



プラズマジェット の 金属工業への応用

大阪大学工学部 岡 田 実

研究について

工学研究を行うに当って基礎知識は極めて重要である。しかしその知識も活用されないでは直接は役に立たない。しかも種々な現象の解明に博識な先生が常に妥当な見解を下すと限らない。教える知識は豊富でも研究上に活用できる知識は極めて少ないものである。一つのアイデアを具体的成果に結びつけるには発想の質の良否判定が大切である。発想の質を自分でも、また関係者の意見も得て十分検討しなければならない。思い付いたときはなんでも一応よさそうに見えるものであるが、考えているうちにだんだん曇ってくる場合が沢山である。

とにかくよいアイデアは質がよくて実現性があるというものでなければならず、それを捕えたときは根気強く追求しなければならない、輝かしい成果が難なくとび込んでくるということはまずあり得ないと考えるべきであろう。

そういう意味で研究者というものは深遠な知識をもつだけでは十分でなく、自らの精魂をしばり上げる努力が大切である。特に工学研究の最終目標は広い意味の生産技術の開発改善にある。研究者の一人一人は狭い範囲の研究のために全体的効果を意識できない場合があるが、工学研究に従事するものは単に要領よく仕事をするようなことでなく研究に精魂を打ち込む心意気が必要である。

私の研究歴

科学の進歩により目新しい技術がつきつぎに現れる。リサーチ ハイライトという題目に適合するかどうか怪しいものであるが私の最近の研究の一部を報告しようと思う。

私は36年間大阪大学のや金学科および溶接工学科で学生の教育と研究を行って来たが溶接研究に入った動機は先生から溶接の研究をせよと命ぜられたからであつた。特に溶接研究に執着があつたからではない。しかし一度手をつけた以上宿命と考えて努力することにしたのである。

私が研究の初期に考えたことは溶接では熱を扱うから

熱がどうして起り、どう輸送され、どう消費されるかを明らかにしなければならぬと思つた。そしてその熱を利用して金属材料が接着される場合の変化に自分の研究の焦点を合せた。つまり溶接現象を解明するには急冷熱操作の間に現象が起るので平衡状態のみでなく過渡状態の金属材料の性質を知らなければならないということになる。

私は戦前は主として炭素鋼や特殊鋼について溶接熱サイクルに起る材料の熱影響について研究したのである。その中には溶接中における温度分布およびその変化の問題、熱効率の問題、材料の組織変化、溶接部附近の応力分布、溶接部附近の機械的性質の変化などの問題があつた。

鋼の組織変化と鋼材の衝撃値の問題、溶接金属に及ぼすガスの影響など今日でも重要視されている。

戦后私は溶接部の水素の影響について研究した。戦時中も特殊鋼に対する水素の影響は注目されていたがわれわれは溶接金属に水素が重大な影響をもつということに注意しなかつた。それで溶接部に生ずる不可解な現象を解決しようと企てたのであつた。

その後溶接部の材質的諸問題、例えば低温脆性(切欠脆性)などは広い分野で研究されるようになった。私は研究の重複を避けるため、異つた面から溶接を眺めた。それは溶接が今後進歩するためには精密工作法として、また能率的工作法として確立されなければならないと考えたのである。そのためには高速度で溶接され、変形や欠陥がなく材質的に良好な溶接が行なわれなければならぬということである。それには高度の材質的制御、高度のエネルギー集中、高い実用性が要求される。私はそれに対してプラズマを利用しようと考えたのである。まづ私はプラズマの性質を理解するために核融合の基礎研究実験に着手した。1956年であつた。同時に溶接への応用を目指してプラズマジェットの発生実験を行つた。私が最近プラズマジェットの応用面で多くの研究報告を行つている由来である。

プラズマジェットの装置

プラズマを発生する装置にはいろいろな形式が考えられる。アーク式や誘導式や高エネルギー粒子の打込み式や

低圧高電界放電式などいろいろある。

私の研究室ではプラズマジェット発生にアーク式と高周波誘導式を用いている。トーチは実験目的に応じ自ら設計し製作試験して使用している。

溶射研究

従来の溶射は多くは亜鉛とかアルミニウムを鉄板上に被覆するという目的で行なわれた。溶融点が低く容易に融けるので、とかして吹付けるのにオキシアセチレン焰とか、アークと圧搾空気が使用できた。しかしその溶射層には酸化物が多く混入する上に空孔が残存していて緻密で密接着強度の高い溶射層を得ることは困難であつた。

改善方法として考えられることはいくつかあるが、私研究室では従来の低融点の金属溶射でなく高融点の金属の溶射を実施しようとした。Ni-Cr-B-Si 合金についてはすでに本誌に報告したが、順序として一部再録する。

溶射研究のためにプラズマジェットを用い、溶射合金として Ni-Cr-B-Si 合金やタングステンカーバイドを用

いて実験行つたのである。

酸化を防ぎ熱効率をあげ未溶融粒子がないように図1に示すシールド溶射装置を用い、図2の飛行速度を定め、溶射条件を決定して行なつた結果は図3光学顕微鏡組織および図4電子顕微鏡組織に示すようである。

溶射層は空隙がほとんどなく99%以上の密度を示し、軟鋼板との接着強度は 42kg/mm^2 以上であり、硬度は VHN 800—1100 で、再融したものの VHN750 に比し遥に高い値を示している。摩耗抵抗も極めて良好である。内外の文献には例を見ない。

またWCの溶射についても溶射層は優越な焼結材に比しやや欠陥を認められるが無欠陥に近く硬度は1100—1300で図5のごとく顕微鏡組織は焼結材とほぼ同様である。これも文献には発見しがたい。

溶接への応用

現在溶接は材質的には十分改善され装置も自動化され高能率になつている。しかし母材の開先準備を簡単にす

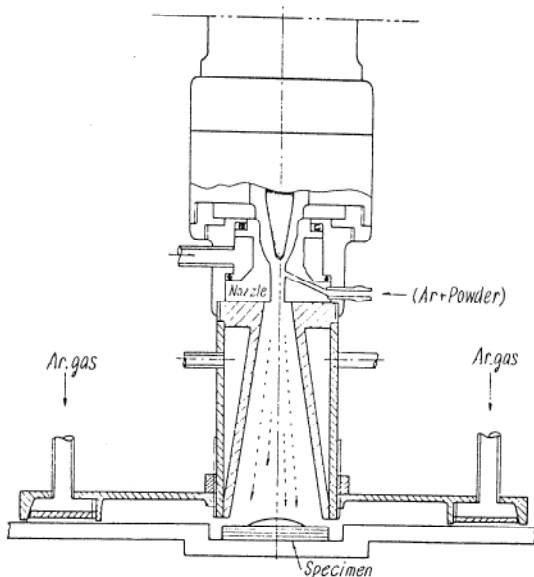


図1 シールド溶射装置

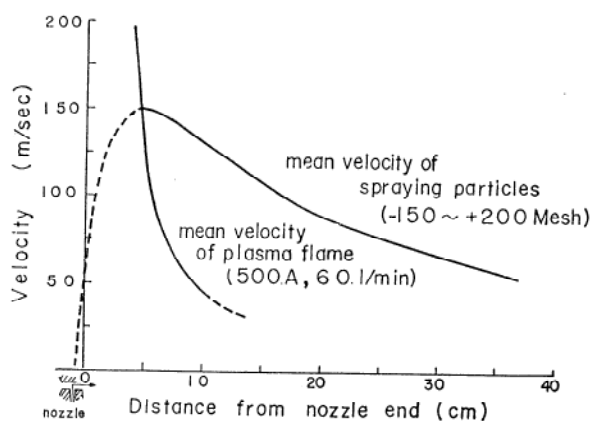


図2 プラズマ溶射における粒子の速度とプラズマ流速

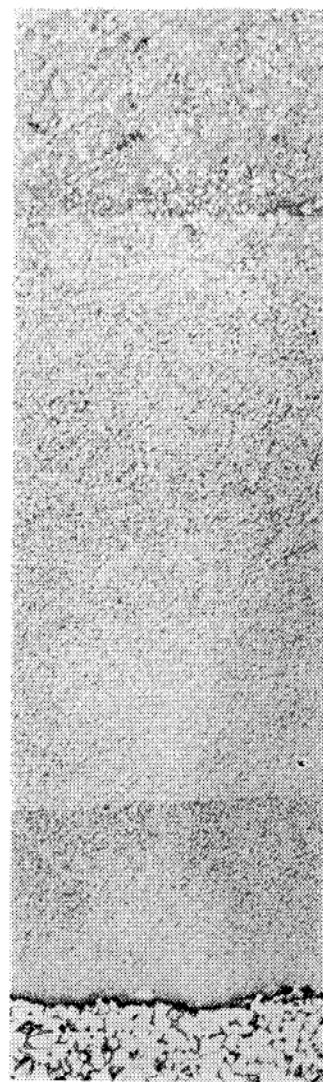


図3 予熱シールド溶射法による Ni-Cr-B-Si 合金被覆層の組織 (酢酸—硝酸混合酸腐食) ×150

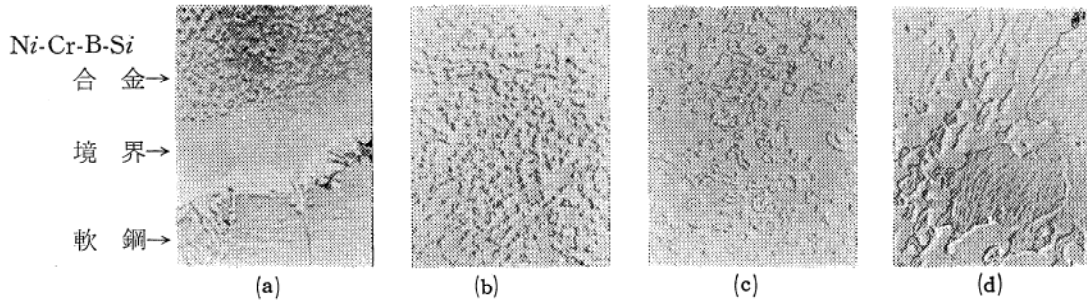


図4 予熱シールド溶射法による Ni-Cr-B-Si 合金被覆の電子顕微鏡組織×5000

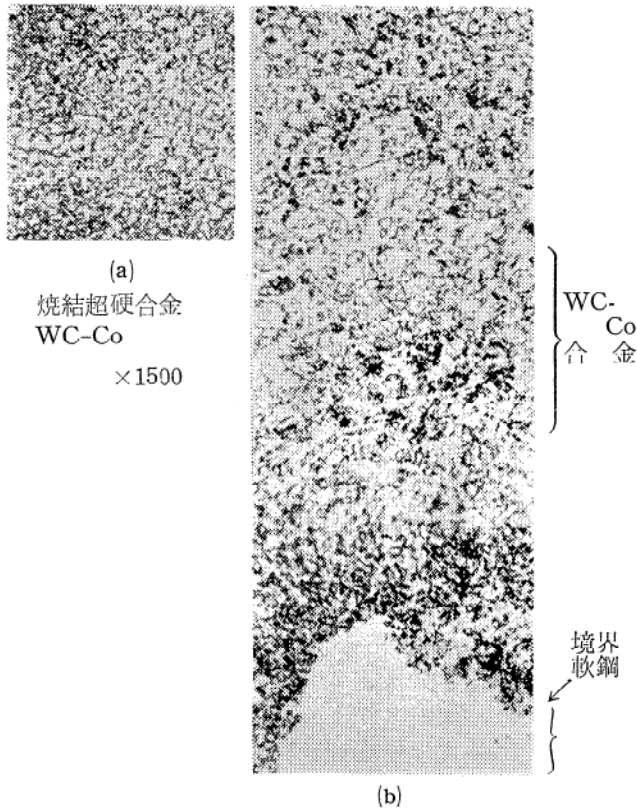


図5 超合金のプラズマ溶射 (WC-Co 25%合金)

ることは能率を向上するために重要であり、従来のごとく大きい熱量をあたえることは変形や残留応力を増大せしめるので高能率精密溶接のためには板厚を貫通する熱源で一層溶接を行うこと単位溶接長さ当りの与熱量をできるだけ少なくして溶接を実施する必要がある。

この目的に対してはエネルギー集中度が高くエネルギーの絶対量も少ない熱源が必要である。エネルギー集中度からするとレーザーは格段に高い熱源であるが、絶対量が現状では甚だ低い。集中度では次に電子ビームを挙げられるが電子ビームは真空中でないと急速にエネルギーを消耗するので一般用として難点がある。プラズマジェット、プラズマアークは通常のアーク溶接に比しエネルギー密度が

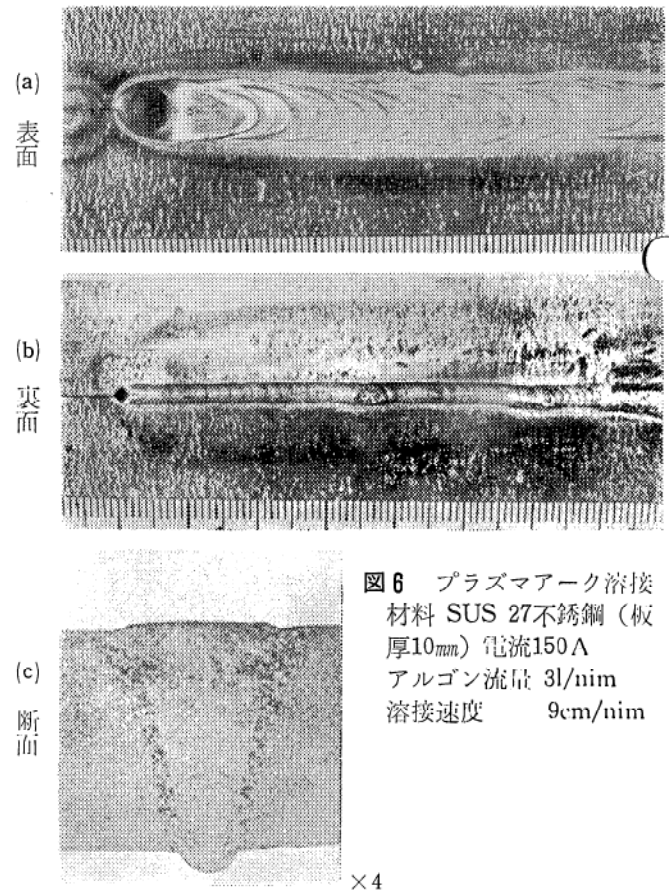


図6 プラズマアーク溶接
材料 SUS 27不銹鋼 (板厚10mm) 電流150A
アルゴン流量 3l/nim
溶接速度 9cm/nim

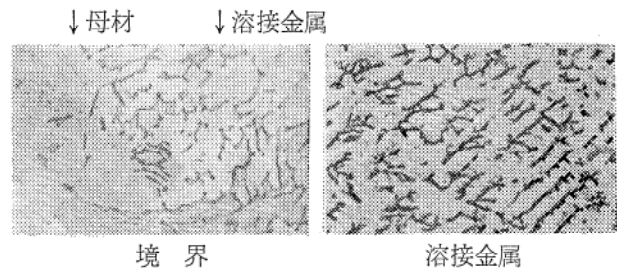


図7 SUS 27不銹鋼のプラズマ溶接部の組織

一桁高く、オキシアセチレン溶接焔に比して2桁高い。シールドを付ければ酸化窒化の激しいものでも大気中で溶接が精密高速にできる。今一例として18:8ステンレス鋼のプラズマ溶接部を示すと図6のごとくである。図6マクロ断面写真および図7の顕微鏡組織から判る如く一

層貫通のビードを形成して欠陥が少く強度も圧延材に近く良好である。特に歪の発生について TIG 溶接と比較すると $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ となり溶接速度は 3~5 倍になるのである。プラズマ溶接が精密高速溶接として実際に活用される日も近いであろう。

結 言

研究は一つの基本的成果以外に派生するいくつかの余

効果もあり副産物にも期待がもてる。プラズマの利用研究は切断方面で既に成果を得ており、C と H の直接反応で C_2H_2 を多量に生成する方式についても結果が得られているが、他の機会に記することにした。