

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 26-131
補助事業名 平成26年度耐摩耗合金被覆部材作製のための最適溶射プロセス構築
補助事業
補助事業者名 九州工業大学大学院工学研究院 徳永辰也

1 研究の概要

溶融金属粒子を機械構造部材の表面に吹き付けて耐摩耗・耐食性皮膜を形成する溶射プロセスにおいて、主としてニッケル基皮膜合金の特性に及ぼす熱履歴（加熱温度、加熱保持後の冷却速度など）の影響を明らかにし、皮膜機能を最大限引き出すための最適プロセスを確立する。

2 研究の目的と背景

溶融金属粒子を機械構造部材の表面に吹き付けて耐摩耗・耐食性皮膜を形成する溶射技術は、製鉄、化学プラント、自動車など幅広い分野で実用されている。しかしながら、溶射法によって形成されたままの皮膜（溶射まま材）には、気孔、亀裂が存在し、また皮膜と基材との密着性や耐摩耗性を担うマイクロ組織形成も不十分な状態である。

したがって、通常は、溶射後に皮膜を再溶融（フュージング処理）させて前記の問題を改善しているが、この処理はトーチなどを用いて手作業で行われるため、加熱温度や処理時間に関しては作業者の勘と経験に頼るところが大きく、生産性および品質の再現性が問題となっている。

また、合金皮膜そのものの特性については明らかにされているが、溶射プロセス条件が合金皮膜特性に及ぼす影響に関する研究はほとんど行われておらず、溶射作業を行うための学術的な知見が十分でない。

本申請事業では、主としてニッケル基皮膜合金の特性と溶射プロセスにおける熱履歴（加熱温度、加熱保持後の冷却速度など）との相関に関して学術的な知見を獲得し、これに基づいて、皮膜機能を最大限引き出すための最適プロセスを提案することを最終的な目的としている。すなわち、要求される特性を満足する皮膜形成に必要な皮膜合金の種類、加熱温度および加熱保持後の冷却速度について、作業者の経験や勘に頼ることなく、どのようにコントロールすればよいのかを提示できるデータベースの確立を目指す。

3 研究内容

耐摩耗合金被覆部材作製のための最適溶射プロセス構築

(<http://w3.matsc.kyutech.ac.jp/mesoscopic/index.html>)

①溶射皮膜の再溶融（フュージング処理）条件と皮膜特性との相関解明に関する研究

本事業では、ニッケル基自溶性合金粉末に対して溶射およびフュージングを模擬した熱処理を施し、フュージング後の冷却速度を変化させることで、自溶性合金のミクロ組織および機械的特性の変化を調べた。また、フュージング条件の最適化に向けて、冷却速度とミクロ組織および特性の相関を明らかにすることで、これらを制御する機構の構築を試みた。得られた知見を以下に示す。

- ・ Ni基自溶性合金JIS4種のミクロ組織は、冷却速度に依らず、Ni固溶体、 M_3B_2 、 M_7C_3 、 Ni_3B 、 Ni_3Si および M_6C の6種類の相から構成されることがわかった。特に、Ni固溶体、 Ni_3B 、および Ni_3Si は共晶組織を形成し、(Ni固溶体+ Ni_3B)領域および(Ni_3B + Ni_3Si)領域として組織中に存在していることが明らかになった。
- ・ Ni基自溶性合金JIS4種において、フュージング温度1050°Cからの冷却速度を変化させると、(Ni固溶体+ Ni_3B)領域の粒径および(Ni_3B + Ni_3Si)領域の量に対して大きな影響を及ぼすことがわかった。特に、冷却速度が10–100°C/minの範囲では(Ni固溶体+ Ni_3B)領域の微細化が生じ、100–300°C/minの範囲では(Ni_3B + Ni_3Si)領域の量が増大し、マトリックスの硬化が生じることがわかった。このことに加えて、冷却開始温度の制御によってNi固溶体に変化が生じた場合、マトリックスの硬さが更に大きく変動する可能性があると考えられた。
- ・ 冷却速度を変化に伴う(Ni固溶体+ Ni_3B)領域および(Ni_3B + Ni_3Si)領域のミクロ組織変化の実験結果を用いて、フュージング温度1050°Cからの時間-温度-変態(CCT)線図を作成した。得られたCCT曲線図に基づくフュージング条件の選択により、所望の硬さを有するニッケル基自溶性合金のミクロ組織制が可能となった。

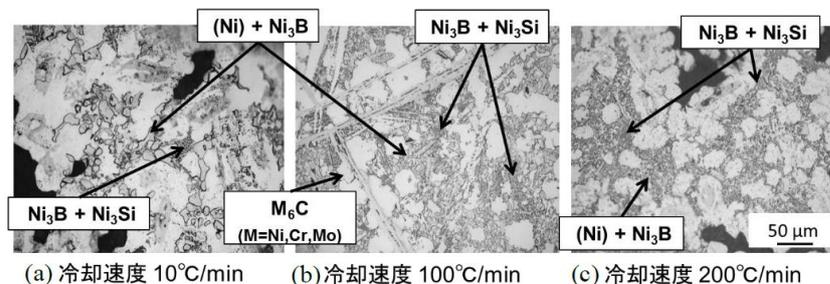


図1 1050°Cフュージング後(a)10°C/min、(b)100°C/min、および(c)200°C/minで冷却したニッケル基自溶性合金JIS4種のミクロ組織。

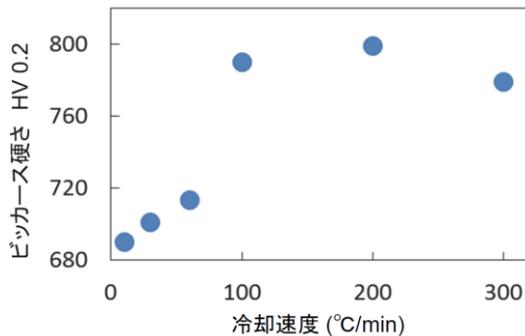


図 2 ニッケル基自溶性合金 JIS4 種の 1050°Cフュージング後の硬さの冷却速度依存性.

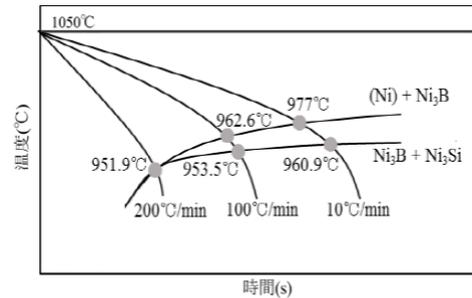


図 3 ニッケル基自溶性合金 JIS4 種の連続冷却変態曲線.

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

ニッケル基皮膜合金などの溶射作業を行うにあたり、要求される特性を満足する皮膜形成に必要な皮膜合金の種類、加熱温度および加熱保持後の冷却速度について、作業者の経験や勘に頼ることなく、どのようにコントロールすればよいか誰でも分かる状況が実現されることが期待される。その結果、生産性および品質の再現性のある溶射技術を提供できるようになり、溶射技術を適用した機械構造部材の信頼性や安全性、ひいては製鉄、化学プラントや自動車そのものの信頼性や安全性の向上に寄与できることが予想される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

溶射技術に関する研究会等において、溶射プロセスに関する学術的な知見が不十分であるため、実際の溶射作業は未だ作業者の勘と経験に頼るところが大きいとの情報を得たが、申請者がこれまでに行ってきた熱分析をはじめとする実験と熱力学に基づく計算科学的アプローチを組み合わせることで、最適な溶射プロセスの構築ができるのではないかとこの発想に至った。本申請事業では、主としてニッケル基皮膜合金の特性に及ぼす熱履歴（加熱温度、加熱保持後の冷却速度など）の影響を学術的な観点から明らかにし、その結果に基づいて実用的に非常に有用な皮膜機能を最大限引き出すための最適プロセスを確立することを目的としている。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

吉田和貴、徳永辰也、恵良秀則、Ni基自溶性合金の微細組織および機械的特性に及ぼす冷却速度の影響、平成27年度 日本金属学会・日本鉄鋼協会・軽金属学会合同学術講演会、平成27年6月6日、北九州市。

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

該当なし

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

平成27年度 日本金属学会・日本鉄鋼協会・軽金属学会合同学術講演会 講演概要集

吉田和貴、徳永辰也、恵良秀則

「Ni基自溶性合金の微細組織および機械的特性に及ぼす冷却速度の影響」

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名：キョウシュウコウギョウダイガク九州工業大学ダイガクインコウガクケンキョウイン大学院工学研究院エラ恵良・徳永研究室トクナガケンキョウシツ

住 所： 〒804-8550

北九州市戸畑区仙水町1-1

申 請 者： 准教授 トクナガタツヤ徳永辰也

担 当 部 署： 同上

E-mail：tokunaga@post.matsc.kyutech.ac.jp

URL：<http://w3.matsc.kyutech.ac.jp/mesosopic/index.html>