

Fig. 3. Rough estimation of bending fatigue strength and allowable Hertz' stress from hardness and width of cavity of cast steel.

ないが、硬さが高くなるとこの比が大きくなっていくことがわかる。また同一硬さでも耐久限度にかなり巾があり、たとえば硬さ Hb 350 では、42 kg/mm²~26 kg/mm² 程度の相違がある。これは鍛鋼の平均的疲れ強さの 40~70% である。

また同じ硬さレベルでの鍛鋼の疲れ強さと鋳鋼の疲れ強さと鋳鋼の疲れ強さの差は、鋼の内部欠陥によるものと考えられる。鋳鋼には多くの macro 的および micro 的欠陥がありこれが内部切欠きとして作用しており、ここで鍛鋼の耐久限度と鋳鋼の耐久限度の比を鋳鋼内部切欠き係数 β_i とすれば、破壊の起点の欠陥の大きさと何らかの関係があるはずである。Table 3 に示した欠陥の巾の平均値と β_i との関係を探ってみると Fig. 2 が得られる。この図から欠陥の巾の平均値と内部切欠き係数 β_i との間には、欠陥の巾の平均値が 0.2~0.45mm の範囲で直線関係が認められる。このことは材質の違いに関係なく硬さによつて決まってくる。すなわち β_i は破壊の起点となつた欠陥の大きさとかたさによつて定まる値であり、欠陥の巾が大きくなり、硬さが高くなるにしたがいこの値 (β_i) は増大していく。さて Fig. 2 において欠陥の巾の平均値が 0.78mm ある試験材 Ci グループ硬さ Hb 415 の試験片の内部切欠き係数 β_i が小さいことが注目されるが、これはき裂疲れ強さに相当すると思われる。

5.2 転動疲労限度と回転曲げ耐久限度との関係の推定

転動疲労限度と回転曲げ耐久限度との関係を何らかのかたちで規定しようとする試みはなされているが実際に求めている例はほとんどない。NIEMANN が歯車材のピッチング限界値と曲げ疲れ強さを求めて表示しており、これらの数値の間はある硬度範囲ではほぼ直線関係があると考えられることから、今回の試験結果より転動疲労限界の推定を試みた。

NIEMANN の場合は、歯車の歯面強度の材料常数 ked (ピッチングを起す限界値)と曲げ耐久限度を数種の鋼について少数ではあるが調べている。この材料常数 ked の中には、ころがり接触における許容 Hertz 応力 P_{max} が含まれている。すなわち

$$ked = \frac{P_{max}^2 \pi}{2} \left(\frac{1-V_1^2}{E_1} + \frac{1-V_2^2}{E_2} \right)$$

で示される。

各材料の各グループの回転曲げ耐久限度から歯面強度の材料常数 ked を推定し、つぎに P_{max} を求めてみ

た。また硬さおよび欠陥の巾がきまれば内部切欠き係数 β_i が定まることになり β_i から鋳鋼の回転曲げ耐久限度が決定される。すなわち鋳鋼の硬さおよび欠陥の巾がわかれば、回転曲げ耐久限度が求まりこれから P_{max} が推定できることになる。

Fig. 3 は鋳鋼の欠陥の大きさ、硬さ、回転曲げ耐久限度および P_{max} の関係を1つの図にまとめたものである。

6. 総 括

化学組成および溶解、铸造条件を異にする中炭素 Cr-Mo 鋳鋼 3 種について、それぞれ 3~4 の硬さレベルの試験片を製作し

回転曲げ疲労試験を行なった。

その結果は次のように要約される。

(1) 鋳鋼の疲れ強さは同一かたさレベルでもかなり巾が出、耐久限度比で 0.21~0.40 の範囲にある。

(2) 同じ硬さレベルの鍛鋼の疲れ強さと鋳鋼の疲れ強さの差は、鋳鋼の内部欠陥によるものと考えられ、両者の比を鋳鋼の内部切欠き係数 β_i とすれば β_i は破壊の起点となつた欠陥の巾と硬さレベルで定まる値となつた。そうして欠陥の巾が大きくなり、かたさが高くなるにしたがい β_i の値は増大する。ただし欠陥がある大きさ以上になると、 β_i は一定の値に近づくようである。

(3) この実験結果から鋳鋼の硬さと破壊起点となるような欠陥の大きさがわかれば、回転曲げ耐久限度および許容接触 Hertz 応力 P_{max} を推定することができた。

文 献

1) NIEMANN: Die Maschinen Elemente

2) E. B. EVANS: Proc. ASTM, 56 (1956),

p. 979
669.146.9-415:669.586.5:621.791.763J

(177) 溶融亜鉛メッキ鋼板 (ペントイト) のスポット溶接について

日新製鋼, 尼崎工場研究部

○吉田潔司・若桜謹璋

Spot Welding of Hot Dip Galvanized Steel Sheet (Paintite).

Kiyosi YOSHIDA and Noriaki WAKASA.

1. 緒 言

亜鉛メッキ鋼板の適正なスポット溶接条件は、一般に軟鋼板に比べて溶接電流、加圧力を大にする必要があるといわれており、その程度は実験者によつて異なっている。最近、中村¹⁾の研究によれば低加圧力を用いることにより必ずしも溶接電流を大にしなくても溶接が可能であるとのべている。このように適正溶接条件が異なるのは供試材として用いた亜鉛メッキ鋼板の性状に差異があるためと考えられ、すなわち表面状態 (スパングルの大きさ)、メッキ層および合金層の厚みなどが溶接性に大きく影響することは当然予想される。

著者らは当社にてペントイトと呼称している塗装性の

良好なるノースパンゲルの亜鉛メッキ鋼板 (厚み 0.5~1.2mm) を供試材とし、適正な溶接条件を選定するため、実験を行なうとともに冷延鋼板についても同様の試験を行ない、両者の比較検討を行なつた。

2. 実験方法

2.1 溶接機

大阪変圧器KK製単相空気加圧式スポット溶接機を用い、定格容量 25kVA, 最大溶接電流 12,000A, 最大加圧力 500kg である。

2.2 溶接電流, 加圧力, 通電時間の測定

溶接電流は一次電流よりトランス巻数により二次短絡電流を算出し、加圧力, 通電時間は加圧計, サイクルカウンタにより測定した。

2.3 実験条件および溶接部試験方法

JIS Z3136 に規定されている試片を鋼板のL方向に平行に採取し、Table 1 に示す実験条件により溶接電流加圧力, 通電時間を変化させて溶接し、引張剪断強さ, ナゲット径の測定を行なつた。使用した電極チップの材質は 1.15%Cr-Cu 合金 (HRB 78) にて、形状は載頭円錐形, 頂角 120° である。

2.4 供試材

鋼板 (914×1829mm) のリム部を除去するため両端より 150mm 切断し、コア部より諸試験片を採取し試験を行なつた。結果を Table 2 に示す。

3. 実験結果

3.1 引張剪断強さと溶接電流との関係

予備試験により供試材について適正通電時間を求め、適正溶接条件を選定するため通電時間を一定とし溶接電流, 加圧力を変化させて試験を行ない引張剪断強さとの

Table 1. Welding condition.

Welding current (A)	Electrode force (kg)	Weld time (cycles)	Note
4,800	50	5	Electrode tip Steel thickness (mm) Tip diameter (mm)
5,600	100	10	
6,500	150	15	
7,550	200	20	
8,300	300	25	
9,700		30	
10,550			
11,250			0.5 3.5
12,600			0.8 4.5
			1.0 5.0
			1.2 5.5

Table 2. Chemical composition and mechanical properties of samples.

	Thick-ness (mm)	Chemical composition (%)					Mechanical properties				Rough-ness (μ)	Zn coating weight (g/m ²)
		C	Si	Mn	P	S	Y. P. (kg/mm ²)	T. S. (kg/mm ²)	El (%)	Hv		
Galvanized steel sheet	0.5	0.04	tr	0.35	0.014	0.016	28.3	34.7	31	111	5.0	101.4
	0.8	0.04	tr	0.31	0.012	0.016	29.2	34.7	37	112	5.0	53.9
	1.0	0.06	tr	0.32	0.015	0.022	30.8	35.4	36	115	6.0	46.9
	1.2	0.07	tr	0.29	0.021	0.026	34.4	37.4	33	113	6.0	54.4
Cold rolled steel sheet	0.5	0.04	tr	0.33	0.013	0.018	24.7	34.1	39	100	4.5	—
	0.8	0.04	tr	0.31	0.014	0.033	25.5	34.2	38	99	6.5	—
	1.0	0.08	tr	0.34	0.016	0.036	24.0	36.5	38	98	5.0	—
	1.2	0.07	tr	0.34	0.010	0.020	23.0	33.9	40	103	6.0	—

関係について検討を行なつた。引張剪断強さにおよぼす溶接電流, 加圧力の影響は各供試材ともほぼ同一傾向を示し、代表例として板厚 1.2mm の場合の結果を Fig. 1 (亜鉛メッキ鋼板) Fig. 2 (冷延鋼板) に示す。通電時間 20cycle として加圧力を 100~300kg に変化させたものである。Fig. 1 の亜鉛メッキ鋼板において、溶接電流が 6500A から 9700A に増加すると急激に引張剪断強さが大になり、加圧力の小なるものが最も引張剪断強さが大で加圧力の影響が顕著に認められる。9700A 以上においては溶接電流の増加にしたがい引張剪断強さは漸増を示し、加圧力の影響は減少し引張剪断強さの範囲

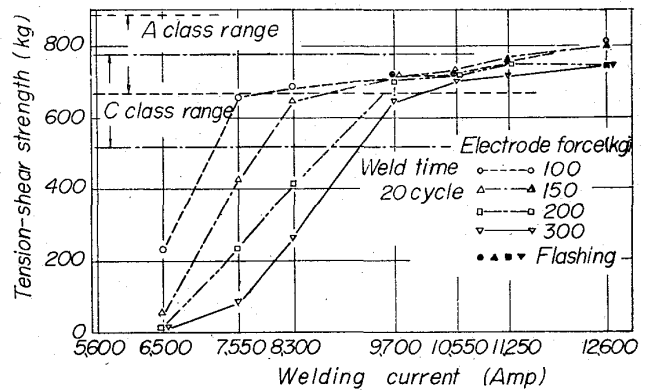


Fig. 1. Effect of welding current on the weld strength. (Galvanized steel sheet 1.2 mm)

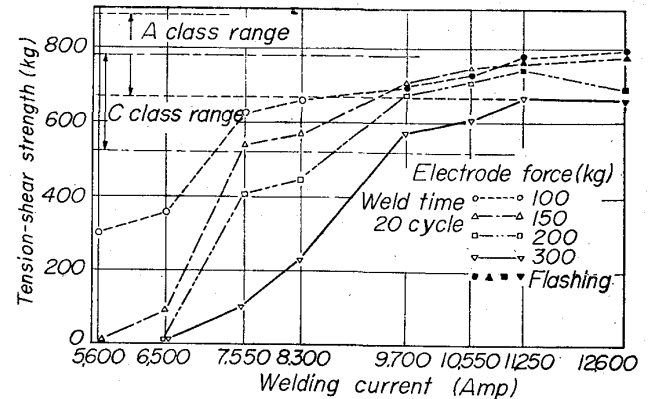


Fig. 2. Effect of welding current on the weld strength. (Cold rolled steel sheet 1.2 mm)

は約 50 kg である。

ちり発生は加圧力 100 kg のとき, 9,700 A, 150 kg のとき 11,250 A, 200 kg, 300 kg のとき 12,600 A において認められ, 加圧力の小なるものはちり発生 of 電流値が低い。以上の結果より RWMA (米国溶接機械製造協会) の A クラスの強度範囲に入るためには溶接条件として通電時間 20 cycle, 加圧力 150 kg, 溶接電流 9,000~10,900 A が最適と考える。

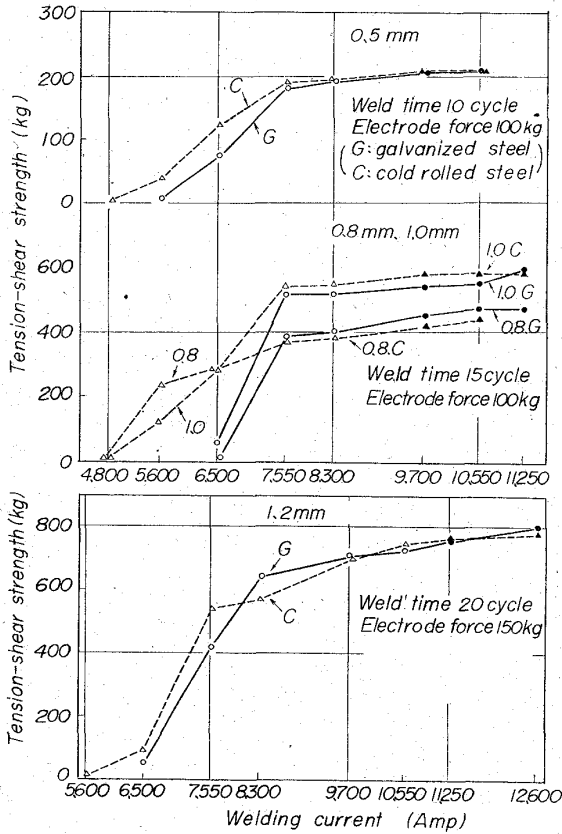


Fig. 3. Comparison of weld strength

Fig. 2 は冷延鋼板の試験結果を示す。引張剪断強さと溶接電流の関係は亜鉛の関係は亜鉛メッキ鋼板と同様な傾向を示し, RWMA の A クラスの強度範囲のものを得るための溶接条件は通電時間 20 cycle, 加圧力 150 kg 溶接電流 9,300~10,900 A であり, 亜鉛メッキ鋼板と大差がない。

Fig. 3 に亜鉛メッキ鋼板および冷延鋼板の適正加圧力における引張剪断強さの比較を示す。1 例として 0.8 mm について説明すると, 溶接電流が 7550 A 以下になると亜鉛メッキ鋼板は急激に強度が低下するが冷延鋼板は比較的ゆるやかに強度が低下する。7550 A 以上においては両者の強度はほぼ同等である。亜鉛メッキ鋼板の溶接にさいしては電流値に特に注意する必要があることがわかる。他の板厚についても程度の差はあるが同様の傾向が認められる。

3.2 引張剪断強さとナゲット径との関係

RWMA の A クラスの強度を得るための最小ナゲット径を求めると Table 3 のごとくである。(板厚 0.5 mm は B クラス) 試料数が少ないけれど, 亜鉛メッキ鋼板は冷延鋼板に比較してナゲット径が全般に 10~20% 程度小である。

3.3 適正溶接条件

以上の試験結果より適正溶接条件を選定すると Table 4 のごとくである。引張剪断強さの代表例を Table 5 に示す。表よりわかるように亜鉛メッキ鋼板と冷延鋼板

Table 3. Nugget size.

Thick-ness (mm)	Tip dia (mm)	Galvanized steel	Cold rolled steel
		Nugget size (mm)	Nugget size (mm)
0.5	3.5	3.2	3.5
0.8	4.5	3.5	3.8
1.0	5.0	4.2	4.5
1.2	5.5	4.5	5.0

Table 4. Recommend welding condition. (A class)

Thick-ness (mm)	Tip dia (mm)	Galvanized steel sheet			Cold rolled steel sheet			Tension-shear strength (kg)
		Wed time (cycle)	Electrode force (kg)	Welding current (A)	Wed time (cycle)	Electrode force (kg)	Welding current (A)	
0.5	3.5	10	100	7,400~9,000	10	100	7300~9000	210±17%*
0.8	4.5	15	100	7,500~9,000	15	100	7550~9000	440±14%
1.0	5.0	15	100	7,550~9,000	15	100	7400~9000	610±14%
1.2	5.5	20	150	9,000~10,900	20	150	9300~10900	780±14%

* B class

Table 5. Typical results of spotwelding.

Thick-ness (mm)	Galvanized steel sheet				Cold rolled steel sheet			
	Wed time (cycle)	Electrode force (kg)	Welding current (A)	Tension-shear strength (kg)	Wed time (cycle)	Electrode force (kg)	Welding current (A)	Tension-shear strength (kg)
0.5	10	100	7550	184*	10	100	7550	194*
0.8	15	100	7550	408	15	100	7550	381
1.0	15	100	8300	530	15	100	8300	559
1.2	20	150	9700	714	20	150	9700	711

* B class

との間の適正溶接条件にいちじるしい差は認められず、ほぼ同等の溶接性を有するものと判断される。種々の文献に発表せられている亜鉛メッキ鋼板条件とことなる原因としては、本実験に使用した亜鉛メッキ鋼板はノースパングルであり表面粗度は $5\sim 6\mu$ を有し、メッキ層の厚みが小であり、普通の亜鉛メッキ鋼板と比べて性状が著しくことなるためと考えられる。

4. 結 言

亜鉛メッキ鋼板 (ペンタイト) について適正な溶接条件を選定するために実験を行なった結果、冷延鋼板とほぼ同等の溶接条件にて溶接が可能であり溶接性は良好であることがわかった。本試験結果より溶接性は亜鉛メッキ鋼板の性状に大きく影響することが予想され、この点について今後究明する必要がある。

文 献

- 1) 中村, 他: 溶接学会誌, 32 (1963) 11, p.1054

(178) 鋼の銅プリント法について

八幡製鉄所, 技術研究所

工博 武井格道・二村英治・〇山崎精一

On the Copper Print Process for Steel.

Dr. Tadamichi TAKEI, Eiji FUTAMURA and Seiichi YAMAZAKI.

1. 結 言

鋼中イオウの偏析を見るためにサルファープリント法が古くから利用されており、この手法を他元素にも拡張する試みとして M. NIESSNER のリンプリント¹⁾がある。サルファープリントによつて代表される接触プリント法は、通常強酸溶液を印画紙や汙紙に浸み込ませたのを、試料研磨面に密着させて試料を溶出させるのであるが、試料の溶解が不均一となりやすく硫化物の検出以外には有効な手段とはいえず、とくに固溶している成分の偏析試験や定量には適していない。

接触プリント法の欠陥を補うにはエレクトログラフ法^{2)~4)}を利用するのがよいと思われる。この方法は接触プリントに電解を組合せたもので、強酸溶液のかわりに中性電解液を印画紙や汙紙に浸み込ませて試料を電解により溶出させることができるので、溶解量を正確にコントロールできる長所がある。このエレクトログラフ法はこれまですでに鉄鋼諸成分の半定量的検出などに⁵⁾⁶⁾応用されているが、本報は偏析試験を前提としてまず特有の偏析挙動を示し、かつ選択的発色剤の得られやすい成分として銅をえらんで検討した。つぎに高銅鋼の場合に適用できる簡単な接触プリント法を見出したので、これについても検討を行なった。

2. エレクトログラフ法

2.1 装 置

エレクトログラフ法に用いた装置は文献⁷⁾を参考とし Fig. 1 に示すようなものを自製した。直流電源は 6V, 48AH の鉛蓄電池を用いた。試料面に汙紙を密着させるためには水圧機などを用いるとよいが、今回は簡単に重錘をのせて行なった。発色剤の吹きつけにはクロマトグラフ用噴霧器を用いた。装置の使用法について若干

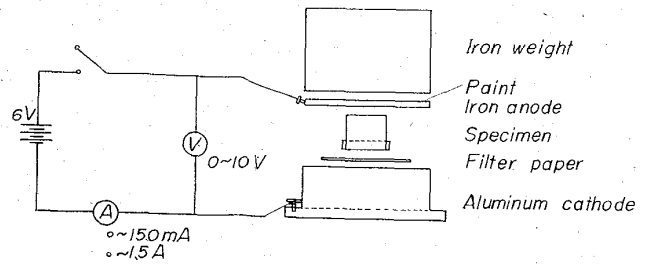


Fig. 1. Electric circuit employed in electrographic analysis

説明すると、まず電解液を含ませた汙紙をカソード板上に置き、つぎに試料研磨面をこれに密着させこの上にアノード板および鋼片をのせる。エレクトログラフ回路に電流を流すと、試料の表面層が電解され電解液を含ませた汙紙中に移る。一定時間電解後、静かに鋼片、アノード板および試料を取り去り、最後に汙紙をアノード板よりはがす。選択的に特定元素と発色する発色剤を吹きつけると、特定元素の呈色プリントが得られ、呈色度と通電量 (試料電解量) より半定量が可能となる。

2.2 基礎実験用試料

銅含有量と呈色度の関係調べのため、電解鉄に銅を 0.00~0.56% 添加して溶製したものを 37mm φ および 7mm φ の棒状試片とし、樹脂に埋めこんで用いた。

2.3 飽和フッ化アンモニウム溶液-αベンゾインオキシム呈色法の検討

まずエレクトログラフ法による鋼中成分の検出を研究した E. FITZER⁵⁾の方法を検討することとし、つぎの条件で銅プリントを実験した。

試料: 基礎実験試料 37mm φ 80# 研磨

電解液: フッ化アンモニウム飽和水溶液

プリント紙: 東洋汙紙 No. 4 を 3 枚重ねた。

加圧: 1 kg/cm²

発色剤: α-ベンゾインオキシム飽和エチルアルコール溶液

電解時間: 5min

その結果、Cu 0.39% の場合に微黄色を呈したが、0.33%Cu 以下ではほとんど無色で、感度が不足していることが明らかで他の発色剤を用いる必要がみとめられた。なお鉄イオンの色も認められない点で NH₄F のマスキング効果は十分であり、NH₄F 電解液については問題がなかった。

2.4 飽和フッ化アンモニウム溶液-キュブリゾン呈色法の検討

つぎに発色剤として水溶液中で銅と反応して青色を呈し、他元素の影響がほとんどないキュブリゾンを探り上げることにした。電解液としては前述の実験でマスキング効果の明らかな NH₄F 電解液を用いることにし、発色剤をキュブリゾン 0.2% 溶液にしたほかは 2.3 に述べたとおりの条件で実験した。その結果得られた銅プリントは 0.04%Cu でも青色を呈し、Cu を含まないものとはつきり区別でき、0.39% Cu まで Cu の増加に応じて呈色が濃くなり半定量が可能であつた。なおキュブリゾンは Fe²⁺ が共存すると発色しないが、本実験条件では試料の受動態化により陽極電位が高められ、試料は