

拡散合金化処理「PALNECS」プロセス

Alloying Processing by Plating and Thermal Diffusion “PALNECS”

中島 隆 ^{*(1)}
Ryu NAKAJIMA

中田 和也 ^{*(2)}
Kazuya NAKADA

1. はじめに

近年、産業界では耐酸性や耐熱性に関する要求が強まっており、そのような機能を有する合金の開発が盛んに行われている。

当社が開発した PALNECS プロセスは、各種鉄部材表面に対し、クロムを含む独自配合粒子をニッケルマトリクスに共析させた電解複合めっきを行い、さらに拡散熱処理を施すものである。これにより、部材表面に耐酸性と耐高温酸化性に優れた合金層を形成させることができる。

本技術は、析出金属と共析粒子の組み合わせから合金組成を設計できることを特長としており、安価な鉄系部材の合金形成処理技術として、様々な分野への適応が期待できる。

以下に、本プロセスの処理工程および形成された合金層の特徴や機能を紹介する。

2. 処理工程

図1に PALNECS プロセスの標準処理工程を示す。

まず、アルカリ脱脂と酸洗により、鋼基材表面の清浄化を行う。通常めっきプロセスでは、酸洗後に特殊前処理（強力な酸洗やPR電解、ストライクめっき等）を施すのが一般的である。特に表面酸化膜を形成しやすいステンレス鋼等にめっきを行う場合は、めっき膜との密着性を確保するため、特殊前処理工程が必須とされる。これに対し PALNECS プロセスでは、複合めっき後の拡散熱処理の初期段階でめっき膜と基材間に相互拡散層が素早く形成され、強固な密着性が発現されることから、前処理工程数を少なくすることができる。

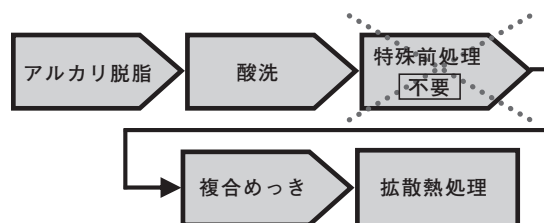


図1 PALNECS プロセスの標準処理工程
(水洗工程略)

複合めっき工程では、ニッケル水溶液中にクロムを含む独自配合粒子を数百 g/L の濃度で分散させており、被処理物をカソード電解することで粒子共析の複合めっき膜を形成させる。めっき膜厚は電解時間によってコントロールでき、通常 5 ~ 50 μm である。また、めっき膜中のクロム比率は条件にもよるが 10 ~ 20at.% の範囲となる。

拡散熱処理工程では、鋼種や使用用途によって熱処理条件を選定する。図2に代表的な例を示す。拡散熱処理により Ni-Cr-Fe 系合金層が形成され、耐酸性や耐高温酸化性が発現される。鋼種によっては同時に焼入れ操作を行うことも可能である。

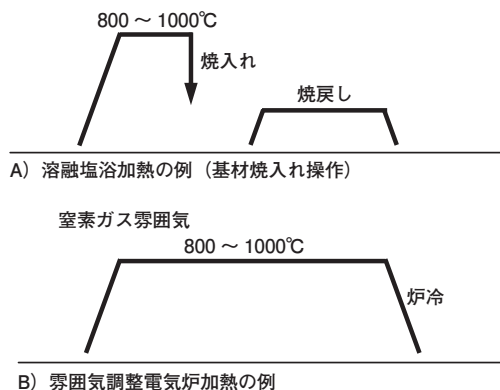


図2 拡散熱処理の条件例

*⁽¹⁾ 加工開発研究センター 生産技術室
*⁽²⁾ 加工開発研究センター 加工開発室 主任研究員

3. 膜構造

図3にS45C鋼を基材とし、約20μmの厚さで複合めっき膜を形成させ、900℃×150minの窒素ガス雰囲気加熱を行った試験材の熱処理前後におけるX線回折パターンを示す。熱処理によって共析粒子由来の回折パターンが消失していることから、共析粒子はニッケルマトリクスに完全に固溶したことが確認できる。

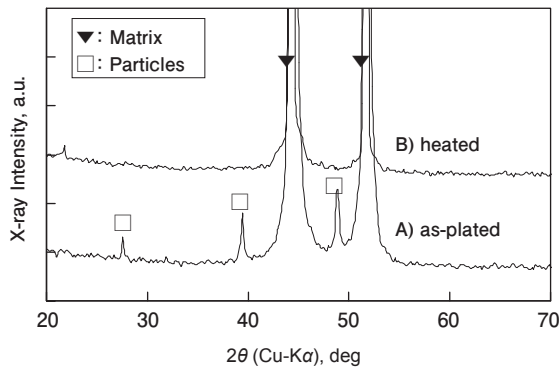
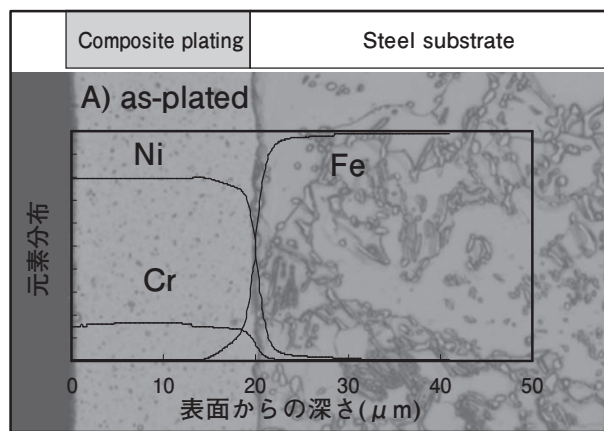


図3 拡散熱処理前後でのX線回折パターン

図4に表面から深さ約50μm部位まで、Ni、CrおよびFeについてGD-OESによる元素分析を行った結果を断面像と併せて示す。熱処理を施すことにより、めっき膜由来のNiやCrは基材方向に拡散し、S45C鋼由来のFeは表面方向に拡散することがわかる。また、めっき膜-基材界面には新たに相互拡散層が形成されていることが確認できる。



4. 耐酸性

試験材を各酸性腐食媒に浸漬する方法で耐酸性を評価した。S45C鋼を基材とし、約40μmの厚さでめっき膜を形成させ、900℃×150minの窒素ガス雰囲気加熱を行ったものを試験材とした。

表1に耐酸性評価結果を示す。PALNECS処理品は、一般的な耐食性材料であるステンレス鋼と比較して、非常に優れた耐酸性を示す。

表1 耐酸性評価結果 (試験温度 室温)

腐食媒	PALNECS (S45C鋼基材)	SUS430鋼	SUS316L鋼
10wt.%HCl	◎	△	○
30wt.%HCl	△	××	○
10wt.%H ₂ SO ₄	◎	××	◎
50wt.%H ₂ SO ₄	◎	××	×
50wt.%HNO ₃	○	◎	◎
5wt.%HF	◎	××	○
10wt.%FeCl ₃	◎	△	○

減肉量 (μm/day)	△	15~40
◎	<3	×
○	3~15	××
		>100

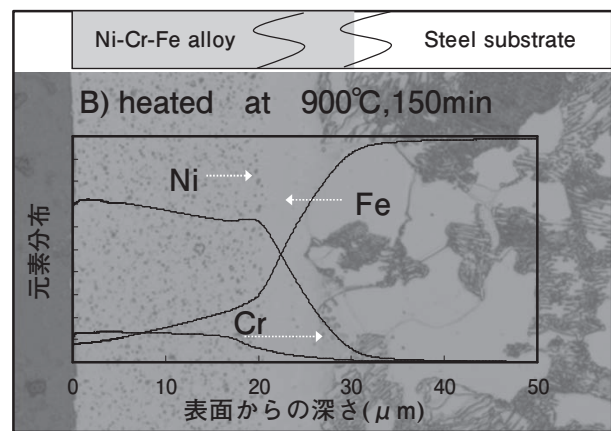


図4 拡散熱処理前後での表面から深さ方向の元素分布と断面像

5. 耐高温酸化性

図5に加熱試験後の断面写真を示す。SUS430鋼を基材とし、約40μmの厚さでめっき膜を形成させ、900℃×150minの窒素ガス雰囲気加熱を行ったものを試験材とした。これを1000℃の大気雰囲気中で48h加熱し耐高温酸化性を評価した。

PALNECS処理品は合金層の欠落や腐食生成物の堆積がなく、基材を完全に保護していることがわかる。このように耐高温酸化性に対しても、PALNECS処理品は非常に優れている。

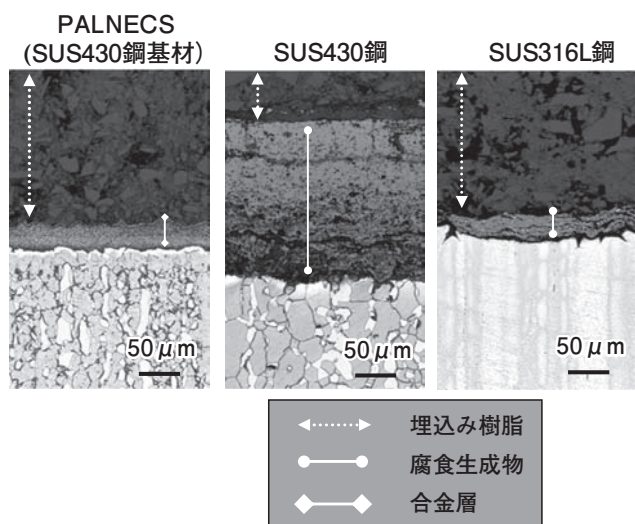


図5 耐高温酸化試験後のサンプル外観と断面像
(試験条件 大気雰囲気 1000℃ × 48h)

6. おわりに

以上のように、PALNECSプロセスは電解複合めっきと拡散熱処理を組み合わせた特殊合金化処理である。PALNECS合金層は、優れた耐酸性、耐高温酸化性を有しており、高温腐食環境下で使用される様々な部品への適応が期待される。