

ステンレス鋼の耐食・耐摩耗表面改質技術

電気炉を活用した固体窒化材による簡易なS相窒化处理

A surface treatment technology to improve the wear resistance of high corrosion resistance stainless steel
Simplified S-phase nitriding with a solid nitride material and the application of an electric furnace

(エネルギー応用研究所 都市・産業技術G ツール提案T)

機械部品などの耐摩耗性を向上させる金属表面改質技術として、窒化处理が適用されている。ステンレス鋼(SUS304など)は、耐食性に優れているものの耐摩耗性に劣るため、耐食性を確保しつつ耐摩耗性を向上させる窒化技術に期待が寄せられている。本研究では、電気炉の温度制御特性を掌握し、取扱いが容易な固体窒化材を利用した工業的窒化技術を新たに開発した。

(Industrial Solution Team, Urban and Industrial Technology Group, Energy Applications Research and Development Center)

Nitriding is a metal surface treatment technology that improves the wear resistance of machine components or the like. Stainless steel (e.g. SUS304) has superior resistance to corrosion, but inferior resistance to wear; therefore, there is an increasing expectation for nitriding technology to improve wear resistance, while maintaining corrosion resistance. This research made full use of the temperature control characteristics of an electric furnace, and developed a new industrial nitriding technology using an easy-to-handle solid nitride material.

1 開発の背景

金属の耐摩耗性を向上させる表面改質技術として、焼入れや窒化が一般的である。焼入れは、硬度が要求されるギヤなどの摺動部品に適用されている。窒化は、高温使用環境で耐摩耗性が要求されるエンジン部品や、低ひずみが要求される金型などに適用されており、「ガス窒化法」や「塩浴窒化法」が工業的に普及している。これらの表面改質技術では、ステンレス鋼(SUS304など)の耐食性を確保しつつ耐摩耗性を向上させることが難しく、この課題解決に期待が寄せられている。

2 開発の目的

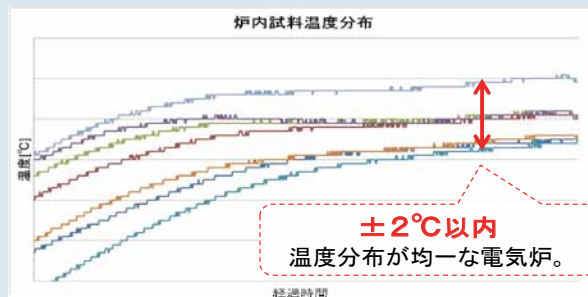
ステンレス鋼はクロム(Cr)を10.5%以上含む合金鋼で、クロムが大気中の酸素と結合して不動態被膜を形成するため耐食性が高い。特に強固な不動態被膜を有するオーステナイト系ステンレス鋼は、その不動態被膜が窒素の侵入を妨げるため窒化が最も困難で、前処理で不動態被膜を除去し窒化しても、化合物層が形成されることにより表面のクロム濃度が低下するため、耐食性を損なうという課題があった。

そこで、既存の電気炉と取扱いが容易な固体窒化材を活用し、ステンレス鋼の耐食性を活かしながら耐摩耗性を向上させる金属の表面改質を行う窒化处理方法の開発に取り組んだ。

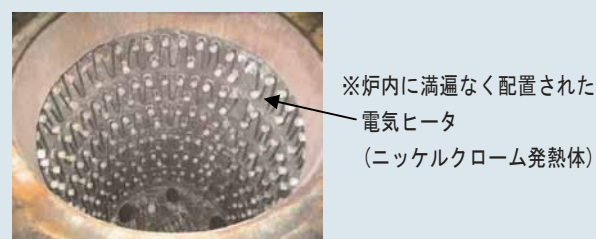
3 開発技術の特徴

本研究では、温度制御性が良好で均一加熱が可能(第1図)な一般的に普及している電気炉(第2図、ガス軟窒化炉)を活用し、アンモニアガスを使用せず取扱いが容易な固体窒化材を使用する点に特徴がある。従来の窒化

では処理温度一定で窒化するが、開発技術では、窒化層形成速度を考慮しつつ化合物層が形成されないように、処理温度を段階的に制御する(第3図)。これにより、窒化が困難とされているオーステナイト系ステンレス鋼に、化合物層のないS相(拡張オーステナイト相)と呼ばれる拡散層のみの窒化層を均一厚さに形成させることが可能となった。



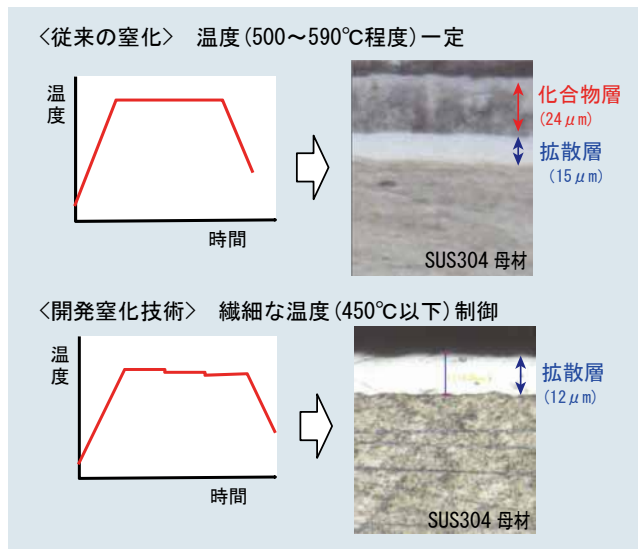
第1図 電気炉内試料温度多点計測結果



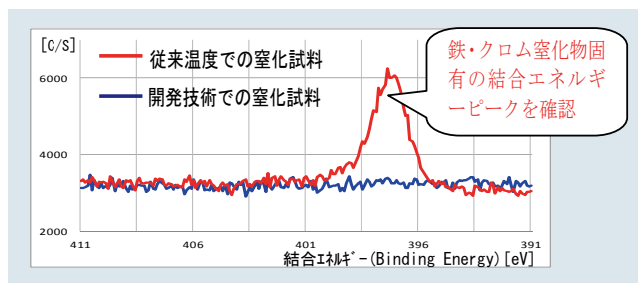
第2図 電気炉内部写真

窒化層の形成状況については、顕微鏡による組織観察とX線による窒素元素の化合状態分析を行った。

マーブル液でエッチングした試料断面を、光学顕微鏡により組織観察を行った結果、本開発技術で処理した試料は拡散層のみを確認した（第3図）。



X線光電子分光分析(XPS)により、表面から深さ $5\mu\text{m}$ 相当部位の窒素スペクトルを分析した結果、従来温度での窒化試料のみ、鉄窒化物やクロム窒化物の結合エネルギーピークを確認でき、本開発技術での窒化試料は化合物層が形成されていないことを確認した（第4図）。



4 開発技術のメリット

(1) 表面改質処理の性状・品質

- ・通常の窒化よりも処理温度が低いため、処理品のひずみが小さい。
- ・電気炉の均一温度雰囲気と均一窒化ガス雰囲気での処理のため、均一厚さの窒化層を形成できる。

(2) 作業効率性・経済性

- ・不動態被膜を除去するための、特別な前処理は不要。
- ・窒化後の化合物層の除去作業が不要。
- ・アンモニアガスやシアン酸塩を使用しない。
- ・窒化雰囲気ガス制御等の設備は不要。

以上より、簡易で低コストな窒化処理が可能となる。

(3) 耐食性

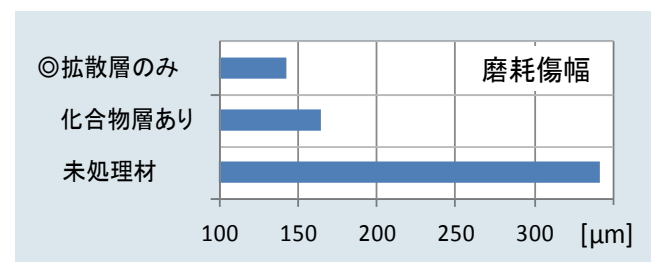
塩水噴霧試験(JIS Z 2371、100hr、材質SUS310S)を行った結果、化合物層が形成されている試料は第5図に示すとおりほぼ全面に赤錆が発生しているが、本処理による拡散層のみの試料は発錆がほとんどなく耐食性がより高いことを確認した。



(4) 耐摩耗性

各試料を第6図に示す往復摺動試験機で摺動摩耗(同一の荷重・摺動回数で硬質コーティング球により各試料を摺動)させ、摩耗傷幅にて耐摩耗性を比較評価した。

その結果、開発窒化技術で拡散層のみを形成した試料は、摩耗傷幅が最も小さく耐摩耗性が優れていた（第7図）。



5 今後の展開

一般に普及している電気炉（ガス軟窒化炉）を有効活用することができ、耐食性が高いためステンレス鋼で最も市場に普及しているオーステナイト系ステンレス鋼の耐食性を活かしながら耐摩耗性を向上させる表面改質技術を開発した。開発技術は、工業的に生産効率の向上・経済的メリットが大いに期待されるため、産業分野へのソリューション活動の一助となるよう普及促進を図っていきたい。



現所属：岡崎支店
営業部 法人営業G
執筆者／鈴木基裕