

とクラックは次第に少なくなる。これを単位面積当りのクラックの長さの合計として記録し、切削前を 100% として表わしたのが Fig. 2 である。この例では 5mm の切削(片肉)でほとんどのクラックが除去されている。ロール胴上の位置による深さの差をみるとかならずしも明確な関係はないが、一例では中央から 600mm の位置、中央、300mm の順に深くなつており、下ロールだけについてみると亀甲が大きいほど深いという関係があるのではないかと推定された。

III. 摩 耗

ロール組込みから取出しまで、毎日 1 回ロールプロフィールを camber meter で測定した結果を Fig. 3 に示す。下ロールでは使用の初期から中央の左右 300mm 付近の摩耗が多いことがわかる。上ロールは取出後の測定値のみ示すが、下ロールより摩耗が多く、また下ロールのような左右の谷がない。このような傾向は他の場合にもほとんど同様に認められた。下ロールの左右の摩耗の谷は鋼塊両端がもつとも頻繁に当たる位置にほぼ相当するが、それではなぜ上ロールにも同じものが現われないか理由は明らかでない。

1 組の上下ロールについて各点の亀甲面積と摩耗量を対比してみると Fig. 4 に示すようにほぼ比例関係が認められる。この理由を推定してみると、摩耗の多い地点は細かいクラックは消滅して、深いものだけが選択的に

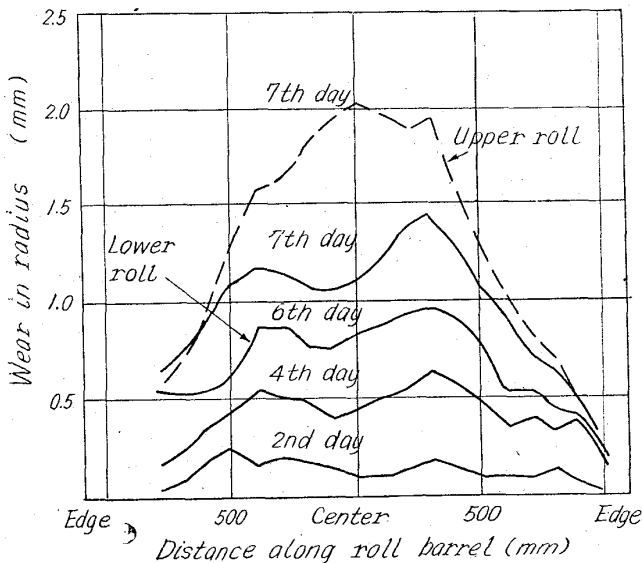


Fig. 3. Wear profiles.

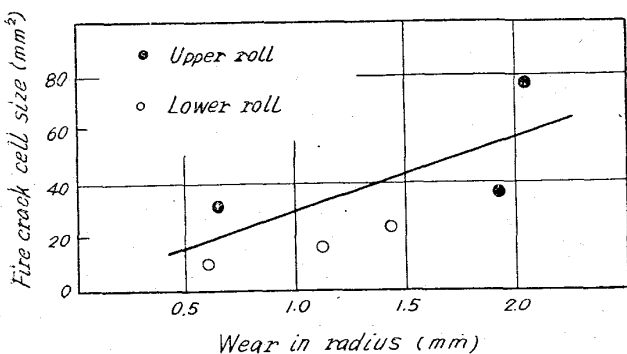


Fig. 4. Fire crack cell size vs. wear.

進展するために亀甲が大きく、かつ深くなるのではなからうか。繰返し改削して使用すれば削り残しの深いクラックがますます選択的に進展するので Fig. 1 のように亀甲はますます大きくなり、ロール上の位置による差も増大すると説明できる。

IV. 上下ロールの肌荒れの差の原因

上ロールの摩耗が多い理由として鋼塊とのスリップが多いのではないかと考えられたので、上下ロールの回転の差を知るためにふたつの実験を行なった。まず上下ロールに一定間隔のナーリングをつけ、スラブ上下面について刻印の間隔を測定した。その結果、上面の刻印間隔が短いこと、すなわち上ロールの回転が多いか、または下ロール側のほうが鋼塊がよく延びていることがわかった。

つぎに高速度映画によつて上下の回転速度を直接測定してみると、鋼塊噛込み前にあらかじめ下ロールを速く設定しておいたにも拘らず、噛込みと同時に上ロールのほうが速くなるという傾向が見出された。これらの結果は上ロールのほうがスリップが多いことを直接証明するものではないが、上下の回転の差、スリップの差、あるいは鋼塊の延び方の差が肌荒れに影響するであろうことを示唆するものである。

V. 結 言

理想の状態としては下ロールのごとく摩耗が少なく、上ロールのごとく fire crack が少ないことが望ましい。このためには上下ロールが受ける圧延時の諸条件をさらに究明し、またこれに応じたロール材質の検討を行なわなければならない。摩耗とファイヤクラックの間に何らかの相関があるということはロール材質の検討のうえでも興味深いことである。クラックの深さについてはさらにデータを集めて、将来は統計的根拠に基く最適改削量を決定するように考えている。

(105) 分塊ロールの表面温度

(分塊ロールの肌荒れの研究—II)

富士製鉄, 広畑製鉄所

水谷 訓・神崎 昌久・吉用 明峻

日立製作所, 日立研究所

理博 奥本 武臣・○新山 英輔

Surface Temperature of Slabbing Mill Rolls.

(Study on the surface defects of slabbing mill rolls—II)

Satosu MIZUTANI, Masahisa KOZAKI,

Akitaka YOSHIMUCHI, Dr. Takeomi OKUMOTO,

and Eisuke NIHYAMA.

I. 緒 言

第 I 報にのべたように分塊ロールの fire crack の形態と摩耗の量はロールの上下、あるいはロール胴上の位置によつて異なる。この原因についてはまだ推論の域を脱しないが、少なくとも fire crack は鋼塊によるロール表面の加熱によるものであるし、摩耗も表面の温度に

関係することは明らかであるから、ロールの使用時の表面温度を知ることは重要であると考えた。

II. 測定方法

ロール表面は鋼塊との接触の瞬間に加熱され、直ちに冷却されるが、加熱の時間とその深さはきわめて小さいため普通の方法では測定は不可能である。われわれはききに焼入鋼小片をロール表面に埋込んで焼戻硬さから温度を推定する方法を考案したので、ここにもこれを応用することにした。

上下ロール表面各3~5カ所に5φ×5mmの穴をあけ、同一寸法の炭素工具鋼7種(SK7)の焼入小片を埋込んで周囲を叩いておさえた。この状態で圧延を行なったのち取出し、試料中心軸に沿って縦断してマイクロビツカース硬さ計で硬さを測定した。試料が鋼塊と接触した時間はつぎのようにして求めた。パススケジュールの一例について計算すると、接触弧と回転速度から求めた一回の接触時間は各パスによつて異なるが0.024~0.101secであり、13パス合計して0.718secとなる。同じ鋼塊を3500本圧延したとすれば0.718×3500=2500sec=42min≈1hrとなる。SK7の焼入試料を炉中で100~700°C, 0.1, 1および10hr焼戻して硬さを測定して比較の標準とした(Fig. 1)。

III. 測定結果

埋込試料断面の硬さ分布から換算して求めた温度分布の1, 2の例をFig. 2に示す。表面は400~500°C, 1mm内部は200°C程度で、この間の温度勾配は約300°C/mmである。したがって加熱層の範囲はせいぜい2mmであるといえる。

つぎに上下ロール中央の表面温度を比較するとTable 1に示すように、下ロールのほうが若干高い傾向がみられる。測定のために圧延条件と測定方法は若干異なるが測定値の変動は比較的少ない。とくに圧延期間わずか1~2日でも同じ測定結果を得たことは興味深い。第3, 4回測定の際、鋼塊に対して高圧水による脱スケールを行なっているが、ロール温度には大きい差はみられない。

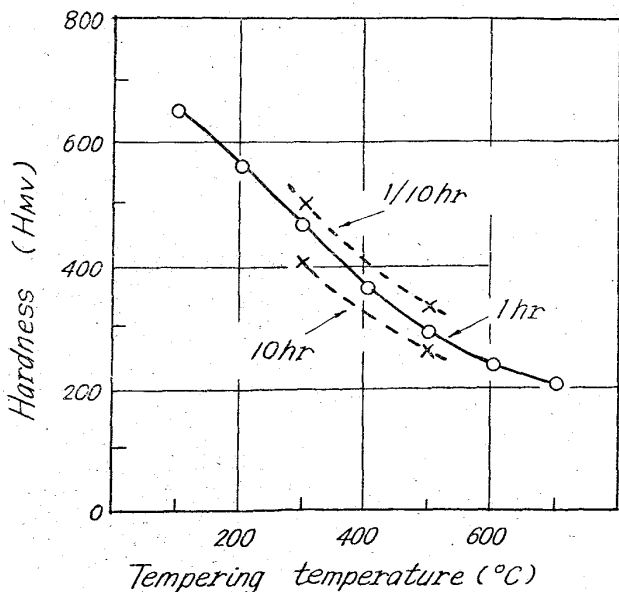


Fig. 1. Hardness vs. tempering temperature.

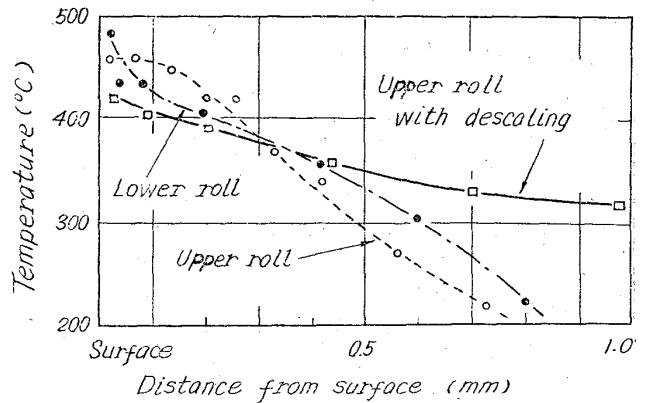


Fig. 2. Temperature distribution in the surface layer as estimated from the temper hardness, of plugged-in carbon-steel pieces.

Table 1. Surface temperature of upper and lower rolls as estimated from the temper hardness, of plugged-in carbon steels.

Test series	Temperature (°C)		Remarks
	Upper roll	Lower roll	
1 A	420~480	—	2 days
1 B	410~430	420~460	7 days
2 A	410~430	440~450	SK3 instead of SK7
2 B	440~470	480~500	SK7
3	440~450	490~510	Descaling
4	500~510	500~510	"

い。ただし Fig. 2 によれば温度勾配は、脱スケールを行なつたときに小さくなる。

ロール胴上の鋼塊と接触する範囲内では中央の温度がやや高目であるがその差はわずかであつて、位置による温度差はないとみてよい。

IV. 測定法の検討

焼入鋼小片の焼戻し硬さからロール表面温度を推定する方法はこの場合に考えられるほとんど唯一の方法であるだけでなく、操作が容易で、しかも現場作業の邪魔にならない点で現場実験の手段として優れている。しかしその精度についてはつぎのような問題点がある。(1) 硬さ測定値自体のばらつき、(2) 圧延時の焼戻時間合計を求めるときの不正確さ、(3) 標準試料は1hr連続加熱による焼戻し、埋込試料は繰返加熱という差、(4) 圧延圧力の影響、(5) ロール本体と埋込小片の温度差、(6) 焼戻された試料表面が摩耗するため、取出した試料表面の硬さは真の表面温度より低目を与える、などである。これらを総合して推定ではあるが精度は±50°程度と考えている。

このうち第6項の摩耗についてみると、第I報にのべたように上ロールのほうが摩耗が多いので、表面硬さから求めた温度は実は少し内部の温度に相当することになる。これをやや定量的に計算すると、上ロールのほうが下ロールよりも約25°低くでることになり、これはTable 1の上下ロールの差にはほぼ相当するので、結局上下ロール

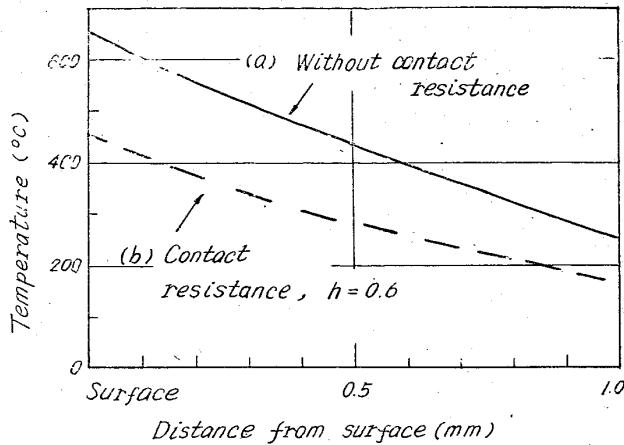


Fig. 3. Calculated temperature distribution in the surface layer 0.05sec after contact.

表面温度は大差ないという結論になる。

V. 測定結果の検討

1200°C の鋼塊に接触するロール表面が 500°C にしかないのは低すぎる感もあり、他方 0.1sec にも満たない接触時間を考えると高すぎる感もある。簡単な仮定に基く計算によればつぎのようになる。

鋼塊とロールの熱的諸定数は同一で、温度によつて変わらないとする。1250°C の鋼塊と 50° のロールが平面で完全接触するとき、接触開始後時間 t_s におけるロール内部の点 x の温度 T は²⁾

$$T = (1250 + 50)/2 + (1250 - 50)/2 \times \text{erf}(x\sqrt{\rho C/2\sqrt{Kt}})$$

$$= 650 - 600 \text{erf}(1.53x/\sqrt{t})$$

ただし熱伝導率 $K=0.10$, 比熱 $C=0.12$, 比重 $\rho=7.8$, (C.G.S.) とする。鋼塊が離れるとき、 $t=0.05\text{sec}$ における温度分布を Fig. 3 a) に示す。Fig. 2 と比較すれば理論値は高すぎる。そのひとつの理由として接触抵抗が考えられるので、鋼塊とロールの間に熱伝達係数 $h=0.6$ (cal/cm²·sec·deg C) を仮定して図式で計算すると Fig. 3 b) のようになり実測値に近づく。 h の値は任意に決めたものでこれを検証する根拠もいまいところない。おそらく鋼塊表面のスケールとか水蒸気膜の有無によつて h の値は大巾に変わるであろう。脱スケールの実施によつて温度勾配が大きくなったのは、 h が大きくなって同時に鋼塊面温度が下がったとして一応説明できる。

VI. 結 言

焼入鋼埋込法による分塊ロール表面温度測定結果は、単純な理論的推定よりも低い値を示したがその一部分は摩耗による誤差と考えられ、一部は鋼塊とロールの間の接触熱抵抗のためとして説明できる。したがつて鋼塊の脱スケールによつて接触抵抗が少なくなるかと予想されたが、実測の結果は必ずしもそれを実証するものではなかつた。ロールの上下、および胴上の位置によつて表面温度はほとんど変化がなく、したがつて第 I 報にのべた上下ロールの摩耗と fire crack の差は表面温度から説明できないと結論できる。

文 献

- 1) 奥本: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1619~1620

- 2) たとえば INGERSOL: Heat Conduction (1954), p. 78, [Univ. of Wisconsin press]

(106) ホットストリップミル用鑄鋼製ワークロールの肌荒れについて

日立製作所, 日立研究所

理博○奥本 武臣・新山 英輔

Skin Spalling of Cast Steel Work Rolls in the Finishing Stand of Hot Strip Mill.

Dr. Takeomi OKUMOTO and Eisuke NIHYAMA.

I. 緒 言

ホットストリップミル仕上スタンドワークロールの材質は、かつては鑄鉄系に限られていたが、最近では前段スタンド、すなわち 6 スタンドのうち第 1, 2 スタンドには高炭素合金鑄鋼が用いられる²⁾。その理由は噛み止めクラックと呼ばれる大きい熱亀裂と、スケールバンデングといわれる鑄鉄独特のロール肌荒れが鑄鋼ではあまりみられないからである。しかし鑄鋼ロールにも独特のいろいろの引掻疵などがあり、それが圧延材の品質に影響するといわれる。なかでも、流星 (shooting star) と呼ばれる疵が有害とされるのでこの疵の本質について研究した。

II. 流星発生状況

典型的な流星の外観を Photo. 1 に示す。研削したロールで圧延を開始すると間もなくロール表面に黒色酸化膜が形成し、次第に濃く光沢を帯びてくる。やがて胴部の一部で酸化膜が剥がれて白い引掻疵が黒地にくつきりと現われる。起点から後進方向に長く尾を引いており、まさに流星状である。先進方向にも短く伸びたものもある。その巾は 0.5~2mm, 長さは数十~数百 mm におよぶ。密集して発生する位置は胴中央、あるいは左右に数百 mm ずれた位置、などで一定しないが、その部分はほぼ全周にわたつて発生する。さらに圧延を続けると、ついにはある巾をもつて全面的に酸化膜が剥がれた状態に至る。このうち流星が発生しつつある状態が圧延材にとつてはもつとも悪く、流星に似た形にスケールが転写されるといわれる。個々のロールによつて流星発生傾向が顕著なものとならないものがある。しかしまた同

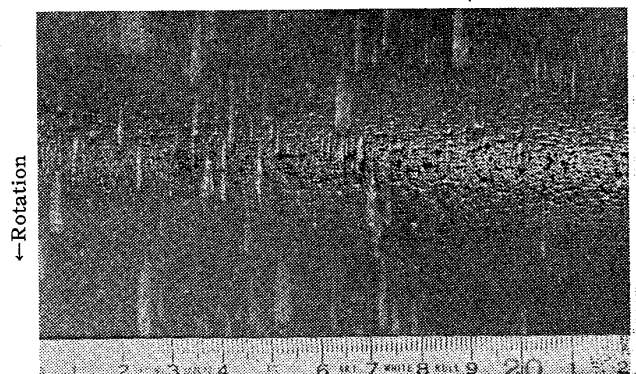


Photo. 1. Typical skin spalls.