

金材技研

1973

科学技術庁

NO.4

ニュース

金属材料技術研究所

鉄鋼の靱性と分散相の関係

鉄鋼材料の強化には時効や焼戻しの際に起る分散相粒子の析出を利用することが多いが、このような分散相粒子と靱性との関係は結晶粒度と靱性との関係ほどはまだ明らかになっていない。

鉄鋼材料研究部では鉄鋼の低温靱性と冶金学的因子との関係を調べる基礎研究の一部として、微細分散相の低温靱性におよぼす影響を検討してきた。これ迄の研究ではマトリックスのフェライトよりも硬いTiN分散相の影響について実験を行なったが、今回はフェライトよりも軟かく低温でも脆くならないCuの分散相を析出により地鉄中に均一に分散させてその靱性におよぼす効果を検討した。

Fe-1.83%Cu合金を840°Cで4時間溶体化したのち700°Cで時効すると、Cu粒子の大きさは1hrの時効で306Å、5hrで429Å、25hrで961Å、100hrでは2250Åと漸次増大する。このような溶体化材および時効材から作成した引張試験片（平行部；幅4mm×長さ30mm×厚さ1mm）に放電加工によって片側切欠（切欠幅50μ）を導入し、液体窒素温度までの低温において引張試験を行なった。この試験により求めた遷移温度 $T_{D(N)}$ は時効に伴って次のように変化した。すなわち $T_{D(N)}$ は溶体化のままでは-164°C、700°C×1hrで-128°C、700°C×5hrで-132°C、700°C×25hrで-136°C、700°C×100hrで-144°Cである。このように時効したものの $T_{D(N)}$ は溶体化材より高いが、Cu粒子が大きくなるとやや低下する。

つぎに不安定脆性破壊が起こる液体窒素温度における破壊応力を、種々の長さの切欠を有する引張試験片を用いて検討した。図はFe-1.83%Cu合金を840°C×4hrの溶体化後、700°Cで時効を行ない種々の大きさのCu粒子を析出させた試験片の破断応力と切欠長さとの関係を示したものである。この直線の勾配は不安定破壊の難易を示すものと考えられる。直線の勾配は溶体化状態でもっとも大きく、時効したものではCu粒子の大きさの増大に伴って勾配が大きくなる。このように不安定脆性破壊挙動におよぼすCu粒子の影響は先に述べた遷移温度におよぼす影響と傾向の上では一致する。液体窒素温度での降伏応力はCu粒子の存在により約20kg/mm²上昇するので、この強度上昇が溶体化材と時効材の靱性の差の原因と考えられるが、過時効段階では降伏応力は時効の進行に伴ってあまり変化しない。したがってCu粒子の成長に伴う靱性の増大は強度水準の変化ではなく、分散組織の直接的効果と考えられるが、その原因についてはさらに詳しい実証的な実験が必要と思われる。

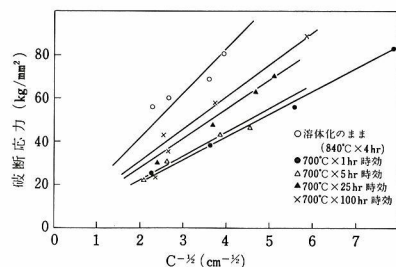


図 クラック長さと破断応力との関係、Fe-1.83%Cu合金、試験温度-196°C。

時効硬化型マルテンサイト鋼の脆性

高強度材料として、マルエージ鋼のようにマルテンサイト中に金属間化合物を細かく分散させて強化した鋼がよく用いられているが、これらの鋼の靱性は合金元素によって違っている。高強度鋼の靱性を考えるための一方法として逆の観点から脆い場合の原因を明らかにすることは有意義であると思われる。鉄鋼材料研究部では18%Ni鋼に、Al, Siなどを加えてこれらの合金の破壊におよぼすマイクロ組織の影響を調べた。

18%Ni-2%Al鋼の場合時効により体心立方規則格子であるB2型の $(Fe, Ni)Al$ が析出する。この状態のものを塑性変形すると $\{110\}$ 面上で、 $\langle 111 \rangle$ 方向におもにすべりがおこった。写真は塑性変形によって生じた転位の状態を示す。このように規則化した析出物によって交さすべりがおこりにくくなり、各結晶粒内で特定の方向にすべる結果、粒界に応力集中を生じる。そして破断前に粒界に粒径程度のクラックが核発生し、またクラックの伝播も容易になることが、脆化の一原因であると思われる。

18%Ni-5%Si鋼の場合も低温時効のときは同じようなことがいえる。図は破断応力と時効温度の関係であるが、400°C以下の時効では DO_3 型体心立方規則格子の $(Fe, Ni)_3Si$ が生じ、強度が低いにもかかわらず破断応力は低い。しかしこの温度

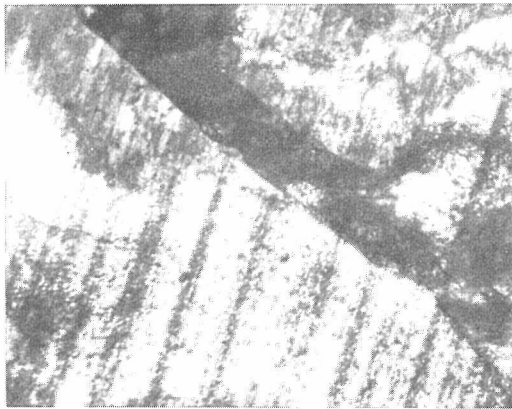


写真 時効した18Ni-2Al鋼を4%塑性変形したときの転位。

以上で時効すると析出物は変化し、粒状の析出物が均一に析出するとともに粒界に優先して析出する。析出物が増えたために交さすべりがおこりやすくなって破断応力は増加する。そして粒界析出物の厚さがまだ薄いときにはクラックは発生しにくくて、その発生条件が破壊に対して重要な条件となってくる。しかし時効がすすみ、粒界析出物が厚くなりすぎると、(500°C時効)、低応力で粒界に小さなクラックができ易くなって、クラックの伝播条件が重要になるとと思われる。

破壊はこのように析出によって変化するクラックの発生とその伝播条件に依存するが、これらは勿論結晶粒の大きさ d とも関係をもっている。 d が破壊表面エネルギーと降伏応力 $(\sigma_{0.2})$ で決まる遷移粒径より小さいときはこれらの鋼でも靱性があり剪断破壊となる。 d が遷移粒径より大きいときには脆性的に破断する。

脆化の原因としては以上に述べたもののほかに溶質原子の粒界偏析などによる可能性がありAuger分析などによる研究が必要であろう。またさらに結晶粒界についての詳しい知見が得られることが望まれる。

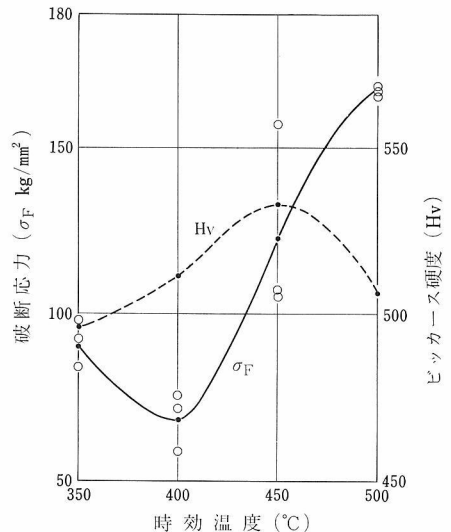


図 18Ni-5Si鋼の時効温度による破断応力の変化、時効時間6hr、平滑試験片。

AlとFe組み合わせ品の陽極酸化

AlとFeを組み合わせた材料を陽極酸化する場合Feのように電流阻止作用の小さい金属の方から電流が優先的に流出するため、Alの表面に陽極酸化皮膜が厚く生成されず、Feが著しく侵食される。このため、従来、組み合わせ品を陽極酸化する場合にはFeの表面をプラスチックフィルムや塗料などで被覆する必要があるので手間がかかり、かつ完璧を期し難い欠点があった。

腐食防食研究部では、鉄を無被覆のまま支障なくAlを陽極酸化できる方法を研究している。が、これには陽分極により鉄は不動態化しAlだけが陽極酸化をうけるような電解条件が求めればよい。

このためまず、試験片としてAl線(1φ×40mm)と鋼線(1φ×40mm)を単独に陽極とし、電解液に各種濃度の硫酸と硫酸アンモニウムを加えたものを用い、定電圧装置により浴電圧を1V/10 secの速度で上昇させ電流と陽極電位の関係を測定した。その結果の一部は図に示すとおり、26規定硫酸単独と硫酸アンモニウムを加えた浴ではいずれも高電位にいたるまでの電流値が小さかった。このような条件においてAlの陽極酸化が可能である。

以上の実験結果をもとにAl板と軟鋼板を並列に陽極とし、両者の面積比を種々変えて定電流電解を行ない、それぞれの極を流れる電流およびAl上に生成する皮膜の厚さを測定した。その結果は表に示すとおり、26規定硫酸と200g/l硫酸アンモニウムの混合液中において鉄の溶解が抑制され、比較的高い電流密度によってもAlの陽極酸化皮膜が生成できた。

このような高濃度硫酸浴中におけるAlまたはFe

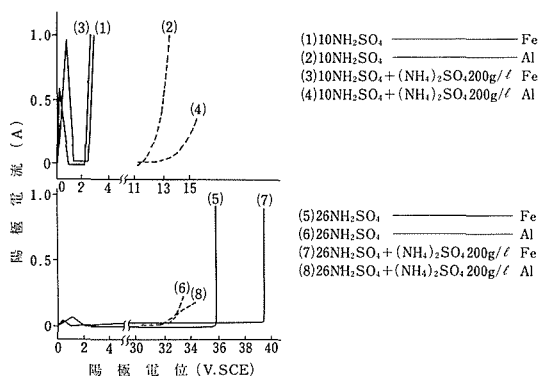


図 陽極電位と電流の関係

の陽極挙動に関する研究は従来報告されておらず、Feの陽極電流阻止作用とAlの陽極酸化機構については不明の点がある。それゆえAlとFeとを単独に陽極とした場合の研究を行なうことにした。

Alに関しては、99.99%Alおよび数種のAl合金を試験片とし、焼けを発生することなしに均一な陽極酸化皮膜が生成される電解条件を実験的に求めた。焼け発生の限界電流密度はAlの材質、大きさおよび厚さによって異なり、例えば99.99%Al(25×50mm)板の厚さ0.5mmの場合は、1.8A/dm²、厚さ1mmの場合は2.3A/dm²であった。そして、供試合金のうち5052(Al-2.5%Mg)、4343(Al-5%Si)および1100(99%Al)については4A/dm²であった。均一陽極酸化皮膜の表面を走査電子顕微鏡により観察すると、従来低濃度硫酸浴(例えば15%浴)の場合にはみられないような大きい孔の存在が確認された。このような皮膜は軟質であるけれども染色性が優れ、折り曲げによって皮膜が割れないという特長をもっている。

一方電気化学的手法によりFe陽極の近傍に濃厚液膜が存在することが推定され、またX線回折により陽極表面上の抵抗性皮膜の成分が同定された。この皮膜の主成分はFeSO₄·H₂Oで、この他にβ-Fe₂O₃·H₂OとFe₂(SO₄)₃·H₂Oが確認された。これらの含有率は硫酸濃度と電解時間によって異なる。すなわち、電解初期にはβ-Fe₂O₃·H₂OとFeSO₄·H₂Oとが主成分であり、電解を継続することによってFe₂(SO₄)₃·H₂Oも認められるようになる。

(NH ₄) ₂ SO ₄ (g/l)	H ₂ SO ₄ (N)	陽極電位 (V.SCE)	陽極電流 (mA)	電流密度 (A/dm ²)		皮膜の 厚さ(μ)
				Al	Fe	
0	24	5.5	240	0.031	2.698	<1
		8.5	480	0.034	6.396	<1
		14.1	720	0.067	9.047	<1
	26	16.5	240	0.094	0.476	5.0
		12.1	480	0.002	7.539	<1
		24	6	240	0.012	3.380
200	26	25	240	0.105	0.0008	8.0
		26	480	0.217	0.001	12.0
		27	730	0.324	0.001	14.0

Al : 224cm², Fe : 6.5cm²

表 AlとFeの並列電解結果

【特許紹介】

片面アーク溶接における裏波ビードの 形成状態の探知方法および装置

特許出願公告 昭47-30498

公告日 昭和47年8月8日

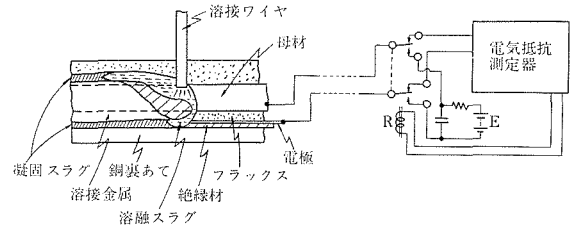
この発明は、溶接裏あてのフラックス中に挿入した電導線の電極と母材間の電気抵抗を測定することによって片面溶接における裏波ビードの形成状態を探知することを特徴としている。

片面溶接法は板の片面のみから溶接を行なう方法で、溶接作業の高能率化、合理化を図るためには極めて有利な溶接法で造船、橋梁等の溶接に利用されている。しかしこの方法によって健全な溶接継手を得るためには溶接条件を適正に制御して均一な裏波ビードを形成しなくてはならない。しかし、現在実用化されている片面溶接法の大部分は裏あてを用いる方法であるため溶接中に裏波ビードの形成状態を監視することが困難で、溶接後の欠陥の補修に相当の工数をかけている実状にある。

この発明は、先の金材技研ニュース1972年No.9

で紹介した特許第638527号「銅裏あて片面溶接の裏波ビードの探知装置」を改良したもので溶接作業中に裏波ビードの形成状態を探知する事が可能で、しかも検出電極自体が絶縁されているため溶接作業がより容易になり、フラックス裏あて片面溶接にも適用できるなどの効果が期待できる。

図は本発明装置の概略を示したものである。



アーク溶接部の溶融位置の探知装置

公告番号 昭47-34582

公告日 昭和47年8月31日

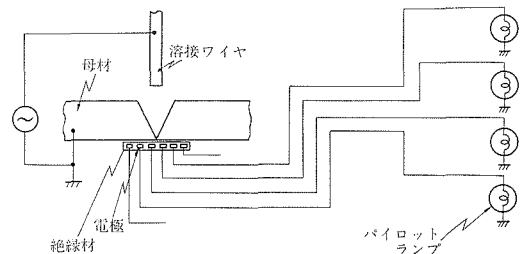
この発明は、母材の開先内または開先裏面に設置した電極群によりアークまたはアークで溶かされた溶融金属から分解電流をとり出してこれを信号に表示させ、アーク溶接部における溶融位置を探知することを特徴としている。

アーク溶接における溶込み深さは溶接条件を決定する重要な要因である。すなわち一定な継手の開先条件のもとでは溶接電流、溶接速度およびアーク電圧等の溶接条件を適正にすると溶接継手に完全な溶込みが得られるが、多くの場合開先条件は不均一であるため開先条件の変化によって生ずる溶融位置の変動を敏速に監視しそれに対応して溶接条件を変化させることが必要である。

この発明は、先の金材技研ニュース1970年No.9で紹介した特許第585187号「溶接継手に設置した電極の分電流で溶接アークを制御する溶接法」を

実施するのに必要な装置を提供したものである。これによると溶接中オペレータが母材の溶融状態をちく次容易に把握することができるため溶接条件を常に適正に制御することが可能で信頼性の高い溶接継手が得られるため、上段の公告昭47-30498の発明など関連発明数件とともに造船メーカーがこれを実用化しようとしている。

図は本発明装置の概略を示したものである。



研究成果の発表

1. 国際会議

(○印は発表者を示す)

クリープと高温疲れに関する国際会議

開催期日 昭和48年9月23日～28日

開催場所 アメリカ合衆国, フィラデルフィア

発表論文

1. Creep and Creep-Rupture Properties of Type 316 Stainless Steel Cladding Tubes for the Experimental Fast Breeder Reactor JÖYÖ

○S.YOSHIDA, C.TANAKA, I.ICHINO and K.UEMATSU

2. Effect of Temperature and Strain Rate on the High-Temperature, Low-Cycle Fatigue Behaviour of Austenitic Stainless steels

K.KANAZAWA and ○S.YOSHIDA

磁気国際会議

開催期日 昭和48年8月22日～28日

開催場所 ソ連, モスコウ大学

発表論文

Ferromagnetism of Amorphous Ni-Fe Alloy Thin Films

N.NOSE

第6回磁性薄膜国際会議

開催期日 昭和48年8月30日～9月1日

開催場所 ソ連, ミンスク

発表論文

Spin Wave Resonance in Amorphous Thin Films (招待講演)

H.NOSE

2. 国内の春季学・協会発表(口頭)

学・協会名	発表題目	担当研究部
日本金属学会	◇ α 鉄中のCのエレクトロトランスポート	金属物理
	◇ H_2 - H_2O 気流中におけるFe-Ni-Cr合金の酸化生成物	金属化学
	◇80Ni-20Cr合金の高温酸化におよぼすSi量の影響	"
	◇強力鋼の破壊靱性	鉄鋼材料
	◇Zr-Nb合金の加工と再結晶特性におよぼすRu添加の影響について	非鉄金属材料
	◇Cu-4%Ti合金の時効後期サイドバンドについて	"
	◇Nb-M (V, Mo, Ta)-H合金のM-H相互作用	"
	◇Al-Cu-Mn合金における二段時効の機構	"
	◇GPゾーンによる析出相の不均一核生成に関する考察	"
	◇炭素とニッケルとの反応性に関する研究	特殊材料
	◇焼結W-Cr-Pd合金の酸化	"
	◇(111)[$\bar{1}\bar{1}2$]純Mo, Ta単結晶の圧延加工性と再結晶について	電気磁気材料
	◇ $Nb_3(Al, Ge)$ 超電導線材の研究	"
	◇ $SmCo_{5-x}Cu_x$ 系化合物の熱処理効果	"
	◇Sm-Co-Cu系合金の磁区構造	"
	◇V基Laves相化合物線材の超電導特性(第4報)	"
	◇熱間鍛造されたFe-Al-Si合金の二, 三の機械的磁気的性質について	材料強度
	◇17Crフェライト系ステンレス鋼におけるリッチング現象と凝固組織との関係について	製造冶金
	◇マルテンサイトのSD効果(I), (II)	疲れ試験
	日本鉄鋼協会	◇リンを含むオーステナイト鋼々塊の凝固組織
◇200kg/mm ² 級マルエージ鋼の遅れ破壊き裂の伝播特性		鉄鋼材料
◇チタン脱酸調整鋼の被削性について		"
◇Fe-Mn-C合金の γ 相および $\gamma+\epsilon$ 相の圧力処理による機械的性質の変化		"
◇Fe-Ni-Cr-Ti系鋼の時効後の冷却変態および歪誘起変動挙動と強度延性		"
◇低合金鋼の強靱性の一解析法について		"
◇5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo鋼(管)および2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo鋼(板)のクリープ破断データ(金材技研における長時間クリープ試験データV)		クリープ試験
◇ボイラ用炭素鋼管(STB42)のクリープ破断特性		"

	◇HK-40遠心鑄造管のクリープ破断データ (金材技研における長時間クリープ試験データVI)	クリープ試験
	◇引張り変形された鋼中の炭化物に発生したクラックの方向依存性	疲れ試験
	◇パーライト鋼の加工硬化と破壊	"
日本鋳業会	◇90°Cにおける $S_2O_3-SO_4-H_2O$ 系電位-pH図	製錬
	◇90°Cにおける $Fe-SO_4-H_2O$ 系電位-pH図	"
	◇ガス吹込みによる溶融鍍中の不純物の除去	"
	◇懸濁電解に関する2,3の考察	"
	◇鉛の懸濁電解	"
日本物理学会	◇銅の電子線に対する吸収係数の測定	金属物理
	◇Fe-Al合金の光学的性質	"
	◇ $CuCr_2S_4-xSe_x$ の結晶構造と磁性	電気磁気材料
日本溶接学会	◇6Al-4Vおよび8Al-1Mo-1Vチタン合金継手の機械的性質におよぼす溶接雰囲気 気中への空気混入の影響(統報)	溶接
	◇裏波ビードの探知方法について	"
	◇水中におけるプラズマ溶接(その7)	"
	◇化学冶金的にみたスパッタリング-Fe-N系(第1報)	"
	◇拡散性水素の測定に関する検討(第2報)	"
材料の強度と破壊国内総合シンポジウム 第3回宇宙航空材料シンポジウム	◇強力鋼の遅れ破壊き裂の伝播挙動	鉄鋼材料
日本高圧力技術協会	◇各種超強力鋼の切欠靱性 (压力容器の構造強度と技術基準に関する日米合同シンポジウム)	"
	◇オーステナイトステンレス鋼の高温低サイクル疲れ強さ	疲れ試験
日本鑄物協会	◇ベントナイトの高温挙動に関する研究	製造冶金
	◇Cr-Mo鑄鋼および鍛鋼の機械的性質の相異に関する研究	"
第10回理工学における同位元素研究発表 日・ソ製鋼物理化学合同シンポジウム	◇鉄中のCのエレクトロトランスポートの測定	金属物理
	◇14MeV中性子放射法によるチタン合金中の酸素の分析	金属化学
	◇窒素を含む溶融多成分系鉄合金の熱力学	製錬
日本化学会 軽金属学会	◇1(2-チアゾリルアゾ)-2-ナフトールの結晶構造ならびに金属イオンとの反応	金属化学
	◇Al-Mg ₂ Si擬二元共晶合金圧延材の性質	非鉄金属材料
	◇Ti-5.6~6.6Al-4V合金の熱間加工条件について	"
日本非破壊検査協会	◇鋼のうず電流による材質試験における直流磁化の効果	材料強度
	◇超音波斜角タンデム法による溶接部溶込み不足の探傷(第2報)	"
	◇回転磁界による極間式磁粉探傷法	"
腐食防食討論会	◇鉄鋼中の水素透過率に及ぼす温度および組織の影響	腐食防食
	◇水酸化鉄皮膜のエリプソメトリーによる微小部分の分析	"
	◇高温中性水溶液中におけるNiの電気化学挙動	"
	◇アルミニウムの陽極酸化皮膜の誘電的性質	"
精機学会	◇高真空中における二硫化モリブデンの摩擦の研究	材料強度
日本潤滑学会	◇二硫化モリブデンの摩擦に対する吸着ガスの影響	"
粉体粉末冶金協会	◇粉末圧延法によるTi薄板の製造	製造冶金
日本材料学会	◇SUS316B鋼の切欠き材の高温回転曲げ疲れ強さ	疲れ試験

◆短 信◆

受 賞

●科学技術庁長官賞

電気磁気材料研究部、電気材料研究室長太刀川恭治は、「 V_3Ga 超電導体製造技術の開発」に対し、昭和48年4月18日(水)上記の賞を受けることとなった。

●日本鑄物協会昭和47年論文賞

製造冶金研究部、主任研究官生井 亨は、「ねずみ鑄鉄の

クレーシング生成過程の観察」および「鑄鉄の黒鉛組織とクレーシング性との関連」に対し、昭和48年5月23日(水)日本鑄物協会より上記の賞を受けることとなった。

●創意工夫功労者表彰

昭和48年4月19日(木)、科学技術庁長官より、下記の6名が職域においてすぐれた創意工夫により、科学技術の改善・向上に寄与した功績に対し、上記の表彰を受けることとなった。

溶接研究部	大寿美幸司	管理部技術課	魚津良雄
腐食防食研究部	黒沢勝登志	工業化研究部	古山貞夫
工業化研究部	高橋順次	材料強度研究部	大田口 稔

通巻 第172号

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

編集兼発行人 林 弘

印刷 株式会社 ユニオンプリント

東京都大田区中央 8-30-2

電話 東京(03)753-6969(代表)

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)