

してもそれほど変化せず、メタル中の高濃度の C の影響を強く受けることが示された。また、酸化鉄 (FeO , Fe_2O_3) 含有スラグ-高炭素濃度溶鉄間 P , C の同時酸化反応モデルによりスラグ-メタル界面の酸素ポテンシャルの値を求めた。この計算値と実験結果から求めた $P_{O_2}^*$ はほぼ一致した。

以上より、本研究においては、酸化鉄含有スラグ-高炭素濃度溶鉄間における、 C の酸化反応、 Si , C の同時反応および P , C の同時反応の反応機構を一連の速度論的実験と理論的考察により解明し、さらに、従来、定性的に推定されるにとどまっていた界面酸素ポテンシャルを、 P 反応の実験結果を利用して定量的に求め、実験条件との関係を明らかにした。

(発表論文)

- 1) 潘 偉, 佐野正道, 平沢政広, 森 一美: 鉄と鋼, 76 (1990), p. 552, p. 878
- 2) 潘 偉, 大谷美智浩, 平沢政広, 佐野正道, 森 一美: 鉄と鋼, 76 (1990), p. 1488

減圧雰囲気中プラズマ溶射法による Fe-Cr 急冷凝固材の作製とその評価

村上 健児 (大阪大学産業科学研究所)

1. 研究の目的

合金を急冷凝固させると結晶粒や第 2 相の微細化、準安定相の形成、あるいは偏析の低減など通常の方法では得られない特徴ある組織が形成され、これらの材料は優れた性質を示すことが多い。しかし液体金属から急速に熱を奪う必要上、従来の急冷凝固法で作られる材料は主として薄帯、細線あるいは、粉末などに限られ、実用的なバルク材を作るにはこれらをコンソリデートする必要がある。一方、表面処理法として発展してきた溶射法では微小な金属液滴が次々と基材上に衝突して $10^5 \sim 10^7$ K/s の冷却速度で急冷凝固するので、急冷凝固バルク材を直接作る方法として優れている。ここでは Fe-Cr 合金を減圧プラズマ溶射し、得られた皮膜の組織と機械的性質を調べた。

2. 実験方法

溶射に用いた粉末の組成は表 1 に示す 6 種類であり、粒径は $32 \sim 53 \mu m$ である。これらを減圧雰囲気中で回転基板上に $Ar + H_2$ を作動ガスとしてプラズマ溶射した。基板は直径 105 mm, 厚さ 3 mm の SS41 製の円板である。溶射中に皮膜温度が上昇するのを防ぐために基板裏面を水冷する場合もあるが、水冷しない基板上への溶射も行った。As-sprayed 皮膜および 473 K $\sim$ 1073 K で 1 h 焼もどした皮膜の組織と機械的性質を調べた。

3. 結果と考察

溶射皮膜の厚さは溶射時間に依存し、本研究では 0.7 mm $\sim$ 2.5 mm である。また、皮膜を構成する個々の扁平粒子の平均厚さは約 $5 \mu m$ である。皮膜の組成は溶射粉末のそれとほとんど同じである。

水冷基板上に形成された As-sprayed 皮膜の主な構成相は、表 1 に示すように、合金 1 と 2 では残留オーステナイトであり、合金 5 と 6 では bcc 構造を持つ準安定の χ 相である。合金 1, 2 および 3 の残留オーステナイト微細な結晶粒から成り、また合金元素を過飽和に固溶している。合金 3 $\sim$ 6 の炭化物は平衡状態では M_7C_3 または $M_{23}C_6$ であるが、As-sprayed 状態では準安定のセメンタイトだけとなる。As-sprayed 皮膜を 673 K 以下で焼もどしても構成相に変化は見られないが、873 K では準安定相の分解が始まっており、1073 K で焼もどした皮膜は平衡相である α 相と M_7C_3 あるいは $M_{23}C_6$ 炭化物から成る。

水冷しない基板を用いた場合には、溶射中に基板および皮膜の温度が 1172 K 以上に上昇するために、得られた皮膜は平衡相だけから成る。合金 1, 2 の皮膜中の炭化物は極めて微細である。これは皮膜が高温になったにもかかわらず炭化物が十分に粗大化するための時間がなかったためである。

表 1 As-sprayed 皮膜の構成相

Alloy	1	2	3	4	5	6
C (wt%) Cr (wt%)	1.50 10.7	1.47 19.9	1.53 29.7	1.51 39.1	3.50 28.9	3.80 38.8
No-water-cooled Water-cooled	α , M_7C_3 γ , α	α , M_7C_3 $M_{23}C_6$ γ , α	α , $M_{23}C_6$ γ , α M_3C , χ	α , $M_{23}C_6$ χ , α M_3C	α , M_7C_3 Am , χ M_3C	α , $M_{23}C_6$ M_7C_3 Am , χ M_3C

α : Ferrite γ : Austenite χ : χ phase Am : Amorphous phase

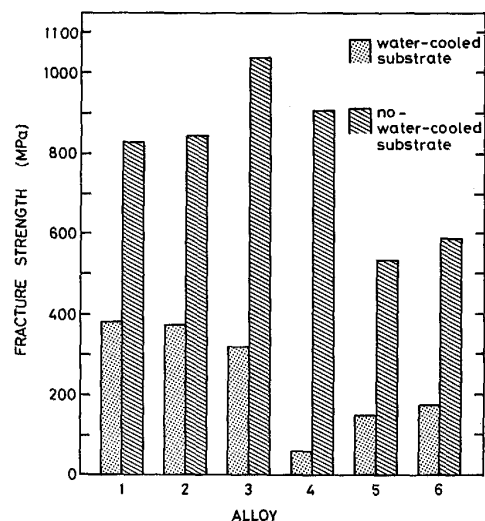


図 1 皮膜の破断強さ

水冷基板上に形成された As-sprayed 皮膜の気孔率は合金 4 で最も高く約 1.5% であり、他の合金では約 0.5% であった。1073 K で焼もどした皮膜、および水冷しない基板上に形成された皮膜の気孔率は約 0.2% 以下と低かった。基板を水冷しない場合には溶射中に皮膜温度が上昇するために、液滴が衝突したときにいったん形成された気孔が拡散によって減少すると考えられる。

As-sprayed 皮膜の硬さは、いずれの組成の合金においても、基板を水冷した時の方が水冷しない場合よりも高い。また、水冷基板上の合金 1~3 の As-sprayed 皮膜を 873 K で焼もどすと残留オーステナイトが分解して微細な炭化物が析出するために二次硬化が生じる。1073 K では炭化物が粗大化し、硬さは低下する。

皮膜を基板からはがして引張試験片に加工し、引張試験を行って破断強さを測定した。結果を図 1 に示す。いずれの組成の合金についても基板を水冷しない場合の方が水冷した場合よりも破断強さは著しく高い。水冷基板上に形成された皮膜の引張破断面を観察したところ、皮膜を構成する個々の扁平粒子を明瞭に識別することができ、また、合金 1~3 では扁平粒子の引抜きが生じている。これらのことは扁平粒子間の密着力が小さいことを示している。一方、基板を水冷しない場合には合金 1~4 の皮膜は延性破壊しており、扁平粒子界面は見えない。これらのことから、皮膜の破断強さを高めるためには扁平粒子自身の強度を高め、また気孔を少なくするとともに、扁平粒子間の密着力を大きくすることが必要である。

(発表論文)

K. MURAKAMI, H. ASAKO, T. OKAMOTO and Y. MIYAMOTO: Mater. Sci. Eng., A123 (1990), p. 261

多層爆着における接合界面波の制御と 多層爆着材の塑性加工実験への応用

外本 和幸 (熊本大学工学部)

1. 目的

爆発圧着 (以後爆着と略称) 法によって接合された界面は非常に強固に結合され、かつ規則的な波形を呈すること、また熱的影響が非常に小さいことなどが知られている。本研究ではまず、爆着法によって数十ミクロン程度の均一かつ微細な波状界面を有する多層積層材を作製する技術の確立を目指す。さらに本方法によって得られた材料を塑性加工した際の、波頭の変形後の位置を読み取ることによって、材料内部の変形を実験的に正確に知ることが可能であり、塑性加工における変形過程解析への

応用を試みる。多層爆着材は爆薬の衝撃エネルギーによって加工硬化されており、弾-完全塑性体としての挙動を示すので、変形の基礎的な知見を得るためには最適の材料であるといえる。本研究では 2 枚刃による両面せん断を取り上げ、その変形過程を明らかにする。

2. 多層爆着における接合界面波の制御法の確立

本研究では、爆着パラメーター (金属板の衝突速度、衝突角度) と界面に発生する波状組織の関係について検討し、均一な波状界面を有する多層爆着材を得るための実験技術の確立を試みる。

まず、同種材料からなる多層爆着材を作製するためには、各金属板の衝突におけるパラメーターはできるだけ変化しないことが望まれる。そのためには①爆薬直下に置かれる駆動板の質量を、積層する金属板に対して十分に重くすること、②各金属板の間隙を適正值に制御することが必要であった。上記①によって衝突に伴う金属板の飛翔速度の変化 (運動量保存則に従う) を小さくすることができる。しかし衝突に伴う質量の増加に対し、金属板の飛翔速度は幾分か低下せざるを得ない。この低下分は、②の間隙を変化させることによってある程度補うことができる。すなわち多層爆着過程において飛翔中の金属板は爆薬の爆轟ガスによって加速されるので、間隙を大きくすることによって速度の回復が期待できる。しかしガスの膨張とともに加速の効果は薄れるので、間隙は適正な値に収めなければならない。上記二つの条件を制御することによって、ほぼ均一な波長を持つ銅の多層爆着材を作製することができた。

異種材料を爆着する場合、両金属の性質が大きく異なる時には接合が困難であることがよく知られている。本研究では変形抵抗があまり変わらない場合には、積層する金属板の質量を一定にするように板厚を調整すればよいことがわかった。変形抵抗が異なる場合には、硬い材料の爆着時に金属板の衝突速度を高める必要があった。衝突速度の調整は、金属板間の間隙を調整することによってのみ可能であった。

3. 多層爆着材のせん断加工実験

次に塑性加工実験の一例としてせん断加工実験を行う。ポンチ-ダイス間のクリアランスを変え、数段階のポンチストロークに分けて行うせん断実験によって、せん断部周辺の材料流れの解析を行った。せん断後の各標点 (界面波) は、大きな塑性変形を行った後でも明瞭に観察することができた。このような大塑性変形は、従来の格子を試料側面にけがく方法では測定不可能であった。

銅の多層爆着材のせん断実験により、変形過程に及ぼす各種因子の影響を明らかにすることができた。この中で特に注目される点は、水平方向の材料の微小な変位を明らかにできた点である。従来の板の表面にビッカース圧痕を等間隔に打つことによって水平方向への変位を調