

技 術 論 文

捲取ロールによる鋼板への転写現象の解明

Transcription Phenomena to Strips by Coiler Roll in Hot Strip Mill



技術開発センター
園田 晃大
Akio Sonoda

技術開発センター
大野 京一郎
Kyoichiro Ohno

要 旨

製鉄所での熱延設備において、捲取ロールの表面が鋼板の品質へ及ぼす影響は大きく、鋼板への転写を起こす場合がある。

本稿では、この転写現象について実用ロールを用いて調査・解析した。その結果、ロール表面には深さ60～80 μm の筋状模様が発生し、この筋状模様が転写に起因していることがわかった。

評価試験の結果、捲取ロールの耐打ち疵性を向上させるためには、表面処理材と母材間の中間層の硬さが重要であった。また、転写現象の防止策について提言する。

Synopsis:

In hot strip mill of iron and steel works, surface condition in coiler rolls exerts immense influence on strip quality. There are cases where the condition of coiler rolls is transcribed on strip.

In the paper, this transcription phenomena were investigated, using practical rolls. As results, it was made clear that boundary patterns of 60 - 80 μm in depth broke out on the roll surface and they were caused the transcription phenomena to strips.

Results of indentation test showed that hardness of intermediate zone between surface treatment zone and base metal was the most important, in order to increase indentation resistance of coiler roll. Also guiding principles for preventive actions against transcription phenomena were suggested.

1 緒言

製鉄所の熱延設備は、高温・腐食環境下にあり、鋼板の捲取ロールには、耐熱性・耐腐食性・耐摩耗性・耐打ち疵性など、多くの性能が要求される。そのため、様々な表面処理を施したロールが用いられており、現在でも材質特性の向上が求められている^{1),2)}。

この捲取ロール表面に発生した腐食や疵が起因となり、鋼板への転写が発生しやすい場合がある。つまり、鋼板の品質を維持するためには、ロール表面が長期間正常な状態であることが重大な課題であると言える。

本稿では、実ロールの事例から、(1)肉盛溶接の熱影響部による鋼板への転写、(2)鋼板の通過が起因したロール表面の打ち疵による転写を取り上げ、各々

の発生メカニズムの解明とその防止策について報告する。

また、(2)については確性試験を行い、ロール表面処理層の硬さが耐打ち疵性に及ぼす影響についても言及する。

2 熱延コイラー廻りの設備概要

熱延捲取設備の代表的な構成をFig.1に示す。捲取ロールは、鋼板の先端を、マンドレルの周囲に沿って確実に搬送する役目を果たし、適切な圧力で、鋼板をマンドレルに押し付ける。このため、鋼板が曲げ加工され、捲取り易い形状となる^{3),4)}。

しかし、捲取ロールと鋼板は接触時間が長いため、ロール表面が鋼板の品質に大きな影響を及ぼすこととなる。

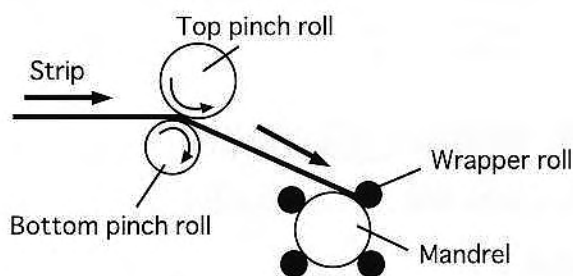


Fig.1 Construction of coiler in hot strip mill

3 筋状模様の鋼板への転写現象

3-1 捲取ロールの表面状況

当社の特殊溶接材料において、ステンレス基地に晶出MC炭化物が分散した金属組織を有する材質があり、熱延コイラー廻りのロール・ローラに適用されている。

Fig.2は上述した捲取ロールの外観であるが、熱影響部と原質部との境界層がロール円周上で、筋状に観察されている。

一般に肉盛溶接では、再熱固溶のためロールの表面に熱影響部が発生する。このため、ステンレス基地の捲取ロールでは、熱影響部位にCr炭化物が析出し、基地中のCr濃度が減少する⁹⁾。その結果、熱影響部位は原質部と比較して耐食性が劣化し、腐食が促進されるため、筋状模様が生じたと推察される。

また、このロールの表面粗さを測定した結果、最大断面高さRatが原質部でRat: $1.0\mu\text{m}$ 以下であるのに対し、熱影響部はRat: $3.5\mu\text{m}$ 以上であった。従って、熱影響部は原質部に比べ、腐食が進行し、ロールの表面肌が悪化したものと推察される。

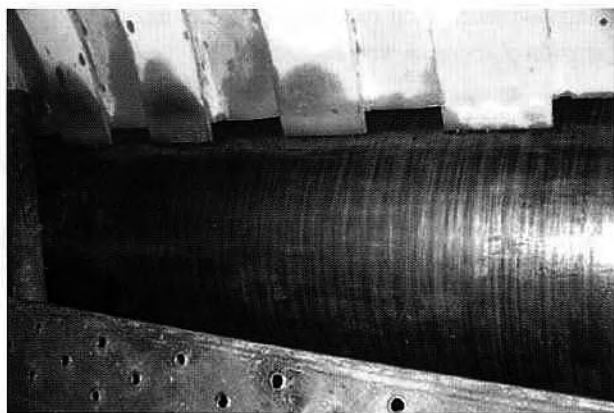


Fig.2 Appearance of coiler roll

3-2 鋼板への転写現象

Fig.3はこのロールによって捲取られた鋼板の外観である。転写疵の間隔はロールの筋状模様の間隔に合致しており、捲取ロールの表面状況が、そのまま鋼板に転写している様子が分かる。

Fig.4はレーザー変位計によって鋼板の表面を計測した結果であり、横軸は鋼板の幅を示し、縦軸は鋼板の高さ、または深さとなる。なお、測定位置はFig.3中に示すA線のように、数箇所の筋状模様が倣うようにした。結果、鋼板の表面には、深さ $60\sim 80\mu\text{m}$ の凹みが約 6.5mm の間隔で規則性を持っていることが確認された。その間隔は、肉盛溶接の送り幅と近似し、かつ、この凹みの幅も約 1.5mm で、筋状模様幅の実測値とほぼ同等である。

これらの結果から、Fig.5の模式図で示すように、ロールの熱影響部が凸状になり、かつ、捲取時に鋼板を押し付ける力が働くために、このような転写が生じたものと推察する。

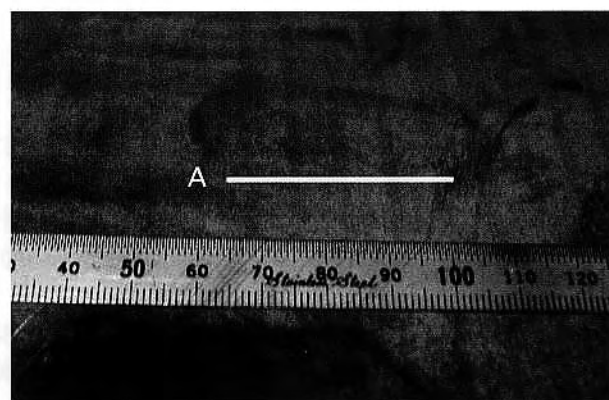


Fig.3 Appearance of strip surface transcribed

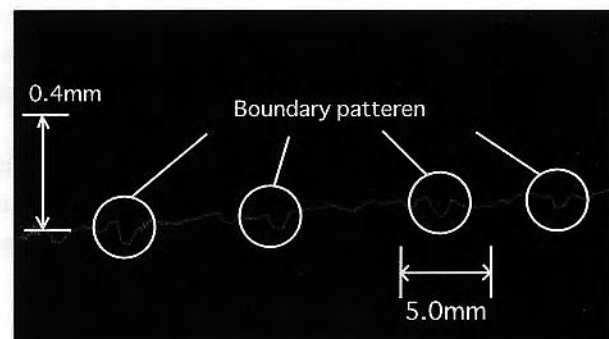


Fig.4 Profile traced on the strip surface with displacement meter by laser beam

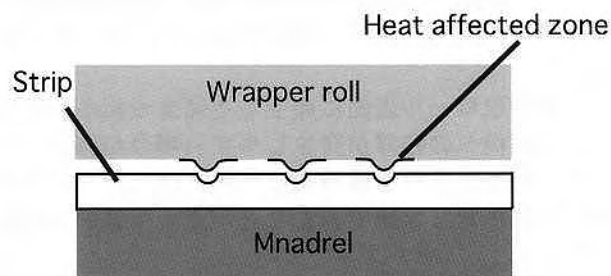


Fig.5 Mechanism of transcription to strip by boundary pattern on roll

3-3 ロール表面が長時間安定な肉盛溶接材料の開発

肉盛溶接法によるロール表面の筋状模様を防止するには、熱影響部の耐食性を向上させる必要がある。

このため、表面処理材をステンレス基地から非鉄基地⁶⁾へ変更し、捲取ロールへ適用した。結果、筋状模様による鋼板への転写は、完全に防止することが可能となった。

Fig.6は、非鉄基地の材料を適用した捲取ロールの使用状況である。このロールには、筋状模様が観察されず、表面は金属光沢を維持している。

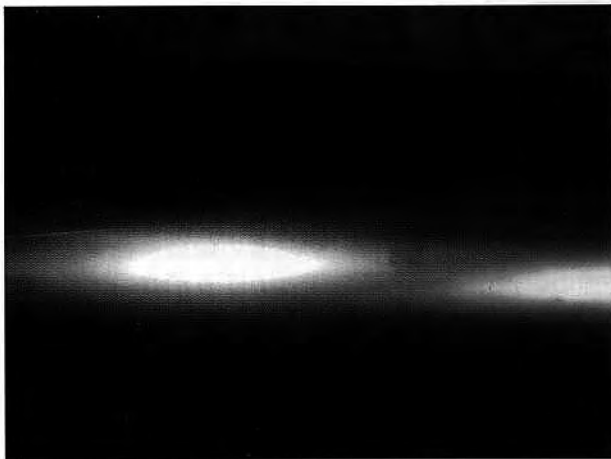


Fig.6 Performance of coiler roll over-laid with Non-ferrous materials

4 ロールの打ち疵による鋼板への転写

4-1 打ち疵の発生と鋼板への転写現象

熱延設備の操作中、鋼板が捲取ロールを通過する際、打ち疵がロール表面に発生し、鋼板へ転写した。

打ち疵が発生したロールの外観をFig.7に示す。

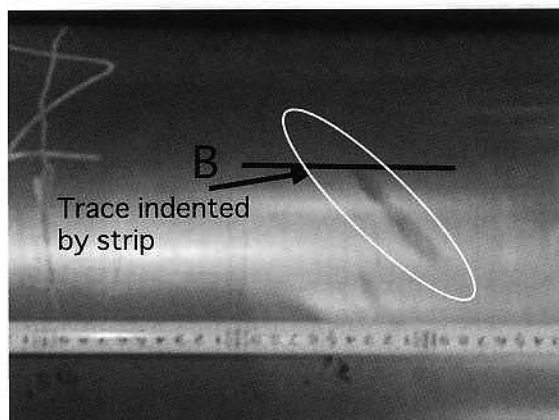


Fig.7 Appearance of coiler roll indented with collision by strip during work

4-2 ロール表面状況

非鉄基地の材料を適用したロール表面をオフライン時に観察した。打ち疵の発生箇所をレーザー変位計によりFig.7のB線のように、ロール軸方向に測定した。その結果をFig.8に示す。打ち疵は、深さ約80 μ mのくぼみとなっており、その断面は円弧状であることが確認された。

鋼板への転写は、ロール表面の局所的な凸状の突起と比較して、凹状のくぼみが起き難いと考えられるが、捲取ロールには、過大な負荷が加わるため、打ち疵が転写されたものと推察される。

ここで、耐打ち疵性向上のためロール材質および製造仕様を再度検討し、評価試験を行った。

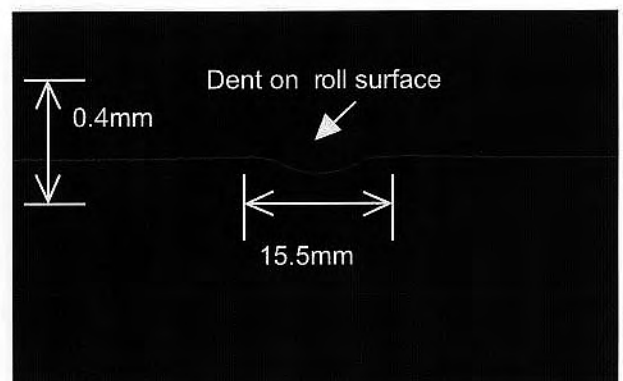


Fig.8 Profile traced with displacement meter by laser beam around dent of surface

5 評価試験

実用ロールの肉盛溶接には、鋼板との接触応力緩和のため表面処理材と母材間に中間層を施すものが多く、本ロール仕様でも採用している。そこで、表面処理材と中間層を変更して耐打ち疵性の評価を行った。

評価試験には押し込み試験と衝突試験を用いた。押し込み試験では静荷重による耐打ち疵性を評価し、衝突試験ではより実機に近い条件での評価を行った。

5-1 押し込み試験

(1) 試験方法

Fig.9で示すようにSS鋼材の表面に、2.0mmの中間層と1.5mmの表面処理材を肉盛溶接した試験材を作成した。その際、中間層と表面処理材には、実用ロールに相当し、材質と硬さが異なるもの及びその組み合わせを変えた。

なお、試験材には材質の違う中間層材を4種類用いた。試験材のAはFe系、BはSUS系、C、及びDは非鉄系の材料である。また、表面処理材として同組成の非鉄系材料を用いて、Table 1に示す組み合わせで評価した。評価試験には万能試験機⁷⁾を用いて、これらの試験材

に10×10×50mmのSS鋼片を押し付け、500kNの負荷をかけた際に、表面に発生したくぼみの深さを測定した。

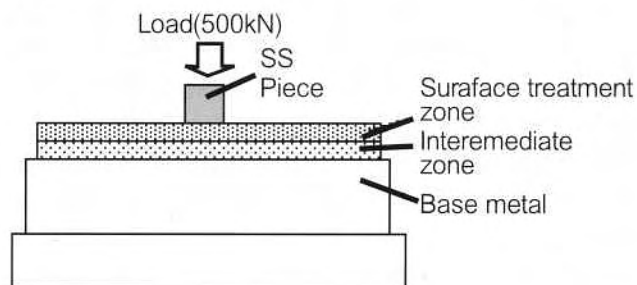


Fig.9 Method of indentation test with slow loading

Table 1 List of materials used as test pieces(T.P)

T.P No.	Intermediate zone	Surface treatment zone
A	SUS	Non-ferrous materials
B	Steel	
C	Non-ferrous materials	
D	Non-ferrous materials	

(2) 試験結果

押し込み試験後の試験材のAとDの外観をFig.10に示す。試験材にはSS材を押し付けた痕跡がくぼみとして残る。このくぼみ深さの測定結果と、各々の試験材における中間層と表面処理材の硬度測定結果をTable 2に示す。

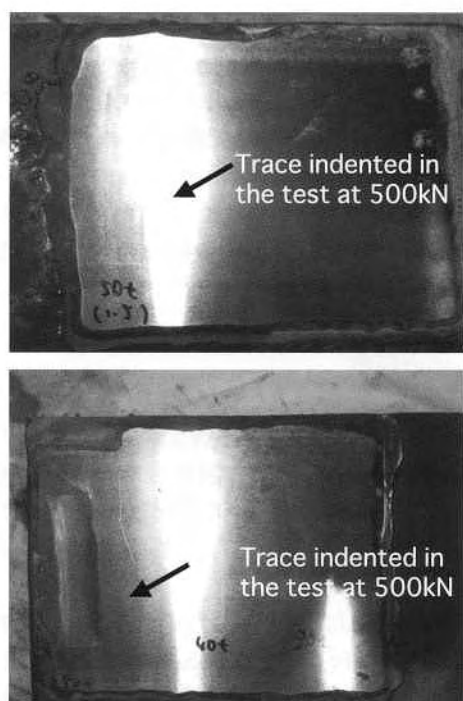


Fig.10 Appearance of T.P after indentation test with slow loading

Table 2 Results of indentation test with slow loading

T.P No.	Intermediate zone hardness (HS)	Surface treatment zone hardness (HS)	Depth of indentation (mm)
A	65.2	44.0	0.06
B	56.2	36.5	0.13
C	57.5	60.3	0.16
D	33.2	60.0	0.60

ここで、試験材のAとDを比較する。表面処理材が高硬度で、中間層の硬度が最小なDよりも、低硬度な表面処理材で、中間層が高硬度であるAが、くぼみ深さが浅いことが分かる。これはFig.10からも明確である。

同様に、中間層の硬度がAとDの間である、B及びCについても、くぼみ深さは、AとDの中間の値を示す傾向が確認できた。即ち、この押し込み試験におけるくぼみの深さは、中間層の硬度に依存し、中間層の硬度が高い試験材ほどくぼみ深さは浅くなる傾向が観察された。

この現象を、より明確化するため、衝突試験による耐打ち疵性を評価した。押し込み試験が静的荷重であるのに対し、衝撃試験は実用ロールにおける鋼板の飛び込み現象に類似したものと判断した。

以下に、その試験結果について報告する。

5-2 衝突試験

(1) 試験方法

押し込み試験同様、SS鋼材に中間層と、表面処理材からなる試験材を作成した。中間層材は試験材のEがFe系、Fが非鉄系の材料である。また、表面処理材は押し込み試験で評価した非鉄系材料を用いた。

これらにFig.11に示すような装置を用い、衝突物を1.5mの高さから落下・衝突させ、試験材に発生したくぼみの深さを測定した。なお、この衝突物の重さは約70kgで、先端の形状は、φ5mmとした。

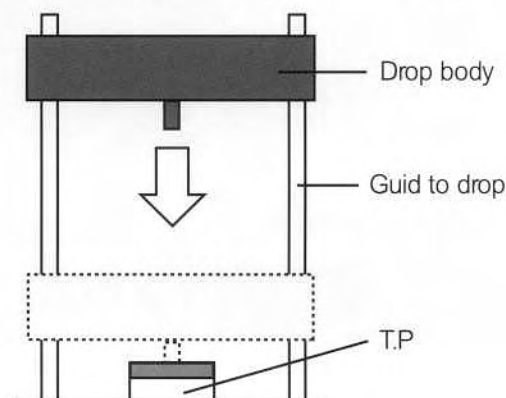


Fig.11 Method of drop test to value indentation resistance of T.P

(2) 試験結果

Fig.12で示すように、衝突試験後の試験材には、衝突疵が観察された。この衝突疵の深さを測定した結果をTable 3に示す。疵の深さは試験材のEでは0.12mm、Fは0.03mmであった。

この衝突試験で適用した試験材E、Fは、表面処理材の硬度は同等だが、中間層が高硬度であるFの方が、衝突疵は浅い結果となった。

これは、押し込み試験で見られた傾向と同様であり、中間層の高硬度化が、衝突試験の衝突疵に対しても、有効であることが確認できた。

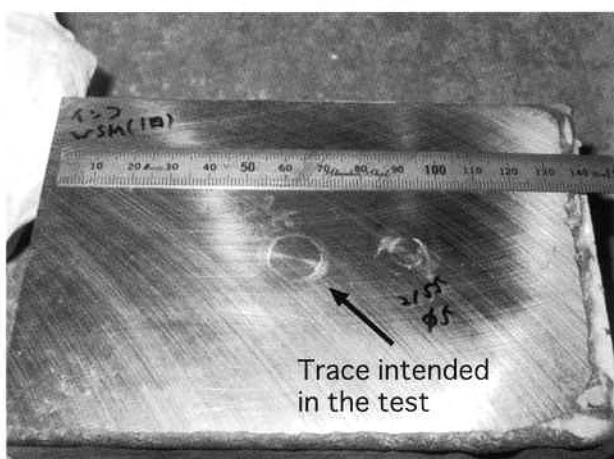
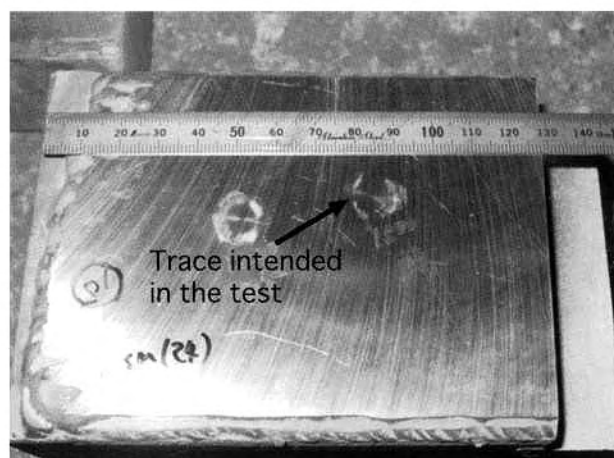


Fig.12 Appearance of T.P after drop test to value indentation resistance

Table 3 Results of drop test

T.P.No.	Intermedicate zone hardness (HS)	Surface treatment zone hardness (HS)	Depth of indentation (mm)
E	33.2	60.0	0.12
F	63.8	59.5	0.03

6 結言

製鉄所の熱延設備における捲取ロールの表面が、鋼板へ転写した実際の事例を調査し、下記の事項を解明した。

6-1. ロール表面の凹凸差による転写の場合

- (1) 鋼板への転写は、ロールの製造プロセスに起因する熱影響部が原因である。
- (2) ロール表面の熱影響部は60～80 μm の凸状となっており、鋼板への転写幅と合致している。
- (3) 筋状模様が鋼板へ転写するのを防ぐためには、肉盛溶接材をステンレス基地から、非鉄基地へ変更し、熱影響部の耐食性と耐摩耗性を向上させるのが有効である。

6-2. 鋼板の飛び込みによる捲取ロールの打ち疵が転写する場合

- (1) 打ち疵による鋼板への転写は、ロール表面に生じた、約80 μm 深さのくぼみが原因である。
- (2) 押し込み試験の結果、耐打ち疵性の向上には、中間層の高硬度化が有効である。
- (3) 同様に衝突試験の結果からも、中間層の高硬度化により、耐打ち疵性が向上することが確認できた。

7 最後に

当社では、ロールの品質及び特性を更に向上させるため、技術開発に邁進している。

また、ユーザーの要望に応えるべく、従来から高い評価を得ているCPC(Continuous Pouring process for Cladding)法でのロールも各所へ製品展開中である。

参考文献

- 1) 佐々木、園田：フジコー技報No.10 (2002) 44
- 2) 坂本、玉川、津田、森高：フジコー技報No.1(1993) 9
- 3) 沼、坂本、植田、斉藤：フジコー技報No.6(1998) 25
- 4) 日本鉄鋼協会編：新版鉄鋼便覧、丸善(1973) 909
- 5) 吉武、中村：ステンレス鋼の溶接、産報出版(1979)
- 6) 例えば溶接学会編：溶接・接合便覧、丸善(1990) 801
- 7) 中川、盛中、遠藤、光永：新選材料試験方法、養賢堂(1967) 6