

金材技研

1971

科学技術庁

NO.5

ニュース

金属材料技術研究所

水中溶接

海洋開発ならびに沿岸工事などを計画し、推進する上で、海中構造物の水中での構築および既設構造物の補修に必要な生産性の高い材料加工法の開発は必然的に逢着する問題の一つとなろう。これに関連して、水中溶接法にも、その特質から、多くの要求が予想されるが、技術水準はいまだ初期の段階にあるといえる。

水中溶接法は、現在、乾式と湿式とに分けられる。前者は溶接箇所を水中に沈めたチャンパー中の気中に露呈して接接を行なうもので、すでに海底の石油パイプラインの分岐管溶接に実用して成功している。後者は直接に水中で溶接を行なうもので、従来、被覆アーク溶接棒による手溶接が行なわれているが、溶接部に融合不足や割れを生じる傾向があり、また、溶接能率が低いので水中作業の時間的制限から施工が高価につくなどの問題をもっている。しかし、将来、構造物の形状、大きさおよび構造などの関係から湿式水中溶接によ

らねばならないという事態が多く発生することが予想される。

本研究所における研究によれば、(1)プラズマジェットを併用するプラズマアークは、水中においてもその発生と維持が容易で、しかもアーク長の変動に対して鈍感である、(2)プラズマアークによる材料への投入エネルギー密度が高くて材料の溶融効率が大きい、(3)プラズマアークの指向性が大きい、など湿式水中溶接用熱源としても適当な特色をもっていることが明らかにされた。これを基にして、厚さ6mmのSM41鋼板を供試材とする水中溶接実験を行なったところ、100%以上の継手効率と十分な切欠き靱性を有する良好な溶接が得られ、実用化の見通しがついた。そこで、水中におけるプラズマアークの熱源的特性および溶接構造用鋼の溶接現象などについての実験を基盤にして、水中プラズマ溶接装置の開発と溶接条件、施工法などの検討を進めると共に従来の各種溶接法の水水中溶接への適用性についても比較実験を行ない、水中溶接技術の発展を図っている。

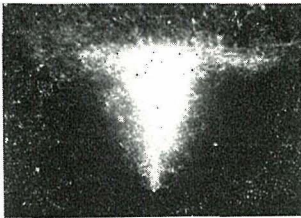


図1 水中におけるプラズマジェット

(作動ガス (アルゴン)
: 9l/min
作動電流: 100 Amp)

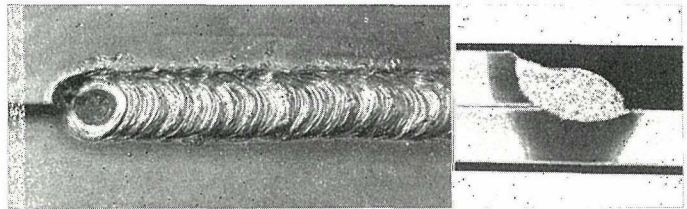


図2 水中プラズマ溶接による隅肉継手の外観と断面
(厚さ6mm SM41 鋼板のワンパス溶接)

強力鋼の遅れ破壊

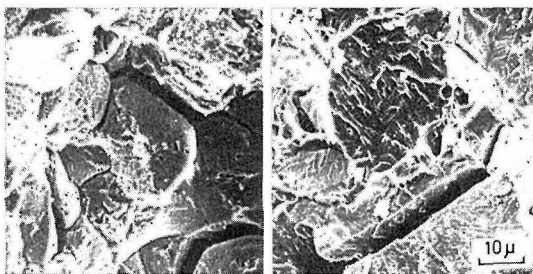
近年、強力鋼または超強力鋼と呼ばれる各種の強力材料が研究開発されているが、これらは実用上、航空機脚、ロケットモーターケースその他類似の構造物において脆性破壊事故を経験し、その原因究明と防止のために不安定破壊に関する研究がさかんに行なわれてきた。一方、圧力容器の水圧試験、摩擦接合用高力ボルトの破損事故などから、静的負荷状態において環境に依存する（時間的）遅れ破壊の問題が提起された。この現象は一般的に鋼の強度レベルが高くと著しく感受性を増す傾向があり、強力鋼の適用に対する不安の一因となっている。

鉄鋼材料研究部特殊鋼第2研究室では、各種の強力鋼の遅れ破壊感受性を評価し、遅れ破壊現象を支配する主因子を追求して、耐遅れ破壊性のよい強力鋼を開発する研究を行なっている。

強力鋼の靱性は、先在きれつを前提とし、きれつ先端付近の応力場を線型破壊力学的に取扱った破壊靱性値という概念で評価されるが、遅れ破壊きれつ先端の応力場を同様に破壊力学的に表現することにより、試験片の形状寸法に依存しない材料常数としての下限界値 K_{Isc} 値を求めることができる。試験方法として予きれつ付き片持ち曲げ荷重方式を採用している。きれつ先端部の塑性域の影響をできるだけ少なくするため水素による遅れ破壊現象を利用して予きれつを導入する。図は SNCM 8 鋼の水中遅れ破壊線図である。破壊靱性値 K_{Ic} 以下の応力強度因子 K_{Ii} に保持した場合、予きれつのゆっくりした成長が始まり、きれつ

先端部の応力強度因子がしだいに増加し、 K_{Ic} に達した時点で急速に破断する。予きれつの成長が生じない下限界値 K_{Isc} は $75\sqrt{\text{mm}} \cdot \text{kg}/\text{mm}^2$ と評価される。モーメントレバーのたわみ測定から得られたきれつ伝ば挙動は、鋼種、熱処理などによって異なり、破壊の微視的過程もそれに対応した特徴を示す。写真 a は 4137-Co 改良鋼の水中遅れ破壊破面で、前オーステナイト粒界割れ、写真 b は 18Ni マルエージ鋼の水中遅れ破壊破面で粒内のへき開割れを示し、機械的に破壊した破面とは異なった様相を呈している。

上述のように実験的に求められた平面ひずみ状態における K_{Isc} 値から鋼構造物に許容される限界表面きず深さを計算することができる。たとえば前述の SNCM 8 鋼においてグロス応力が $125 \text{ kg}/\text{mm}^2$ とすれば、深さ約 0.1 mm 、長さ 1 mm の浅い表面きれつから湿潤環境下において遅れ破壊が生ずる可能性がある。航空機脚の事故例において、現実にこの程度の微細欠陥部から遅れきれつが成長し最終的に脆性破壊を起こしている。遅れきれつの成長期は平面ひずみ状態にあり、 K_{Isc} 値を求める意義もここにある。現実の破壊事故の多くは何らかの環境の影響を受けていると考えられる。最終的脆性破壊の先行過程をよく調べることが原因を探求するうえで大切なこととがらである。



(a) 4137-Co 改良鋼

(b) 18Ni マルエージ鋼

写真 強力鋼の水中遅れ破壊面の走査電顕写真

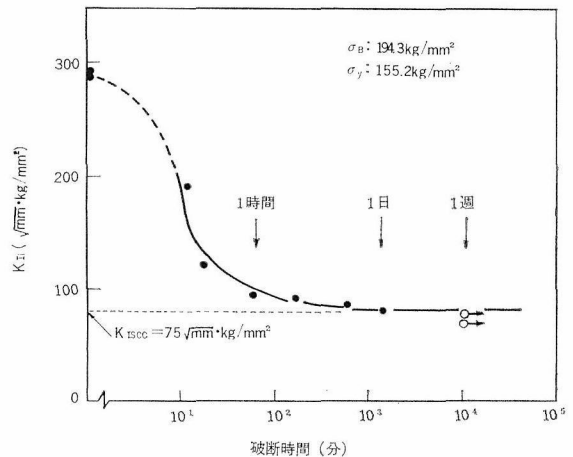


図 SNCM 8 鋼の水中遅れ破壊線図

金属表面皮膜の偏光解析法による測定

金属の表面反応は表面に形成する極めて薄い皮膜に支配されることが多く、この種の膜の厚さを知ることは腐食反応や表面処理を研究する上で重要である。極薄膜の厚さを測定するにはいくつかの方法があるが、その多くは計測装置に要求されるような雰囲気中に試料を装填するため、実際とは異なった雰囲気での表面状態を観察してしまうことが多い。

近年、表面皮膜の厚さを測定するのに偏光解析法（エリプソメトリー）が注目されるようになった。この方法は固体表面で反射する可視光の入射反射前後の偏光状態の変化から表面層の状態を推測するものであるから、特別に設計されたセルを用いれば、試料を溶液あるいは任意の気体雰囲気中に置いたままの状態でも非破壊的に測定できる。

図1に偏光解析装置（エリプソメーター）の概略図を示す。水銀燈により得た単色光（通常5461 Åを使用）は偏光子および $\frac{1}{4}$ 波長板により任意の方位角と楕円率をもつ楕円偏光にすることができる。方位角と楕円率を適当に選べば、試料表面で反射した後の光を直線偏光とすることができる。このようにして得た直線偏光に対して検光子を直交させれば消光状態が得られる。通常の操作では、 $\frac{1}{4}$ 波長板の方位角を $\pm 45^\circ$ に固定し、偏光子および検光子を回転させて光电測定により消光位置を求める。なお偏光子および検光子としてグラン・トムソン・プリズムを用い角度の読取りの精度は 0.01° まで行なう。

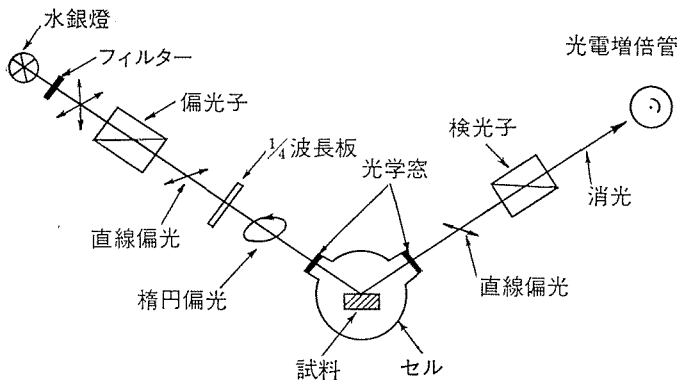


図1 偏光解析装置の光学系概略図

消光状態における偏光子および検光子の方位角は試料金属の素地の複素屈折率および表面皮膜の屈折率および厚さの関数として、波動光学理論から導くことができる。この関係式は非常に複雑であるが、腐食防食研究部表面処理研究室では、実測値である偏光子および検光子の方位角から皮膜の屈折率および厚さを同時に算出することができる電子計算機用プログラムを新しく開発した。これによりデータ解析が非常に容易になった。

実測データの一例として、Alの無孔質陽極酸化皮膜に関する結果を示す。99.99% Al板を過塩素酸・無水酢酸溶液で電解研磨したものを、5% 酒石酸アンモニウム水溶液（pH 5.5）中でPtを対極として浴電圧一定の条件で陽極酸化した。電解セルには2個のガラス製の光学窓が取り付けられてあり、このガラス面が光軸に対して垂直になるように装置に組み込んだ。このようにして試料を溶液から取り出すことなく測定を行なった。実測値に前述の計算処理を行ない求めた、陽極酸化時間5分におけるAlの酸化皮膜の厚さと屈折率を浴電圧の関数として表わしたのが図2である。Alの酸化皮膜の屈折率（5461 Å）は1.64であり、浴電圧1 Vにつき14 Åの割合で皮膜が成長することが確認された。引き続き鉄鋼の水溶液中で生成する不動態皮膜に及ぼす環境側の因子の影響に関する研究を行なっている。

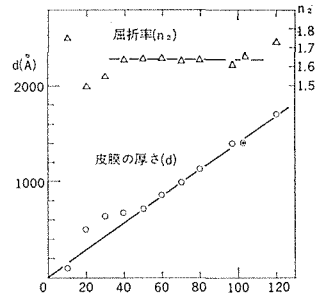


図2 酒石酸アンモニウム溶液中で陽極酸化したAlの皮膜の偏光解析法により求めた屈折率および厚さの浴電圧依存性

試験研究成果の昭和46年春季学・協会発表（口頭）

部名は略称で、○印は発表者を示す。

発表題目	担当者	部	発表題目	担当者	部
軽金属学会			応用物理学会		
◇Mg-La 2元合金の時効性について	○大森 梧郎	非鉄	◇アルミニウムをドーブしたルチル (TiO ₂) の ESR	橋口 隆吉	所付物理
◇純チタンの再結晶軟化特性におよぼすα安定型添加元素の影響	○松尾 久興	"	◇銅薄膜試料の電顕中変形	○高橋 正和	"
◇6Al-4V-Ti合金の熱処理性と機械的性質	○笹野 木村	"		川崎 要造	物理
◇アルミニウムの孔食におよぼすFe および Si の影響	○木村 啓造	"	日本鉱業会		
◇アルミニウムの水腐食について(第4報)	○小森 進一	"	◇粗鋼の吸上げ真空精製	○亀谷 博	製錬
◇流水中での孔食におよぼす2~3のインヒビターおよび遊離塩素の影響について	○後藤 建次郎	腐食	◇横型炉の水槽実験	○山内 陸文	"
◇Al-Cu合金鑄塊の共晶温度以上の加熱による熱間加工性の変化	○伊藤 清水	腐食	◇銅製錬の煙灰についての二、三の問題	○山内 陸文	"
	○後藤 建次郎	腐食		○黒沢 利夫	"
	○伊藤 清水	腐食		○柳橋 哲夫	"
	○井上 義健	東大生産研	日本金属学会		
	加藤 正夫	非鉄	◇Cu-Zn合金における加工誘起マルテンサイトの結晶構造とその微細構造	梶原 節夫	物理
	堀内 純良	"	◇CdCr ₂ S ₄ 単結晶の作成および雰囲気処理	○増本 剛	電磁
腐食防食討論会				○清沢 昭雄	"
◇アルミニウムの陽極酸化皮膜生成におよぼすシュウ酸イオンの影響	福田 芳雄	腐食	◇Cu-3.6%Ti合金のサイドバンドについて	中谷 能勢	物理
	福島 敏郎	"		○辻本 得藏	非鉄
日本化学会			粉体および粉末冶金協会		
◇固有X線スペクトルの化学シフトを用いる状態分析における重複線の分離法	大野 勝美	化学	◇V添加による鉄系焼結体の強化	田村 皖司	製冶金
			◇Fe-Sn系焼結体の機械的性質について	○西田 卓彦	新日鉄製冶金
			◇粉末圧延法によるクラッド板の製造について	○河野 通	"
日本材料学会				○田村 皖司	"
◇疲れ強さのばらつきに関する一実験	西島 敏	材試		○宮本 憲治	住特金
◇試作した油圧式疲れ試験機について	○佐々木 悦男	材試			
	○太田 昭彦	"			
日本物理学会					
◇Nb単結晶の迂り系	○池野 進	物理			
	○古林 英一	"			

◇短 信◇

海外出張

工業化研究部工業化第1研究室長吉松史郎技官は昭和46年4月9日から5月1日まで「金属工業における冶金計測技術国際会議」に出席および欧州各国における製鉄新技術の調査ならびに連続製鋼技術に関する研究調査のため出張した。

受 賞

日本鉄鋼協会西山記念賞

材料試験部クリープ第1試験室長横井 信技官は昭和46年4月6日「鉄鋼材料の長時間クリープ特性に関する試験研究」にて上記の賞を得た。

人事異動

○退職

福田義夫（所付） 46. 2. 16 付

通巻 第149号

編集兼発行人 林 弘
印刷 奥村印刷株式会社
東京都千代田区西神田 1-1-4

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

東京都目黒区中目黒2丁目3番12号
電話 東京(03) 719-2271(代表)
郵便番号 (153)