

らかにされていないため、従来あまり取扱われた例がない。この実験においては、 d/D および潤滑の有無が穿孔力におよぼす影響において、定性的に比較するために穿孔力を測定した。Fig. 3 に荷重-ストローク曲線を示した。 $d/D=40\%$ の場合においては、全ストロークが、自由穿孔に近い状態であるため潤滑の影響は現われていない。ストローク 75~80mm 附近でインゴットの下部の側面がポット底部のテーパ部壁面に達したために、荷重が段階的に増加している。

$d/D=60\%$ の場合は穿孔初期の自由穿孔に近い状態から上昇穿孔に移る位置のストローク 50mm 前後において、荷重の段階的増加が明瞭に認められる。また潤滑の影響は上昇穿孔に移るまでは大差ないが、上昇穿孔に移行後は、差は大きくなり、潤滑性のよいものほど荷重は小さい。

4. 結 言

プラスチックを用いてエルハルト穿孔についての模型実験を行なった結果次のことが得られた。

- 1) プラスチックによる堅穿孔模型実験は、実際の鋼のメタルフローを推定するうえで充分利用できる。
- 2) 穿孔前、マンドレル径の約 60~20% の範囲にあった材料は、大きく変形して内面層を形成し、中心の 20% の部分が底部となる。
- 3) 鍛造比の分布は、 d/D に関係なく穿孔材の内面からの距離に依存し、内面附近は非常に大きい、内面から離れるとともに急激に小さくなり、1 に近くなる。
- 4) 外面潤滑は穿孔後期における穿孔力の上昇をおさえた外面における変形を一様にし、潤滑不良による外面の附加的な剪断変形および内面の異常メタルフローを消失させる効果がある。

文 献

- 1) 岡本, 高橋: 機械学会誌, 62 (1959) 489, p. 1452.
- 2) 久能木: 機械学会論文集, 22 (1956), 1188, p. 418.
- 3) 栗野: 名古屋工業技術試験所報告, 6 (1957) 1, p. 10.

(131) 熱間タンデムミル仕上圧延機用 ワークロールの肌荒れについて

三菱製鋼, 長崎製鋼所

横山隆吉・竹下勝人・○竹内秀光
青木慎一郎・林 満洲雄

On the Irregular Wear of Work Roll Used for the Early Stand of Hot Tandem Finishing Train.

Ryūkichi YOKOYAMA, Masato TAKESHITA,
Hidemitsu TAKEUCHI, Shinichiro AOKI
and Masuo HAYASHI.

1. 結 言

熱間タンデム仕上圧延機の No. 1 および No. 2 スタンドに使用されるワークロールにおいては、異常肌荒

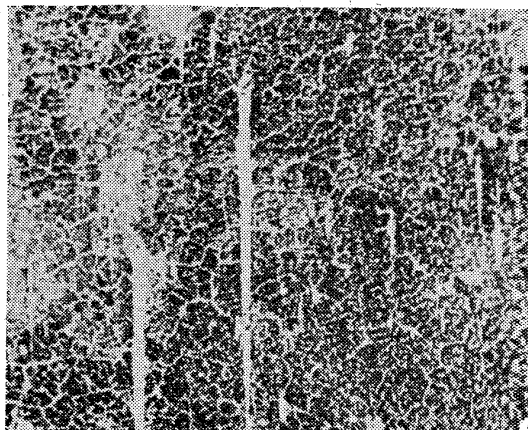


Photo. 1. Typical streak wear.

れおよび噛み止めクラックの発生などが問題となり、これらに関する対策として、近年特殊鋼製ロールが多用されるようになってきた。

しかし鉄製と鋼製とは、その発生傾向は異なるとしても、特殊鋼製ロールにおいてもかなりの異常肌荒れが認められるのでその発生機構について検討し、あわせてこれに関する若干の実験を行なったので報告する。

2. ロールの肌荒れ状況

ロール表面の異常肌荒れには、外観的に2種類のものが認められる。すなわちストリーク (streak) あるいはコメット (comet) といわれる流星状のもの (Photo. 1) とバンディング (banding) といわれる楕円形状の全面剝離の2種である。これらの剝離面は著しく粗くまた製品にプリントされて有害であることは両者全く同様であるが、その発生機構は若干異なるものとみなされる。

前者の発生経過は次のとおりであろう。すなわち圧延の初期においては、周知のとおりロール表面は黒色の薄膜によつておおわれその後ヒートクラックの進行とともにクラック周辺でこの皮膜の剝離が起るが、さらにロール廻転逆方向へのストリーク状の剝離へと進行する。この時点において、ロール性状と圧延条件のある組合せによつて、黒色皮膜のみでなくその直下の金属面も同時に剝離する場合がある。これが一般にストリークまたはコメットと称される肌荒れであつて、したがつてこの肌荒れは黒色皮膜の存在する条件のもとで、横方向クラックを起点として発生する。

次にバンディングといわれる比較的広範囲の肌荒れは、黒色皮膜が完全に剝離し金属面が露出した時点において、点状ピットを起点として形成されるのが普通である。なお広範囲の肌荒れでバンディングと混同されやすいものに、噛み止めクラックあるいは当て疵を起点とした肌荒れがあり、これは広範囲であること、および肌荒面の性状より見てバンディングと酷似しているが、その周辺に黒色皮膜の存在することおよび起点が線状であることより流星状肌荒れの範疇に入るべきものと考えられる。

以上のように流星状肌荒れとバンディングはその発生状況がかなり異なり、同一原因による肌荒れとはみなされにくいのでさらにヒートクラックの進行状況および肌荒れ面の硬度変化との関係を調査した。

その結果次の点が明らかとなった。

1) バンディングの周辺では微少クラックが網目状に進行しているが、コメットはクラックの形状が比較的単純な場合にも存在する。

2) ロール表面は使用によつて加工硬化するが、バンディングおよびコメットの部分では硬化がとくに顕著で他の部分より H_s 5 程度高硬度を示している。

したがつてバンディングについては、W. J. WILLIAMS¹⁾ が鑄鉄ロールについて報告しているように微少ヒートクラックの連鎖により生ずるであろうことを推察せしめるが、流星肌荒れの場合には網目状クラックがかならずしも存在しないことから、若干異なつた剝離機構であろうと考えられる。

次に肌荒れ部分は、室温において明らかに他の部分より凹んでいるにもかかわらず硬化程度が大である原因としては、

1) 粗面であるためにスケールが堆積しやすく、この堆積したスケールが補強ロールによつて押込まれることによるもの。

2) スケールの引掻き作用によるものが考慮されるが、この点については一層の検討を要する。

以上のロール表面調査によりバンディングと流星状肌荒れはその発生機構が若干異なり、前者はヒートクラックの進行性が、後者はその剝離状況より溶着剝離性が影響するとみなされるので、靱性およびヒートクラック性と熱処理方法との関連を調査するための実験を施行した。

なお剝着性に対しては、炭素量したがつて炭化物量の大なるほど好ましいと考えられるので、共晶炭化物の存在する高炭素鋼の靱性について主として調査した。

3. 実験方法

3.1 供試材

エルー式電気アーク炉で溶製した Table 1 の化学組成の鑄湯を Fig. 1 の形状のロールに鑄込み、同図に示す各位置より試験材を採取して実験に供した。

Table 1. Chemical analysis (wt.%).

No.	C	Si	Mn	Cr	Mo
1	1.64	0.45	0.86	0.91	0.41
2	1.80	0.58	0.98	0.94	0.45
3	1.40	0.48	0.95	1.28	0.47

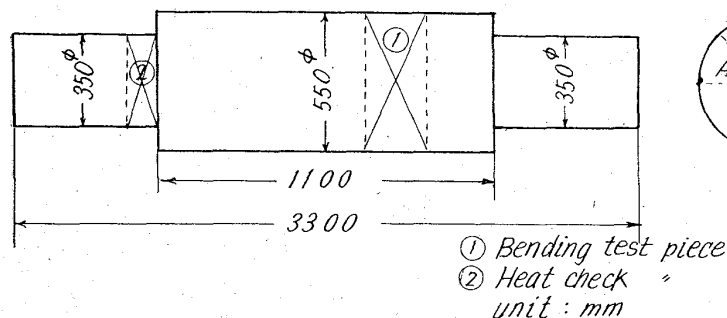


Fig. 1. Test roll dimension and location of test piece.

Table 2. Experimental condition of heat check test.

Furnace temp. (°C)	Heat cycle			No. of cooling	Cooling method
	Upper temp. (°C)	Lower temp. (°C)	Time (min)		
750	600	450	4	1000	Water jet

3.2 抗折試験

Fig. 1 の A~D の 4 ブロックに対し、次の 4 種の焼鈍処理を施行後、胴長面より 15mm および 25mm に相当する位置でロール軸方向の抗折試験片を採取した。

試験片寸法は $5\phi \times 70$ で、表面を研磨仕上げ後 1 t アムスラー引張試験機で静的曲げ荷重を負荷し折損までの撓み量と折損時の荷重を測定した。

- i) A材: 低温焼鈍
- ii) B材: 球状化焼鈍
- iii) C材: 高温短時間球状化+球状化焼鈍
- iv) D材: 高温長時間球状化+球状化焼鈍

3.3 ヒートチェック試験

Table 1 の炭素量の異なる No. 2 および No. 3 の試験材より、 $80\phi \times 35$ の円板素材を採取し、焼準焼戻により硬度を二水準に調整後 $70\phi \times 30$ のヒートチェック試験片に加工した。

さらに No. 1 材については完全球状化された試料による組織の比較も行なつた。

試験条件は Table 2 に示すとおりである。

4. 実験結果

4.1 抗折試験

この試験材の炭素量は 1.64% であるが、Cr および Mo が含有され γ 域が狭められるのでかなりの量の共晶炭化物の晶出が認められ、さらにこの巨大炭化物より放射状に初析の炭化物が析出している。

したがつて炭化物の球状化としては、比較的高温で析出したとみなされる針状炭化物、それより低温で析出した地質中の初析炭化物および共析炭化物の 3 種について各別の熱処理が要求されることとなる。

A~D の熱処理はこれらの球状化の程度を漸次変化せしめたもので、D の場合には針状炭化物もほとんど球状化されている。

抗折試験の結果を Fig. 2 に示す。撓み量は球状化の進行とともに増加するのが顕著に認められ、また凝固時の冷却速度の大きい表層部が内部よりも若干優れた値を示している。

4.2 ヒートチェック試験

試験片表面のクラック発生状況の一例を Photo. 2 に示す。比較的大きなクラックが網目状に発達し、さらに微少クラックがその間に多数発生している。また巨大クラックの部分には $0.5 \sim 1.0$ mm のピットの形成が認められ、このピットの深さは 0.5 mm 程度で微視的網状クラック連鎖による欠け落ちである。

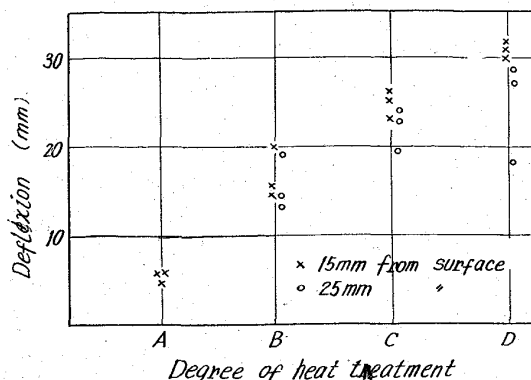


Fig. 2. Effect of spheroidizing treatment on the ductility at bending test.

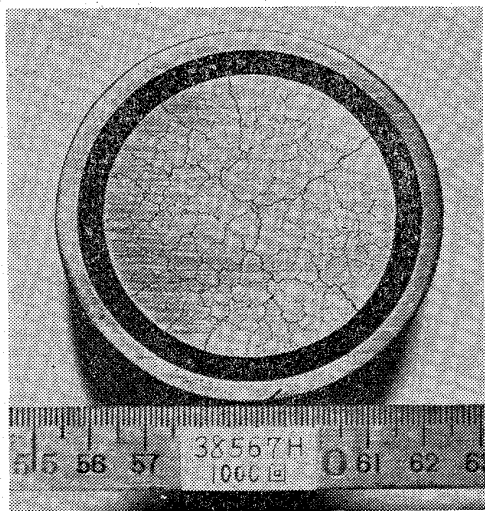


Photo. 2. Surface crack at heat check test specimen.

このピットはバンディングの起点となるロール表面のピットと全く同様のもので、したがって摺動などの外的作用なくして、加熱冷却の繰返しのみによつて形成されることが明らかとなった。

このようなピットは炭素量が高い試片の球状化不完全のものみに認められる。以下各試料のクラック発生状況を簡単に記す。

4.2.1 No. 2a (Hs 47)

Photo. 2に示すもので、縦断面においても巨大クラックから微小二次クラックが派生しており、これらのクラックは網目状に析出した炭化物に沿つて発達している。

4.2.2 No. 2b (Hs 44)

焼戻温度を上昇せしめ硬度を若干下げた本試験片の場合も No. 2a と全く同様で、二次クラックの派生とピットの形成が認められる。

4.2.3 No. 2c (Hs 47)

完全球状化された本試験片では、表面クラックの発生状況は網目状ではあるがかなり軽微でありピットは全く認められない。断面においてはクラック形状は単純で二次クラックは派生していない。

4.2.4 No. 3a (Hs 54)

かなり大きなクラックが直線的に進行し、他の部分には微小クラックも存在するが、明瞭な網目状にはなつて

いない。

断面においても一次クラックが直線的に発達しているのみである。

4.2.5 No. 3b (Hs 40)

かなり低硬度であるが、表面クラックの発生状況は No. 3a とほとんど同様であり、若干軽微であるにすぎない。

5. 考 察

熱間タンデム仕上圧延機用ワークロールの表面状況を調査し、使用上最も有害となるバンディングおよびコメットの発生機構および発生原因について次の点が明らかになった。

1) バンディングは網目状クラックの連鎖により形成されたピットが起点となり、コメットは横方向クラックを起点とする。

2) コメットは黒色皮膜の存在する比較的圧延初期に発生する可能性があるが、バンディングは黒色皮膜が剝離したのちに発生する。

3) コメットは進行に伴う巾変化がないのが普通であるが、バンディングは巾が漸次増大し楕円形状を呈する。

以上の事実より、バンディングは網目状クラックの連鎖が連続して起ることによつて次第に拡大されるものであろうと推定され、一方コメットはロールと被圧延材の溶着によつて剝離することによると考えられる。しかしバンディングの場合もコメットの場合も起点附近の硬度が著しく上昇し尾部では硬度上昇が顕著でないことから、その後の発達についてはスケールの引掻き作用もある程度考慮すべきであろう。

ロール性状の点よりこれらの異常肌荒れに対する抵抗を大ならしめるためには、

1) 溶着性および高温強度の改善

2) 靱性およびヒートチェック性の向上

が必要となる。溶着性に関しては炭化物量の増加が考慮されるが、このことは靱性およびヒートチェック性を劣化せしめることとなる。

ヒートチェック試験結果によれば、網目状炭化物の存在の有無は二次クラックの生成に大きく影響し、高炭素で球状化が不完全な場合には硬度いかにかわらず熱疲労のみで容易にピットが形成されることが明らかとなった。

さらに抗折試験の結果によつても、球状化の進行とともに靱性は改善され溶着性を考慮して高炭素とする場合には炭化物の球状化が重要であるといえるであろう。

文 献

- 1) W. J. WILLIAMS: Iron & Steel, 35 (1962), p. 372.