

Fig. 2. Strength at high temperature.

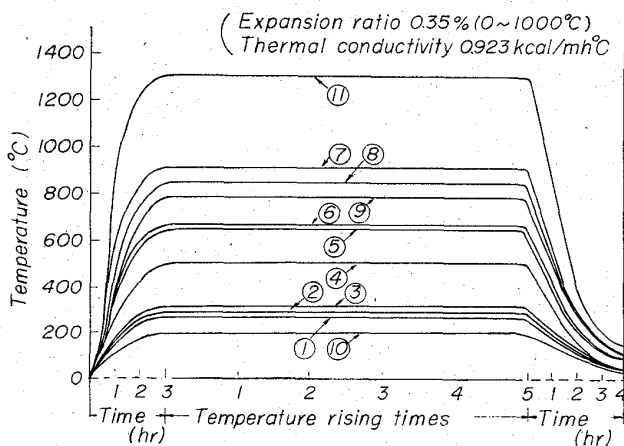


Fig. 3. Heating curves of the recuperator tube. (schamotte bricks)

の供試チューブはX線回折により $KAl(SO_4)_2$ が同定されたが、この茶褐色の紐状物質は $KAl(SO_4)_2$ により生じたものと考えられる。No. 5 ホール4段目においても $KAl(SO_4)_2$ がわずかに同定されたが顕微鏡においても観察された。全体的にみて未使用品と比較して熱影響、変質によりシャモット粒と結合部は不鮮明となり、またシャモット粒中のムライトの結晶群は微晶質となり熱影響の比較的少ない下部においても原煉瓦組織から若干変化していた。

4. 考 察

供試チューブにおいては変質により亀裂したのか、操業条件が苛酷でスポーリングによる亀裂発生により漏風率が高くなって燃焼が炉内で不完全となり、チューブ中で局部的な燃焼を起こして異常な高温となり、チューブ内面の付着物がチューブ内に侵透して変質し熱影響に対して脆弱となって亀裂発生の原因になったかは十分に解明できなかった。しかしチューブの耐スポーリング性を向上せしめて不純物の侵透を低減せしめるために、気孔

率を現用より低下せしめるとともにピット内の排ガスの流れ方がピット全面に均一ならしめることは考慮する必要があると思われる。また上段の1段目、2段目の損傷がもつとも起こりやすいため漏洩率が高くなることが確認できればチューブ内での燃焼防止のため1段目、2段目を早急に取替える方が作業能率、経済面からは良好と考えられる。再加熱収縮試験において上段チューブ試料は大きく膨れ悪臭ガスを発生したので、これに対しては今後ガスクロマトグラフによりガス組成を調べて変質層の解明を行ない、チューブの損傷防止に対しては品質改善の手掛りが得られるものと考えられる。

5. 結 言

均熱炉レキュペレーターチューブの亀裂、破損の原因を検討するために、解体チューブについて調査試験した結果を要約すると次のごとくであった。

(1) チューブ内面に付着したものは SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , S であつて、チューブの成分以外の Cr_2O_3 , S の含有が多く、とくに燃料の重油から生じた S はチューブの上段より下段に多い傾向であつた。

(2) チューブ内面は変質し、とくに上段・中段ははなはだしく変質し、 $KAlSi_3O_8$ (正長石), $KAl(SO_4)_2$ (カリ明礬) が検出された。

(3) 物理的性質は顕著な変化はみられなかったが変質層は残存膨張が大きく、また高温強度は未使用品より30~50%低下していた。

(4) 耐スポーリング性 (実体) は形状にも問題はあがるが若干弱いと考えられるので、スポーリングに対する特性を向上せしめるとともに不純物の侵透に対しても気孔率を小さくして品質を向上せしめるべきものと思われる。

(5) 変質層を再加熱した場合は悪臭ガスが発生するので、このガスについてはガスクロマトグラフにより組成を調査し、変質層の解明からチューブ煉瓦の変質原因とその改善並びに燃料等に対する手掛りが得られるものと考えられる。

(138) 分塊圧延における塑性変形の検討 (RI の塑性変形研究への利用—I)

富士製鉄, 広畑製鉄所

佐伯欣一・工博 宮川一男・○野村悦夫

神崎昌久・吉用明峻

Metal Flow in the Slab Rolling Process.

(Application of RI tracer to the study of plastic deformation of steel—I)

Kin-ichi SAEKI, Dr. Kazuo MIYAGAWA,
Etsuo NOMURA, Masahisa KŌZAKI
and Akitoshi YOSHIMUCHI.

1. 緒 言

熱間圧延時の塑性変形の研究は、A. HOLLENBERG¹⁾, N. MEIZ²⁾, L. WEIB³⁾ らにより、模型実験や実験用圧延機による研究例は多いが、現場の大型圧延機を使用した Metal flow の研究⁴⁾ は比較的少ない。分塊圧延における塑性変形の観察は、スラブの終端に発生する "Fish

tail”の成因をつきとめ、分塊歩留の向上に資することができる。本実験は広畑熱間圧延工場の universal 型分塊圧延機による塑性変形に RI を利用して調査したものである。

2. 実験方法

塑性変形を調査する標識に RI ⁶⁰Co を使用した。⁶⁰Co 粒 1 コの大きさは、2 mm φ × 2 mm で放射能強度は 1 ~ 10 μc である。実験に使用した鋼塊はいずれもリムド鋼で重量約 13 t である。鋼塊には Fig. 1 に示すように所定の深さまで 5 mm φ ~ 20 mm φ の孔をあけ、⁶⁰Co 粒を挿入し、内径と同じ太さの丸鋼で封じ、鋼塊表面部を溶接止めた。分塊圧延機は二重逆転式 universal 型で、水平ロール 1,150 mm φ、立ロール 923 mm φ である。分塊圧延後スラブを放冷し、⁶⁰Co の位置を collimeter 付き scintillation counter で測定した。スラブ内の深部の ⁶⁰Co の位置を正確に決定するために、スラブを巾 100 mm に溶断し、スラブの表面および切断面から測定し、内部の ⁶⁰Co の位置を決定した。

3. 塑性変形測定結果および考察

Fig. 1 に示した鋼塊を圧延した場合のスラブでの変形状態を Fig. 2 に示す。Fig. 2 から材料の水平移動

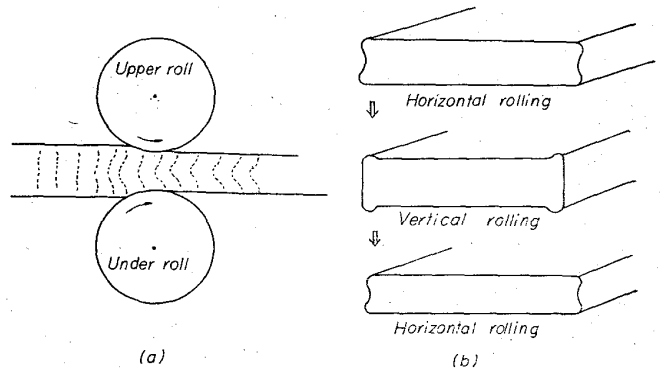


Fig. 3. Illustration of metal flow of ingot edge.

Table 1. Elongation of ingot (l'/l).

	Bottom	Bottom-Middle	Middle-Top	Top
Work side	5.95	6.88	7.39	4.85
Center	5.55	6.69	7.13	5.12
Drive side	5.58	6.86	7.32	4.50
Mean	5.69	6.81	7.28	4.82

については、変形曲線の開く方向が top 部および bottom 部で反対方向で、その変形彎曲度は終端部に移るにつれて激しい。すなわち、圧延方向へのメタルフローはスラブの端で大きい。この傾向は側面方向からみた厚み方向の変形彎曲度についてもいえる。普通圧下率の比較的小さい 1 パス圧延の過程では、Fig. 3 (a) に示すように、材料の中に想定された垂直線は、一樣に圧延方向と反対方向に曲がる。当実験においては、圧延は同時に水平ロールと立ロールをきかし、しかも逆転圧延を 10 数回繰返しているため塑性変形はかなり複雑である。圧延材は常により応力の小さい部分であるスラブ端部のほうに流れる。1 パスでの変形は小さくても 10 数回におよぶ圧延過程により、スラブ端部の流れは大きくなっていく。スラブ彎曲変形の原因のもう一つは、圧延過程の断面変形状態から考えられる。鋼塊の圧延過程で Fig. 3 (b) のように、毎回の圧延 pass 後スラブの側端に肉盛りが生じるが、この盛り部分は次の圧延のとき、材料の中央部より大きな摩擦力が生じ、圧延方向に大きなメタルフローを生ぜしめるものと考えられる。次にスラブの中央面での圧延方向への伸び (l'/l) の測定結果を Table 1 に示す。

Table 1 から top 部より bottom 部の伸びが大きい。鋼塊の bottom の断面積は top のそれより 1.10 倍大きい。圧延による伸びは平均して 1.18 倍である。top 部に圧延前に cavity があり、これが圧着されたために top 部は伸びなかつたものと考えられる。

4. 均熱時間とスラブ断面の影響

3. により、universal 型分

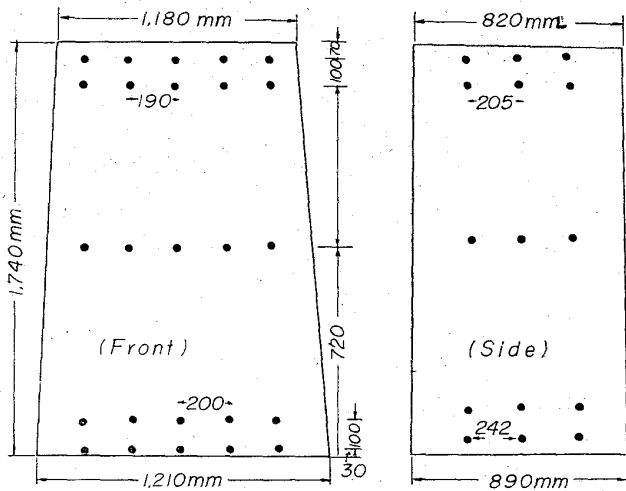


Fig. 1. Inserted position of ⁶⁰Co.

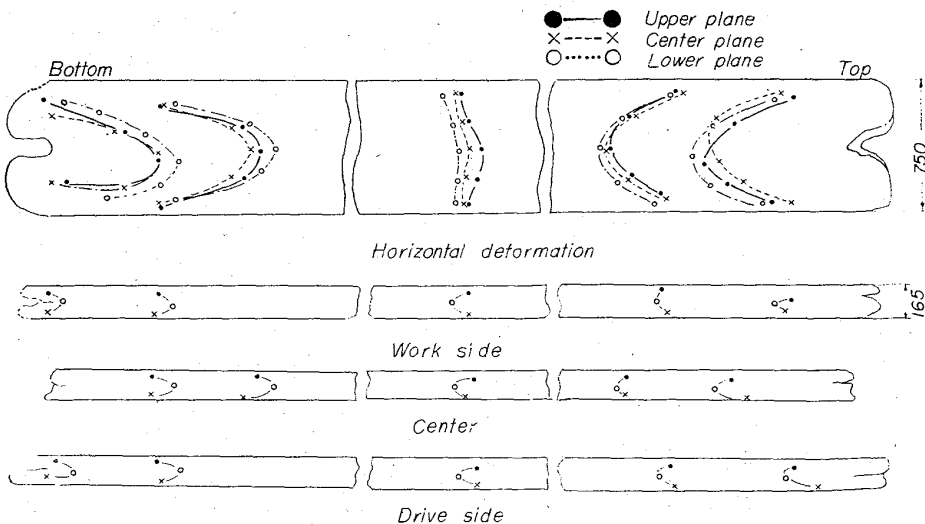


Fig. 2. Plastic deformation of ingot in universal blooming mill process.

塊圧延機によるスラブの塑性変形が調査できたので、次に立ロールの圧下量および鋼塊の均熱時間の差による塑性変形の変化を調査した。⁶⁰Co埋込み位置および鋼塊の寸法を Fig. 4 に示す。試験に供した鋼塊は4本で、各

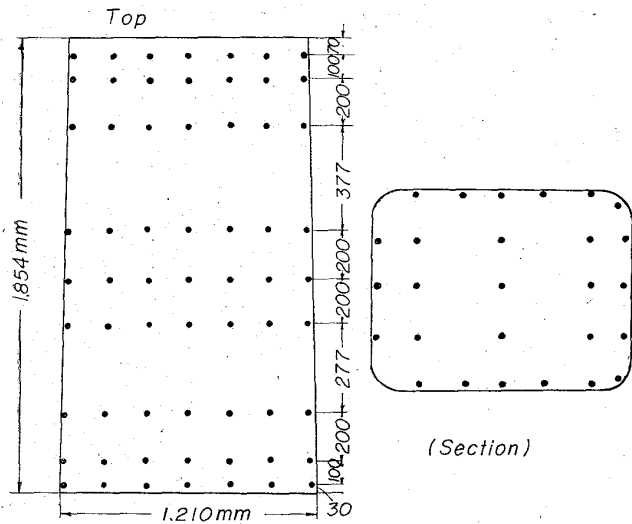


Fig. 4. Inserted position of ⁶⁰Co.

Table 2. Test conditions.

Ingot	Soaking time (hr)	Slab section (mm)
A	4	750×165
B	4	850×165
C	4	950×165
D	8	750×165

鋼塊の均熱時間および最終スラブ断面を Table 2 に示す。

実験結果を Fig. 5 に示す。A, B, C 各鋼塊のメタルフローを比較すると、立ロールの圧下量を大きくするにつれ変形の彎曲度が大きくなっている。またAとDは均熱時間の影響を調べたものであるが、2本の彎曲度はほぼ等しく、均熱時間によつて彎曲変形は変わらないことを示した。立ロール圧下量の少ないCにおいては、終端部の Fish tail がなく良好である。

次に材料の側面方向から見た場合のメタルフローは、圧延材の中に想定した鉛直線はその直線のまま押縮められたような変形を示している。この鉛直線の彎曲は、top および bottom においては外側に向かつて開き mechanical pipe の原因となる。圧延材の表裏では、裏面のほうが伸びが若干大きい。このように圧延中の塑性変形が詳しく解明されると、適切な圧延スケジュール、鋼塊形状の関係が明らかにされ得ると考える。

5. 結 言

RI を使用して universal 型圧延機でのメタルフローを調べた結果、

- (1) 鋼塊の終端部の彎曲変形の大きさは、立ロールの圧下量に依存し、均熱時間にはよらない。
- (2) 鋼塊の終端部の“fish tail”の生成は、水平ロールと立ロールの相互作用により説明される。

文 献

- 1) A. HOLLENBERG: Stahl u. Eisen, 3 (1883)
- 2) N. METZ: Archiv. E., spt. (1927)
- 3) L. WEIB: Z. Metallk., 20 (1928)
- 4) V. E. RITTEV, et ali.: Stahl u. Eisen, 83 (1963), No. 20

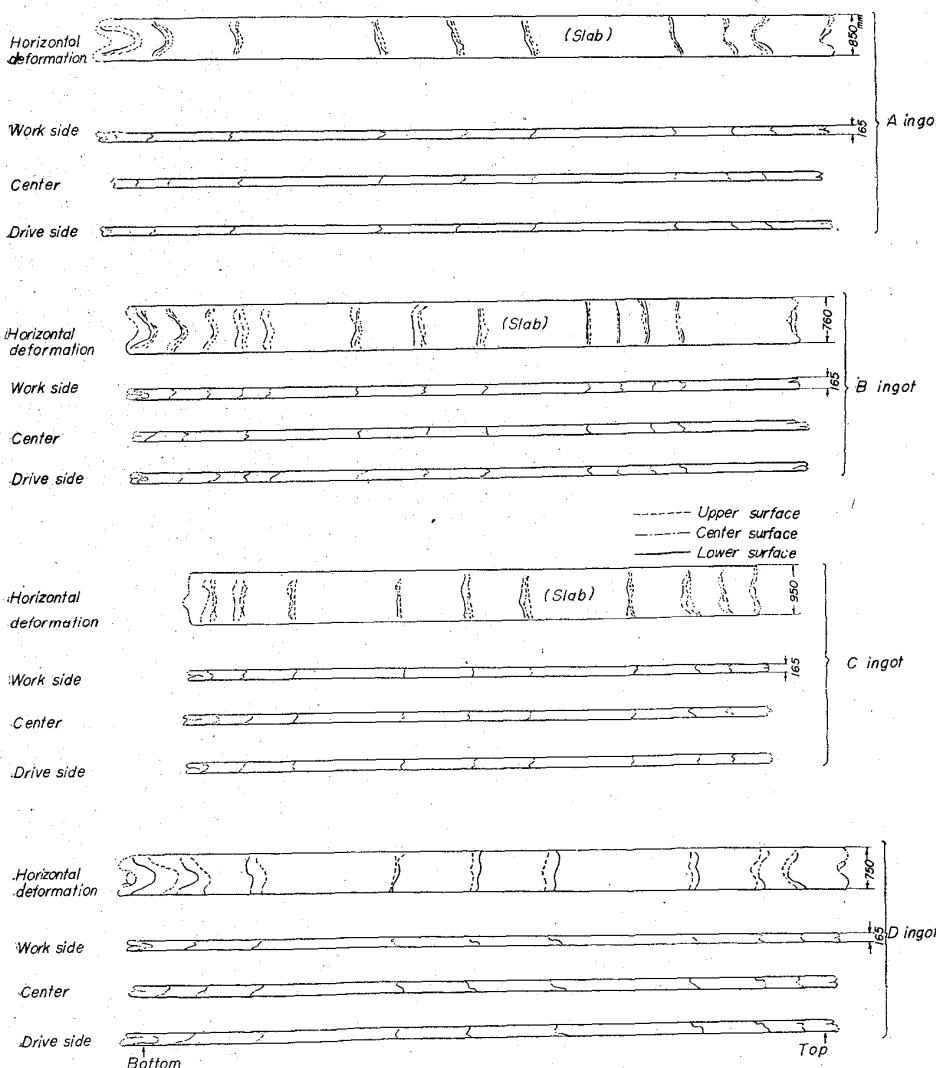


Fig. 5. Plastic deformation of ingot in universal blooming mill process.