

© 1989 ISIJ

技術報告

ステンレス鋼の連続着色技術の開発

高張友夫*・大塚進*²

Development of Continuous Colouring Method for Stainless Steels

Tomoo TAKAHARI and Susumu OHTSUKA

Synopsis:

Coloured stainless steel produced by the process of International Nickel Limited is expensive because of low production efficiency. In this paper, a high speed continuous colouring method is described for the cost down of coloured stainless steels.

For the high speed production, high temperature (100°C) colouring solutions and high electric current densities (2A/dm²) were employed. However irregular colouring occurred by using high temperature solutions. For prevention of this trouble, a liquid seal apparatus was developed, which divided the colouring solution to high and low temperature parts without a partition wall. This apparatus was consisted of two boxes with narrow slit nozzles and high and low temperature parts of the colouring solution were gushed against stainless steel hoop in each temperature part. The use of the high temperature colouring solution still caused non-uniform colouring through the top to end of hoop, because of concentration change of the solution by the evaporation of water and loss of the colouring solution taken out with the hoop. For the restoration, a control method was developed, in which were supplied the amounts of the consumed sulfuric acid and chromic acid and water.

With using the above restoration method, uniformly coloured stainless steel hoops whose length was about 150 m can be produced.

Key words : stainless steel ; colouring solution ; chromic trioxide ; sulfuric acid ; hoop ; control method of the concentration ; liquid seal apparatus.

1. 緒言

ステンレス鋼は耐食性や機械的性質にすぐれているだけでなく、いつまでも美しい外観を保つため、各種産業分野から日用品にいたるまで広く使われている。しかし、最近の一般消費生活における多様化、高級化、個性化の傾向を反映し、カラー化が要望され着色技術の開発がすすめられてきた。とくにインターナショナル・ニッケル社のパーミンガムの研究所（以下インコ社と略称）で開発された着色技術は、再現性良く着色ができること¹⁾、従来にくらべすぐれた耐磨耗性を有する着色ステンレスが得られること²⁾等のすぐれた方法であるため、国内でも工業的規模で生産されている。しかしインコ社で開発されたこれらの方法は切板に着色するものであり、治具へのステンレス鋼板の取付け取りはずしに人手がかかるうえに、着色材の長さが制限され、建材等の用途には短

いという問題があつた。このため日本では連続してステンレス帯鋼を着色する技術が開発され生産されている^{3)~5)}。

しかし、これらは着色液温度を70~80°Cで着色しているため、着色時間は切板の場合と同じであり、ほぼ同等の生産性しか得られていない。着色時間を短縮するには、高温の着色液を用いることが有効であるが、高温で着色を行つたところ、板幅方向に色むらが発生するとともに、ステンレス帯鋼の長手方向の色彩が始めと終わりとで異なるという現象を生じた。そこで、この発生原因を調べ、その対策について検討し生産性のよい連続着色技術をつくつた。

2. 実験装置および方法

2.1 連続着色試験装置および方法

ステンレス帯鋼を連続して着色するために製作したパ

昭和63年6月28日受付 (Received June 28, 1988)

* 新日本製鉄(株)分析研究センター 工博(Analysis Research Lab., Nippon Steel Corp., 1618 Ida Nakahara-ku Kawasaki 211)

*² 新日本製鉄(株)素材第三研究センター (Material Research Lab.-III, Nippon Steel Corp.)

イロットラインの構成を Fig. 1 に、その基本仕様を Table 1 に示す。巻もどしと巻取りリール間に脱脂槽、着色槽、硬化処理槽を設け、各槽間に帯鋼を水洗するためのスプレー装置をつけた。ライン速度を 0.03 から 0.3 m/min と 0.3 から 3 m/min の 2 段に切り換えるようにした。

着色槽は高温のクロム酸と硫酸混合溶液に耐えるようにチタン板を内張りした。ロールは修理しやすいように半浸漬型とした。このためステンレス帯鋼の上面にロールマークが付くので下面を成品面とした。着色液の温度調節は千野製作所製の温度調節器（型式 DF 263）2 台

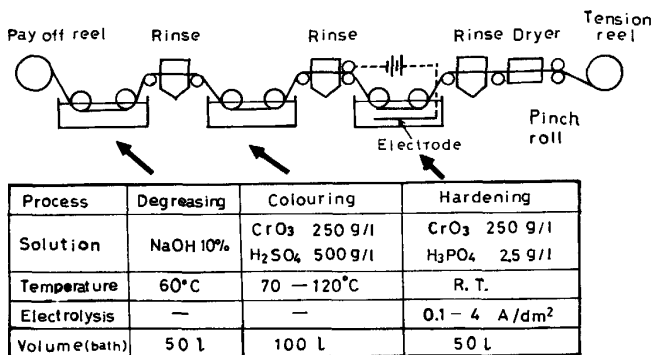


Fig. 1. Outline of continuous colouring pilot line.

Table 1. Basic specification and dimension of the continuous colouring pilot line.

Item		Specification
Line speed		0.03~3.0 m/min (±0.25%)
Colouring	Time Temperature	0.2~20 min Max 120°C (±0.1°C)
Hardening	Time Current density	0.2~20 min 0.1~4 A/dm ²
Stainless hoop	Length Width Thickness	Max 40 000 mm Max 100 mm Max 0.5 mm
Item		Dimension (mm)
Line	Length Width Height	7 900 1 570 1 450
Colouring bath (Ti lining)	Length Width Height	1 800 280 300
Hardening bath (Pb lining)	Length Width Height	1 000 280 300

Table 2. Chemical composition of the stainless hoop used (Example).

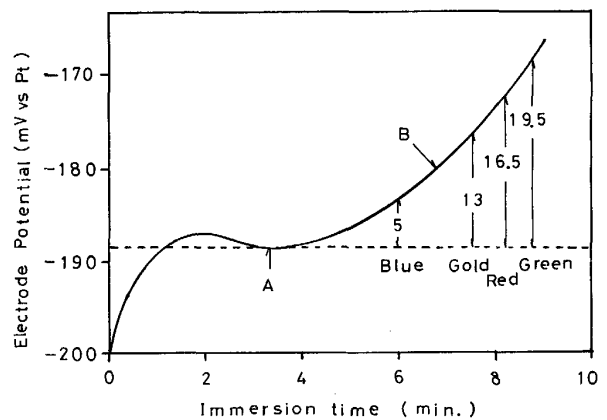
Grade	SUS 304									
	Bright annealed									
Chemical composition (%)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N
		0.05	0.52	0.88	0.030	0.006	8.68	18.13	0.17	0.12

を使用した。1 kW ガラス封入ヒーター 6 本で加熱するとともに、攪拌機 2 台で着色液を攪拌することにより、着色液の温度を ±0.1°C の精度で制御した。容量は 100 l である。

硬化処理槽は、液の酸性度が低いため鉛板で内張りした。容量は 50 l である。着色ステンレス帯鋼の皮膜硬化のため、槽前後のカーボンロールをとおして通电した。対極にはステンレス板を用いた。陰極電解電流が着色槽に流れると着色しないため、装置全体をアースから絶縁した。供試材の化学組成と仕上げを Table 2 に示す。この帯鋼を通板するため、先端にリード材として SUS 304 着色試験完了材 10 m を溶接し、あらかじめ各槽内にとおしておき、試験材が設定したライン速度で正確に着色されるようにした。

2.2 ライン速度の決定方法

ステンレス帯鋼の表面性状および着色液の劣化状態により着色速度が異なるため、所望の色彩に着色するには、その都度ライン速度を決定しなければならない。このため着色する帯鋼の先端を 100 mm × 50 mm 切断し、パイロットライン (Fig. 1) の着色槽に浸漬し、白金板を対極として Fig. 2 に示した電位-時間曲線ととり⁶⁾、目的とする色彩の着色時間から (1) 式によりライン速度を求めた。Fig. 2 で A は着色開始電位 (変曲点電位) を示



A : Inflection potential
B-A : Colouring potential difference

Fig. 2. Relationship between electrode potential and immersion time.

し、B-A は各電位から変曲点電位を差し引いた値 (着色電位差) で色相に対応している。

ライン速度 (m/min)

$$= \frac{\text{着色槽のコイル浸漬長さ (m)}}{\text{Fig. 2 より求めた浸漬時間 (min)}} \dots\dots\dots (1)$$

電位-時間曲線の測定には、理化電機製直流電圧計 (型式 RZ-2000) を用いた。白金板を陽極、ステンレス切断片を陰極に接続することにより、ステンレスと白金板間の自然電位の経時変化が測定される。

2.3 測色方法

色彩の測定には、スガ試験機製 SS カラーメーター SS-1 型を用いた。着色板の光沢による反射光をカットするために、試料 (着色ステンレス切断片) を 12.5° 傾斜させて測定した。

2.4 着色液分析方法

クロム酸、硫酸、およびクロム (III)、鉄 (III)、ニッケル (II) 等の金属イオンの分析法は前報⁷⁾に述べたとおりである。

3. 実験結果と考察

3.1 高速着色および硬化処理条件検討結果

着色液を高温にすることにより、着色時間は短縮される。BLOWER らの報告⁸⁾は 65~85°C の範囲についてのべているが、さらに高温でも着色液の沸点 (131°C) 近くまで同一曲線に従って着色時間は短縮されることを確かめた。着色時間が長い緑色について測定した結果を Fig. 3 に示す。ただし、115°C 以上では着色液の対流が激しく蒸発量も大きくなるため、100°C で実験することにした。

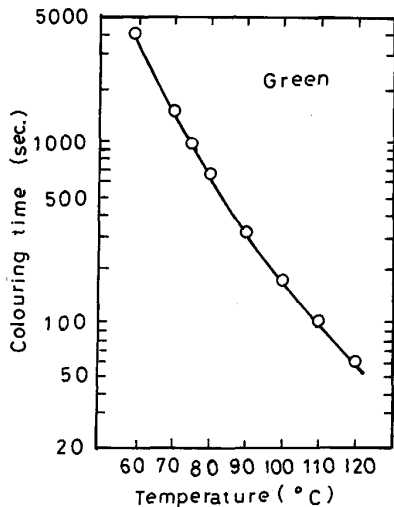


Fig. 3. Effect of temperature of colouring solution for colouring time.

連続着色の場合には、着色工程と硬化処理工程とは同じライン速度で通過するため、硬化処理も高速で行う必要がある。このため電流密度を大きくすることを検討した。インコ社の方法では 0.2 A/dm² で 20 min を要していたものが、0.5 A/dm² 以上にすることにより 5 min 以下でも従来と同じ耐摩耗性⁸⁾の着色ステンレス板が得られることがわかった。この様子を Fig. 4 に示す。ただし適正範囲を超えて電流密度をあげると、クロムが帯鋼上に析出し濁った色彩となる。陰極電解用電源容量を必要以上大きくしないために 1.5~2 A/dm² で行うことにした。硬化処理により色はわずかにすすむが (例: 金色 → 帯赤金色)、電流密度を変えても色差は一定であるため、1.5~2 A/dm² の間で着色のライン速度に整合した値に設定した。以上の条件で着色、硬化処理することにより、インコ社の 75°C での着色時間にくらべて約 1/6 に短縮できた。

3.2 色むら発生防止方法検討結果

3.2.1 色むら発生原因の検討

ステンレス鋼は着色液中で浸漬時間に応じて青、金、赤、緑色の順に着色される。しかし、着色液温度を 75~100°C とし、連続して帯鋼を着色したところ、上記の隣り合った色の混在した不規則な雲状色むらや筋状の色むらが、成品面となる帯鋼下側の面にも発生した。この

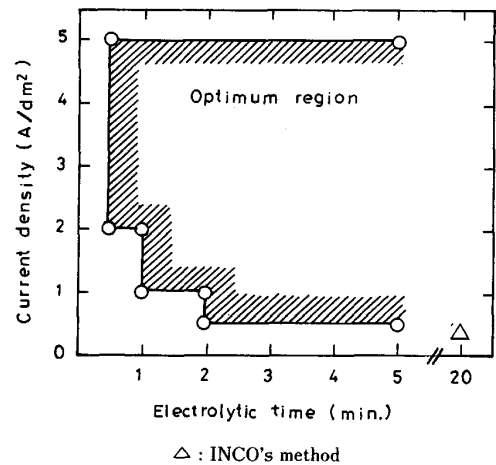


Fig. 4. Effect of cathodic current density for electrolytic time.

Table 3. Effect of temperature of colouring solution for irregular colour.

Hue	Temperature (°C)				
	70	75	80	90	100
Blue	○	○	○	×	×
Gold	○	○	○	×	×
Red	○	○	×	×	×
Green	○	○	×	×	×

○ : Uniform coloured × : Irregular coloured

ような雲状や筋状の色むらの発生限界温度を調べるために、Fig. 1の着色液温度を70°Cから100°Cまで変えて調べた。結果はTable 3に示したように、75°C以下であれば雲状も筋状の色むらも発生しないこと。高温になるほど色むらは激しくなることがわかった。また色むらが発生しない温度では、着色液から離液後の着色ステンレス帯鋼の表面は均一に濡れた状態であるのに対し、色むら発生帯鋼の表面は乾燥し、着色液が筋状またはむら状に付着している現象がみられた。これらの色むらは着色液の温度の不均一さのために着色中に発生している可能性があった。これを調べるために、ラインを止め着色槽の入側と出側のディフレクターロール間の帯鋼を切り離し、直ちに水洗して着色反応を停止し色むら発生場所を確認した。その結果、着色液に浸漬している部分は均一に着色されており、色むらは着色液から離液後の部分に生じていることがわかった。筋状色むらは着色液の流れの方向を攪拌機により帯鋼の進行方向と同じにしたときに発生した。離液後の帯鋼の状態をみると、付着した着色液が適当な高さとなると帯鋼に沿って流下し、板の余熱により水分が蒸発して成品面である帯鋼下面で着色液面から少し上のところに溜り、この部分が板幅方向に筋状の色むらとなっていた。このような着色液の付着上昇、流下の現象が繰り返されて比較的規則的な筋状の模様帯鋼の長さ方向に発生することがわかった。

この筋状色むらを消すために、着色液の流れを帯鋼の進行方向と逆にしたところ雲状色むらが生じた。帯鋼に付着して離液した着色液は、流下の途中で板の余熱によりむら状に濃縮乾燥し、この模様は色むらと一致した。これから雲状色むらは付着した着色液の濃縮乾燥によることがわかった。筋状および雲状色むらとも、板の余熱によつて着色液が濃縮乾燥した部分の色がすすんでいることから、この濃縮によりどの程度着色が進行するかを調べた。無水クロム酸 250 g/l と硫酸 500 g/l の混合比率を一定にして全体を希釈または着色液中の水分を蒸発して1~8%濃縮したときの各色相ごとの色彩の変化を調べた。実験には50 mm × 100 mmの切板を用い、着色液をおのおの75°Cとし、青は11 min 30 s、金は15 min 20 s、赤は17 min 10 s、緑色は18 min 40 sと各着色液中への浸漬時間を一定にして行つた。色彩の変化すなわち色差は希釈または濃縮しない着色液に浸漬着色した板を基準として測定した。結果をFig. 5に示す。図中の負の数字は希釈した場合を示す。濃縮した場合は色がすすみ(例、青色→青金色)、希釈した場合は発色が遅れることで色差が生じる。これから75°Cでも着色液の濃縮が起こると大幅に色が変わることがわかった。100°C

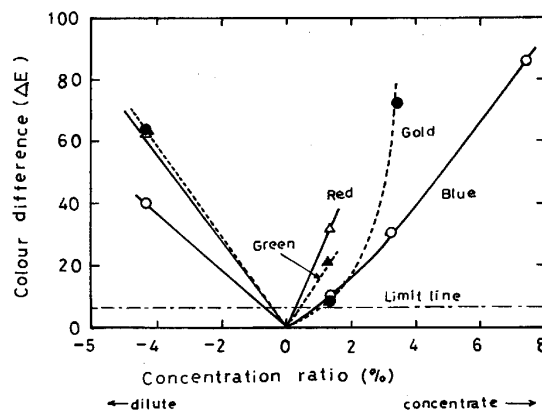


Fig. 5. Effect of concentration ratio for colour difference.

で連続着色した場合には、着色帯鋼の長手方向の板温は空气中に曝された時間によるが、ほぼ50°C~100°Cであり、大幅に色が変わることが考えられる。しかも付着着色液は筋状または雲状に濃縮乾燥し、そのときの模様が色むらとして現れたものである。

3.2.2 色むら防止対策

以上の検討結果から色むらを防止するには、(1)付着着色液がむら状に乾燥濃縮することの防止。(2)着色液から離液後の着色帯鋼の着色反応の停止により解決できると考えられる。このため、離液後の着色帯鋼に着色液を吹き付けたり、逆にロールで絞取りつたり、あるいは冷却空気を吹き付けたりしたが、いずれも完全には色むらを無くすことはできなかった。

色むらは高温の着色液から帯鋼が離液後発生することから考えると、離液時の帯鋼の温度が十分下がつていれば発生しないはずである。すなわちTable 3に示したように着色液温度を75°C以下にすればよいが、付着着色液が濃縮しないで帯鋼表面を均一に流下するように帯鋼の温度をできるだけ低い温度とする必要がある。そこで着色槽を高温部分(着色帯)と低温部分(冷却帯)に分けることを考えた。ただし、ステンレス帯鋼を通過させる必要上隔壁をつくらずに着色冷却が行えるようにFig. 6付図に示した液体シール装置を開発した。高温側は高温の着色液を帯鋼に向かってスリット・ノズルより噴出させ、低温側は低温の着色液を同様にして反対方向へ噴出させることにより、一つの槽内に温度の異なる二つの領域をつくつた。この装置の効果を調べるため、Fig. 6に示した実験装置をつくり、幅500 mmのエンドレスのステンレス帯鋼をまわし水温の変化をしらべた。ここで水温は、Fig. 6×印に示したように着色液に浸漬した帯鋼の下250 mmに板幅方向3か所に温度センサー

を設置して測定した。結果を Fig. 7 に示す。この装置には熱交換器を取り付けていなかったためステンレス帯鋼を回すと低温部の水温が徐々に上昇したが、槽内の水を高温部と低温部に分けることが可能であることを確認

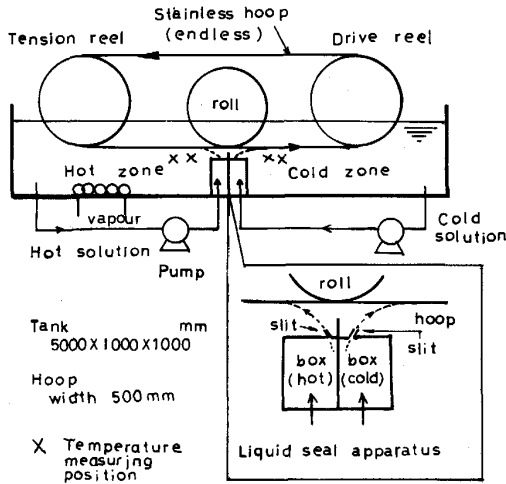
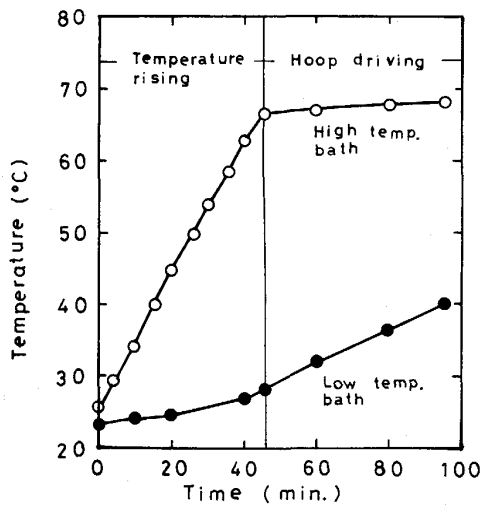
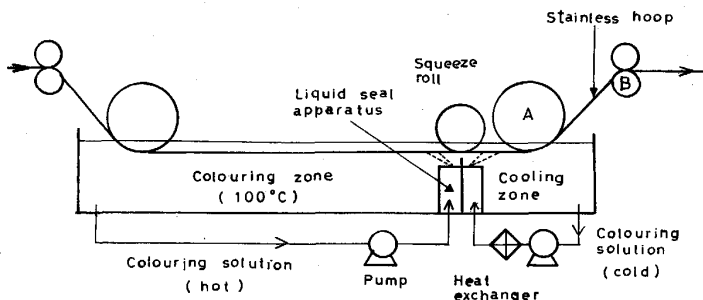


Fig. 6. Experimental apparatus for liquid seal effectiveness.



Hoop speed : 10 m/min
Water flow : 200 l/min at both side of liquid seal apparatus

Fig. 7. Temperature rising curves of hot water by liquid apparatus without heat exchanger.



Dimension of colouring bath
2 200×470×299 mm

Fig. 8. Colouring and cooling system with liquid seal apparatus.

した。次に Fig. 1 に示したパイロットラインに液体シール装置を Fig. 8 に示したように組み込み、約 100°C の着色液を通したときのステンレス帯鋼の温度を測定した結果を Fig. 9 に示す。この図で横軸の 0 はスクイズロールの直下、シールボックスの高温部と低温部の境界の位置で、この位置からの経過時間を示した。帯鋼の温度は帯鋼幅方向中央に孔をあけ、K (CA) 熱電対 (線径 0.08 mm) を入れはんだ付けすると共にその表面をエポキシ接着剤で覆って測定した。低温部で帯鋼温度は十分に下がっており色むらなく着色できた。

高温部で、Fig. 2 の変曲点電位以降の曲線の勾配が急になって色彩の変化の早い赤や緑色に着色すると低温部でわずかに反応がすすんでも色彩は大幅に変わる。とくに低温部が Table 3 に示した 75°C では不十分で、Fig. 5 のように色彩の変わるおそれがあるため、着色反応を止めるにはもつと低温にしなければならない。この限界を調べるために Fig. 8 の装置の低温部の温度を 30~70°C と変え、一定のライン速度で着色したときの各帯鋼ごとの色差を測定した。このときの色差の基準は 30°C の帯鋼の色彩とした。なお、帯鋼が低温部の液温と同じになる時間は板厚によつて異なることが考えられたので、0.4 mm, 1.0 mm, 1.4 mm 厚の帯鋼について実験した。結果を Fig. 10 に示す。これから板厚に関係なく 47°C 以下であれば着色反応はかなり遅くなり色むらとはならないことを確認した。

3.3 長手方向の均一着色条件検討結果

3.3.1 不均一着色発生原因の検討

着色温度を 100°C として連続着色すると着色ステンレス帯鋼の始めと終わりで大幅に色彩の変わる現象がみられた。目視で観察しながらライン速度を手動で制御しながら着色したが、この変化を抑えることはできなかった。この原因は着色液の濃度の変化によるものと思われた。すなわち、着色液の濃度変化は劣化と水分蒸発および帯鋼に付着して着色液が持ち出され、水分を補給したときに生じる。着色液の劣化は前報⁹⁾にのべたように着色液中の重クロム酸と硫酸が消費されるためにおきるも

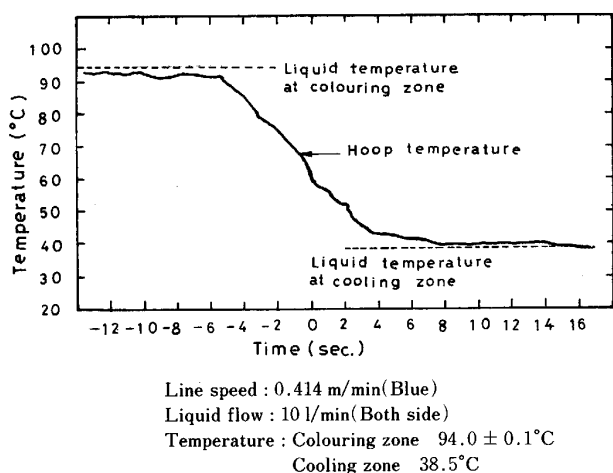


Fig. 9. Temperature behavior of stainless hoop in the colouring bath with liquid seal apparatus.

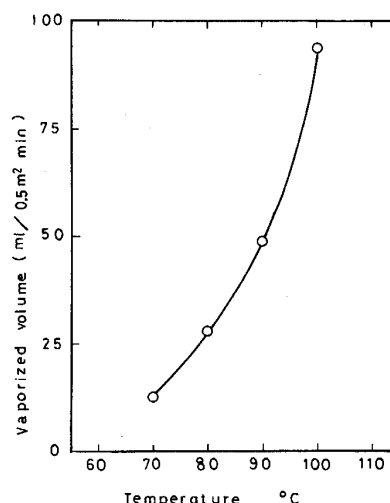
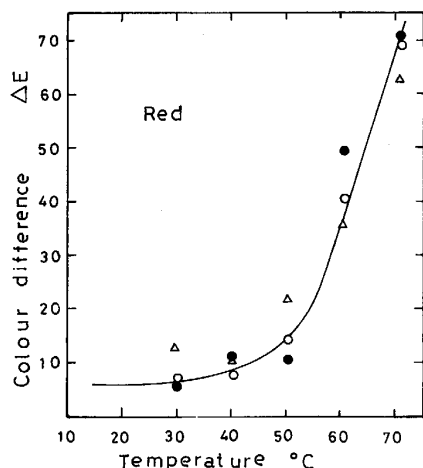


Fig. 11. Relationship between temperature of colouring solution and volume of vaporized water.



Thickness of stainless hoop : ● 1.5 mm, ○ 1.0 mm, △ 0.4 mm
 Fig. 10. Effect of liquid temperature for colour difference at low temperature bath.

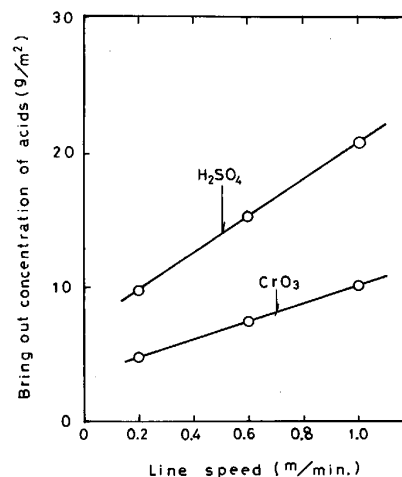


Fig. 12. Relationship between line speeds and bring out concentrations of acids in the colouring solution.

ので、着色時間はしだいに長くなり、同一ライン速度で通板しても同じ色彩を再現性よく着色できなくなる。しかし、その変化は徐々におきるため通板後に着色液を採取分析し、消費分を補給することで対処できる。

この実験では、もつと短時間に生じる濃度変化が問題であった。そこで、着色液および水分補給の条件を検討した。水分蒸発量の検討結果を Fig. 11 に示す。

Fig. 8 の着色槽（開口面積 0.5 m²）の液温を 60°C ~ 100°C と変え、光液面計（藤原製作所製 SA-100A 型）の石英ロッド先端を液面に接触させ、10 min 水分を蒸発させたのち、ロッド先端が再び液面に接触するまで 2 l 容のメスシリンダーで水を補給し蒸発量を測定した。着色液は不揮発性の重クロム酸（無水クロム酸の溶解に

よつて生成）と硫酸の水溶液であるため、100°C の着色液の槽直上における空気 1 m³ 当たりの無水クロム酸量は 0.01 mg 以下であり、蒸発は水分だけであつた。Fig. 11 から着色液温度 100°C のときの水分蒸発量は、開口面積 0.5 m² 当たり 94 ml/min であつた。Fig. 8 の装置の着色液量は 100 l であるから、連続着色開始 1 h 後の着色液は 5.6% 濃縮され、Fig. 5 に示したように大幅に色差が生じることがわかつた。

つぎに帯鋼による着色液の持ち出し量を調べるために、半浸漬ロール(A)とディフレクターロール(B) (Fig. 8 参照) の間の離液後の着色帯鋼 400 mm 長 (幅 50 mm) を切り離し、一定量の水を入れたビーカーに浸漬し、附着した無水クロム酸と硫酸量を求めた。着色液持ち出し

Table 4. Supplied volumes and differences of concentration of acids in the colouring solutions.

Colour	Line speed (m/min)	Colouring length (m)	Acid	Supplied acid				Concentration		
				Calculation		Added		Initial (g/l)	End (g/l)	Difference (%)
				(g/min)	(ml/min)	(g/min)	(ml/min)			
Gold	0.68	100	CrO ₃ H ₂ SO ₄	0.53 1.10	10.0	0.57 1.10	10.4	260.6 561.2	262.0 565.8	0.54 0.82
Red	0.57	170	CrO ₃ H ₂ SO ₄	0.40 0.84	7.6	0.42 0.81	7.7	258.1 558.5	259.6 560.5	0.58 0.36
Green	0.52	160	CrO ₃ H ₂ SO ₄	0.35 0.73	6.6	0.37 0.73	6.8	261.0 567.6	259.7 563.9	-0.50 -0.65

The concentrations of supplied mixed acid solution were 52 g/l for CrO₃ and 112 g/l for H₂SO₄

量はライン速度によつて変わるため、この装置で着色する速度 0.2~1.0 m/min と変えて測定した結果を Fig. 12 に示す。

3.3.2 長手方向の色彩変化防止のための検討

以上の検討結果から、帯鋼の長手方向の色彩を均一に着色するために、持ち出された着色液と蒸発水分の補給を行い、その効果を確認した。

実験には一巻き 40 m (板幅 50 mm) のステンレス帯鋼を用いたが、その後端と次の帯鋼の先端をかして接続することにより連続して最大 190 m (青) まで着色した。着色液温度を 100 ± 0.1°C に制御し、硬化電流密度は 2 A/dm²、着色槽低温部の液温を 35°C、ライン速度を 0.96 m/min (青) から 0.52 m/min (緑) までかえて行つた。このとき各色相別に補給した無水クロム酸および硫酸量 (1 min 当たり) を Table 4 に示す。ここで各酸の補給量 (g/min) は (2) 式から計算した。

$$S_A(\text{g/min})$$

$$= \frac{\text{Fig. 12 から求めた各酸の持ち出し量} \times 2}{\text{帯鋼片面 } 1 \text{ m}^2 \text{ 当たりの通過時間}} \dots (2)$$

酸持ち出し量を 2 倍したのは、着色液が帯鋼の上下面に付着されて持ち出されているためである。

この値をさらに ml/min へ (3) 式を用いて換算した。

$$S_B(\text{ml/min}) = S_A(\text{g/min}) \times 1000 \times 1/V(\text{g/l}) \dots (3)$$

ここで V は補給する酸濃度で、ポンプ容量から無水クロム酸 52 g/l、硫酸 112 g/l の混酸を用いた。(3) 式では無水クロム酸と硫酸の値が別々に求められるので、その平均値を示した。

蒸発した水分の補給は、前述した光液面計で液面が一定になるように着色液の添加とは別に行つた。

各色相ごとに帯鋼着色前後の着色液中の無水クロム酸および硫酸濃度を Table 4 に示した。酸補給はポンプを用いて連続的に行い、水分補給は人手で行つたが、ほ

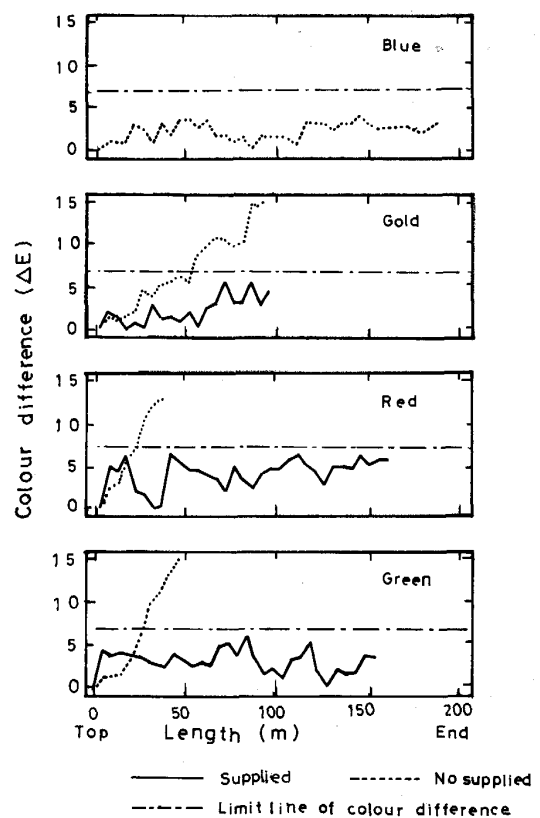


Fig. 13. Effects of acid supply for coloured stainless hoop.

ぼ一定濃度を保つことができた。ただし、青色は酸補給しなくても水分補給のみで 190 m を同じ色彩に着色できたため省略した。切板でバッチ着色した場合 Fig. 5 からわかるように着色液が希釈されると青色でも色差が生じるはずであるが、連続着色した青色のステンレス帯鋼が酸補給しなくても同じ色彩に着色できたのはライン速度が早く、着色所要時間が短く、水分蒸発量が少なかったためと思われる。なお前報⁹⁾に述べた着色反応に伴う着色液の劣化、すなわち無水クロム酸と硫酸の消耗は

わずかであるので、色相をかえて通板する前に着色液を分析し、一定濃度となるように無水クロム酸と硫酸を補給した。

このようにして着色した結果を Fig. 13 に示した。点線は酸および水分を補給しない場合を示す。これから酸補給および水分を補給することにより、目視で色彩の変化のわかる限界 ($\Delta E7$) 以下で、色の制御の難しい赤色でも 170 m まで同じ色彩に着色できることを確かめた。実験を継続すれば、もつと長く色彩の変化なく着色できると考える。

4. 結 論

インコ社で開発した着色技術の連続化高速化を検討し、次の技術を確立した。

1. 100°C の高温で着色し、2 A/dm² の高電流密度で硬化処理することにより、従来の約 1/6 の時間でステンレス帯鋼を連続して着色できた。

2. 高温で着色することにより、着色液から離液後の着色帯鋼に雲状の色むらが生じた。これを防止するため着色槽内の着色液を高温部と低温部にわける液体シール装置を開発した。着色帯鋼をこの低温部 (47°C 以下)

を經由して引き上げることにより色むらを解消できた。

3. 帯鋼の始めから終わりまで同じ色彩に着色するため、着色液の劣化、水分の蒸発および帯鋼に付着した着色液の持ち出しの状況をしらべ、クロム酸、硫酸および水分の補給する方法をつくつた。これにより最大 170 m (板幅 100 mm) まで、目視で色差なく均一に着色したステンレス帯鋼が製造できた。なお、この研究の遂行にあたり液体シール装置の開発に御協力いただいた新日本製鉄(株)の村岡一雄氏および須藤勝人氏に感謝致します。

文 献

- 1) A. N. SKEDGELL: 特公昭 52-25817
- 2) A. C. HART: 特開昭 46-7308
- 3) 日本金属, 東陽理化: 特開昭 53-34636
- 4) 日経産業新聞, 「カラーステンレスコイル連続処理技術を確立」(日金工) (昭和 55 年 10 月 1 日)
- 5) 竹内 武, 片山喜一郎, 皆藤秀雄: 鉄と鋼, 70 (1984), S335
- 6) T. E. EVANS, A. C. HART and A. N. SKEDGELL: Trans, Inst. of Metal Finishing, 51 (1973), p. 108
- 7) 高張友夫, 大塚 進: 鉄と鋼, 75 (1989), p. 181
- 8) R. BLOWER and T. E. EVANS: Sheet Metal Ind., 51 (1974), p. 230
- 9) 高張友夫, 大塚 進: 鉄と鋼, 75 (1989), p. 689