

Fig. 4. Cold drawability of the wires of capped and rimmed steels of W.

鋼塊内の成分のバラツキの減少により溶接棒品質が安定した。溶接作業性、全溶着金属引張強さ、溶接部割れなどについてリムド鋼と比較した結果差はなく、従来品と同様に使用してもよいことが判明した。

(3) 磨棒鋼材として

鋼塊中心部の濃厚偏析部の減少により安定した加工性が得られるものと考えられる。

(4) コールドヘッダー材として

当初リム層が薄いため冷間圧造時製品表面割れの発生が憂慮されたが、リムド鋼との比較試験の結果とくに問題なく、ボルト用ではヘッダー、トリマー、先取り、転造、トルク試験の各工程で作業性、および試験成績のバラツキは減少し、安定した作業が可能と考えられる。またナット用としてもヘッダー、タップ各工程の作業性のバラツキは減少し安定した作業が可能と考えられる。キャップド鋼をコールドヘッダー材として使用する場合リムド鋼に比べてリムが薄いことが問題になる場合があるかもしれないがバラツキが少ないことによつて作業性および品質が安定するものと考えられる。

V. 結 言

キャップド鋼線材はリムド鋼線材と比較して品質上次の点が判明した。

(1) 普通線材では、伸線性が向上し、また製釘用としても優れている。

(2) 溶接棒芯線材では、化学成分のバラツキの減少、製品品質が安定している。

(3) 磨棒鋼材では、安定した加工性がえられる。

(4) コールドヘッダー材では、圧造時の疵発生の問

題なく、各加工工程の作業、および製品品質が安定している。

(112) 電縫鋼管における溶接条件と熱影響部形状の関係について (電縫鋼管の溶接条件の検討-I)

八幡製鉄所, 技術研究所

伊藤悌二・西 武史・森山 康

八幡鋼管, 光工場

野崎 博・岡村 毅・大内 豪

On the Relation between Welding Condition and Heat-Affected Zone.

(Some consideration of welding condition on producing E.R.W. pipe-I)

Teiji ITOH, Takeshi NISHI,

Koh MORIYAMA, Hiroshi NOZAKI,

Takeshi OKAMURA and Tsuyoshi OHUCHI.

I. 緒 言

電縫管製造の原理は、溶接部を電気回路の一部とし、通電することにより被溶接部に抵抗熱を生ぜしめ、さらに加圧することによつて溶接を行なう。いわゆる抵抗溶接法であつて、この場合溶接部にはマクロ、ミクロ的に母材部と識別できる熱影響部が生成する。この熱影響部の生成形態が電縫管の品質を左右する最も大きい因子の一つであつて、しばしば問題にされているところであるが、この熱影響部の生成形態を実用の mill において系統的に研究し、さらに、それと溶接品質との関連を総合的に検討された報告は現在のところ、あまり見られない。

そこでわれわれは、Yoder 製 14" mill につき、14" および 12³/₄" の 2 サイズにつき熱影響部形状におよぼす溶接条件の影響、形状と溶接部強度の関連、さらにこれらの結果を確認するためのフラッシュ・アンド・アップセット・バット溶接機による基礎実験を行なつたので、その結果につき報告をする。本報では、まず熱影響部形状におよぼす溶接電流、衝合形状その他の影響について述べる。

II. 実験方法

1. 製管装置

Tube mill は Yoder 社製の 14" mill で、製管方式は bottom line system modified edge forming type であり、welding throat は水平方向の 2 ケ squeeze roll と垂直方向の 1 ケ electrode と bottom roll よりなり、それらの相対位置は個々に調節可能のものである。造管速度は 40 および 35 feet/min、溶接機トランス容量は 2000 kVA (84 サイクル) である。

2. 供試管材

実験に用いた管材の鋼種規格、製品寸法、成分、機械的性質は Table 1 に示す 2 種類のものであり、いずれもセミキルド鋼である。

3. 実験方法

熱影響部の形状としては後に詳述するが、一般的なものとしては外面側が内面側より広い V 型と、ほぼ等しい

Table 1. Steel standards specification, dimensions, chemical compositions, and mechanical properties of specimen tested.

Dimension	Steel standard	Chemical composition (%)					Mechanical properties			Mill speed (feet/min)
		C	Si	Mn	P	S	σ_y (kg/mm ²)	σ_B (kg/mm ²)	ϵ (%)	
14" O.D. × 7.1 t	API5LX-×52	0.20	0.03	1.10	0.02	0.02	35	55	36	40
12 ³ / ₄ " O.D. × 8.3 t	API5LB	0.18	0.04	0.79	0.017	0.018	28	48	37	35

I型の2種類がある。これらを得るために、welding throat における衝合形状あるいは tube の縦径、横径 (electrode の高さ、squeeze roll の間隔) その他をいろいろ変化させて実験を行なった。さらに、熱影響部の大きさを調節する因子として電流値を選んで、1次電流として 1900~300 Amp に変化させた。

III. 実験結果および考察

1. 電縫管における熱影響部形状

電縫管の熱影響部形状は、鋼種、肉厚/外径、溶接条件によつて変化するものであるが、その一般的構成は溶融溶接のそれとほぼ同じであり、

a) 衝合部で grain growth の見られるところで、溶接強度に最も大きい effect を与える部分と考えられる。(G・Z部)

b) G・Zの次の部分で結晶粒が細粒化している部分(F・Z部)

c) F・Zの次の部分で粒状パーライトが見られ、基地は変化していない部分。(S・Z部)

d) 母材部(B・Z部)

よりなり、(a)~(c)が熱影響部と呼ばれるものである。この熱影響部の形状としては、先述のV型が最もよく見られるところであつて、今、外周側の熱影響部巾をa、内周側の巾をbとし、肉厚tとしてこのような台形(近似的)の頂角の1/2を α とすれば、熱影響部面積Sと α は

$$S = t \cdot (a + b) / 2$$

$$\alpha = \tan^{-1}(a - b / 2t)$$

で表わされる。そこで、熱影響部面積としては $a + b / 2$ すなはち平均熱影響部巾 (Mean Heat Affected Zone, M.H.A.Z) を熱影響部形状としては $(a - b)$ 、すなはち外内面熱影響部巾の差 (difference between outside and inside heat affected zone, D.H.A.Z) でもつて代表させ、以後の考察を行なうことにする。

2. 溶接一次電流と熱影響部面積との関係

14" 製管実験は squeeze roll 間隔、したがつて up set 量、ノーズ巾 (2枚の電極の間隔) および溶接一次電流をいろいろに変化させて行なった実験であり、12³/₄" 製管実験は以上の他に side trim 巾および fin pass における reduction を変化させたものである。したがつて後者の場合、後述のごとく H.A.Z 形状が変化してくるが、いずれの実験においても溶接一次電流と H.A.Z 面積との間には Fig. 1 に示すごとく直線的な比例関係が見出された。

3. 熱影響部巾と G・Z部巾の関係

溶接強度に直接関係があると考えられる内外面 G・Z 巾と熱影響部巾 a・b との関係は、Fig. 2 に示すごと

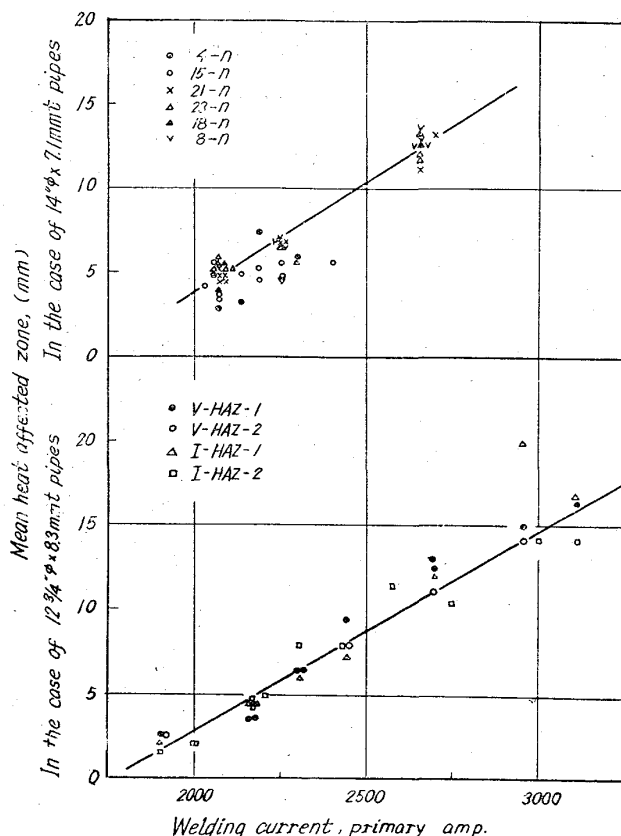


Fig. 1. Relation between welding current and mean H. A. Z.

く溶接熱影響部形状がV型、I型を問わず内外面G・Z部巾は内外面熱影響部巾にはほぼ比例しており、熱影響部巾が溶接強度に大きな影響をおよぼすものと考えてさしつかえない。

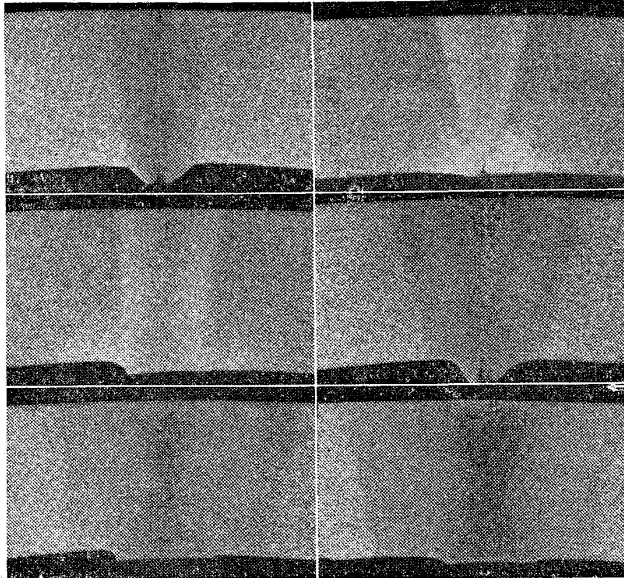
4. Welding throat における形状と熱影響部形状との関係について

先述のごとく、14" 製管 test のスクイズ量および up set, nose width, 1st weld amp. を要因とする実験であるが、この場合外内面熱影響部巾の差は各要因の調整のいかんにかかわらず、ほとんどが4mm~5mmの範囲(差の平均 $\bar{x} = 4.9$, $\sigma = 0.9$)にあり、バラツキも比較的少ない。一方 12³/₄" 製管 test は、以上の要因の他に side trim width, および fin pass reduction を加えたものであり、この場合には Table 2 に示すごとく外内面熱影響部巾の差は大きく変化している。

Table 2 において V shape H.A.Z-1 は、V shape H.A.Z-2 に比較して welding throat での pipe 形状を 2~3mm 縦長にした状態で溶接したものであるが、

Table 2. Difference between outside and inside HAZ. ($12^3/4'' \phi \times 8.3\text{mm t}$).

	D · H · A · Z									Mean (Approx)
V Shape H·A·Z-1	3.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0	3.0	4.0	3.0	4
V Shape H·A·Z-2	5.5	4.5	3.5	4.5	2.0	—	—	—	—	4
I Shape H·A·Z-1	0	0	2	1	2	2	—	—	—	1
I Shape H·A·Z-2	1.5	2.0	1.5	1.5	3.0	3.0	—	—	—	2



I Shape H·A·Z V Shape H·A·Z

Photo. 1. Macro structures of heat affected zone.

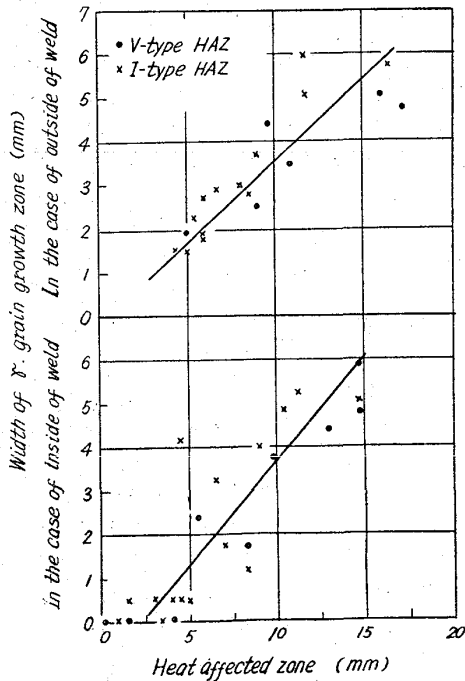


Fig. 2. Relation between width of γ -grain growth zone and heat affected zone.

この調整の差異による熱影響部形状の差異は認められない。さらに Table 2 には示さなかつたが、この他に V shape H·A·Z-2 よりさらに 6~7mm 横長に調整した

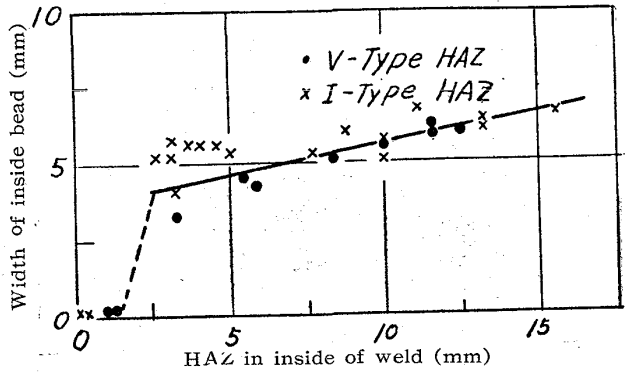


Fig. 3. Relation between HAZ in inside of weld and width of inside bead.

結果においても外内面熱影響部巾の差は 5.0mm であり、H·A·Z-1, 2 の結果と異なるところはなかつた。すなわち welding throat のみの縦径、横径の変化 (少なくともわれわれの実験範囲においては) は熱影響部形状に対してほとんど影響をおよぼさないようである。

つぎに fin pass roll を loose に調整して fin roll による衝合面の成型を不十分にしたところ、熱影響部形状に大きな影響を与えることが判明した。実験を行なつた mill においては fin pass roll を十分に効かせた場合には衝合形状が逆 V 6° になるように設計されており、この場合の熱影響部形状は V shape H·A·Z-1, 2 のごとく全て V 型を示すが、一方 fin pass roll を loose にして fin roll による衝合面の成型を不十分にした場合には、衝合形状は V 型に近づき、計算上は t/D が 2.5% であるので 5.5° の V shape となり、熱影響部形状は I shape H·A·Z-1, 2 のごとく I 型熱影響部形状に移行する傾向にある。その代表例を Photo. 1 に示す。

5. 内面熱影響部巾と内面ビードとの関係

Fig. 3 は内面熱影響部巾と内面ビード巾との関係を示したものである。Fig. 3 によれば、V shape H·A·Z, I shape H·A·Z の両者とも内面熱影響部巾が 3mm を超えると急に巾の広い内面ビードが得られる。内面熱影響部巾の狭い範囲では × 点が · 点の上位にあり、内面熱影響部巾がある値に達すると × 点と · 点が一致する。この理由として V shape H·A·Z は逆 V 衝合形状に、I shape H·A·Z は I 型衝合形状に対応するものであることから容易に理解される。

IV. 総括

電縫鋼管製造時における溶接条件、すなわち溶接一次電流と welding throat における形状、side trim width および fin pass reduction などを変化させて

溶接熱影響部形状の変化を検討して次の事項が明らかとなった。

- i) 溶接電流値と熱影響部面積とは、ほぼ一次の増加関数の関係にある。
- ii) 熱影響部形状(角度 α)を左右する最も大きな要因は衝合形状である。
- iii) 溶接電流は熱影響部面積に直線関係を示すけれども熱影響部形状にはほとんど無関係である。
- iv) Welding throat における pipe の縦径、横径の差異も熱影響部形状にはほとんど影響をおよぼさない。

(113) 電縫鋼管の溶接熱影響部形状が溶接強度におよぼす影響について

(電縫鋼管の溶接条件の検討—II)

八幡製鉄所, 技術研究所

伊藤 悌二・西 武史・森山 康

八幡鋼管, 光工場

野崎 博・岡村 毅・大内 豪

Effect of the Shape of Heat-Affected Zone in E.R.W. Pipe on the Strength of Weld.

(Some considerations of welding condition on producing E.R.W. pipe—II)

Teiji ITOH, Takeshi NISHI,

Koh MORIYAMA, Hiroshi NOZAKI,

Takeshi OKAMURA and Tsuyoshi OHUCHI.

I. 緒 言

前報において Yoder 製 14" tube mill における溶接熱影響部の形状、および熱影響部の巾におよぼす各種溶接因子の影響について報告したが、本報告は、これらいろいろの溶接熱影響部を有する溶接部が、強度に対していかなる影響をおよぼすかを調査したもので、以下これらの結果について報告する。

II. 試料および試験方法

試験を行なった鋼種は、API-5LX-X52, semi killed 鋼および API5LB semi-killed 鋼で、その成分および機械的性質は前報に記したとおりのものである。造管 size は外径 14 inch および 12³/₄ inch の 2 種類である。用いた tube mill による電縫管の製造においては外面側の強度を確実にするため、fin pass roll により、溶接時の突合わせ角度が逆Vになるように設計されている。したがって、この場合は、熱影響部としてはV型になる。ところが、前報のごとく、突合わせ角度、あるいは電流量のいかなりによつては、熱影響部の形状、すなわち加熱帯の形状は、いろいろ変化し、それぞれ異なった溶接強度を持つようになる。

試験に供した鋼管は、以上述べたごとく、熱影響部形状が異なるように造管したもので、おもに熱影響部巾のいろいろ異なるV型とI型の比較を行なった。試験方法としては、0° および 90° 扁平試験、水圧試験、溶接部引張試験、曲げ試験、そのほか非破壊探傷などである。

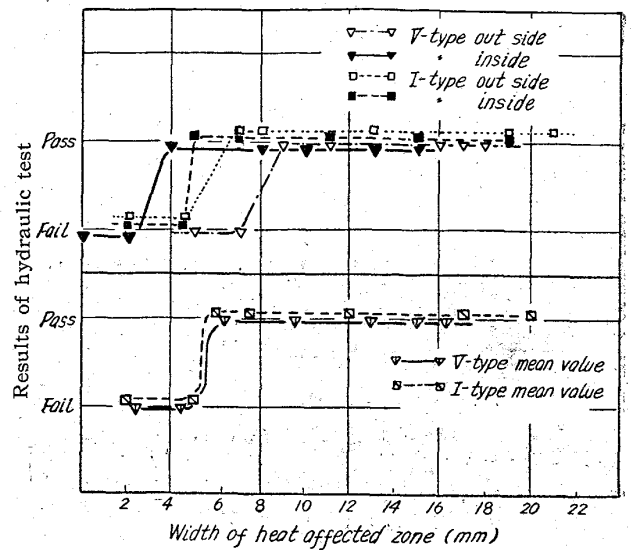


Fig. 1. Effect of the width of heat affected zone on the results of hydraulic testing.

III. 試験結果

(1) 熱影響部形状と水圧強度との関係

5LB 鋼管についての水圧試験は、とくに API 5LX-X52 の規定の 163 kg/cm² の内圧で行なったが、その結果は Fig. 1 に示すごとく I 型熱影響部、V 型熱影響部共に、平均巾が 5mm 以下になると不良が発生する。また内面側および外面側の熱影響部巾、いずれにおいても水圧強度との間に関係があり、内面側について見れば、V 型は 2mm 以下、I 型は 4.5mm 以下が不合格となるようである。これは同じ巾の内面熱影響部の場合は、V 型のほうが外面巾が大きく、したがって、加熱面積が大きいからであろう。また 5LX-52 鋼管についても、熱影響部巾の小さいもの、大きいものではつきりと強度の差を示し、API 規定の内圧試験に合格したもので、水圧破壊試験における破壊圧力、亀裂発生長さでもこの差が認められた。これらの破面状況については Photo. 1 にその代表例を示すごとく、一般に、熱影響部巾の小さいものは、低温および ferrite 破面を示し、熱影響部巾の大きなものは、woody 破面を呈するようであり、入熱量の違いを示唆するものであつた。

(2) 熱影響部形状と扁平試験との関係

扁平試験は、鋼管溶接部の ductility の試験であるが、熱影響部の形状は、当然溶接部の ductility に関係してくると考えられ、90° および 0° 扁平によつて、外面および内面のそれぞれの強度の試験が可能である。

Fig. 2 は、90° および 0° 扁平の各扁平高さに対する熱影響部の巾の関係を表したもので、90° 扁平強度は、I 型、V 型熱影響部共、熱影響部巾が大きくなると、扁平強度は増大し、平均熱影響部巾が 5mm 以下になると低下する。

しかしながら熱影響部も、ある程度以上大きくなれば脱炭、粒の粗大化などで、逆に劣る傾向を示す。

0° 扁平強度は、ミルチェックの扁平試験では、I 型・V 型共、内面の熱影響部巾が 4mm 以下になると不良が発生した。またその後行なった試験では Fig. 3 に示すごとく、内面熱影響部巾との連続的な関係は認められな