf/cm²)

δ : 焼きばめ代 (cm)

R_1, R_2 : スリーブ内外面半径 (cm)

m_1, m_2 : ポアソン係数

P_e : 孔型単位長さ当たりの圧延荷重

$T(r)$: 直線分布式

r : ロール中心からの距離

α : 線膨張係数

ν : ポアソン比

T_m : モータートルク

T_f : 焼きばめ面摩擦抵抗トルク

文 献

- 1) 入江利治, 高木圭治, 是永逸生, 佐野義一: 鉄と鋼, 65 (1979) 5, p. 293
- 2) 入江利治, 高木圭治: 日本鋼管技報, 82 (1979), p. 136
- 3) 宮下格之助: 鉄と鋼, 57 (1971) 5, p. 31
- 4) 宮下格之助: 鉄と鋼, 57 (1971) 5, p. 28