

溶接・接合技術の進歩と今後の展望

Progress in Welding and Joining Technology and Its Future Prospect

百合岡 信 孝^{*(1)}
Nobutaka YURIOKA

抄 録

1885年に、アーク溶接法が発明されてから現在までの、溶接・接合技術の変遷について概観し、今後の技術動向を展望した。溶接・接合技術は長い歴史を有するが、最近の進歩は目覚ましいものがあり、溶接冶金-溶接材料-溶接プロセスの三位一体の研究開発により、技術は一層の飛躍を見せている。新日本製鐵の溶接・接合研究開発は製鉄事業、エンジニアリング事業、新規事業に深く関わり合って進歩してきた。今後、溶接・接合技術開発が更に進歩するすう勢の下、新日本製鐵の溶接・接合研究開発グループは、関連企業を含めた新日本製鐵の事業を新開発独自技術により、これまで以上に強力に支援することが期待されている。

Abstract

This report reviews a history of the development of welding and joining technologies since the invention of arc welding in 1885, and also describes the future trends of the technologies. The welding and joining, which have a hundred-year history in its development, have made a remarkable progress in those recent ten years, and owing entirely to the cooperative research and development (R & D) of welding metallurgy, welding materials and welding processes, a further development of the technologies will be no doubt expected. The R & D on welding and joining in Nippon Steel (NSC) has been closely concerned in contributing to the development of its enterprises of steel, engineering and new materials. The following two will be requested more intensely than ever to the R & D group: one is to promote the steel business through a timely supply of the welding materials and technology suitable to steel to consumers and; the other is to support the engineering divisions of NSC and its cooperative companies through the exceptional technology of welding robotics.

1. 緒 言

新日本製鐵の鋼材のほとんどの品種は需要家で溶接され使用される。従って、鋼材に適合した溶接材料と溶接技術のタイムリーな開発が、溶接研究開発グループに常に要請されてきた。又、新日本製鐵のエンジニアリング(EN)事業と関連企業において、溶接自動化技術開発が重要になり、更に新規事業での商品加工も接合技術がキーテクノロジーとなり、これら事業での溶接・接合技術開発支援にも努めてきた。このように、新日本製鐵の事業変遷に深く関連して溶接・接合技術開発は歩んできたが、次々と要望される課題の解決に追われ、自分達の責務を冷静に考える余裕がなかったと言っても過言ではない。

接合技術特集が7年振りに刊行されるに当たり、溶接・接合技術の変遷を今一度振り返って見て、技術の潮流を探り、今後の技術動向を見極めた上で、溶接・接合技術開発が、今後の新日本製鐵の事業発展のために、果たすべき役割を考えてみる。

2. 近代溶接法の変遷

近代溶接・接合の発明の歴史を表1に示す。1886年、米国で発明

された電気抵抗接法は突合せ溶接とスポット溶接が可能で、後者は現在の薄板のスポット溶接そのもので、新日本製鐵 接合研究センター開発による回転電極(スピン電極)法が出るまで全く形を変えていない。1895年にドイツで発明されたテルミット溶接は、アルミニウムと酸化鉄の化学反応溶接で、これもレールの溶接に用いられている現在の溶接法とほとんど形を変えていないが、レール材質は進歩しており、接合研究センターでは、新開発レール用のテルミット溶剤を開発中である。

現在の溶接で最も広く用いられているアーク溶接は、1885年ソ連の発明になる炭素アーク溶接に始まる。同じくソ連で炭素電極を母材と同質の金属に置換した消耗電極アーク溶接が、そして1907年にスウェーデンで溶加棒に被覆材を塗布する溶接法が発明され、現在の被覆アーク溶接棒の原型が完成した。

アーク溶接技術についてはその後、不活性ガスを用いるTIG溶接が1930年に、そしてTIG電極を溶加ワイヤ電極に置き変えたMIG溶接法が1950年に、更に、シールドガスをアルゴンから炭酸ガスに変えた炭酸ガスアーク溶接法が1953年に、それぞれ米国で発明された。後述するように、シールドガス組成、フラックス入りワイヤを含めたワイヤ組成、及びインバーターなど溶接電源の改良により、ガス

^{*(1)} 技術開発本部 鉄鋼研究所 接合研究センター 所長 工博

表 1 近代溶接法の発明

年	溶接法	国	発明者
1885	炭素アーク溶接	ソ連	Benardos
1886	電気抵抗溶接	米国	Thomson
1886	フラッシュバット溶接	米国	Coffine
1892	金属アーク溶接	ソ連	Slavianoff
1895	テルミット溶接	独 国	Goldschmidt
1901	ガス（酸素アセチレン）溶接	独 国	LeSchaterii
1907	被覆アーク溶接	スウェーデン	Kjellberg
1909	金属溶射法	スイス	Shouve
1928	高周波誘導加熱溶接	米 国	Osborn
1930	不活性ガスアーク（TIG）溶接	米 国	Hobert
1930	サブマージアーク溶接	米 国	Kenedy
1948	冷間圧接法	英 国	Soder
1950	MIG 溶接法	米 国	Hobert
1951	高周波抵抗溶接	米 国	Crofordrad
1953	エレクトロスラグ溶接	ソ連	Volochkevitch
1953	炭酸ガスアーク溶接	米 国	Smith
1956	超音波溶接	米 国	Biron
1956	電子ビーム溶接	仏 国	Stoul
1957	摩擦圧接	ソ連	Ichejikoff
1963	プラズマ溶接	米 国	Jinanii
1965	レーザー溶接	米 国	Mayman

シールドアーク溶接は、ここ数年の間に能率が格段に向上している。それとともに、非熟練工でも容易に溶接ができるように作業性が改善され、ガスシールドアーク溶接は、現在のところ溶接法の主流となっている。

同じくアーク溶接であるが、アークをフラックスで覆って溶接するサブマージアーク溶接(SAW)はソ連で実験されていたが、1942年に先に米国で実用化された。この溶接は下向きあるいは横向き姿勢にしか適用できないが高効率であり、UO 鋼管やスパイラル(SP)鋼管の溶接を始めとして造船、橋梁、建築の分野において現在でも重要な溶接プロセスとなっている。アークを用いず熔融スラグ発熱を利用してエレクトロスラグ(ES)溶接は、ソ連のパトン研究所で、1953年に発明された。その後、超音波溶接法、プラズマ溶接法、摩擦圧接、爆発圧接技術が1956年から1963年にかけてソ連と米国で発明され、それぞれ特殊用途に限定されるが、重要な溶接・接合プロセスである。

現代の発明としては、高密度エネルギーの電子ビームとレーザービーム溶接がある。前者は1956年にフランスのサクレ原子力研究所で発明され、高真空下での溶接であるので活性金属や異種金属の溶接に専ら使用される。鉄鋼に関しては、極厚鋼板を1パスで溶接できる高能率溶接として、原子力圧力容器などの製作に用いられる。1965年、米国のヒューズ研究所で発明されたレーザーはその後、大発展を遂げ、炭酸ガスレーザーとYAGレーザーが鉄鋼の切断と溶接に適用されている。レーザーの出力はハード系の改善とともに年々向上し、薄板溶接だけでなく最近では厚板溶接にも適用できるようになりつつあり、更に進歩が期待できる技術である。

表1に示すように、現在利用されている溶接・接合技術は1965年までにすべてが発明されており、残念ながら発明者に日本人の名はない。しかし、1965年以降、日本の溶接技術は日本の産業の発展とともに大いに進歩を遂げ、世界の実用溶接技術の向上に貢献することになる。

3. 新日本製鐵の溶接・接合研究の変遷

日本における溶接技術の始まりは造船の例でいえば、第二次大戦以前に三菱重工業(株)長崎造船所で全溶接船の諏訪丸が建造されたのが最初である。その後、第4艦隊事故で溶接化は後退し、当時はほとんどが鋸接合船であった。戦後、1950年、米国リンデ社より三菱重工業(株)長崎造船所にSAWが導入され、ブロック建造法が定着し、造船は鋸から溶接による製造と完全なる転換を果たした。その当時、造船用にはリムド鋼が用いられていたが、サルファークラックが発生し、溶接では鋼の成分が重大な影響を及ぼすことが初めて知られ、それを契機に溶接性という述語が普及し始めた。1955年の神武景気以降に輸出船ブームが到来し、造船用鋼はリムド鋼からセミキルド又はキルド鋼に転換し、同時に造船用50キロ高張力鋼が開発された。新日本製鐵(当時、八幡製鐵と富士製鐵)の溶接の研究は造船用厚板の溶接研究が主体であった。

1965年ころ、造船界は超大型タンカー輸出船ブームに沸き、大型新造船所の建設計画が続々と発表された。このような状況に鋼材供給メーカーとして対処するため、新日本製鐵合併の年の1970年12月に溶接センターを製品技術研究所(相模原)に発足させた。溶接センターは新日本製鐵の研究者ばかりでなく、日鐵溶接工業(株)(八幡溶接棒(株)と富士溶接棒(株)の合併会社)の研究開発部隊、及び溶接技能者訓練を目的とする溶接研修センターから構成された。そして造船用厚板の溶接研究を中核として、溶接材料、溶接プロセスの開発から溶接技能指導までの総合的溶接技術開発の遂行を目指した。

図1は溶接センター設立以降の新日本製鐵の溶接・接合研究開発の変遷を示す。センター設立後まもなく、1973年の第1次石油危機を契機に、1975年から平成(1988年)に入るまでの長期間の造船不況へと突入することになった。そのころ、1973年に君津製鐵所UO造管工場が完成し、造船厚板SAW研究の一部は寒冷地向けラインパイプの造管シーム溶接研究へと転換した。造船ブーム時代は深刻な溶接工不足で、溶接自動化の開発研究が重要なテーマとなり、オシレート制御溶接など数々の自動化技術が開発され実用化された。しかし、その後の造船不況とともに、溶接工不足問題が解消し溶接自動化研究中断の決定をみることになったが、この時の開発技術とノウハウは現在の溶接ロボット技術開発に引き継がれている。

1975年から日本は安定成長期に入るが、そのころから自動車関連の薄板溶接研究が脚光を浴びるようになった。自動車用の高張力薄板が開発され、それに適応するスポット抵抗とフラッシュバット(FB)溶接技術研究開発が開始された。そして、1980年以降は、自動車長寿命化の要請にこたえて、開発された新開発表面処理鋼板の抵抗スポット溶接技術が、重要研究課題となった。表面処理鋼板では他に容器用錫めっき鋼板があり、錫フリー鋼板や薄目付鋼板が相次いで開発され、そのマッシュシーム抵抗・缶溶接現象の解明と鋼材の溶接性評価が重要課題となった。

そのころ、造船分野では、LPG船やLNG船など、専用船と石油・ガス掘削用海洋構造物(以後、海溝と記す)が溶接研究の対象であった。特に、厚板ではTMCP制御圧延・加速冷却技術による製造が開始され、寒冷地向け高靱性海構材やラインパイプ鋼が開発され、それに適合する溶接材料と溶接技術とのパッケージ販売が、他社との差別化を明確にするものとして、鋼材販売の強力な武器となった。同時に、Ti-B系溶接金属の高靱化要因解明にも取り組み、溶接金属の結晶粒微細化には、熔融金属中で形成された酸化物が、決定的な

分野	1970	1975	1980	1985	1990	1995
厚板	50万tタンカー造船 片面SAW 各種自動溶接技術	造船から 海構*1へ	TMCP鋼 の溶接技術 溶接金属オキサイドメクラジ	原子力用鋼, TiO鋼, 耐火鋼, 北海・海構*1 溶接予測システム	NS110, 中高温圧力容器鋼溶接 水海域沖海構*1	
薄板		自動車用ハイテンの スポット溶接性 フラッシュ溶接性	新開発表面処理鋼板の スポット・シーム溶接性 新容器材料の抵抗溶接		ハイテンのパット溶接 レーザー溶接 Znめっき鋼板アーク溶接	
鋼管	君津UO立上がり 高靱性造管溶接		UO高速化 SR高速化 ERW*2溶接現象解析	無欠陥UO 低C凝固割れ対策	耐サワー・低硬化性UOシーム プラント鋼管溶接技術 (NF616, NF709)	
条鋼	鉄筋ガス圧接		極厚H形鋼割れ ハイテンチェーンFB溶接	高強度レール溶接 溶接用線材連続製造化	現場溶接自動化技術 (米国, JR)	
ステンレス鋼	高窒素ステンレス鋼溶接技術		YUS190溶接	耐食・耐熱・極低温・耐海水鋼溶接技術 台湾プラント技術指導	MN316溶接	排気管溶接
チタン アルミニウム				純チタンの溶接 チタン合金の溶接	東京湾横断道路チタンクラッド 深海ビークル アルミの溶接・接合	
エンジニア リング事業	PMD*3製鉄設備溶接	PMD*3タンク	鉄海**パイプレイバージ溶接 海構ノード溶接, いわき沖・エクソンSYUプロジェクト		鉄海** ガスパイプライン現場自動溶接	
建材	高層ビル・芦屋浜プロジェクト UBボックス溶接				内需拡大対応 中国深川高層ビル 建築土木溶接自動化 (NSロボ, NSスタッド)	
新素材				ボンディングワイヤ HIP**6	MMC**5接合	傾斜機能材料 メタル担体ろう付け
関連 企業		溶接士・溶接技術者訓練指導		ドラムシーム溶接		コラムダイヤフラム溶接 メトロデッキ溶接 JTT*7 ドラムステンレス鋼化

*1 海構：海洋構造物 *2 ERW：電縫管溶接 *3 PMD：機械プラント事業部 *4 鉄海：鉄構海洋事業部 *5 MMC：Metal Matrix Composite
*6 HIP：Hot Isostatic Press *7 JTT：日本タービントクノロジー㈱

図1 接合技術開発の変遷

役割を果たしていることを発見した。これを契機にオキサイドメクラジが新日本製鐵の分野横断研究テーマとなった。又、溶接部硬さ予測式を提唱し、新日本製鐵の炭素当量CENがカナダ工業規格に採用されるなど、靱性と溶接性の研究では世界をリードすることになる。

1985年以降、エネルギー関連を中心として原子炉用、中高温反応容器用、低温用貯槽タンク、深海艦艇用、耐火鋼、TiO鋼と厚板鋼材の多様化、並びに使用条件過酷化に対応する溶接材料と溶接技術開発課題がめじろ押しとなった。この傾向は厚板以外の品種も同様で、鋼管では耐サワー用鋼管用の低硬化性高靱性シーム溶接金属を開発し、プラント用鋼管ではボイラーチューブ、二重管、クラッド鋼管の溶接材料と溶接技術を開発した。又、UOとSP鋼管の造管溶接技術では、高速化と無欠陥溶接技術開発が重要課題であり、この課題もタイムリーに解決した。

ステンレス鋼の分野では、従来から高窒素ステンレス鋼溶接技術の研究を続けてきたが、耐食、耐熱、耐海水、耐硫酸、極低温用等、使用環境過酷化と鋼種拡大に対応した溶接材料と溶接技術の開発研究の要請が著しく増加した。更に、SUS316やYUS190など汎用鋼の需要家に対する溶接技術指導や溶接トラブル対策など、技術サービスの業務対応が多いのが、ステンレス鋼溶接研究の特徴である。形鋼の分野では、国鉄分割民営化でそれまで鉄道技術研究所が担当していたレール溶接研究を実施することになり、レール溶接金属材料研究とレール現地溶接技術開発が新しく加わった。JR各社と私鉄に対する新開発レールの溶接指導も、八幡技術研究部及びウェルテックセンター（溶接研修所）と協力して実行してきた。

1984年に新素材事業開発本部が発足し、新日本製鐵も加工商品開発を開始することになった。加工商品開発はいずれも溶接・接合技術がキーテクノロジーになる場合が多く、自動車排ガス浄化メタル触媒担体ではろう付技術、ICではワイヤボンディング技術やマイクロ溶射、タービンブレードでは液相拡散接合など、新接合技術が開発された。溶接ばかりでなく新接合技術開発にも取り組み、研究スパンが拡大したので、1985年に溶接研究センターからその名称を接合研究センターに変更した。

1989年ころ、造船が復活するとともに内需拡大期に入り、溶接関連の産業も再び活況を取り戻すようになった。しかし、重厚長大産業では既に多くの溶接熟練工は配転してしまっており、残っていた熟練工も相当に高齢化し、溶接士の不足が顕在化してきた。ウェルテックセンターにおいても、この溶接士不足を反映して溶接研修受講者は増加してきているが、造船ブーム時代に比べて受講者の技能能力水準はかなり低下しているのが実状である。

熟練溶接士不足の状況下での内需拡大の建材取扱に対しては、建築・土木関連の溶接自動化・ロボット化技術開発を促進し、鋼が使い易い環境を整備して、建設分野でのコンクリート造の進出拡大を阻止し、鋼構造比率を増加させることが重要な課題となってきた。70年代の自動化技術開発時と異なり、エレクトロニクス、コンピュータ、センシング技術が格段に進歩しており、完全無人化溶接技術の開発が期待されている。一方、自動車の分野では軽量化のため、重ね合わせ溶接となる抵抗スポット溶接に代えて、可能な限り突合せアーク溶接が採用されるようになった。又、亜鉛めっき鋼板のアーク溶接のプロローホール・ピット防止技術の開発が重要課題となり、

亜鉛めっき溶接用ワイヤを開発した。

以上、新日本製鐵の溶接・接合の研究開発の変遷を概観した。それを図1に総括したが、新日本製鐵の製鉄事業、EN事業及び新規事業の変遷と密接に係わっており、溶接・接合技術開発がいかに新日本製鐵事業に深く関与してきたかを如実に示している。特に1985年以降、新日本製鐵の鋼材品種拡大と高級化（複合化）とともに、更にEN事業と新規事業拡大に伴って、溶接・接合の開発業務は一層の広がりを見せている。図1には記載されていないが、製鉄工程の連続化があらゆる品種で進められており、これもいわば、切断と接合の繰返しである。ラインでのバー接合とコイル接合にTIG、MIG、AC-MIG、フラッシュバット、レーザーの各プロセスが適用されており、その接合能率と接合品質向上支援に努めてきた。又、化学反応容器や圧延ロールなどの肉盛溶接は、溶接固有の技術として開発を担当してきたが、その延長として、減圧プラズマやハイブリッドプラズマによる溶射コーティング技術開発にも取り組み、この技術は耐熱被覆による連続製造モールド長寿命化などへと役立てられようとしている。

溶接材料の開発については、日鐵溶接工業㈱と共同開発してきた。新開発厚板、鋼管、レール、ステンレス鋼、及び表面処理鋼板に対しては、それに適応する溶接材料をタイムリーに開発することが、溶接グループの重要な任務であった。溶接材料は一鋼種に対して、被覆アーク溶接、SAW、ガスシールドアーク溶接（ソリッドワイヤとフラックス入りワイヤ）、TIG、ES溶接用等々、多くのメニューをそろえる必要がある。この点からも、溶接材料を製造する日鐵溶接工業㈱との連携による研究開発は不可欠であった。

図2に、この20年間の粗鋼と溶接材料の生産量の推移を示す。この図に見られるように、粗鋼と溶接材料の生産量は完全に連動しており、製鉄事業における鋼材の利用技術としての溶接技術の重要度は、一貫して変わらないことを示唆している。新開発鋼に対して溶接材料メニューの完備は重要な責務であると述べたが、より高能率の、あるいは作業性のより改良された、あるいは使用性能に更に優れた溶接材料と溶接技術を需要家に提供することは、既に開発済みの鋼材や一般汎用鋼に対しても重要なことである。例えば、LNGタンク用の9% Ni鋼は20年以上も前に開発されたが、LNGタンクの高能率溶接技術と高性能溶接材料の開発は今も進歩し続けているわけで、最新溶接技術の開発が鋼材販売の重要なキーテクノロジーとなっている。新日本製鐵の20年余の溶接研究の歴史の中で、溶接プロセス（溶接ロボットを含む）とともに、溶接材料とそれに付随する溶接技術の開発は常に重要な課題であり続けた。

4. 溶接・接合技術の今後の展望

レーザーと電子ビーム溶接を除けば、ほとんどの溶接プロセスは溶加棒又は溶加ワイヤを用いる。この溶加材を溶かす速度が溶着率(g/min)で、溶接速度と併せてアーク溶接の生産性を示す尺度である。図3は各溶接プロセスの溶着率と溶接速度を示している。TIG溶接は高品質であるが他のプロセスのように消耗電極溶接でなく、TIGアーク中に溶加棒を挿入し溶解させるので熱効率が悪い。しかし、TIG溶接においても、最近、2重シールドノズルでアークを中央に集中させ溶着率が改善された。SAWの高速化技術はUO造管溶接で1980年に一応の完成をみたが、最近、造船厚板片面裏波溶接で4電極を用いて従来の2.5倍の高速化を達成する技術が開発された。ガスシールドアーク溶接では、2電極フラックス入りワイヤを使用し、電極

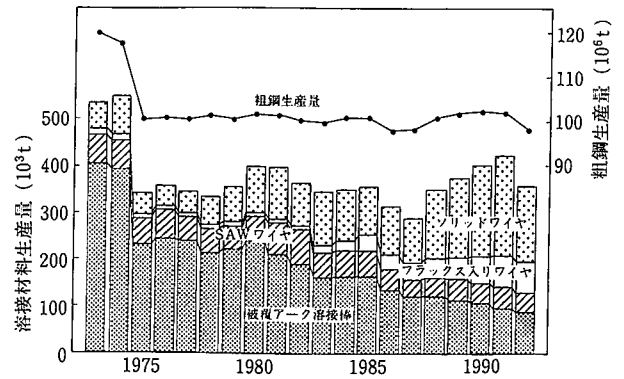


図2 粗鋼と溶接材料生産の20年

間に湯溜りを形成しつつ、高速のすみ肉溶接を可能にするHS-MAG法が開発され、造船や橋梁の溶接生産性向上に寄与している。Ar-CO₂-O₂-Heの混合ガスシールドで、大電流域で、溶接すると、電極ワイヤの先端が自然に回転するロータリーアーク溶接法が開発され、これも溶着率が高い。しかし、混合ガスシールドアーク高電流溶接では、強烈なアーク光を放つので、アーク安定剤を添加したフラックス入りワイヤを用いるCO₂ガスシールド大電流高溶着率溶接法(Hi-Weld)が開発された。簡易エレクトロスラグ溶接(SES)においても2電極技術が開発され、溶着率は2倍向上した。これらの溶接法の溶接生産性の向上の程度が図3中の矢印で示されているが、すべてここ5年以内に開発された技術であり、更に、アーク集中TIG溶接法以外の技術は、すべて新日本製鐵溶接グループが開発したものである。

図2には溶接材料生産量の推移が示されているが、先に述べたように、粗鋼生産量と連動しているので生産量の伸びはない。しかし、溶接材料種類別の生産比率の変動は著しい。特に、1970年始めには75%を占めていた被覆アーク溶接棒は年々減少し、最近ではその生産比率は20%を切る事態になっている。ワイヤからの溶滴移行の一滴一滴を制御できる溶接電源の出現により、ガスシールドアーク溶接の作業性が大幅に改善され、ソリッドワイヤによるガスシールドアーク溶接が、次第に被覆アーク溶接の座を侵食していった。更に、ビード形状に優れスパッタ発生も抑えられ、プライマ塗布まま溶接でもブローホールが発生しない、あるいはステンレス鋼も容易に溶

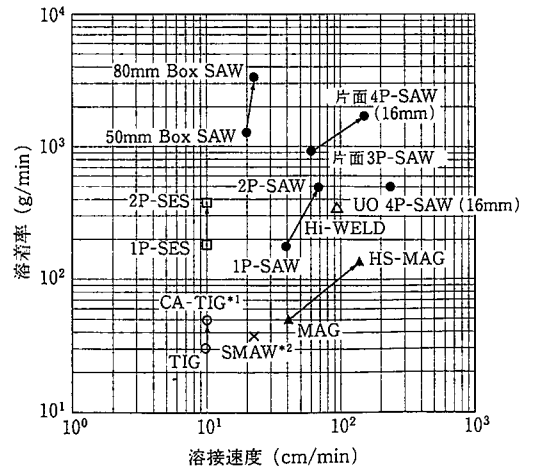


図3 消耗電極溶接の生産性の向上

*1 CA-TIG: Concentrated Arc TIG *2 SMAW: Shielded Metal Arc Welding

接できるフラックス入りワイヤが次々と開発された。最近では、フラックス入りワイヤが被覆アーク溶接に置き換わりつつある。このような溶接材料の変化にも認められるように溶接技術は現在目覚ましく進歩している。今後とも、溶接電流波形制御の開発と一体となってガスシールドアーク溶接技術は一層の発展を遂げるに違いない。

鉄筋、鋼管、レール、建築では現場溶接が不可欠である。熟練溶接士不足の時代に、溶接ネックでこれらの鋼材取扱減を引き起こしたり、代替材参入を許すことはあってはならず、そのためこれら鋼材の現場溶接自動化・ロボット化技術開発が喫緊の課題となっている。新日本製鐵溶接グループも全力を傾注してこの課題に取り組み、既に鉄筋、鋼管、レールの突合せ溶接及び建築の柱-梁・柱-柱溶接のロボットを開発し、一部は実用化技術となっている。他社も同様であるが、日本では溶接自動化・ロボット化はすべてガスシールドアーク溶接を基本にしている。一方、旧ソ連では、シベリヤ寒冷地での大径鋼管の現地円周突合せ溶接は、巨大なフラッシュパット溶接機で、米国では、レールの現地溶接に、写真1に示すような、強力なアップセット機構を搭載したフラッシュパット溶接機を投入している。これらのフラッシュパット溶接では2万Aの大電流で短時間の内に溶接するもので、このような大規模溶接技術は、小電流アークの多パス繰返し溶接を駆使する日本の方法とは、開発の発想の原点から異なる。しかし、今後、高層建築の大断面柱-柱溶接や大径鋼管杭の溶接を高速で、かつ簡便に、実施するいわゆる one-shot welding を具現化するには、フラッシュパットのような巨大エネルギー溶接工法の開発が要望される。この観点からすれば、現在はまだパワー不足であるが、光ファイバーケーブルで伝送可能なYAGレーザーが、高速簡易現場溶接に、最も有望と考えられる。

溶接冶金に関しては、鉄鋼オキサイドメタラジが溶接金属で始まったことは既に述べた。溶接金属の酸化物は、鋼中酸化物と違ってほぼ球状であり、酸化物量も、プロセスにもよるが、20ppmから1000ppmと広がっており、酸化物を粒内変態核としてばかりでなく、ODS(酸化物分散強化)として活用するなど、溶接金属オキサイドメタラジ研究開発の更なる飛躍が望まれている。溶接金属は、いわば鋳造のままで、母材と同等以上の性能を発揮することが要求されるが、その反面、ある程度の冶金的オーバーマッチング(母材より合金組成が高め)が許容される。特に、ステンレス鋼の溶接金属に対しては、高合金の成分設計となるので、熱力学データベースを基にした計算冶金学を幅広く適用できる。最小限の溶接実験で強度、耐熱性、耐食性のバランスを考慮した実用溶接材料の成分設計を可能にするコンピューター冶金学の進歩が、最も期待される分野である。

しかし、溶接技術は進歩したとはいえ、なお溶接施工上の微妙なノウハウや現場での経験は、溶接新技術開発と実用化にあたって欠



写真1 現地軌道内簡易フラッシュパット溶接装置

くことはできない。このようなノウハウは、短期間では取得できず、長年の経験が必要で、この点において、数々の現場経験を豊富に持つウェルテックセンターや日鐵溶接工業(株)研究者の協力が、溶接技術開発、特に自動溶接機の開発に不可欠となる。溶接・接合技術開発は溶接冶金-溶接プロセス(溶接電源も含む)-施工ノウハウの三位一体でなされるべきものである。実際、溶接材料を含む溶接ノウハウが無くては、ロボット技術開発が成り立たないことを溶接ロボットメーカーが認識し、新日本製鐵グループに協力を求めてきている。

5. 結 言

近代溶接法の発明の歴史から最近の溶接・接合技術の進歩を概観し、今後の技術動向の予測を試み、溶接・接合技術の新日本製鐵の事業への貢献のあり方を考えた。そこで言えることは、新日本製鐵の溶接・接合技術開発グループは、溶接基礎(溶接冶金、アークプラズマ物理等)、溶接材料開発、溶接プロセス開発を総合化した世界一流の技術力を堅持し、次に集約する四つの役割を果たすことに尽きる。

- 1) 新開発鋼と従来鋼に限らず鋼材全品種に対して、鋼材に適合する溶接材料と溶接技術を開発し、それをタイムリーに需要家に提供することにより、新日本製鐵の鋼材への需要家の信頼を確保する。
- 2) 溶接新技術開発により、鋼材の市場拡大を図る。
(例えば、亜鉛めっき鋼板溶接技術による自動車用鋼板)
- 3) 新溶接・接合プロセス開発により、新日本製鐵の新規事業参入を促進する。
(例えば、スタッド自動溶接技術による土木事業開発)
- 4) 新日本製鐵関連企業の溶接自動化を支援し、鋼材販売増を促す。
(例えば、ステンレスドラム溶接自動化技術による鋼材販売の純増)