

オーステナイト系ステンレス鋼の低温プラズマ窒化と浸炭の複合処理

キーワード：オーステナイト系ステンレス鋼、窒化、浸炭、耐食性

はじめに

SUS304 などのオーステナイト系ステンレス鋼は、耐食性が良い性質を活かして、機械部品から厨房器具まで多くの分野で使用されています。近年、その耐食性を損なうことなく表面を硬化できる新しい低温プラズマ窒化処理法が開発されました。しかし、低温処理であるため、 $20\mu\text{m}$ 以上の厚さの窒化層を得ることが困難です。また、窒化層と素材の間で硬さが急激に変化するため、大きな荷重に対して剥離しやすい欠点があります。

ここでは、当所のプラズマ処理装置を用いたプラズマ窒化と浸炭の複合処理により、前述の問題を解決する試みについて紹介します。

プラズマ複合処理

低温プラズマ浸炭処理は、窒化処理の場合と同様にオーステナイト系ステンレス鋼の耐食性を劣化させない硬化層を形成できます。しかし、その層は窒化層に比べて硬さが低く、表面から内部にかけてなだらかな硬さ分布になります。

また、窒化処理では、試料にもともと含まれていた炭素が表面に侵入してきた窒素によって内部方向へと押しやられ、窒化層の下に濃縮される現象が知られています。

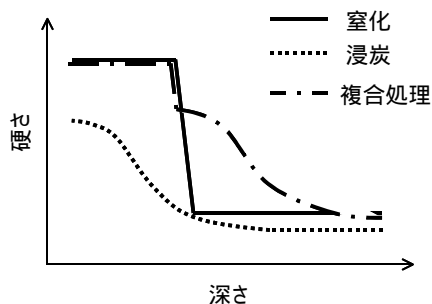


図1 処理層の硬さ分布の概念図

そこで、あらかじめ浸炭により拡散していた炭素を低温プラズマ窒化処理により、内部へと押し込むことにより、窒化層と浸炭層からなる二重の表面層をつくることができると考えられます。

図1に、複合処理層の硬さ分布の概念図を示します。浸炭層のなだらかな硬さ分布が窒化層の硬さの急激な変化をバックアップすることが期待できます。

プラズマ処理の条件

プラズマ処理は、市販の SUS304 試料に対して、8時間の窒化処理(8N)、8時間の浸炭処理(8C)、8時間の浸炭窒化同時処理(8(C+N))、および4時間の浸炭処理の後4時間の窒化処理(4C-4N)の4種類を行いました。

複合処理層：断面の組織と硬さ分布

図2に、プラズマ処理した試料の断面組織を示します。組織の現出には、王水を使用しています。

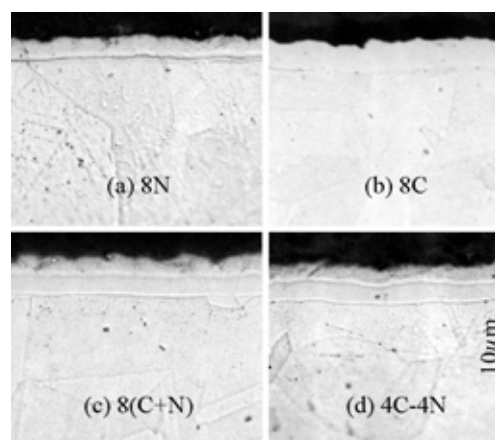


図2 プラズマ処理試料の断面組織

断面組織から、窒化と浸炭処理を複合させた 8(C+N) および 4C-4N の試料が明瞭な二層構造をしていることがわかります。また、二層構造のうち、上の層が窒化層、下の層が浸炭層であることをグロー放電発光分光分析 (GDS) により確認しています。

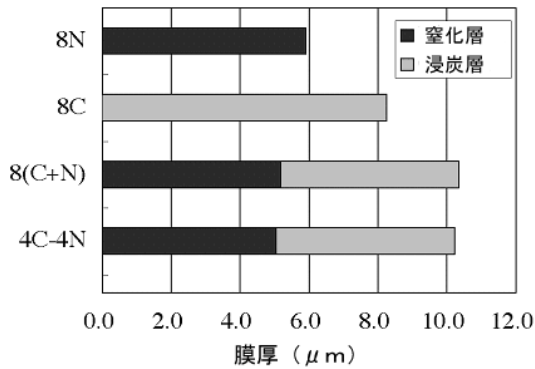


図3 処理層の厚さ

図3に、断面組織より測定した各層の厚みを示します。浸炭および窒化の複合処理を行った場合、8(C+N) および 4C-4N のいずれも、処理層の厚さは約 10μm となっており、同一処理時間 8 時間で得られる層の厚さは窒化のみ処理に比べて 70%、浸炭処理に比較しても 25% 増加しています。

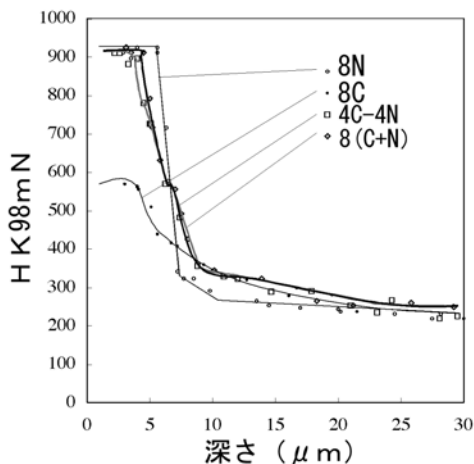


図4 断面硬さ分布

図4に、ヌーブ硬さ計にて荷重 98mN で測定した断面硬さ分布を示します。8C の層の硬さは最も硬い最表面部分でも約 570HK であり、窒化処理 (約 915HK) よりもかなり低い硬さを示します。しかし、硬さ分布を比較すると、

8N の窒化層は下地との界面で急激に硬さが減少し、一方、試料 8C の浸炭層は、表面から内部にかけて徐々に硬さが低下します。

複合処理を施した 8(C+N) と 4C-4N は、図1の概念図に示したような窒化と浸炭処理の複合した硬さ分布になっていますが、本実験条件では、硬さの減少はかなり急激で、深さ 6 ~ 7μm 付近の硬さ分布にショルダーが認められています。

複合処理層：耐食性

表1に、各種処理材の塩水浸漬試験の結果を示します。

表1 室温での 10%NaCl 水溶液浸漬試験

試料	浸漬時間			
	8h	24h	72h	240h
8N				
8C			×	×
8(C+N)	×	×	×	×
4C-4N				

錆なし ×少し錆あり ××全面錆あり

窒化のみの 8N と複合処理 4C-4N は、未処理の SUS304 ステンレス鋼と同様に、優れた耐食性を示します。これは低温処理による窒化層が化学的に安定していることを意味しています。しかし、浸炭のみの 8C は、72 時間以内に錆を生じます。これは、若干のクロム炭化物の生成により、試料表面のクロム量が減少し、その結果、耐食性が低下したことによると考えています。一方、8(C+N)は、4C-4N に比較して、まったく異なる耐食性を示します。4C-4N は試験時間 240 時間でも発錆しませんが、一方、8(C+N)はわずか 1 時間で赤茶色に発錆し、耐食性は著しく劣化します。

まとめ

オーステナイト系ステンレス鋼にプラズマ窒化と浸炭の複合処理を行うことにより、耐食性を劣化させない硬化層の厚さの増大および硬さの急激な変化を改善できる可能性を示しました。このことは、オーステナイト系ステンレス鋼の用途拡大につながると考えています。