

Fig. 4. The relation between K and $C\%$.

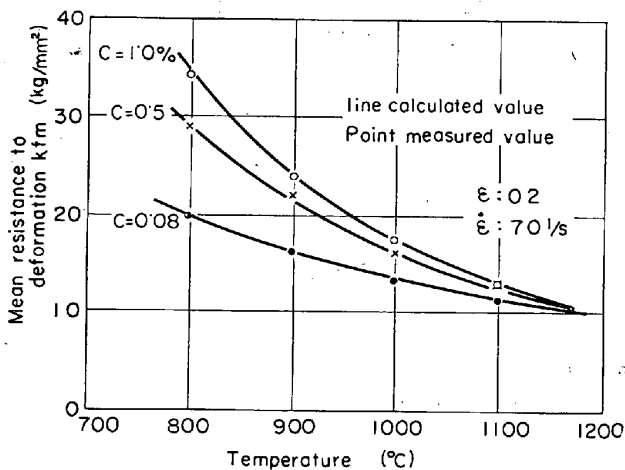


Fig. 5. The comparison between the measured and calculated value.

k と $C\%$ の関係を Fig. 4 に示す。図でわかるように k は $C\%$ の関数としてよいと思われ $C\%$ に関して 2 次式の形にすると (9) 式のとおりとなる。

$$k = 0.126 - 1.75C + 0.594C^2 \dots\dots\dots (9)$$

以上を要約すると K_{fm} は (10) 式で表わされると考えられる。

$$K_{fm} = \exp[0.126 - 1.75C + 0.594C^2 + (2851 + 2968C - 1170C^2/T_K) \cdot \epsilon^{0.21} \cdot \dot{\epsilon}^{0.13}] \dots\dots\dots (10)$$

T_K : 絶対温度 (°K), ϵ : 加工度 (対数歪), $\dot{\epsilon}$: 平均歪速度 (1/sec), C : 炭素含有量 (%)

4.5 計算値と実測値の比較

Fig. 1 の曲線を読み取った値と (10) 式により求めた値を比較すると Fig. 5 に示すごとくきわめて良い一致をみた。

さらに $\epsilon = 70$ 1/sec $\epsilon = 0.1 \sim 0.4$ 温度 = 750 ~ 1200

°C における実測全データと (11) 式により求めた K_{fm} の比較では、計算値との相異が $\pm 5\%$ の範囲では 84%, $\pm 10\%$ の範囲では 前記低炭素鋼の変態点付近の異常現象のものを除けばほとんどすべてが包含され実用上十分な精度であることが判明した。

5. 結 言

本実験式は普通炭素鋼の平均変形抵抗の計算に適用されるが、その適用範囲は次のとおりである。

炭素量: 1.20% 以下, 対数歪: 0.5 以下, 平均歪速度: 30 ~ 200 1/sec, 温度: 750 ~ 1200°C, ただし、低炭素鋼にみられる 800 ~ 900°C での変形抵抗の異常部分については別途考慮されねばならない。

文 献

- 1) 井上: 鉄と鋼, 41 (1955) 5, 6, 8
- 2) 鉄鋼技術共同研究会編: 圧延理論と変形抵抗, (1960), p. 159 [誠文堂新光社]
- 3) 井上: 鉄と鋼, 48 (1962) 5
- 3) 池島: 日本金属学会誌, (1953)

(195) γ -線厚さ計による厚板の板厚測定

日本鋼管, 鶴見製鉄所

○松田一敏・前田直正・島田勝彦
安居孝司・松原博義

Thickness Measurement of Steel Plate with γ -ray Thickness Gauge.

Kazutoshi MATSUDA, Naomasa MAEDA,
Katsuhiko SHIMADA, Takashi YASUI
and Hiroyoshi MATSUBARA.

1. 緒 言

圧延工程において板厚を連続的に測定する方法は古くから研究が進められ、特にストリップ・ミルにおいては X 線厚さ計が実用化されてきた。しかし厚板については X 線管の管電圧を上げ、またその放射密度も大きくしなければならぬことなどから、ほとんどその例を見ない。最近 R.I. の工業利用が急激に進んで、厚さ計についても β 線、 γ 線を用いたものが鉄鋼業において、冷間薄板については多く実用化されている。厚板の熱間圧延工程中での測定は、原理的にはなんらこれらのものと変わらないが、工業測定器として実用する際には種々の問題がある。著者らはこの問題点について検討を行ない、試験を重ねた結果、これらを解決し、厚板の γ 線厚さ計の実用化に成功したので報告する。

2. γ 線厚さ計

2.1 厚さ計の仕様

- (1) 名 称: γ 線厚さ計
- (2) 型 式: RTI-S 形 (日立製作所製)
- (3) 測定対象: 厚鋼板 (温度 700°C ~ 1150°C)
- (4) 測定範囲: 4 mm ~ 32 mm
- (5) 使用核種: ^{137}Cs ^{10}Ci
- (6) 測定方法: 設定値とそれに対する偏差値を絶対値で表示
- (7) 保証精度: 板厚 4 mm ~ 10 mm で ± 0.1 mm

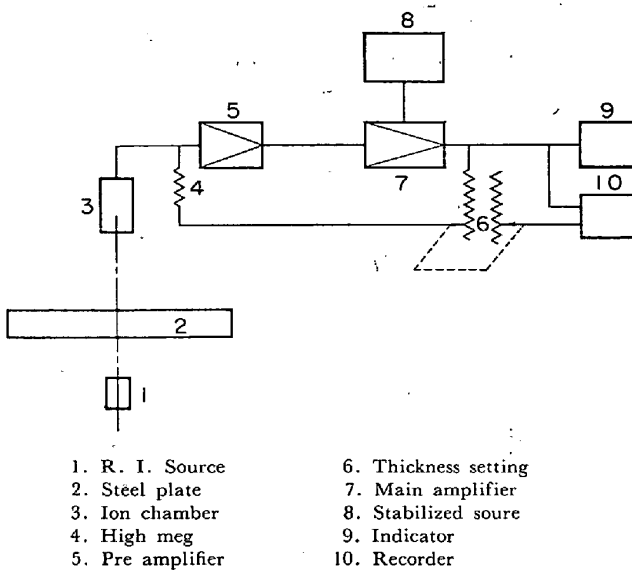


Fig. 1. Block diagram of γ -ray thickness gauge.

- 1. R. I. Source
- 2. Steel plate
- 3. Ion chamber
- 4. High meg
- 5. Pre amplifier
- 6. Thickness setting
- 7. Main amplifier
- 8. Stabilized source
- 9. Indicator
- 10. Recorder

以下
板厚 10 mm~32 mm で測定値の
±1% 以下

2.2 測定原理

この γ 線厚さ計は Fig. 1 のブロックダイアグラムに示すように、 γ 線の厚鋼板の透過量によって測定を行なうものである。線源の ^{137}Cs は半減期 30y で陰電子崩壊を行ない、その際に 0.66 MeV の γ 線を放射する。これの鉄に対する質量吸収係数は $0.073 \text{ cm}^2/\text{g}$ である。鋼板を通過した γ 線は電離箱に入射して電離電流を生じ、これによって高抵抗に電圧があらわれ、これを直流増巾して電気信号として取出す。これと設定信号と比較して偏差指示計を振らせ、また設定値と偏差値は記録計で記録される。

3. 測定精度の検討

3.1 零ドリフト

工業計器として安定に作動するためには、その計器の長期安定性が非常に重要な問題となる。この安定性には零点と校正曲線の形状の二つが考えられる。両者ともに調整部分を設けることによって、定期的に標準試料を用いて校正することにより避けることは、もちろん可能である。しかしその周期が短かければ現場向きの工業計器としては使用できない。

電離箱を検出端に用いて測定するには入カインピーダンスの極めて高い直流増巾器を使用しなければならず、一般的に零ドリフトの問題が生じやすい。また熱間圧延において使用されることを考えると、熱的影響は大きな問題点である。零ドリフトは自動的に校正する回路をなんらかの形で持つことで一応解決するように見えるが、このような回路を持つことは逆に誤差の入る源となる場合があり好ましくない。そこで次の各項について検討を行ないそれぞれ解決をはかった。

(1) 電離箱および高抵抗の温度変化

この問題については、一般的には電離箱、高抵抗、前置増巾器の入っている容器を、冷却水によって冷却する方法が行なわれており、また高抵抗の温度係数は直ちに

発生電圧にきくので、サーモジュールを用いて一定温度に冷却する方法も行なわれている³⁾。厚板圧延機ではスラブの圧延ピッチの変化などによって、単に冷却を行なうだけでは温度を一定に保つことは難しい。検出部分の温度変化による零点変動の大きさは、電離箱や高抵抗の温度係数によって変わるが、実際には $\pm 5 \text{ deg}$ の変化に対して零点が $\pm 0.05 \text{ mm}$ も変化する。このために冷却水を用いるとともに、検出器内を一定温度の熱風を循環させることによって $\pm 1 \text{ deg}$ に制御し安定化をはかった。この方法によれば高抵抗はもちろん電離箱、前置増巾器のすべての部品が一定温度に保たれドリフトの原因を大巾に減少させることができるとともに、内部の防湿対策にも有効である。

(2) Cフレームの熱変形

板の中方向の中央部まで測定可能とするためにフレームは Fig. 2 に示すようなC型をしている。このフレームは頑丈に作り、上部は水盤として冷却をはかり、さらにフレーム本体とはルーズに結合されている遮熱板を設置して、熱によるCフレームの変形を防止することに努めたが、熱膨張によるわずかの歪は完全に防止することはできない。このために線源と電離箱の相対位置、距離などが変化して零ドリフトの原因となる。

放射線のビームは細いほど校正曲線が理論式に近づき、かつ周囲への余分な放射線散乱の影響が無く都合であるが、逆にCフレームの変形がある程度不可避であれば誤差の原因となる。すなわち電離箱がCフレームの変形によって、多少位置がずれても、その付近の放射線の密度が変化しないようにしておく必要がある。これは電離箱の部分にフィルムを置いてその黒度の分布を測定することにより確認を行なった。

また線源と電離箱の相対的平行度についても、線源と電離箱の距離が 2m50 もあり、機械加工の図面上の平行度だけでは不十分である。実験の結果によれば $1/1000 \text{ rad}$ の傾斜で零点が 0.1 mm 近く動く可能性があ

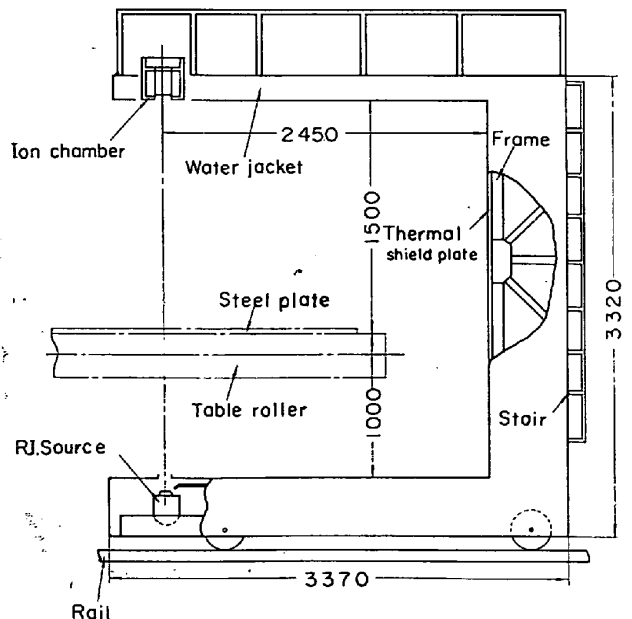


Fig. 2. Dimension of C-frame.

り、相対的平行度も実験的に 1/1000 rad の傾きで零点移動が 0.02 mm 程度になる点を確認した。

(3) 直流増巾器のドリフト

増巾器は前置増巾器の初段のエレクトロメータチューブを除き他は固体素子を用いて回路を組み、かつ主増巾器は気温 20°C に制御されている室内に設置した。直流増巾器そのものは最近の技術の進歩によつて、以前のように 8 hr に一回の零点調整を必要とするようなことは無く、工業的にも安定したものが得られている。

以上のように零ドリフトの解消に努力した結果、零ドリフトは全く調整を行わずに 48 hr に対して ±0.02 mm 以下、24 hr に対しては ±0.01 mm 以下ときわめて安定した状態にすることができた。

3.2 校正曲線

γ線厚さ計は単位面積当たりの重量で測定されるために熱間時に測定を行なつて、これにより冷間時の厚さを表示するためには、温度の補正を行なわなければならない。鋼板の温度が一定であれば鋼板の密度の温度係数で単純に補正を行えばよい。しかし厚板圧延機のように製品の板厚が大巾に変る場合には、その仕上り温度も相当に変化する。鉄の膨張係数から算出した補正係数は 100 deg 当り約 0.3% となるが、一定の温度として補正したのでは、温度差は ±200 deg にも達し無視できない誤差を生ずる。一方板の温度は圧延される板厚に対して、圧延作業上から決定されるある関係を有するので、この関係を用いて測定厚さに応じた温度補正を行えば、その差は小さくすることができる。

したがつて校正曲線は補正係数を決めた標準試料板によつて決定されたものを、実際作業とつき合せて修正して確定させなければならない。

このようにして校正した後の記録の一例を Fig. 3 に示す。

4. 結 言

以上述べたように厚板圧延機に γ線厚さ計を設置し、工業計器として使用可能の前提となる安定性について、種々検討し試験を行なつた結果、零ドリフトについては、自動修正装置を用いることなく 24 hr で ±0.01 mm 以下とすることができた。また校正曲線についても板厚と板の温度の関係を使い、その影響を測定厚さの ±0.3% 以下とすることができた。

この結果この厚さ計は十分実用に耐えることが確認され、設定値、偏差値の表示、記録方法なども使用しやすい方法を採用して、現在圧延作業に有効に使用され効果をあげている。

文 献

- 1) 日本放射線同位元素協会編：アイソトープ便覧
- 2) 三輪：応用放射線計測
- 3) 片桐、山崎：計測自動制御学会論文集 1 (1965) 1, p. 75

(196) プレス加工のスプリングバックにおよぼす r 値の影響

富士製鉄，中央研究所 ○青木 至
Effect of r-value on the Springback of Press-Formed Parts.

Itaru AOKI.

1. 緒 言

プレス成形加工では材料が破断せずに、目的とする所定の形状を得ることが第 1 に要求される条件であり、これまでこの点については、深絞り性や張出し性と材料の引張り試験諸特性との関連において、多くの研究者によりかなり理論と実験との対応がつけられてきている。しかしながら、最近、プレス製品の形状が大型化し複雑化するとともに、その寸法精度の要求が厳しくなり、プレス加工した後の形状が問題にされるようになってきた。この製品精度にもつとも大きな影響を与える因子として、プレス加工後のスプリングバックをあげることができる。プレス成形技術上この問題を解決する手段は種々あるが、材料特性の方からは型になじみやすい材料、すなわち形状性の良い材料の開発が望まれてきた。

この形状性のうち、とくにスプリングバックをとりあげ、それにおよぼす材料特性の影響について、すでに種々の研究^{2)~7)}が行なわれている。われわれはより実際の加工に近いと思われる二軸方向の曲げについて、スプリングバックに与える材料諸特性の影響を理論的に検討し、とくに材料の異方性 (r 値) がどのようにスプリングバックに効果を与えるかを明らかにしたので報告する。

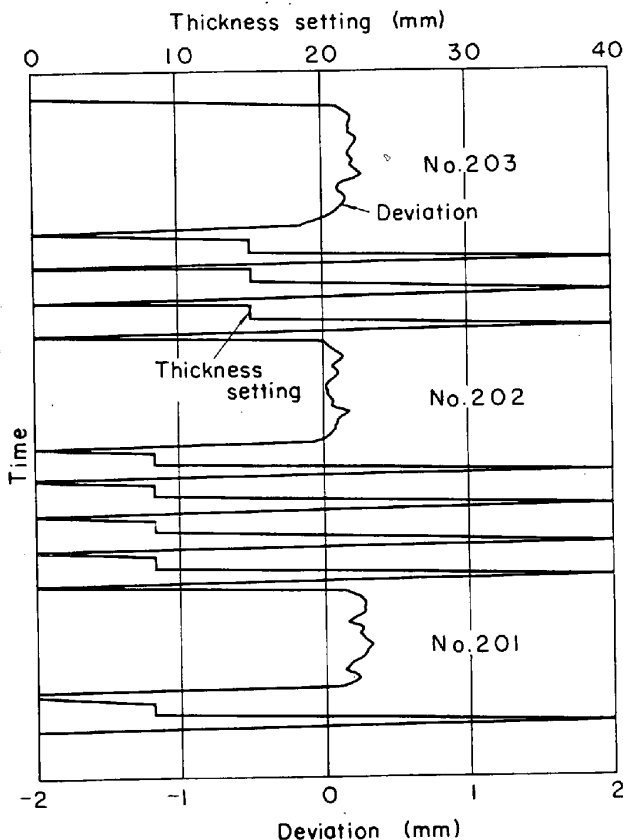


Fig. 3. Record of γ-ray thickness gauge.