

で降温して、そこで長時間保持した後、さらにつぎの温度まで降温しては同じことを繰り返してフェライト領域における AlN の析出限を求めた。その結果によると順次温度を下げて保持しても AlN 析出量は殆んど増加もまた減少もせず一定であつた。

(2) したがって高温のある温度において析出限まで析出せしめた後に炉冷(200°C/h)すると炉冷中にさらに AlN が析出する。

(3) (1) の結果にもとづいて三つの異つた鋼種の試料についてそれぞれのオーステナイト領域における反応 $[Al] + [N] \rightleftharpoons AlN$ の平衡恒数 $K = [Al] \cdot [N]$ の温度函数を Fig. 3 に示す。log K と $1/T$ は直線的關係をなす。S. L. Darken²⁾ の実験式は主として low C-steel を用い、オーステナイト中の N の溶解度を求め、一定温度において鋼中の N が増加し始める点の $[Al]$ を求めて実験式を導いている。本実験においてえられた式は直接に平衡する AlN を H. F. Beeghly¹⁾ のエステルハロゲン法により分析して求めたものであり、求め方が異つている。

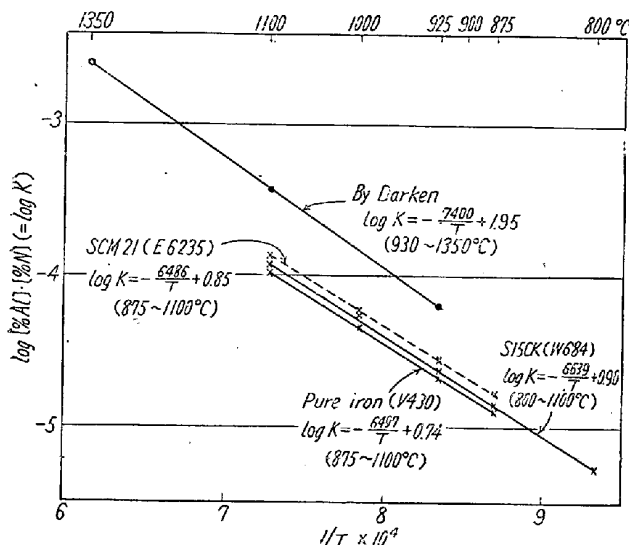


Fig. 3. Relation between equilibrium constant K and temperature T.

(4) Fig. 3 において純鉄 (V430)、炭素肌焼鋼 (W684)、および Cr-Mo 肌焼鋼 (E 6235) について求めた実験式はそれぞれつぎのごとくなる。

$$\log K = -6497/T + 0.74 \quad (875 \sim 1100^\circ\text{C}) \dots\dots \text{純鉄}$$

$$\log K = -6639/T + 0.90 \quad (800 \sim 1100^\circ\text{C})$$

$\dots\dots$ 炭素肌焼鋼

$$\log K = -6486/T + 0.85 \quad (875 \sim 1100^\circ\text{C})$$

$\dots\dots$ Cr-Mo 肌焼鋼

図からも判るようにこの 3 直線はそれぞれ殆んど平行でかつその間隔は僅少である。(また Darken の結果と

も平行である。) したがって鋼種別に求めたこれらの 3 式は activity などの概念を導入すれば一つの式にまとめることができるものと推察される。

(5) 一般に常温から加熱して一定温度に保持した方が高温から降してきて、その温度に保持するよりも AlN は早く析出限に達する。換言すれば析出が速い。

文 献

- 1) H. F. Beeghly: Anal. Chem., 21 (1949) p. 1513
- 2) S. L. Darken: J. of Metals, Dec., (1951), p. 1174

(106) 鋼管の渦流探傷法

日本鋼管、技術研究所

○赤沢 雄二・森 年弘

Inspection of Steel Tubes by Eddy Current Methods.

Yuji Akazawa and Toshihiro Mori.

I. 緒 言

一般に行われている鋼管の検査は目視、水圧および磁粉探傷検査などであるが、目視検査は検査員の熟練度、作業環境などによつて確実性が左右され、水圧検査は貫通、開口していないキズに対する検査能力に乏しく、磁粉探傷検査は全数検査に不適當である。またこれらの検査法はいずれも表面に現われていないキズに対して不確実で、重欠点を見逃し、事故を起す例がある。そこで従来の検査法の欠点を補う新しい検査法の検討を行い、渦流探傷法がもつとも適當であると考えられたのでこれについて研究し、試作探傷器による現場実験を経て実用化に成功した。

本報告は、鋼管の渦流探傷法の概要と探傷例とについてとり纏めたものである。

II. 管状導体の渦流

円形コイル内に導体をおいて、そのコイルに交流を流すと、交流磁束は時間的に変化して、試料には同心円状の渦流を生ずる。渦流の強さはコイルの形状およびそれに流す電流の大きさ、周波数によつて変化し、さらにこれらが一定であるときは、中に挿入した試料の形状、大きさ、磁性、電気抵抗によつて変化する。

ソレノイドの中に円柱導体をおいて、正弦波交流を通じたときの、導体内電磁場およびコイルインピーダンスの理論についてはすでに詳しく説明されている。たとえば、渦流の密度は全断面について均一ではなく、表皮効果と呼ばれる現象があつて、外表面がもつとも密度が高く、中心に近づくにしたがつて低くなる。なおこの表皮効果は試料の導磁率にいちじるしく影響されるので、強磁性体についてはさらに飽和現象をともなつて事情がいちじるしく違つている。

つぎに管状導体の場合は中心に空洞があるので、まったく同じとはいえないが、外径に比して内径の小さいとき(肉厚管)、または周波数の高いときは、中実円柱と同じであるとみなして大した違いはない。しかし、この近似の許されない範囲も重要であるが、詳細は見当らないので、基礎理論から数値計算まで独自に展開した。その一例として、Fig. 1 にコイルインピーダンスの軌跡の一つを示した。

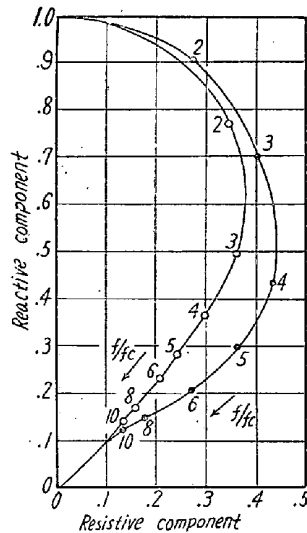


Fig. 1 Coil-impedance for coil encircling a metal rod (—o—o—) and a metal tube (—•—•—) with wall 10% of O. D.

III. 鋼管の渦流探傷

管状導体の性質が局部的に違つていると、その部分にコイルをおいたとき、コイルインピーダンスの変化をきたすので、これを原理として、コイル構成および回路設計を考慮すると、試料中の異常を分離検出することができる。たとえば、試料中のキズは電気に対して非常に高い抵抗を示すので、そこには渦流が流れなくなり、検出コイルに電圧変化を生ずる。このように、コイル内に試料を通しながら、検出コイルの電圧変化により、コイル通過部分の異常を知る訳であるが、実用にいたるまでには、コイルバランスの達成、介入外乱の処理など多くの問題があつた。そのほか、キズの分解能を上げること、管端部の検出不能を救うことも当然必要なことであつた。

さて、鋼管は強磁性体なので、前述したとおり、この点についてまず、克服すべきであつた。実用化した方法は、直流磁場で鋼管の探傷部を磁気飽和すると、それに重畳する弱い交流磁場に対しては、非磁性体と同様に行動するとみなすことができるので、この浮動による影響

を除けば、鋼管に対しても非鉄金属と同様な渦流探傷法が応用できることにもとづくものである。

実際の検査は、直流・交流・検査コイルを効率よく構成した中に、鋼管を自動送り装置にて通過させ、その結果を記録紙上にかかせるとともに、警報、区分などの処置をとることができる。なお、管径に応じてコイル径を選択しなるべく隙間を少なくすることが望ましい。

IV. 探傷例

現在当社川崎製鉄所で鋼管用渦流探傷器を製品検査に実用化し、各種鋼管の品質保証に寄与している。すなわち、1956年4月以降現在まで約200万m以上検査し、いろいろな欠陥を検出しているが、以下それ以前に行なつた実用化試験の結果も含めて紹介する。

キズの大きさと指

示との関係を示す例として32Aガス管に人工キズをつけた場合の指示の大きさをFig. 2に示した。また、冷牽管、熱間仕上り継目無管、鍛接管の代表例をFig. 3に示した。このように鋼管用渦流探傷器はワレ状のキズのほか、偏肉、打痕、凹み、フープの継目、

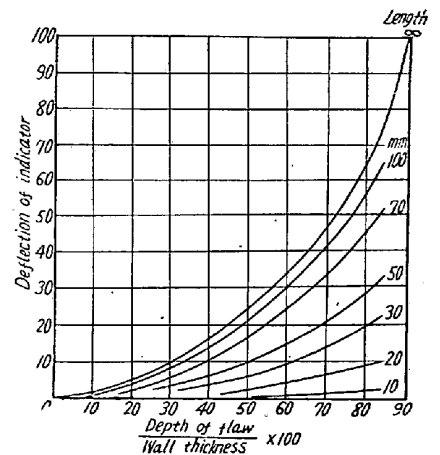


Fig. 2. Deflection of an indicator for various flaw depths. Examined with 32A gas pipes

焼けなどの欠陥を検出することができる。

V. 総括

以上述べたように渦流探傷法は、実際現場に使用して十分効果があり、ほかの検査法では検出困難な各種欠陥

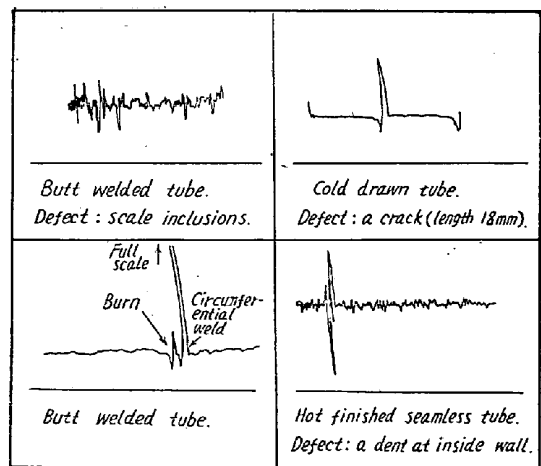


Fig. 3. Typical traces obtained by an eddy current flaw detector.

(キズ、偏肉、打痕、凹み、スケールの巻込、異材付着、フープの継目、焼けなど)を検出できるばかりでなく、つぎのような特徴も有している。

1. 高能率である。1時間数百本検査できるので全数検査が容易である。(1時間当り磁粉探傷は最高 100本以下。超音波探傷、内面検査鏡は数本以下である。)
2. 検査結果が確実で再現性がよい。検査員の熟練、注意力がほかの方法ほど要求されず、人為的判断の要素がほとんどない。
3. 内質、内面も検査できる。

(107) 冷延低炭素鋼板の異方性と深絞り性について

八幡製鉄所、技術研究所

工博 豊島清三・清水峯男・○河原田実

On Anisotropy and Deep-Drawability in Cold-Rolled Sheets of Low-Carbon Steel.

Seizo Teshima, Mineo Shimizu
and Minoru Kawaharada.

I. 緒 言

深絞り用鋼板において異方度と深絞り性には深い関係があることが推定される¹⁾²⁾。異方度の表現法には Lankford 試験の R_L 値、磁気トルク計で求めたトルク曲線の型、結晶粒の軸比などがある。Lankford 試験は引張試験で試験片が局部伸びを起す前の塑性域での板厚方向の歪に対する巾方向の歪の比をとっている。これに対し粒の軸比は粒の厚さに対する長さの比であり粒の扁平度が問題になっている。さらに磁気異方度では結晶粒の選択方位がどうなっているかを問題にしている。このように異方度の取りあげ方はその内容においていろいろ違っている。そこでこれらの異方性試験法と加工性との関係、試験法相互間の関係を知ることが興味あることと思われるが、その第一段階として粒の軸比を変化させた時各異方性試験値はどうなり、板の加工性はどうかを、引張試験における均一伸び、福井式コニカル・カップ試験値などで調べた。

II. 実 験 方 法

実験材料-(取鍋分析値を Table 1 に示す)として厚さ 2 mm の Al-killed 熱延板から圧延方向に長い、巾 90 mm、長さ 300 mm の試片を採取し、酸洗後試験圧延機 (2-high, ロール径 200) で熱延と同一方向に冷間圧

Table 1. Composition in a ladle.

C	Si	Mn	P	S	Cu	Al
0.05	0.01	0.37	0.015	0.020	0.08	0.041

延した。圧延率は 30~80% まで 10% おきに 6 段階とした。この板の焼鈍時間を決定するため 30% 圧延のものと 80% 圧延のものを 690°C に加熱し保持時間を変え水冷却した後硬度を測定した。それを Fig. 1 に示す。これより焼鈍サイクルは安全度を見込んで 690°C に 4 時間保持後炉中冷却とした。保護ガスを使用せず焼鈍箱に入れて焼鈍した。ごく薄い青スケールができたがそのまま試験した。

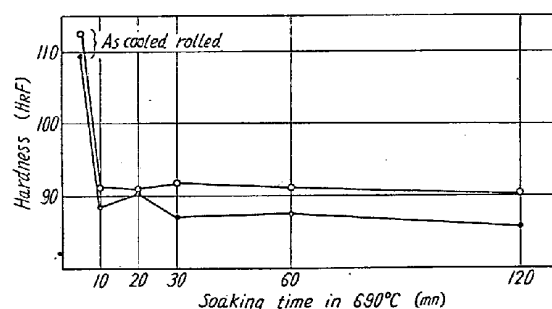


Fig. 1. Changes in hardness upon sheets water-cooled from 690°C.

引張り試験は、各冷延率に対し 4 枚ずつ圧延方向に 5 号試験片をとり、均一伸び、抗張力は板厚の影響が少いと思われるのでこれを測定した。

福井式コニカル・カップ試験でも板厚の影響を少なくするため外径比法によつて

$$\eta = \frac{D' - t \cos 30^\circ}{D_0} \quad \text{ただし} \quad \begin{array}{l} D_0: \text{ブランクの径} \\ D': \text{破断後の径} \\ t: \text{試験片の板厚} \end{array}$$

を試験値とした。試料数は 1 条件につき 3 個である。

Lankford 試験の R_L 値は 5 号引張試験片の 20% 引張りの時の巾 W_{20} と板厚 t_{20} を測定してつぎの式より求めた。

$$R_L = \frac{\log(W_0/W_{20})}{\log(t_0/t_{20})}$$

ただし、 W_0 : 引張り前の巾

t_0 : 引張り前の板厚

結晶粒の軸比は圧延方向に平行な断面の顕微鏡写真を任意の 3 カ所からとり、JIS G 0552 により求めた値を平均した。

磁気トルク計は Williams⁴⁾ のものと同型のものでトルク曲線を求めた。異方度は Tarasov³⁾ のようにトルク T をつぎの式のようにあらわし A_1 , A_2 を求めた。