

(371) 鋼中添加元素成分による X線厚さ計測定誤差補正方法

住友金属工業株式会社 制御技術センター ○平 卯太郎 総合技術研究所 小林 純夫
和歌山製鉄所 尼崎 順三

1. 緒言

近年、各種添加元素を含む多種の鋼板を製造するようになった。一方、鋼板の厚さ精度に対する要求は増々厳しくなりつつある。この背景において、X線厚さ計による、より高精度の鋼板厚さ測定が要求されるようになり、測定対象材の成分に対応した測定誤差補正技術の確立が不可欠となった。今回、鋼中添加元素成分に基づく補正方法を開発し、良好な補正効果を確認したので報告する。

2. 補正方法

放射線透過法による厚さ測定の基本式は(1)式であり、誤差補正は、添加元素成分、温度に起因する下記の3要因に分けて考えることができる。

$$\text{板厚 } t = \frac{1}{\mu_m \cdot \rho} \cdot I_n \frac{I_o}{I_t} \dots\dots\dots (1)$$

但し、 I_o ; 板なし放射線検出量

I_t ; 板あり //

- (1) 冷間での密度 ρ_o の成分依存性 (冷間での ρ の値)。
- (2) 熱間での密度 $\rho(\tau)$ の温度依存性、成分依存性 (熱間での ρ の挙動)。
- (3) 質量吸収係数 μ_m の成分依存性 (熱間、冷間での別なし)。

今回は、このうち(1)、(3)に関して、各々下記(A)、(B)に示す考え方による補正を実施した。

(A) ρ_o については、添加元素成分によって値が決まるとして、次の2点を仮定して値を予測した。

- ・ FeとCは Fe_3C を作り、MnとSはMnSを作る。
- ・ C、S以外は置換形元素であって、 $\alpha-Fe$ 、或いは、 Fe_3C 部に固溶し格子定数を変えない。

そして、 ρ_o の予測式である(2)式中の各元素の鋼密度への影響係数を、原子数比率、原子量から理論的に求めた結果はTable 1となる。これによる冷間

密度 ρ_o の実測値と予測値の対応をFig. 1に示す。

$$\frac{\rho_{oFe}}{\rho_o} = 1 + \beta_c \cdot (C\%) + \beta_{Si} \cdot (Si\%) + \beta_{Mn} \cdot (Mn\%) + \dots\dots\dots (2)$$

(B) 質量吸収係数 μ_m に関しては、(3)式に示すように、各元素ごとの μ_m 値に各元素の重量成分%で重み付けし加え合わせた値を用いた。

但し、 ρ_{oFe} ; 純鉄冷間密度

$$\mu_m = \mu_m \cdot \frac{Fe\%}{100} + \mu_m \cdot \frac{C\%}{100} + \mu_m \cdot \frac{Si\%}{100} + \mu_m \cdot \frac{Mn\%}{100} + \dots\dots\dots (3)$$

3. テスト結果

本方法の効果を調査した結果、Fig. 2に示すように、良好な補正精度を確認した。

4. 結言

添加元素成分の影響を、冷間密度の変化と質量吸収係数の変化とに分けて個別に補正する本方法の有効性が確認された。なお、本方法は拡張性に富み、X線厚さ計の測定精度向上方法として、その実用性は極めて高い。

Table 1. Density coefficient β_i

element	$\beta_i [1\%]$
C	3.6736×10^{-3}
Si	9.8846×10^{-3}
Mn	1.6546×10^{-4}
P	8.0304×10^{-3}
S	2.5231×10^{-2}
Cu	-1.2116×10^{-3}
Ni	-4.8441×10^{-4}
Cr	7.4063×10^{-4}
Mo	-4.1790×10^{-3}
V	3.7993×10^{-3}
Ti	6.6317×10^{-3}
Nb	-5.2678×10^{-4}

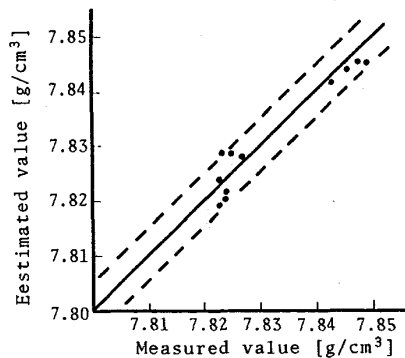


Fig. 1 Comparison of measured and estimated value of ρ_o

coil	t [mm]	C %	Si %	Mn %	error [μm]				
					-60	-40	-20	0	+20
1	1.60	0.63	0.16	0.68			▼	□	
2	2.35	0.55	0.22	0.70			▼	□	
3	4.5	0.46	0.14	0.74			▼	□	
4	2.30	0.003	1.00	0.24			▼	□	
5	2.30	0.05	0.03	0.25				▼	□
6	4.50	0.05	0.03	0.25				▼	□

Fig. 2 Effectiveness of this method

Example ▼; without compensation
□; with compensation