

片面溶接自動制御装置の開発とその試作

溶接を使用する組立産業の典型として、わが国の造船業は世界に覇を唱えてきたが、近年における受注競争の激化と労働力不足によって、溶接構造物の生産方式の合理化が急務になり各作業を同期的な作業流れにするための中核的な大形溶接技術として片面溶接法が位置づけられた。

溶接研究部融接研究室では溶接の能率と溶接部の品質の向上を目的とした片面溶接の完全自動化の開発実用化研究に取組み、自動制御のポイントとなる裏波ビードの形成状態の探知ならびに被溶接物の開先精度、開先中心位置の連続自動検出方法の研究を集中的に行ないこれらに関する特許件数は申請中のものを含めて10件に達し現在さらに進行中である。またこれら開発装置を基に完全自動溶接に近い片面溶接自動制御装置を試作した。図はこのブロック図を示す。

二電極サブマージーク溶接機の先行電極の前方に取付けた検出ヘッドにより開先に無接触で連続する開先条件の変化を検出し、さらに電極と開先中心位置との偏差も検出することができる。開先精度に対する検出出力は、多位置動作調節器によりパルス信号に変換され、さらに検出ヘッドと溶接先行電極との間の時間のおくれだけ遅延させた後溶接電流制御装置に送られる。裏波ビードの形成は裏あての条件により、ある程度左右されるが、本試作装置では特殊な裏波ビード探知テープを裏あてに敷き、溶接中にこの探知テープからの

探知信号によりオペレータは常に裏波ビードの形成状態を監視することができる。また裏波ビードが過大になって、溶落ちが起りそうになったときは、自動的に警報制御機構が作動しこれを防止する。一方開先中心位置と検出電極との相互位置の偏差による検出信号は、溶接ヘッド移動装置に送られ、自動的に溶接ヘッド全体を左右させて位置の修正を行なう。

本試作装置は現在作動試験を行なっているが、大型構造物に対する適用試験を今後実施する計画である。

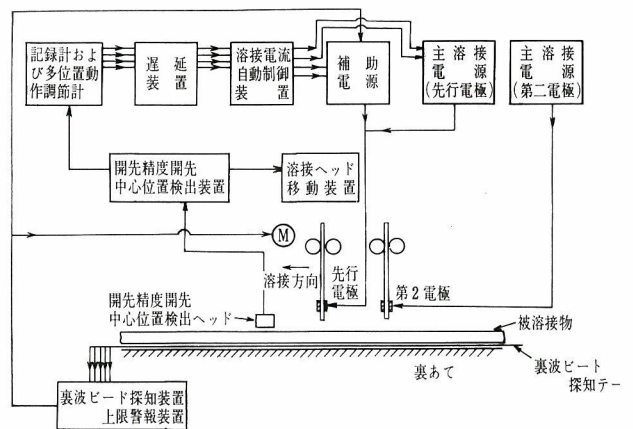


図 金材技研で試作した片面溶接自動制御装置のブロック図

体心立方金属の加工硬化の理論

結晶の塑性変形が、転位という原子配置の増殖と移動によってひきおこされることは、広く受け入れられているにもかかわらず、金属の加工硬化が転位のどのような性質によって支配されているのか、という基本的な問題はいまだに未解決である。その結果、転位論は材料強度を考えていく上では無力であるといった一般的な印象をうえつけているが、その原因は現象の基本的な過程を正しくとらえた考え方がないためであり、その責任のすべては基礎理論の側にあると言える。金属物理第2研究室では、金属材料の加工硬化を正しく理解するために、鉄の単結晶を用いた系統的な実験を積み上げてきており、これをもとにして、最近、かなり一般性のある加工硬化の理論を提案できる段階になった。

加工硬化が転位密度の増加によっておこることは一般的に言えるが、個々の金属の加工硬化を説明するためには、具体的な転位配列をもとにして考えなければならない。転位配列の極端な例としては、(1)転位が結晶内に一様に分布する場合と、(2)転位のほとんどがセル境界に存在するように、不均一に分布する場合とがある。鉄の[100]結晶を低温で変形するときは前者であり、200℃以上では後者である。このように、鉄の加工硬化の性質は、室温附近を境にして低温型と高温型に分かれており、それぞれ全く違った転位配列をもっていることがわかった。このことは体心立方遷移金属に共通して言えることでもある。

低温型の加工硬化では、結晶内にラセン転位が一様に分布しており、取り扱い比較的簡単である。このときには、転位間の切り合いの抵抗が転位の動きを妨げる主な原因である。そして、加工硬化による変形応力の増加($\sigma - \sigma_0$)が、転位密度(n)の平方根に比例するという次の式

$$\sigma - \sigma_0 = A\sqrt{n} \quad (1)$$

がそのまま成り立つ理想的な場合である。この場合には転位の増殖と消滅に関連した性質だけが、結晶の加工硬化を決めている。

転位分布が一様でない高温型の加工硬化のときに、転位と転位の切り合いの過程に本質的な変化があらわれるとは考えられない。そうすると、転位分布が一様でない結晶の中でも、局所的には(1)式が成り立たなければならない。この考え方で少し推論を進めていくと、結論として、「転位分布が一様でない結晶を変形するときには、転位分布に必然的に結びついた内部応力の分布があらわれ、しかもこの内部応力はセル境界に止められようとする転位の移動を助けるように働いている」ということになる。

この考え方に従って、実験的に観察されているセル境界の性質と、変形とともに移動しなければならない転位の幾何学的な条件を考慮すると、セル境界の上の転位配列とそれに伴う内部応力、そして変形に必要な外部応力の大きさが自然に導き出されてくる。この考え方ではさらに、加工硬化した結晶の表面にあらわれるすべり線の性質、変形後期の加工硬化率の減少、加工硬化の結晶方位に対する依存性、などいろいろな性質を、一貫した考え方で説明することができる。

実用材料の加工硬化を理解するためには、まだ解決しなければならない多くの問題がある。加工硬化の性質が微量の不純物に影響されること、合金では純金属とは質的に違った面があらわれること、多結晶における結晶粒界の影響を加工硬化としてとらえること、さらには、変形の拘束条件の相違それ自体までが加工硬化に本質的な影響を及ぼしていることなどいろいろなものがある。実用材料の加工硬化およびそれに関連する強度の問題を転位およびその集団の性質としていくためには、このような個々の問題を一つ一つ解いていかなければならない。ここで簡単に紹介した考え方は、そのための一つのはっきりした手掛りを与えてくれるものである。

La-Ge 系 の 超 伝 導

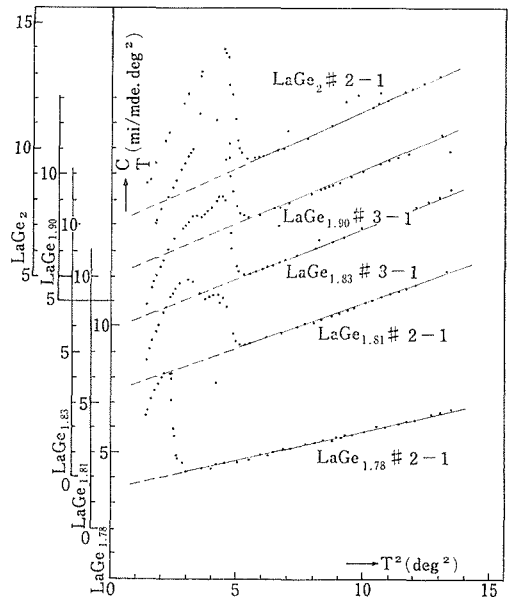
結晶構造と超伝導との関係を知るために、金属物理第1研究室では α -ThSi₂ 型構造を持つ化合物の超伝導を調べた。この結晶構造はシリサイドやゲルマナイド化合物に現われる。これらの中で LaGe₂ は超伝導遷移温度 (T_c) は 2.2°K で Matthias 等の 1.49°K より高い値が得られ、T_c での比熱のとびが BCS 理論で期待される値 $4C/\gamma T_c = 1.43$ に比べ非常に小さいことが見出された。ここで $4C$ は比熱のとび、 γ は電子比熱の係数である。この現象が V₃Si で考えられたような応力の影響であるか否か調べるために、1,200°C、5日間真空中で焼鈍して測定した結果 T_c=1.47°K $4C/\gamma T_c = 1.23$ を得た。これを再びアーク溶解すると同じ結果が得られた。したがって応力の影響ではなく、成分により変化したものと考え LaGe_x で $1.75 \leq x \leq 2.00$ の試料を作り、その極低温比熱を測定して $4C/\gamma T_c$ の値が BCS 値より小さい原因を調べた。比熱測定の結果を図に示す。

X線測定結果によれば $1.75 < x < 2.00$ で α -ThSi₂ 構造を示し、格子定数はほぼ一定である。図から得られた結果を列挙すれば、1) $1.85 < x < 2.00$ では $4C/\gamma T_c$ は BCS 値に比べ非常に小さく、 $x=1.78$ でほぼ BCS 値に等しくなる。その中間の成分では、二つの比熱の山が現われる。2) この二つの比熱の山が現われる温度を T_{c1}, T_{c2}, とすれば、T_{c1}, T_{c2} 共に x の値と共に減少し、 $x=1.78$ で合致する。3) γ の値は x の減少と共に急激に減少する。などが挙げられる。

比熱の二つの山は $1.85 > x > 1.78$ で顕著であるが、 $x=2.00$ まで残っているものと思われる。このことから試料が二相になっているのではないかと考えられるが、液体窒素温度までの X線測定では α -ThSi₂ 以外の線は観測されなかった。 β -W構造で見られるような 77°K 以下の温度で変態の起る可能性を否定する実験事実は今のところないが、 α -ThSi₂ 型化合物は正方晶—斜方晶系変態を持っているが、LaGe_x ($2.00 \geq x \geq 1.75$) は常温で既にその変態を完了しており、さらに低温で変

態があるとすれば今まで見つかってない新しい現象と考えねばならない。さらに、もし二相だとすれば二つの比熱の とびの和は BCS 値にならないといけない (これは 厳密な 表現ではないが)。しかし、例えば LaGe_{1.81} # 2-1 ではこの値は 0.75 で BCS 値 1.43 の約半分である。

以上のことから LaGe_x $2.00 \geq x > 1.78$ で現われた現象は試料の問題ではなく、もっと本質的な問題と考えられる。そこで我々は Suhl 等の two-band model を適用し、このモデルでは $4C/\gamma T_c$ の値がどんな値になるかを計算してもらった。宗田、和田の計算によれば、この値は一般に BCS 値より小さくなることが示された。Suhl 等は Cooper pair を作る準粒子のエネルギー状態に出来るギャップが S, d 電子で異なるという状態を考えたとが、LaGe₂ の場合は結晶構造から考えて La と Ge の半ば独立した電子構造を考えて、そのエネルギー物態のギャップを考えた方が良いだろう。したがって LaGe₂ は two-band model の当てはまる物質と考えられる。なお Matthias 等の T_c=1.49°K は試料の成分のずれによるものと考えられる。



試験研究成果の春季学・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
日本金属学会			◇V ₃ Ga 超電導線材の研究（第4報）	太刀川恭治	電 磁
◇Cu-Zn マルテンサイトにおける積層不整	○梶原 節夫	理	◇V ₃ Ga 超電導線材の研究（第5報）	○福田佐登志	"
◇純鉄中における変形双晶の透過電顕観察	○小川 恵一	"	◇Fe-30 Ni-4.4Ti オーステナイト合金のセルラー組織におよぼす既存 Ni ₃ Ti 集合体の効果について	○太刀川恭治 ○田中 吉秋	製 冶
◇電顕内加熱炉のプログラム温度調節	○武内 英一	理	◇オーステナイト系ステンレス鋼の Mg Cl ₂ 溶液中での応力腐食割れにおよぼす Nb, Si, Pb, Mo, V, Cu の影響	○石原 只雄 ○松島 志延 ○伊藤 伍郎	腐 食
◇18 Ni-2 Al 鋼の靱性	○菊地武彦	理	◇100℃ 以上の高温水中におけるステンレス鋼のアノード分極挙動	○清水 表彦 ○森井 哲雄 ○小林 豊治 ○伊藤 伍郎	腐 食 " 腐 食 科学研究官
◇中濃度の Al, Co を含む強力 Ti 合金の製造とその性質について	○安中 嵩透	鉄 鋼	◇純鋼多結晶の変形応力に及ぼす静水圧の影響	○吉田 進 ○小口 醇 ○信木 醇	材 材 材 材 材 材
◇Cu-4% Ti 合金の引張変形中の電気抵抗変化	○木村 啓造 ○小森 進一 ○篠野 久興 ○中野 理	非 鉄	◇タフビッチ銅にみられる液圧処理	○吉田 進 ○小口 醇 ○信木 醇	材 材 材 材 材 材
◇80 Ni-20 Cr 系合金のクリープ中における再結晶	○齊藤 一男 ○渡辺 亮治 ○渡辺 亨	非 鉄	日本学術振興会		
◇モリブデンの室温延性の結晶粒度依存性と粒界破壊について	○有富 敬芳 ○津谷 和男	電 鉄	◇80Ni-20Cr 合金の繰返し酸化におよぼす微量元素添加の影響	○武井 厚 ○矢嶋 祐次 ○前田 正雄	化 学
◇純タングステン単結晶の製造とその加工性について	○藤井 忠良 ○田村 幸雄 ○大庭 幸雄	電 磁	◇原子炉用 Zr-Nb 系合金について	○木村 啓造 ○上原 重昭	非 鉄
◇電着薄膜の内部応力におよぼす熱処理の影響	○前田 弘 ○玉岡 多賀 ○森本 一郎	"	◇応力とクリープ破断時間との関係への曲線のあてはめ	○田中 千秋 ○横井 信 ○門馬 義雄 ○新谷 紀雄	材 材 材 材 材 材
◇静止接点の耐溶着性について	○佐藤 充典 ○土方 政行 ○森本 一郎	"	◇応力と最小クリープ速度との関係への曲線のあてはめ	○田中 千秋 ○横井 信 ○門馬 義雄 ○新谷 紀雄	"
◇Ni を過剰に含む TiNi 化合物の急冷硬化	○鈴木 敏之	"			
◇V-Hf および V-Hf-Zr 系合金の超電導特性 (Laves 型超電導化合物の研究, 第1報)	太刀川恭治 ○井上 廉	"			
◇V ₃ Si 超電導線材の研究	○太刀川恭治 ○吉田 勇二	"			

☆短 信☆ 表彰 昭和45年度のつぎの各賞が(社)日本金属学会および(財)日本鉄鋼協会より当所職員へ授与され、4月8日にそれぞれ表彰される。

	受 賞 内 容	受 賞 者
日本金属学会功績賞 (金属化学部門)	アルミニウム, チタン, 珪素の金属の製造に関する研究	製錬研究部乾式製錬研究室長 黒 沢 利 夫
日本金属学会功績賞 (金属工業技術部門)	機器による工業分析の精度向上と迅速化ならびに新に問題となった微量分析法の研究および開発	金属化学研究部化学分析室長 須 藤 恵 美 子
日本鉄鋼協会俵論文賞	オースフォームによる合金鋼の強化 (論文)	製造冶金研究部熱処理研究室長 渡 辺 敏 透 鉄鋼材料研究部長 荒 木 透 製造冶金研究部熱処理研究室 宮 地 博 文
日本鉄鋼協会西山記念賞	鉄鉱石の直接還元法に関する研究	製錬研究部製鉄研究室長 田 中 稔

通巻第135号
編集兼発行人 佐々木 武
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)