

討16

UOE 製管溶接の高速化と溶接金属靱性

住友金属工業(株) 鹿島製鉄所 平井 甫
 和歌山製鉄所 白川欽彦
 中央技術研究所 中西睦夫・勝本憲夫
 小溝裕一
 本 社 小泉 勇

I. 緒 言

UOE 製管溶接においてはサブマージアーク溶接法が通常用いられているが、近年能率向上の見地から多電極化による高速化が進められている。すなわち、従来の2電極法から最近では4電極法まで電極数を増加することにより、溶接速度の向上がはかられつつある。

一方、寒冷地向ラインパイプの需要拡大に伴ない、溶接金属靱性に対する要求も厳しくなる傾向にある。この溶接金属靱性を支配する要因の一つは酸素含有量であるが、溶接速度の増加と共に酸素量も増加し靱性が劣化する問題があり、これらの解決が高速製管溶接実用化上の一つのポイントであった。

本報では溶接金属靱性改善の基礎研究から応用までUOE 製管溶接の高速化と関連づけ、その技術開発について述べる。

II. 溶接金属靱性におよぼす要因

Table 1 に溶接金属の靱性改善のための要因を示す。靱性の面から低合金鋼溶接金属においては、均一微細粒フェライト組織 (Fig. 1) 生成が必要である。微細粒フェライト組織の生成は合金成分、ガス成分および冷却速度により影響を受けるため、これらのバランスを考慮しなければならない。

合金元素量およびガス量により求められる WM-CCT 図は溶接金属のマイクロ組織の推定に有効な方法である。¹⁾

Fig. 2 に WM-CCT 図の模式を示す。これより微細粒フェライト組織の領域が合金成分、酸素含有量および溶接入熱量により変化することがわかり、



Fig. 1 Examples of acicular ferrite structure

Table 1 Factors to improve toughness of weld metal

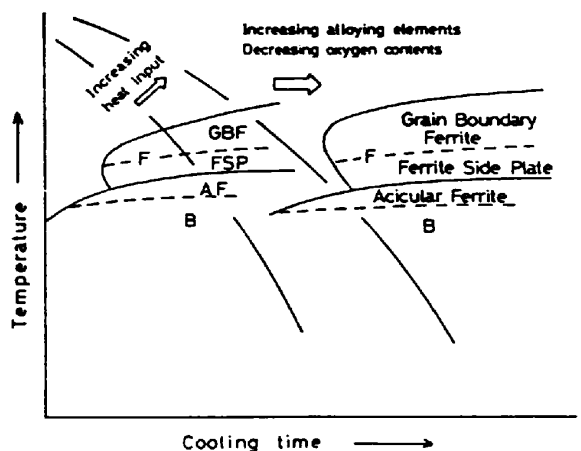
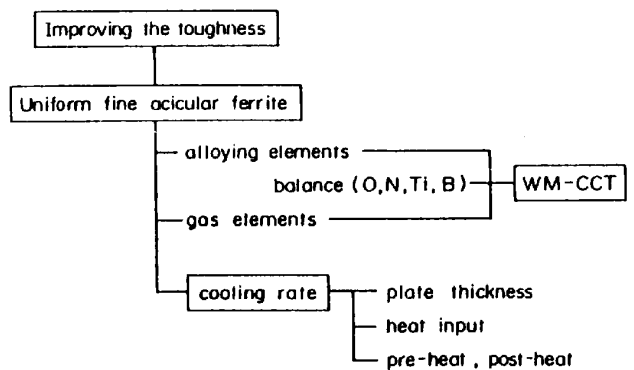


Fig. 2 Schematic illustration of WM-CCT diagram

高靱性溶接金属を得るための溶接材料、溶接条件の選定に役立てることができる。

Fig. 3 は合金成分とガス成分のバランス例であるが、酸素含有量の低減にともない、適正Ti量も少量側へシフトすることがわかる。均一な微細粒フェライト組織を得るためには焼入性を高めて粒界フェライトの生成を抑制する必要がある。そのためにはB添加が有効であるが、溶接金属のように多量の酸素を含む場合、Bも酸化されてしまい、焼入性向上に作用する固溶B量が減少する。Ti添加は固溶B量を増すため有効であり、添加Ti量は酸素量が少なければ少量でよい。

Fig. 4 にTi-B系溶接金属の酸素含有量と靱性の関係を示す。これより明らかなように、酸素含有量の低減により低温靱性は改善される。

溶接金属の靱性は酸素含有量のみならず、Mn, Mo, Ni等の合金元素量にも影響される。Fig. 5 に示すように靱性は炭素当量によって変化する。合金元素量が少なすぎると粗大粒界フェライトが、多すぎると上部ベイナイトが生成し靱性が低い。適正合金元素量では微細粒フェライト組織となるが、この範囲は酸素含有量レベルにより異なる。

したがって、製管溶接金属の靱性改善のためには酸素含有量と合金元素量の両者を同時に考慮する必要がある。

Ⅲ. 多電極高速化と溶接金属の酸素含有量

サブマージアーク溶接金属の酸素含有量はフラックスおよび溶接条件により変化するため、製管溶接においてもこれらの選定は重要である。

Fig. 6 に3種類のフラックスを使用した場合の溶接金属の酸素含有量と溶接速度の関係を示す。酸素含有量レベルは高塩基性フラックスが最も低く、塩基性、中性の順で高くなる。ここで重要なことはいずれのフラックスでも溶接速度の増大により、酸素含有量が増加する傾向のみられることである。能率向上の面から製管溶接の速度は次第に速くなってきているが、靱性面からは酸素含有量が増加し問題となる。この酸素量の増加は溶接速度の増加に伴う熔融池の増大に起因している

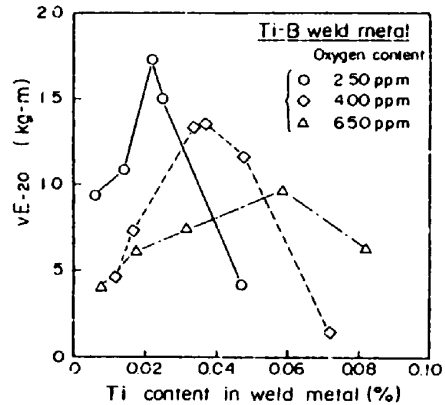


Fig. 3 Effect of oxygen levels on toughness of Ti-B weld metals

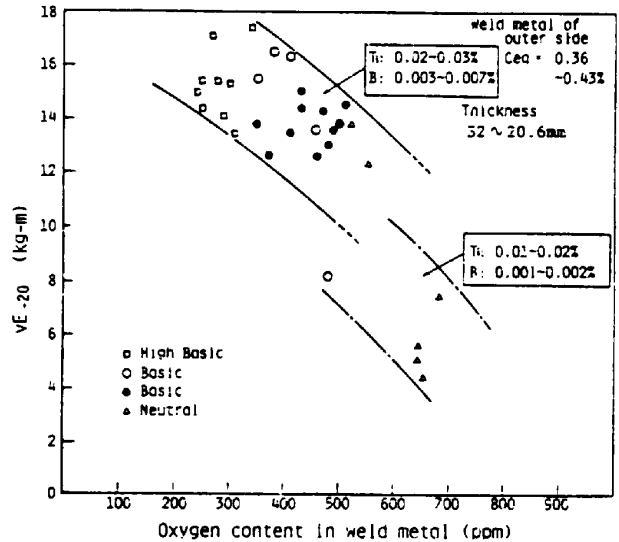


Fig. 4 Relationship between oxygen content and toughness of weld metal

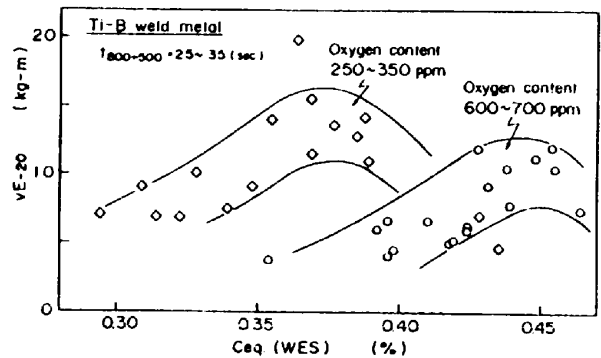


Fig. 5 Effect of carbon equivalent on toughness of weld metal

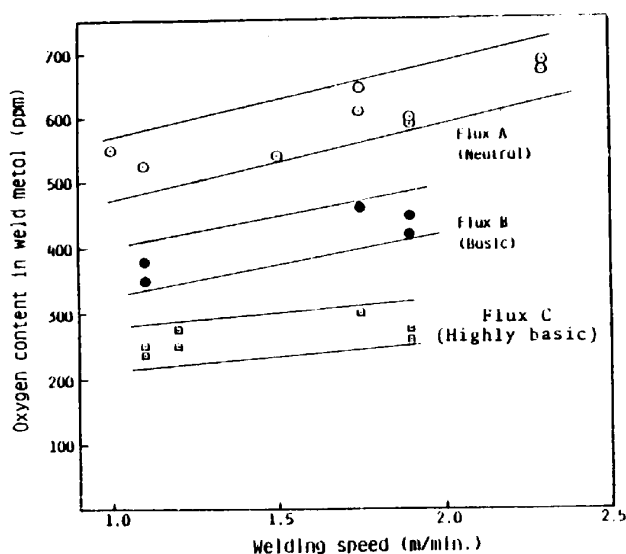


Fig. 6 Relationship between welding speed and oxygen content in weld metal

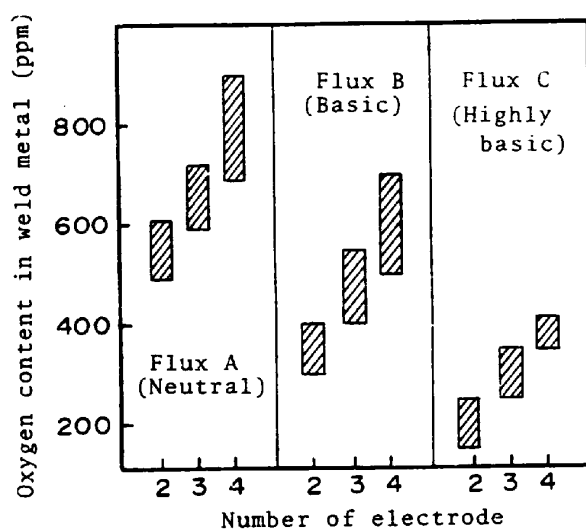


Fig. 7 Relationship between number of electrode and oxygen content in weld metal

ものと考えられる。

Fig. 7はサブマージーク溶接の電極数と酸素含有量の関係を示したものである。多電極高速化することにより明らかに酸素含有量の増加が認められる。

したがって、高速溶接で高靱性溶接金属を得るためにはできるだけ低酸素となる溶接フラックスを使用することが必要である。溶接フラックスの低酸素化は塩基度増加、蛍石量の増加で効果がみられる。これらを活用し、かつ溶接作業性を加味して高塩基性タイプの熔融型フラックスを開発、実用化しており、高速溶接においても十分低酸素が維持できることが確認されている。

IV. 多電極高速製管溶接法

1. 高速化と溶接電源組合わせ

サブマージーク溶接の高速化における課題の一つは溶け込み不足である。製管溶接において内外面ビードをタッチさせるためには一定以上の溶け込み量が必要であり、速度を上げるためには溶け込み量を増大させることが必要である。これらの観点から溶接電源の組合わせと高速化について検討した。

Fig. 8は3電極溶接における速度と溶け込み深さの関係であるが、先行電極に直流を用いるDC-2AC法の方が3ACにくらべ溶け込み量が深い。したがって、同じ板厚でもDC-2AC

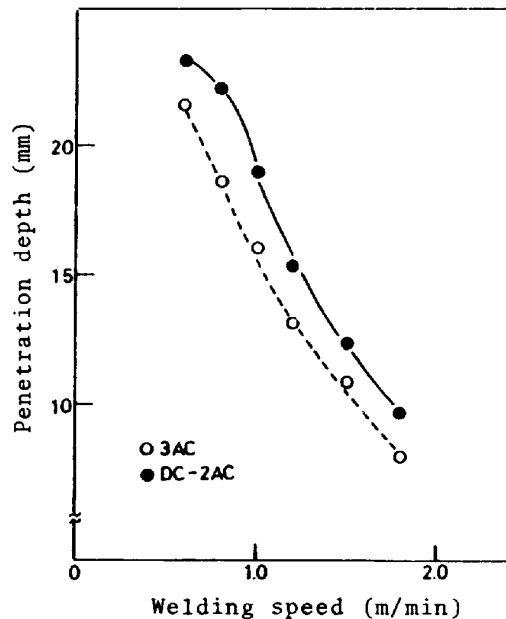


Fig. 8 Effect of DC power supply on penetration depth

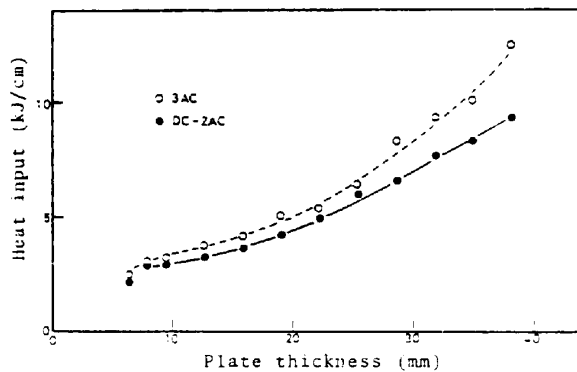


Fig. 9 Effect of DC power supply on heat input

の方が高速で溶接することが可能である。

Fig. 9 に DC-2 AC 法と 3 AC 法について板厚と溶接入熱量との関係を示す。DC-2 AC の方が高速で溶接できるため、同一板厚に対しては 3 AC よりも溶接入熱量を低減することが出来る。この効果は板厚が大になる程大きくなる傾向があり、溶接熱影響部の靱性にとっても有利である。DC-2 AC 法はすでに多くの実用実績を上げており、溶接部品質に関しても問題はみられないことから、さらに高速化可能な 4 電極法に関しても DC-2 AC の電源組合わせの考え方を適用した。

2. 4 電極サブマージーク溶接法

多電極化による高速化の検討はこれまで多く行なわれてきているが現状の製管溶接では 3 電極法が主体である。この 3 電極法の速度をさらに向上させるため 4 電極法の実用化検討を行なった。

4 電極サブマージーク溶接法の検討にあたっては、前述した DC-2 AC の 3 電極法をベースとした。すなわち、DC-2 AC に交流電源を一台付加した DC-3 AC 法による高速化に対処した。

Fig. 10 に 4 電極法と 3 電極法の溶接速度の比較を示す。4 電極法においても 3 電極法の場合と同様に DC-3 AC の電源組合わせの方が 4 AC に比較し溶接速度が向上する。4 電極 DC-3 AC 法と 3 電極 DC-2 AC 法の能率向上率は板厚 1.5" で約 85%、1.0" で約 60%、0.5" で約 30% と板厚の厚いほど効果が大きい。

Fig. 11 は 4 電極法と 3 電極法の溶接入熱量比較であるが、4 電極法の方が入熱量の低減されていることがわかる。

4 電極法の実用実績はまだ少ないが、溶接材料原単位の向上や良好な溶接部靱性も確認されている。さらに薄肉側の溶接速度については 溶接法、溶接材料を含めた高速化検討を進めている。

V. 結 言

UOE 製管溶接金属の靱性改善法を主に酸素含有量の観点から明らかにした。製管の高速化ではとくに酸素含有量の低減に留意する必要がある、低酸素フラックスを使用する新しい 4 電極サブマージーク溶接法を開発、実用化した。

参考文献

- 1) 伊藤, 中西; 小溝: 溶接学会誌, 51 (1982) 111~118
- 2) 伊藤, 中西, 勝本: 住友金属, 28 (1976) 22~31

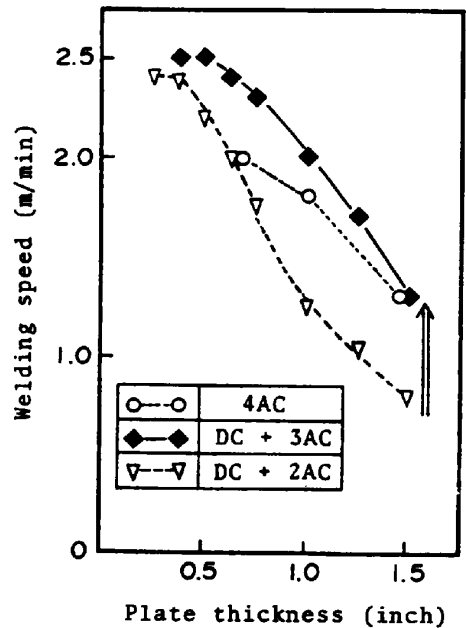


Fig. 10 Comparison of welding speed between three-electrode and four-electrode process

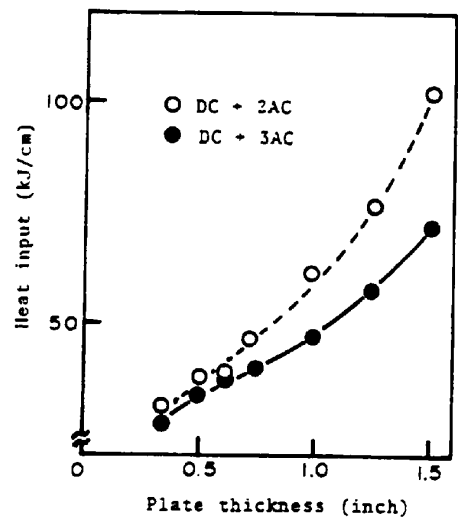


Fig. 11 Comparison of heat input between three-electrode and four-electrode process