

溶射による金型の高機能化技術

メカニクス系工学専攻 教授 沖 幸男

1. 緒言

金型の高機能化のためには、高温耐摩耗性に優れた材料の開発が望まれる。著者は、大阪府立大学大学院 高杉隆幸教授、金野泰幸准教授らとともに Ni 基金属間化合物溶射皮膜の開発を行っており、金型への耐熱耐摩耗皮膜としての適用が期待できる。

$L1_2$ 構造の Ni_3Al と $D0_{22}$ 構造の Ni_3V の二つの金属間化合物が微細かつ整合性よく配列した二重複相組織を有する Ni 基超々合金が、Takasugi, Kaneno 等によって開発された¹⁾。この合金の特徴である二重複相組織は、A1 (fcc) 単相域からの冷却過程において形成される。すなわち、最初に共析温度以上での上部熱処理時に、A1 相 (Ni 固溶体) から初析 $L1_2$ 相 (Ni_3Al) が析出して上部複相組織が形成される。その後、共析温度以下での下部熱処理時に残った A1 (fcc) 相が $L1_2$ 相 (Ni_3Al) と $D0_{22}$ 相 (Ni_3V) に共析変態することで下部複相組織が形成され、二重複相組織が得られる。この合金は高温において優れた組織安定性を示すと同時に、温度上昇に伴う硬さの低下が小さい。

二重複相組織を持つ超々合金は、このように優れた特性を持つ材料ではあるが、通常の金属間化合物で構成される合金同様、凝固収縮が大きく鑄造欠陥が入りやすい欠点をもっている。また、高温での硬さの低下も小さく、このことが逆に機械部品の作製に一般的に使用される 鑄造 - 鍛造 - 切削加工 の工程を適用しにくくしている。

そこで、溶射による耐熱耐摩耗皮膜としての適用、ならびに溶射成形法によるニアネットシェイプ部品の作製を試みる。そのためには、急冷凝固によって皮膜形成する溶射プロセスにおいて、二重複相組織が得られる条件を見出す必要がある。本研究では、減圧プラズマ溶射装置を用いて超々合金皮膜を作製し、溶射条件ならびに後熱処理条件と皮膜組織の関係を明らかにした。

2. 実験方法および条件

公称組成が Ni 75.0 Al 7.5 V 15.0 Nb 2.5 (at%) + 50 mass ppm B の合金粉末をガスアトマイズ法で作製し、 $63\ \mu\text{m}$ 以下に篩分けして溶射に供した。

溶射には減圧プラズマ溶射装置を用い、基材温度を種々変化させて溶射した。基材温度を変化させるために、溶射距離、チャンバー圧力、2次ガスとしての水素ガスの添加量を変化させた。

作製した溶射皮膜に、 $1280^\circ\text{C} \cdot 3\ \text{h}$ 、 $1050^\circ\text{C} \cdot 3\ \text{h}$ および $24\ \text{h}$ 、 $950^\circ\text{C} \cdot 3\ \text{h}$ および $24\ \text{h}$ の熱処理を施した。ここで、 1280°C は A1 (fcc) 単層領域、 1050°C は A1 (fcc) + $L1_2$ 共存領域、 950°C は $L1_2+D0_{22}$ 共存温度域であり、これらの温度の違いによる組織の違いを調べるために選択した。

溶射ならびに熱処理した皮膜は、SEM 組織観察、TEM 組織観察、X線回折、硬さ試験によってその特性を評価した。

3. 実験結果および考察

溶射皮膜の硬さは、溶射のままでは $384\ \text{Hv}$ であったが、熱処理によって $536\ \text{Hv}$ まで上昇し、溶製材と同等の硬さになった。熱処理前後の皮膜組織を Fig. 1 に示した。溶射のままでは、わずかに空洞の認められる層状の組織 (Fig. 1 b) であるが、熱処理によって空隙の無い緻密な組織に変化した (Fig. 1 e)。また、熱処理によって超々合金特有の二重複相組織が現れた (Fig. 1 c and f)。

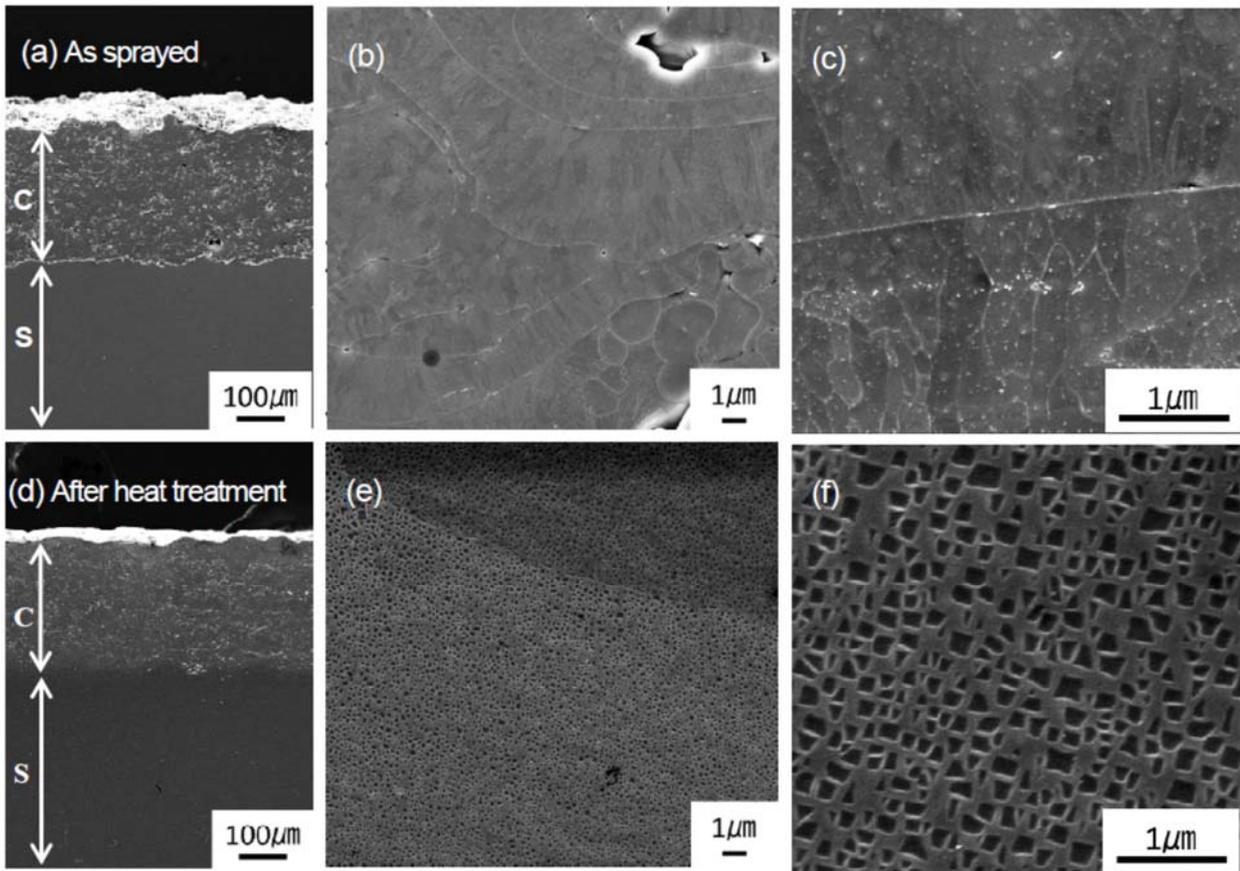


Fig. 1 SEM images of coating as sprayed (a-c) and after homogenization heat-treatment (d-e).
C: coating layer / S: substrate.

4. 結言

プラズマ溶射法を用いて二重複相組織を持つNi基超々合金皮膜を作製することを試みた。
得られた結果を要約すると次のとおりである；

- (1) 溶射のままでは基材温度にかかわらず組織は規則化せず、Ni固溶体のまま凍結された。
- (2) 溶射後に溶体化熱処理を施すことによって二重複相組織を持つ皮膜が得られた。

5. 参考文献

[1] Y. Nunomura, Y. Kaneno, H. Tsuda, T. Takasugi, *Acta Mater.* 54 (2006), 851-860.

6. 成果発表

- 1) 黒柳尚隆, 金野泰幸, 沼倉宏, 高杉隆幸, 沖幸男, 耐熱耐摩耗 Ni 基金属間化合物コーティングの作製と特性評価, 日本金属学会 2013 年度秋期講演 (第 153 回) 大会, 金沢, 2013 年 9 月
- 2) 沖幸男, 徳丸博紀, 黒柳尚隆, 金野泰幸, 高杉隆幸, ニッケル基金属間化合物溶射皮膜の作製と特性評価, 日本機械学会 M&M 2014 材料力学カンファレンス, 福島, 2014 年 7 月
- 3) 沖幸男, Ni 基金属間化合物合金の溶射被膜および溶射被膜の製造方法, 特願 2013 - 175624, 2013 年