

金研技研

1985

科学技術庁

ニュース

金属材料技術研究所

溶接技術に新しい波

—母材を溶かさない金属接合技術の復活—

古代エジプトの時代から19世紀末に至るまで、溶接といわれるものには鍛接とろう接しかなかった。どちらも母材を溶かさずに接合する方法で、経験と勘を頼りにして行われて来た。

19世紀末にアーク溶接、ガス溶接、抵抗溶接などが相ついで発明されると様相は一変し、母材を溶かして接合する溶接が、近代産業に適した溶接技術として、主流となって来た。しかし21世紀を迎えようとしている今日、母材を溶かさない溶接が、以前とは異なり科学に支えられた最近の技術として再び隆盛の兆しを見せている。

密着させた固体金属どうしの拡散により接合を行う拡散接合や、母材より融点の低い合金を「のり」のように使って接合するろう接は、母材を溶かさないので、母材の変化が少ない、寸法精度が高い、小物・薄物、さらには異種材料や特殊な材料の接合ができる特長を持っているので、先端技術分野をはじめ、さまざまな分野で不可欠の技術となっている。拡散接合で造られる航空機翼桁、数万点におよぶろう接部をもつコンピュータなどその応用は広い。

しかし、これらの接合技術は、接合現象に未知の点が少なくないこと、接合部の機械的性質の特異性が解明されていないこと、欠陥の検査と評価技術が確立されていないことなど、解明すべき多くの問題を持っている。

これら問題解決のために、当研究所では拡散接合及びろう接における界面現象と継手の評価に関する基礎的研究を行っている。例えば、図はろう接継手の疲労き裂成長速度の測定例であり、接合部に「のり」のようにはさまっている「ろう」の厚さが大きいほどき裂の成長速度が速く、継手は破壊しやすいことを示している。またろう接や拡散接合継手の強度は接合条件のほか、接合部の欠陥にも大きく影響されるので、その解明にも取り組んでいる。

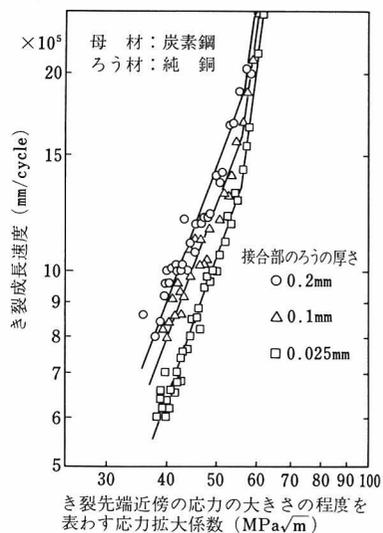


図 ろう接継手のろうの厚さと疲労き裂成長速度。

より信頼性の高い拡散接合を求めて

——接合部の酸化皮膜の挙動を調べる——

拡散接合とは、同質または異質の金属どうしを接触させ、加熱・加圧することにより接触面を介して生じる拡散で接合を行う方法で、溶融も、大きな塑性変化も伴わないのが特長である。この方法の発達により、これまでの溶融溶接では困難とされていた金属及び異種金属間の接合ができるほか、形状の点から溶融溶接が困難な中空部品の精密組立接合も可能となった。

拡散接合の適用例としては、チタン合金やニッケル基合金の組立接合があげられるが、まだ問題があり広く他の実用材料の接合に適用されるには至っていない。

固体金属どうしの拡散を起こさせるには、相互の表面が密着していることが必要条件である。しかし実際の接合面には微細な凹凸と表面皮膜が存在し、これらが接合を妨げている。接合を妨げる表面皮膜の接合部における挙動は、継手性能に大きな影響を与えるにもかかわらず、未だ十分に解明されていない。

当研究所では、高性能の表面分析機器を用い、拡散接合の基本的な問題である酸化皮膜の挙動について検討してきた。各種材料の拡散接合部をオージェ電子分光装置の真空容器内で破壊し、表面分析及び破面の電子顕微鏡観察などを行った。その結果、拡散接合部での酸化皮膜の挙動は、材料によって図に示す3つの異なったタイプに分類されることがわかった。

A型—酸素固溶量が大きいため、接合面間の酸化皮膜が拡散接合の初期に消失し、拡散溶接部にそれほど影響を及ぼさない。チタンおよびチタン

合金がこの型に属する。

B型—拡散接合の初期段階に接合面の酸化皮膜が凝集して、密着不十分のため接合部に生ずる空洞内面及び密集部に介在物を形成する。接合の進行とともに凝集は進むが、母材への酸素の拡散により、介在物量は減少する。銅、鉄及びステンレス鋼がこの型に属する。

C型—酸化皮膜が非常に安定で、拡散接合中に消失しない。接合部の変形により皮膜が破れ、清浄面が露出しわずかな接合箇所が得られる。アルミニウムがこの型に属する。

現在、A型の挙動を示すチタン合金製部品の組立には拡散接合が実用化されている。B型及びC型の皮膜の挙動を示す材料の拡散接合部の信頼性を高くし、この方法を実用化するためには、接合面の酸化皮膜を取り除く表面処理法が必要である。皮膜を取り除かれ清浄面が露出しても大気中では直ちに汚染される場合が多いので、再汚染を防ぎつつ接合することも重要な課題となる。この観点から、低圧のアルゴン雰囲気中でグロー放電を発生させ、アルゴンイオン衝撃による接合面の清浄化と加熱を行い、グロー放電を持続しながら接合を行う方法について検討した。その結果、アルミニウムどうしの場合でも、母材の強さと同等な接合強さを得ることができた。

B型の挙動を示す酸化物皮膜は、やがて介在物となる。また十分に接合面どうしが密着できなかった場合接合面に空洞が残る。これらの欠陥は接合部の機械的性質に大きな影響をあたえるので、今後追求を行う方針である。

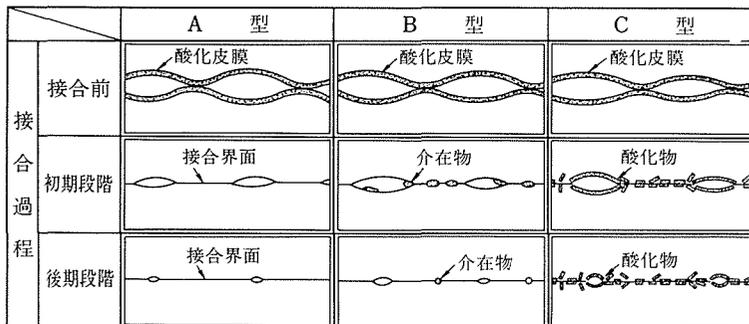


図 拡散接合部での酸化皮膜の挙動

キャンレスHIPによる 拡散接合

密閉高温槽中にセットした品物を高圧のアルゴンガスで圧縮するHIPは、粉末の焼結、焼結品や鋳造品の欠陥除去、複合材料の製造、拡散接合などに適用されている。

HIPによる拡散接合では、接合面にガスが侵入すると接合面を押しつける力が著しく低下するので、品物を容器で密封するか、接合部の外周を溶接するかしてガスの侵入を防いでいる。

当研究所では、拡散接合の基礎的研究で、接触面の約25%以上が接合した場合、内部の空隙

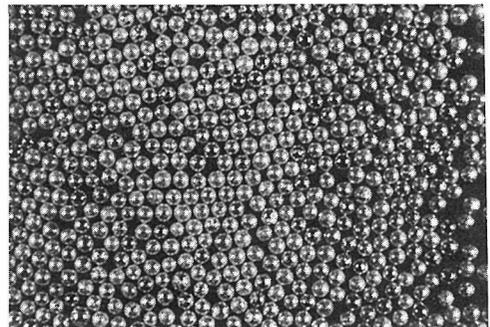
が遮断されることを見いだした。すなわち真空中でダイスやロールで加圧し予備的に拡散接合したものは、そのままHIP処理することができる。この方法によれば形状変化がほとんどない状態で、中空部品や複雑な形状の部品の接合もできることを確認している。また、密封容器との反応を考慮する必要がないので、セラミックスと金属の接合、耐熱合金の接合など、接合温度の高い材料の接合も可能となる。さらに、HIP処理後密封容器を取り除く作業がなくなること、密封容器の体積分だけ同時に多くの品物のHIP処理が可能なことなど利点が多い。

金属粒子製造技術の 企業化

当研究所で開発した金属粒子製造技術は、溶融金属を不活性ガス雰囲気中で高速回転子に滴下し、遠心力で飛散させ金属微粒子を得る方法である（特許第1239488号、金材技研ニュース1984, No. 8, 1985 No. 2 スポットニュース参照）。

この方法によれば真球に近く、表面酸化が少なく、流動性の良い金属粒子が安価でしかも高い生産性で得られるため、新素材の開発を目指す産業界から注目されている。貴金属粒子に関しては、新技術開発事業団のあっせんにより企業

化が進められ、現在40数種の新製品が開発されている。写真にこの方法で製造した銀ろう粒子を示す。



銀ろう粒子(×35 石福金属興業KK 提供)

大型溶接継手のクリープ 変形特性の解明をめざす

高温で使用される圧力容器などの溶接構造物における大型溶接継手のクリープ変形挙動の解明は、その健全性や信頼性確保のうえで極めて重要である。溶接材のクリープ試験は、溶接部から切り出した小型丸棒試験片で行われるのが普通であるが、実際の大型の継手との対応は、現在のところほとんど解明されていない。

当研究所では構造物に広く使われている $2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo鋼と18Cr-8Niステンレス鋼について、大型継手のクリープ挙動を小型試験片により解

明する研究を行っている。小型試験片は厚さ50mmの板を20mmの開先幅でフラックス中で溶接したものの、溶接金属部、熱影響部及び母材そのままの三カ所から採取した。そしてこれらのクリープ試験結果から全体としての継手の性能を予測するためのソフトウェアを開発することができた。現在、50トンの大型クリープ試験機による大型継手試験片のクリープひずみデータと計算結果との対応を検討している。

これらの検討からシミュレーションプログラムの改良及びクリープ性能のすぐれた継手の開発にとって有益な知見が得られつつある。

〔1985年金材技研ニュース題目一覧〕

題 目	No.	通巻	題 目	No.	通巻
材料開発部門 (I)			クリープと疲れが複合した場合の寿命評価	11	323
イオン注入法による金属とセラミックスの接合	1	313	腐食疲れによる損傷の定量評価	11	323
新チタニウム合金を開発	1	313	特許紹介		
金属と有機物のハイブリッド“磁性流体”	2	314	酸化アルミニウムを複合蒸着した耐熱性けい化合物		
自己修復性皮膜を利用した固相接合	2	314	皮膜の製造法	1	313
高温用チタン合金の研究開発	5	317	脆化モリブデンの機械的性質の改善法	3	315
軽量超耐熱材料としてのTiAl基合金	5	317	電解質抵抗降下の自動的補正方法	7	319
チタン系形状記憶合金	6	318	形状記憶チタン合金	10	322
宇宙空間で金属実験	8	320	超強カマルエージ鋼の製造方法	12	324
合金設計による酸化物分散Ni基耐熱合金	10	322	そ の 他		
金属中の微量不純物をさぐる	10	322	新年のごあいさつ	1	313
固体金属試料のプラズマ発光分析	10	322	1985年外国人来訪者一覧(本所)	1	313
材料開発部門 (II)			1985年外国人来訪者一覧(筑波支所)	2	314
極細多芯線高磁界超電導マグネット	3	315	中川所長、藤波原研理事長と原子力開発のための		
待望の照射下クリープ試験来春開始	4	316	材料開発について会談	2	314
核融合炉第1壁候補材(PCA)の照射特性	4	316	核融合炉用超電導材料に関する日米ワークショップ	3	315
新しい要求には新しい金属で	5	317	科学技術庁長官当所を視察	3	315
極低温用構造材料として有望なチタン合金	5	317	出願公開発明の紹介	3・5	315・317
粉末冶金による強力チタン合金の製造	5	317		11・4	323
チタンを含む超電導合金	6	318	研究成果の発表	4・10	316・322
レーザー照射による超電導材料の合成に成功	9	321	機構改正	4	316
合金系超電導材料における圧力効果	9	321	注目発明の選定	5	317
生産技術開発部門			特許出願速報	6・11	318・323
超微粒子をプラズマガスでつくる	1	313	クリープ受託試験の現況	7	319
ステンレス鋼構造物に生じる局部腐食	7	319	共同研究の現況	8	320
溶接技術に新しい波	12	324	受託研究の現況	8	320
より信頼性の高い拡散接合を求めて	12	324	昭和60年度金属材料技術研究所研究発表会	9	321
材料信頼性部門			1・2	313・314	
さびは資源・エネルギーの大敵	7	319	3・4	315・316	
宇宙材料実験用電気炉の開発モデル	8	320	6・7	318・319	
金属材料の老化を診断	11	323	8・9	320・321	
高温材料のクリープ余寿命を予測する	11	323	11・12	323・324	
			1985年金材技研ニュース題目一覧	12	324

◆ 短 信 ◆

● 受 賞

日本金属学会論文賞

金属加工部門

粉体技術研究部 宇田雅広・大野悟は、「水素プラズマ金属」反応法における各種金属超微粒子発生速度についてにより、昭和60年10月4日、賞を受けた。

工学材料部門

筑波支所長 太刀川恭治、極低温機器材料研究グループ 和田仁・伊藤喜久男は、「高磁界における合金超電導体の臨界電流密度とピンニング挙動」により、昭和60年10月4日、賞を受けた。

日本鉄鋼協会三島賞

粉体技術研究部 小口醇は、「加工の困難な磁性

材料の押し出し加工法の開発」により、昭和60年10月4日、賞を受けた。

● 人事異動 昭和60年11月5日

退職 松原勝定(管理部長)

採用 管理部長 小倉義弘

(国際科学技術博覧協会)

● 海外出張

福原照明 材料強さ研究部主任研究官

第11回世界非破壊試験会議出席のため、昭和60年11月2日から昭和60年11月10日までアメリカ合衆国へ出張した。

福島敏郎 腐食防食研究部 第3研究室長

金属材料腐食防食技術内容の詳細打ち合せと確認のため、昭和60年11月27日から昭和60年12月4日までフィリピン、タイへ出張した。

通巻 第324号

編集兼発行人 越川 隆 光
 印刷 株式会社 三 興 印 刷
 東京都新宿区信濃町1-2
 電話 東京 (03)359-3811(代表)

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