

川崎製鉄（株） ○山口忠政 志賀千晃 中野善文
赤秀公造 西山 昇

Development of high efficiency welding method for heavy wall bending roll pipe
by T. Yamaguchi, C. Shiga, Y. Nakano, K. Akahide and N. Nishiyama

1. はじめに

厚肉板巻鋼管は一般的には(1)ガス切断開先加工(Y開先)→(2)プレス加工→(3)仮付け溶接→(4)内面多層溶接→(5)外面ガウジングまたは機械切削→(6)外面多層溶接, という工程で製造されるが, 溶接とくに内面溶接および外面ガウジングに多大の時間を要し, 能率の悪い事が問題となっていた. 本報告では厚肉板巻鋼管溶接の高能率化を達成するうえでの技術的課題と達成技術について述べる.

2. 実験方法

従来の2電極SAWにかわり3電極SAW法による溶接速度の向上, パス数の低減すなわち大入熱化を検討した. まず鋼板の突き合わせ溶接により(1)ガス切断精度, (2)突き合わせ精度, (3)開先形状と溶接条件, (4)ガウジングの要否, (5)溶接材料, (6)その他を基礎的に検討し, その結果を実パイプの溶接に適用した.

3. 実験結果と考察

3.1 突き合わせ精度の検討

3電極法では溶接入熱量アップが可能であるが, 開先突き合わせ精度が不良の場合には溶け落ちが問題となる. Fig.1(a)のように平板の場合には隙間無く突き合わせることができ開先でも, これをパイプにするとFig.1(b)のごとくルートの1点でしか合わなくなり, 外面側に隙間 g が生じ, 開先角度 θ' は θ よりも小さくなる. Fig.2はこのような開先をガス切断により加工し, Table1に示す2~3電極法で溶接したときのギャップ g と第1パスでの投入可能な溶接入熱量の関係を示したものである. $g \geq 4\text{mm}$, 即ち $\alpha \geq 10^\circ$ の場合溶け落ちを防止するためには先行電流を小さくし, 溶接入熱量を約 30kJ/cm まで低減する必要がある. 高能率化の達成のためにはルートに隙間のない開先突き合わせ精度が必要であることがわかった.

3.2 開先形状と加工方法の検討

外面ガウジング工程は多くの工数を要するため掘れる深さには限度がある. これを軽減するため従来は内面開先を深くして外面溶接に比較して溶接がむずかしい内面の溶接パス数を多くしていた. この対策として内面の大入熱1層仕上げ, 外面のガウジング工程の省略を目標にX開先を指向し, 適正形状と加工方法を検討した.

Fig.3は溶接条件と開先面積を一定として開先角度を変化させたときの全溶け込み深さ P と開先先端からの実質溶け込み量 ΔP の関係を示したものである. ΔP は開先角度が大きい程大きい, P は $\theta=55\sim 60^\circ$ のときに最大値をとることから内面開先角度は $55\sim 60^\circ$ に設定した. 溶接時の実質溶け込み量は $7\sim 7.5\text{mm}$ 程度であることからこれをベースにルート長さを決定した. Fig.4はX開先のガス切断方法の模式図である. 板の反転を行うこと無く切断を行うため3本のトーチを用いFig.5に示すようにルートフェースにも 5° の角度を与えることによりルート突き合わせ精度が確保できる. Fig.6は板厚 44.5mm の鋼板をガス切断(Fig.5において $t=44.5, a=13, b=11, c=20.5\text{mm}$)し, パイプに成形したときの突き合わせ精度の一例である. 平均的には良好であり大入熱溶接が可能となった. Photo.1は 44.5mm 厚のパイプを内面1パス, 外面2パスで仕上げた溶接断面マクロ組織の例である.

4. まとめ

厚肉板巻鋼管溶接の高能率化を目的に3電極高速, 大入熱溶接技術を開発した. 本技術により溶接工程での時間は従来の $1/4\sim 1/5$ 程度となり大幅な生産性の向上を達成した.

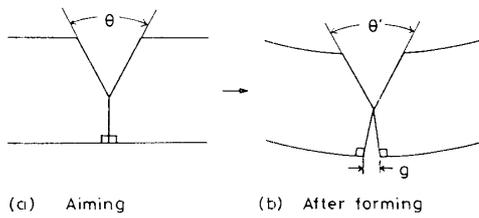


Fig.1 Relation between edge preparation and groove accuracy after pipe forming (Y-groove)

Table1 Welding conditions used for first pass

Code	Lead (A) (V)	Middle (A) (V)	Trail (A) (V)	Speed (cm/min)	Heat input (kJ/cm)
1	700 - 35	500 - 40	—	90	29.7
2	700 - 35	600 - 42	500 - 42	90	47.1
3	700 - 35	600 - 42	500 - 42	70	60.6
4	700 - 35	600 - 42	500 - 42	60	70.7
5	1020 - 35	930 - 38	800 - 38	65	93.6

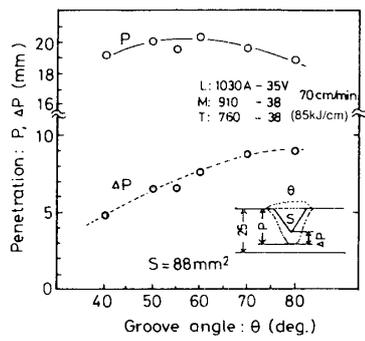


Fig.3 Effect of groove angle on penetration depth

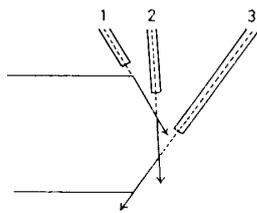


Fig.4 Method of edge preparation for X-groove with three nozzles

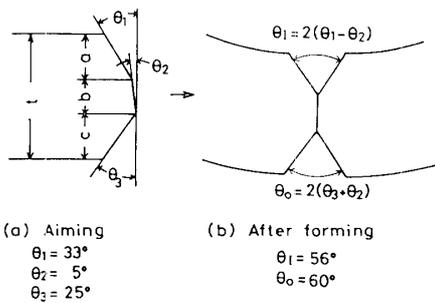


Fig.5 Relation between edge preparation and groove dimensions after pipe forming (X-groove)

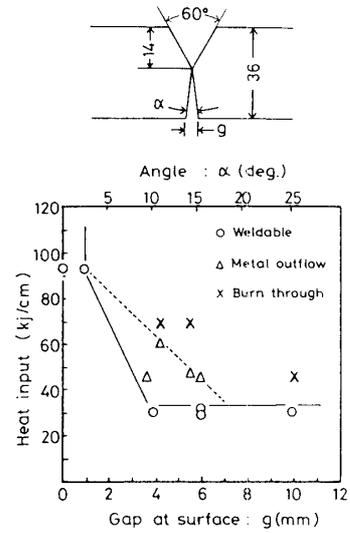


Fig.2 Effect of root gap on applicable maximum heat input for first pass welding

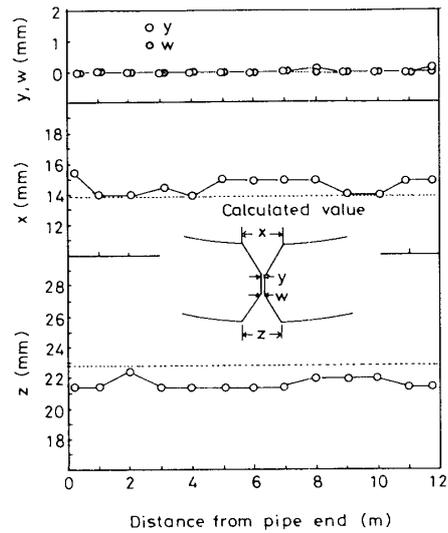


Fig.6 Groove accuracy after pipe forming and tack welding

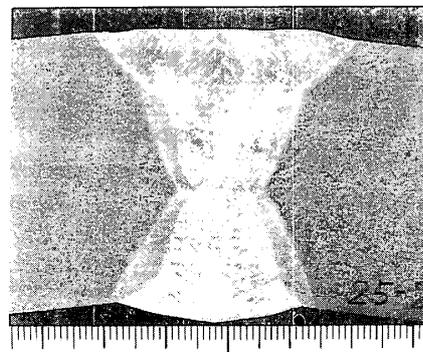


Photo.1 Macrostructure of welds by three electrode large heat input welding with X-groove (t=44.5mm)