



Title	プラズマイオン窒化法によるニッケル合金の窒化硬化機構に関する基礎的研究
Author(s)	眞喜志, 隆
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3060102">https://doi.org/10.11501/3060102</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【2】

氏名	眞喜志 隆
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 10065 号
学位授与年月日	平成 4 年 2 月 27 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科 溶接工学専攻
学位論文名	プラズマイオン窒化法によるニッケル合金の窒化硬化機構に関する基礎的研究
論文審査委員	(主査) 教授 松田 福久 (副査) 教授 中尾 嘉邦    教授 豊田 政男    教授 小林紘二郎 教授 牛尾 誠夫

論文内容の要旨

窒化法は、金属の耐摩耗性を改善する表面硬化法として、鉄鋼材料を中心に利用されてきたが、最近、特にグロー放電を利用したプラズマイオン窒化（P I N）法が、省エネルギー、無公害、窒化時間の迅速化などの観点から注目されてきた。しかし、非鉄金属に対する窒化処理の適用例は非常に少なく、特に Ni や Cu 等の窒化物を作らない金属に対する適用例はほとんどなかった。しかし、これらの金属でも、適当な窒化物生成元素を添加した後に窒化処理することで表面硬化が可能となることが考えられた。

そこで、本研究では、工業的に重要な Ni を取り上げ、これを窒化硬化させるのに必要な合金元素の種類とその硬化機構について検討することを目的とした。

本論文は、全体を 8 章で構成した。まず、第 1 章は緒論であり、本研究の目的を述べた。第 2 章では、P I N 法の特徴を述べるとともに、窒化温度、窒化時間、雰囲気中のガス組成およびガス圧力、放電電圧、放電電流等の窒化処理パラメータが Ni 合金の表面硬化に及ぼす影響について検討した。その結果、Ni 合金の窒化硬化に最も影響を及ぼすものは窒化温度であることを明らかにした。

次に第 3 章では、Ni に対し代表的な窒化物生成元素を単独に添加した Ni 2 元合金を試作し、これに P I N 処理を行なうことで、窒化硬化に有効な合金元素は Ti、V、Nb および Cr であることを明らかにした。さらに、Ni 合金の窒化硬化機構は、窒化層中に形成した G. P. 状の微細粒子や窒化物によるマトリックス中の格子歪によることを明らかにした。

次に、第 4 章では、Ni 2 元合金の窒化処理結果をもとに、Ni 2 元合金にさらに窒化物生成元素を添加した Ni 3 元合金を試作し、これに P I N 処理を行なうことで、Ni 合金の硬化特性の改善が可能であることを示した。さらに、P I N 処理後の表面硬さを推定する実験式を求めた。さらに第 5 章では、現実に

用されている各種Ni 基合金にP I N処理を行ない、その硬化挙動を検討するとともに、第4章で求めたP I N処理後の硬さ推定式でNi 合金の表面硬さの推定が可能なことを示した。

次に、第6章では、試験片の配置を工夫してホローカソード放電状態を作り出すことでP I N処理での窒化層成長速度の増加が可能であること、さらに、雰囲気圧力で最適処理条件が異なることを明らかにした。

最後に第7章では、P I N処理後のNi 合金の摩耗試験および腐食試験を行ない、P I N処理がNi 合金の耐摩耗性向上に有効であること、また、Ni 合金ではP I N処理前後での耐食性の変化が小さいことを示した。さらに、実用的には、Ni にTiを添加したNi-Ti系2元合金、およびNi にCrを20wt%添加し、さらに第3の窒化物生成元素を添加したNi-20Cr系3元合金が有効であることを見出した。

第8章は総括であり、本研究で得られた結果をまとめた。

## 論文審査の結果の要旨

P I N処理法は、従来のガスおよび塩浴窒化法に比べ、より低い窒化温度で処理でき、省エネルギー、無公害等の利点があるため、鉄鋼材料を中心に広く利用されている。しかし、非鉄金属に対する適用例は非常に少なく、特に、ニッケル合金に対してはほとんど例がない。本論文は純金属のままでは窒化硬化しないニッケルに対して、各種窒化物形成元素を添加し合金化してP I N処理を行ない、ニッケル合金の表面硬化の可能性について検討したものである。すなわち、まずニッケルに対して各種窒化物形成元素を単独に添加したニッケル2元合金を試作し、これにP I N処理を行なうことでニッケルの窒化硬化に有効な合金元素を明らかにするとともに、その硬化機構について基礎的な検討を行なっている。さらに、合金元素複合添加による硬化特性や窒化速度の向上、耐摩耗性および耐食性の変化について検討を行なっている。得られた主な成果は次の通りである。

- (1) ニッケル2元合金に対してP I N処理を行なうことでニッケルの表面硬化に有効な合金元素の種類とその添加量を明らかにしている。
- (2) ニッケル合金の窒化硬化には窒化温度が大きな影響を及ぼし、最も高い表面硬さを示す窒化温度が存在することを明らかにしている。
- (3) ニッケル合金の窒化硬化は、主に窒化層中に形成したG. P. ゾーン状の微細粒子や窒化物の形成によるマトリックス中での格子歪によることを明らかにしている。
- (4) ニッケル2元合金にさらに窒化物形成元素を添加し、3元合金化することで窒化硬化特性が向上されるほか、耐摩耗性および耐食性の改善も可能であることを明らかにしている。
- (5) ニッケル2元および3元合金の窒化硬化結果より求めたP I N処理後の表面硬さを求める実験式は、多種類の合金元素が添加されている実用ニッケル合金の表面硬さの推定にも使用可能であることを明らかにしている。
- (6) 試験片の配置を工夫してホローカソード放電状態を作り出し、これをP I N処理に応用することで

窒化の迅速化が可能であることを明らかにしている。

- (7) 試作したニッケル合金の窒化硬化特性および耐摩耗性，耐食性を考慮して，P I N処理用ニッケル合金の基本組成を提案している。

以上のように本論文はニッケル合金の窒化硬化に対する硬化機構および適切な合金元素とその量の選定に関して，多くの新しい知見を与えており，その成果は生産加工工学および表面改質技術に寄与するところが多い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。