

燃焼合成法によるステンレス鋼への Ni - Al 系 金属間化合物コーティング

キーワード：粉末冶金、燃焼合成法、Ni-Al 系金属間化合物、ホットプレス、コーティング

はじめに

粉末冶金法は、金属や非金属、金属化合物の粉末を原料として、通常の溶解、加工などの製造法が使用できない金属、セラミック材料をニアネットシェイプに製造することを可能にし、また、新素材の開発にも大きな威力を発揮しています。例えば、超硬工具、磁性材料、高温超電導材料などは粉末冶金法で製造される代表例です。

燃焼合成法は、粉末冶金の応用技術の一つで、1980年代から欧米や日本で盛んに研究されるようになりました。ここでは、燃焼合成法を金属間化合物のコーティング皮膜の作製に適用した結果について紹介します。

金属間化合物と燃焼合成法

Ni-Al 系をはじめとするアルミナイドやシリサイドなどの金属間化合物には、非常に高い融点を持ち、高温での強度や耐酸化性に優れるものがあり、高温構造用材料として期待されています。しかし、室温では脆く難加工材であり、また、高度な溶解、鑄造技術を要することが実用化への大きな障害となっています。そこで、このような金属間化合物をコーティング材料として使用すれば、その機能を最大限に発揮できると考えられます。

燃焼合成法は、高融点金属間化合物が合成されるときに数 10～数 100kJ/mol の高い生成熱を放出することを利用して、化合物合成時の発熱反応を連鎖反应的に進行させ、原料粉末から化合物を合成する方法です。原理を図 1 に示します。何らかの方法で着火すれば、反応が自動的に進行し、反応生成物が形成されます。ここで、原料粉末を基材に接触させておけば、反応熱により基材と接合することができ、金属間化合物コーティング膜が形成されます。

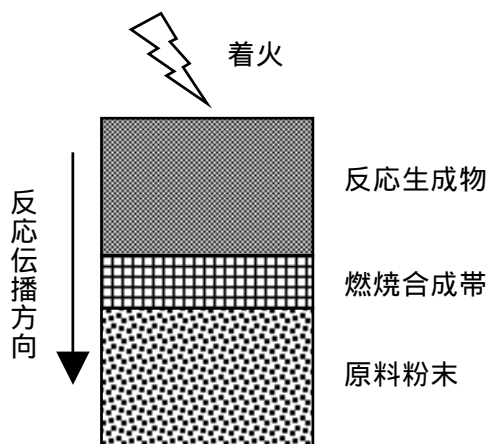


図 1 燃焼合成法の原理

この方法の長所として、

- (1) 高融点金属間化合物を低温で合成できる
- (2) 反応が秒単位の高速度で進行し、反応生成物は急熱急冷され、微細組織が期待できる
- (3) 膜厚の制御が容易である
- (4) 原理が単純で、複雑な装置を必要としないなどが挙げられます。

短所として、原料粉末が反応生成物へと転換する時に数 10%もの体積収縮を伴うため、反応生成物は多孔質となり易く、また、組成、組織制御が困難なことがあります。

コーティング方法

基板には SUS304 を用いました。溶体化処理 (1030 - 1h 後急冷) を行い、鏡面に仕上げています。

コーティングは、Ni と Al の粉末を所定の割合で混合し、加圧により圧粉体に成形した後、SUS304 基板とともに炉内ホットプレスで燃焼合成反応を誘起させて行いました。表 2 にコーティング条件をまとめて示します。

コーティング層の解析

Ni-25at%Al、Ni-50at%Al の圧粉体を用いてコーティングした場合の断面組織と X 線回折図形を図 2 に示します。図から明らかなように、両方の組成ともに、コーティング層と基板との界面に剥離箇所は認められず、良好に接合していることがわかります。

コーティング層の構造については、X 線回折により、両方の組成においていくつかの Ni-Al 系金属間化合物が認められました。なかでも Ni₃Al と NiAl の融点は、それぞれ 1395、1638 であるにも関わらず、760 の処理温度で高融点の金属間化合物が合成できたことが確認できました。通常、混合割合が Ni-25at%Al、Ni-50at%Al の場合、完全に反応が進むと、それぞれ Ni₃Al、NiAl 単相になりますが、そのようになっておらず、複数の反応が同時に進行していることがわかりました。

図 2 に示すように、コーティング層の内部は、ほとんど気孔は認められず、緻密な組織が得られましたが、コーティング層表面部には、気孔が多く存在していました。

硬さ試験を行った結果を図 3 に示します。両方の組成ともに 200HV 程度で SUS304 基板と同等の硬さを有し、Ni-50at%Al では硬さの高い相 (Ni₂Al₃) がわずかに分散していることもわかりました。

おわりに

燃焼合成による Ni-Al 系金属間化合物コーティングについては、研究を始めたばかりであり、現在、いくつかの処理条件の検討や、耐酸化性の評価なども進めています。

また、本法を応用すれば、セラミックなどとの複合硬質皮膜の作製や、他の系への展開も計ることが可能だと考えられます。

表 2 コーティング条件

基板	SUS304
使用粉末	純Ni粉 (純度99.9%, 粒径3-5 μm) 純Al粉 (純度99.9%, 粒径3 μm)
混合割合	Ni-25at%Al Ni-50at%Al
圧粉圧力	300MPa
ホットプレス圧力	20MPa
ホットプレス温度	760
処理時間	15分

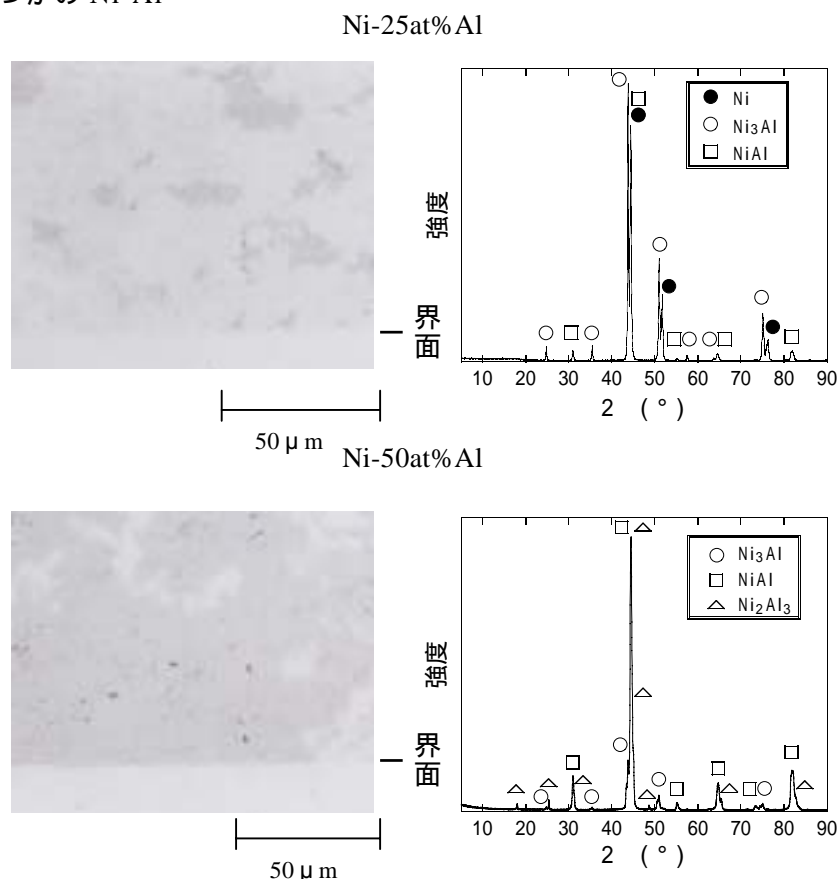


図 2 コーティングした試料の断面組織 (光学顕微鏡観察) とコーティング層表面からの X 線回折図形

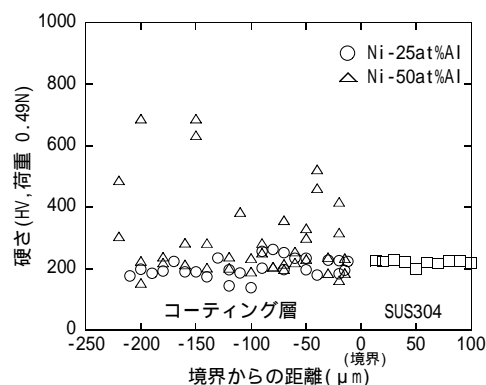


図 3 コーティング層の硬さ分布