

このことから vTs の変化は単に塑性歪量のみによつて関係づけることができず、繰返回数の影響があると考えられる。

4. 結 言

以上まとめてみると

- 1) 鋼材に降伏点以下の繰返引張荷重を与えた場合、 vTs は下降する傾向にある。
- 2) 降伏点以上破断荷重に近い繰返荷重では、単純な引張荷重の場合と同様に歪量の少ない内は vTs が上昇し後に回復してくる。
- 3) 降伏点直上の荷重でも、始め vTs は上昇するが、回数が増せば却つて母材より低くなり、塑性歪量だけでは vTs の上昇または下降を論議されない。となる。これ等の原因については電子顕微鏡等を使つて追求する必要があると考える。

文 献

- 1) 合田, 守田: 溶接学会誌, 26 (1957) 9, p. 583
- 2) 中西, 武政, 土師: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 40
- 3) 中西, 武政, 土師: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 42
- 4) 中西, 武政, 土師: 鉄と鋼, 71回講演大会予稿
- 5) J. M. LESSELS and A. E. JACQUES: Weld. J. 29 (1950), p. 74-S

(154) 塩ビ鋼板の膜厚制御

東洋鋼板, 下松工場

柴崎久市・田中 裕・○根本忠志

Controlling of the Film Thickness of PVC Coated Steel Sheet.

Kuniichi SHIBASAKI, Yutaka TANAKA and Tadashi NEMOTO.

1. 結 言

プラスチック法によつて製造される塩ビ鋼板の膜厚変動因子を把握することは、品質管理上重要なことであるが、著者らは (1) ロール塗装における膜厚変動要因の解析と (2) 膜厚測定法確立について考察を行なつた。すなわちプラスチックは実際塗装範囲内においてはニュートン流体として取扱われるものとし、その変動要因を理論的に解析し、その結果にもとづき β 線による測定法の可能性を検討した。

2. 膜厚の制御

ロール塗装方式における膜厚は以下に示すように塗装速度やロール間の間隙などによつて変化する。ロール塗装理論は特別な場合については、すでになされているが、速度の異なる2つの異径ロールの場合については発表されていないので、著者らはこの一般の場合についての理論式を導いた。ロール塗装の場合のロール配置は一般に Fig. 1 のようになっている。ロール I はコーターロール、ロール II はドクターロールと呼ばれ、プラスチックはロール I によりストリップ上に塗装される。膜厚はロール I とロール II から流出するプラスチックを算出すれば求めることができる。一般にロール I とロール II との間の粘性流体の運動方程式はつぎのように表わす

ことができる。

$$\mu(\partial^2 v / \partial y^2) = dp/dx \dots\dots\dots (1)$$

ここで y : ロール I とロール II の中心を結ぶ軸, x : y と直角方向の軸, v : プラスチックの流出速度, p : 任意の点の圧力, μ : プラスチックの粘性率である。

これから v を求め、境界条件, $y=0$ のとき $v=U_1$, $y=h_x$ のとき $v=U_2$ (h_x は x でのロール間隙) を代入することにより流出量 Q はつぎのようになる。

$$Q = \int_0^{h_x} v dy = (dp/dx) h_x^3 / 12\mu + (U_1 + U_2) h_x / 2 \dots\dots (2)$$

$h_x = h_0$ のとき $dp/dx = 0$ とおくと

$$Q = (U_1 + U_2) h_0 / 2 \dots\dots\dots (3)$$

この h_0 を求めるために (2) 式と (3) 式を用い、また $\theta = \tan^{-1}(x/\sqrt{2hR_0})$ (ただし $1/R_0 = 1/R + 1/r$)

とおくと、

$$p = \{ \sqrt{2hR_0} 12\mu(U_1 + U_2) \} 1/2h^2 \{ (h_0/h)(3/8 \cdot \theta + 1/4 \cdot \sin 2\theta + 1/32 \cdot \sin \theta) - (1/4 \cdot \sin 2\theta + \theta/2) + c \} \dots\dots\dots (4)$$

を得る。 $x = \pm \infty$ ($\theta = \pm \pi/2$) で $p = 0$ であるから

$$c = (h_0/h) 3\pi/16 - \pi/4$$

$p = 0$ のとき

$$h_0/h = (\pi/2 + \theta + \sin 2\theta/2) / (3/8 \cdot \pi + 3/4 \cdot \theta + 1/2 \cdot \sin 2\theta + 1/16 \sin 4\theta) \dots\dots\dots (5)$$

したがつて膜厚 t_s はコーター、ドクターロールスピードを U_1, U_2 とすると、 $t_s = (U_1 + U_2) Kh / 2 \cdot U_s$ (ただし U_s はストリップスピード) となる。ここで $K = h_0/h$ で (5) 式の値である。

膜厚はストリップスピード、コーターロールスピード、ドクターロールスピードおよびロール間隙の関数となる。

一方 K は上記の U_1, U_2, U_s およびロール間隙 h によつて異なるが各因子に対する K 値を定めておけば各因子を各膜厚に対して設定できる。膜厚の制御方法は塗装性の面から U_s に対する U_1 および U_2 を決めておき、これに対する適正 K 値を入れて、ロール間隙 h を設定する。膜厚が規定値にない場合、コーターロールスピード U_1 をかえることにより膜厚を制御する。膜厚変動 Δt_s に対しては塗装性に影響をあたえない因子をかえる。この場合 U_1 がよいが Δt_s の大きい場合は h をかえる。した

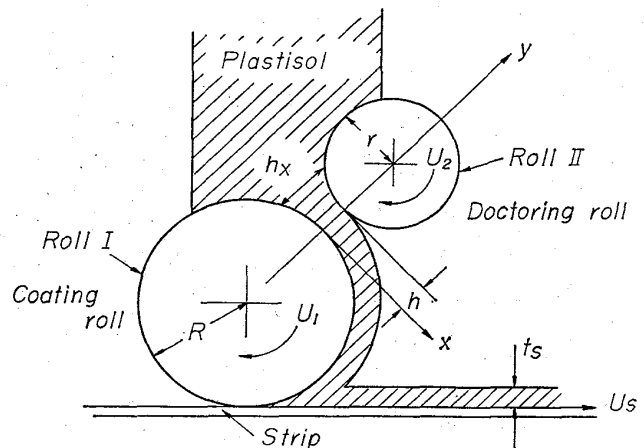


Fig. 1. Arrangement of roll coaters.

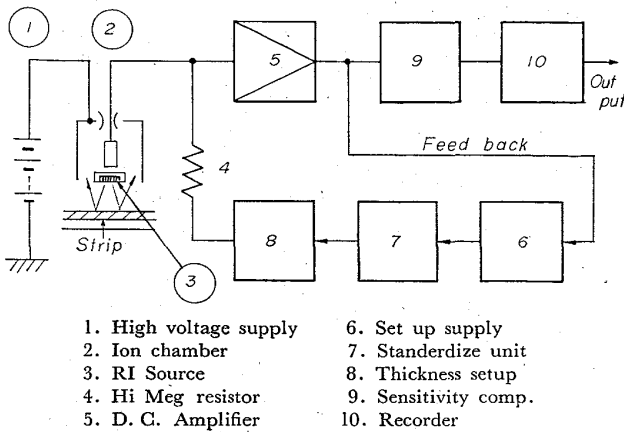
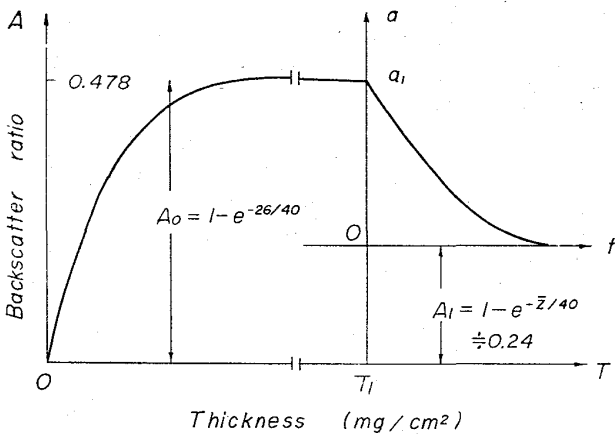


Fig. 2. Block diagram of β -ray thickness gage.



\bar{Z} : Equivalent atomic number of P.V.C.

Fig. 3. Backscattering from PVC film coated steel.

がつて膜厚を測定し、各因子を自動的に設定できれば膜厚の自動制御をおこなえる。

3. 膜厚の測定

3.1 概要

鋼板上に塗布された被膜の厚みを測定するには多くの方法があるが、ベースである鋼板厚みおよび硬度などの影響をうけないものであること、非接触で測定できること、の理由によつて β 線の後方散乱型厚み計を設計製作した。 β 線厚み計は線源の核種と線量が決めれば、測定装置の設計、較正が理論的に行なえる利点がある。著者等の製作した厚み計の仕様は次のようなもので、装置のブロックダイヤグラムを Fig. 2 に示す。

- (1) 名称: β 線塩ビ膜厚み計
- (2) 型式: 後方散乱型シングルチャンバー式
- (3) 線源核種: ^{204}Tl
- (4) 測定対象: 鋼板上に塗布された塩ビ被覆
- (5) 測定範囲: $0.05\text{ mm} \sim 0.35\text{ mm}$
ただし鋼板厚み $0.1\text{ mm} \sim 1.2\text{ mm}$
- (6) 測定方法: 目標厚みを設定し、これに対する偏差を百分率で指示。
- (7) 指示範囲: $\pm 20\%$
- (8) 精度: 設定厚みに対して $\pm 2\%$
- (9) パスライン変動: $\pm 2\text{ mm}$ において $+0.5\%$ 以内

(10) 電源電圧: A.C. $100\text{V} \pm 10\%$

3.2 検量曲線

β 線の飽和後方散乱率 A は散乱体の原子番号が Z のとき一般に (6) 式で表わされる。

$$A = 1 - e^{-Z/40} \dots\dots\dots (6)$$

散乱体がいくつかの元素の化合物または一様な混合物である場合は見かけ上の等価原子番号を \bar{Z} として、膜を構成する元素の重量配合比で各元素の原子番号を加重平均した (7) 式を用いることができる。

$$\bar{Z} = \frac{\sum Z_i W_i}{\sum W_i} \dots\dots\dots (7)$$

鋼板上の塩ビ被覆による β 線後方散乱のようすを Fig. 3 に示す。Fig. 3 の座標 T, A において T は面積質量を表わす。ベースの鋼の厚みが半価層の 2 倍以上の範囲では A の値は飽和に達する。鉄の原子番号 $Z=26$ を与えると $A_0=0.478$ を得る。ベースの上に膜を塗布し、十分に厚いところでの後方散乱率を A_1 とする。ここで改めて膜厚についてのみ考えるため座標 t, a をとる。 t, a の関係は t が飽和に達する少し前までは (8) 式で近似される。

$$\left. \begin{aligned} a &= a_1 e^{-kt} \\ a_1 &= A_0 - A_1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

ここに k は β 線最大エネルギーによつて決まる比例定数。(8)式に電氣的回路で決まる適当な比例定数 h を与えれば厚み計の検量曲線 Y_0 は

$$Y_0 = ha \dots\dots\dots (9)$$

で表わされる。著者らの製作した厚み計では $t=0$ において $Y_0=0$, $t=\infty$ で $Y_0=1000$ となるような h を与えているので

$$Y_0 = (1 - e^{-5.37t}) \times 10^3 \dots\dots\dots (10)$$

t の値を mm 単位で表わし、比重を ρ とすると

$$Y_0 = (1 - e^{-5.37\rho t}) \times 10^3 \dots\dots\dots (11)$$

となる。

3.3 色補正

膜の等価原子番号 \bar{Z} が製品仕様によつて変化するため、検量曲線(10)式は製品仕様ごとに補正值 η を乗じて $Y = \eta Y_0 \dots\dots\dots (12)$

としなければならない。 η は主に着色顔料によつて左右されるので、これを色補正值と名づける。なお、(11)式は未着色の標準配合によつて製作された膜に対する検量曲線である。 η の値は膜に含まれる元素の重量配合比によつて等価原子番号がわかるから Fig. 3 により

$$\eta = A_0 - 1 + e^{-\bar{Z}/40} / A_0 - A_1 \dots\dots\dots (13)$$

として求められる。ただし A_1 は未着色標準試料による値。 η の値は $0.8 \sim 1.1$ の範囲にあり、一般に有機系顔料のときは 1 以上、無機系では 1 以下の値となる。

3.4 較正

厚み計が正常な動作を行なっていることを確かめるため、塩ビ膜は可塑剤の発散、吸湿などによる経時変化があるので、著者らは原子番号の異なる 2 種類以上の金属板を用意した。

4. 結 言

4.1 膜厚はつぎのように表わすことができる。

$$t_s = (U_1 + U_2) Kh / 2U_s$$

この K を各因子について定めておけば、塗装性の面から U_1, U_2 は定まるので h を設定すれば規定の膜厚に塗

装できる。膜厚変動に対しては U_1 などを変えることにより膜厚を制御できる。

4.2 膜厚を精度よく監視する目的で製作した β 線膜厚計は数百種におよぶ膜の色、性質一つ一つについて検量曲線を求めることは大変困難なことであるが、諸要因をすべて数式で示し、電子計算機にのせることで精度よく測定することができた。

4.3 膜厚制御によりプラスチックの塗装効率の向上と膜厚の異常防止などの成果があつた。

文 献

- 1) SCHNEIDER : Trans. Soc. Rheology, 6 (1962), p. 209
- 2) TAILOR and MILLER : Quart. J. Mech. and Applied Math. IX (1956), p. 129

(155) 螢光を応用した自動表面探傷装置の試作

大同製鋼, 中央研究所

○加藤之彦・工博 江口 勇・野崎善蔵

Trial Production of Automatic Surface Defect Testing Machine.

Yukihiko KATŌ, Dr. Isamu EGUCHI and Zenzō NOZAKI.

1. 結 言

鉄鋼のビレット、製品、各種部品の表面傷検査に磁粉探傷(磁探)、浸透探傷(浸探)が広く実施されている。

これらは微細な割れ、線状キズ、シワキズなどに対し、すぐれた感度を持ち原理的に被検査材の表面状態(圧延状態、スケール付着状態、残留ヒズミ、寸法変化など)の影響をほとんど受けず信頼度の高い検査を可能とする。特に磁探は浸探に比較し検査能率が高く鉄鋼素材の量産工場において欠くことのできない検査法である。しかし傷に付着した磁粉を検知する場合に人間の目視に頼らねばならず傷検出の点において、きわめて低能率である。著者らはその解決の必要性を非常に感じ、目視によらない傷の検出およびマーキング装置の開発に着手した。

最近金属材料の表面傷の自動検査に関する開発研究が活発に行なわれており渦電流を利用した渦流探傷が高能率検査に着眼され実用化されつつあり、磁気録音の原理を用いた録磁探傷¹⁾の実用化、ホール素子を用いて漏洩磁束を検出し探傷する方法、電磁誘導を利用した探傷方法²⁾などが報告されている。

著者らの表面傷検査に対する要求は圧延状態で深さ 0.1 mm 以上の線状キズ、シワキズが検出可能なこと、全表面を検査し傷の位置を明確にマークすること、キズ取り後の再検査も可能なこと、能率の高い検査が可能なことなどである。著者らは各種検討の結果、上記のどの自動探傷も現状ではこれらの条件を充たすことが困難であり、磁探が検出精度、キズ取後の再検査などにおいて原理的に最も適したものでこの特徴を維持した自動探傷装置の開発を目的とし螢光を利用した自動螢光探傷装置の試作研究を実施した。その結果実用化の見通しを得たので、本報告でその方法および丸棒鋼を対象とした試作装置の概要を述べる。

2. 自動螢光探傷の原理および特徴

2.1 原 理

磁探あるいは浸探によつて被検査材の表面傷に螢光物質を付着させ、それを紫外線で照射し傷部分からのきわめて微弱な螢光を光電変換器として最も感度が高く、かつ応答の速い光電子増倍管を用いて電気量に変換し傷を検出その位置を自動に標示する。

螢光物質を発光させるための照射紫外線の反射光と螢光物質の発光光線をその励起波長と発光光線の波長の差を利用し光学フィルターで弁別しきわめて微弱な螢光光線のみを検出し、螢光物質の存否、その量を検知する。すなわち螢光物質は(種類により多少異なるが)励起スペクトルがほぼ $3500 \sim 3900 \text{ \AA}$ 、発光スペクトルが $4500 \sim 6000 \text{ \AA}$ の範囲にあつて、 5300 \AA 程度にピークがあり、光電管の前に 4500 \AA 以下を透過しないフィルターを用いれば照射紫外線 (4000 \AA 以下) の反射光の影響を

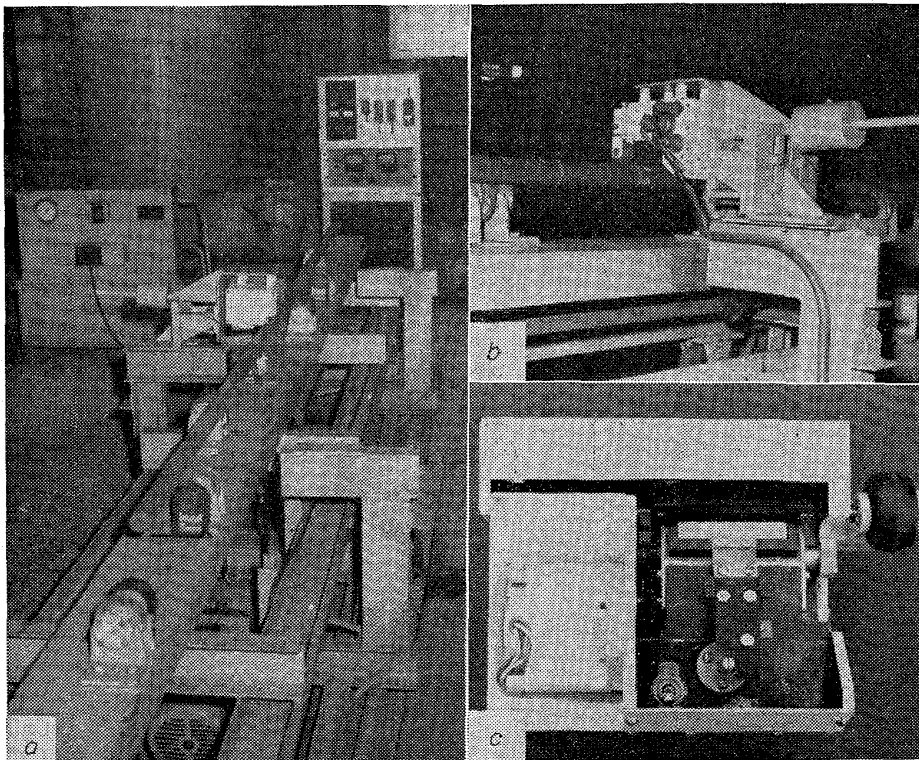


Photo. 1. Driver of inspected bar (a), detector head under scanning (b) and detector head (c).