

低温塩浴軟窒化処理「パルソナイトSS」

土屋 美智昭^{※(1)}
Michiaki TSUCHIYA

Low Temperature Salt-Bath Nitrocarburizing “PALSONITE SS”

1. はじめに

オーステナイト系ステンレス鋼を標準的な条件で塩浴軟窒化処理(イソナイト処理)すると表面硬度が1000HV以上となり、耐摩耗性、耐焼付き性は向上するものの、耐食性は大きく低下してしまう¹⁾。その耐食性の低下を抑えることを主目的として、当社はパルソナイト処理²⁾を開発したが、処理前と同等以上の耐食性を得ることは困難であった。

現時点において、オーステナイト系ステンレス鋼の耐食性を劣化させずに窒化できる技術として、プラズマやガスなどを媒体とするものは市場化されているが、塩浴を媒体とするものはまだない。

我々は処理前と同等以上の耐食性が得られる塩浴軟窒化処理パルソナイトSS処理を開発したので、以下に紹介する。

2. パルソナイトSS処理の開発経緯

オーステナイト系ステンレス鋼の耐食性を低下させずに窒化するには、母材中に固溶しているクロム濃度の低下を避けるため、窒化クロムなどのクロム化合物の生成を完全に抑える430℃以下³⁾での処理が必要となる。

イソナイト処理の処理温度は570～580℃であるため、黒層(Marble試薬で腐食した際に窒化層の表層側に現れる黒い層)が生成する。この部分には窒化クロムが生成され、母材中の固溶クロム濃度を減少させるために耐食性が低下する。耐食性の低下を抑えるため、処理温度を低温化したパルソナイト処理を開発したが、480℃処理の場合、黒層の生成はイソナイト処理より少なくなるものの、耐食性は未処理材より低下し依然不十分であった。

つまり、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塩浴を開発するには、二つの課題をクリアする必要がある。第一に、十分な窒化能を確保した上で塩浴を低融点化すること。第二に、ステンレス鋼表面に形成されている不動態膜の影響を受けずに均一な窒化が可能であること。一般的に、窒化温度を低温化すると不動態膜による窒化阻害の影響が強まるため、何らかの窒化前処理が必要となるが、パルソナイトSS処理では特殊な前処理を必要としない、低融点かつ酸化性

の高い塩浴を実現した。

3. パルソナイトSS処理の特長

以下に、パルソナイトSS処理により形成された処理層の特長を記載する。

3.1 表面硬さ、全窒化層深さ

パルソナイトSS処理前後の表面硬さを図1に示す。窒化処理後の表面硬さは600～700HVまで上昇し、全窒化層深さは10～12μmとなる。

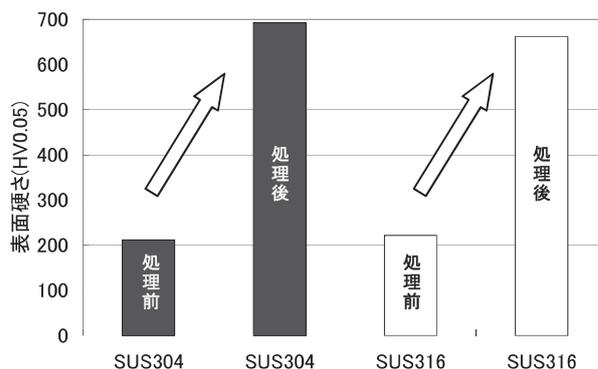


Fig. 1 Surface hardness before and after PALSONITE SS process.

3.2 断面硬さ

パルソナイトSS処理後の断面硬さを図2に示す。表面からの深さ10μmの部分の硬さは250～300HVとなる。

^{※(1)}加工事業本部 加工技術センター 係長

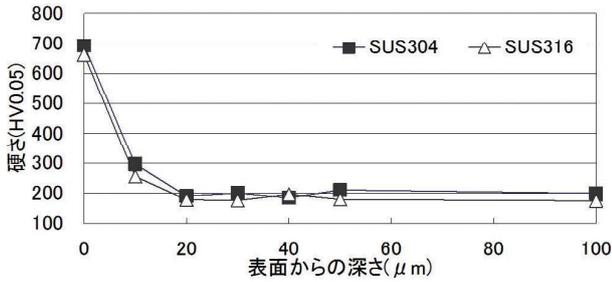


Fig. 2 Cross sectional hardness after PALSONITE SS process.

3.3 断面組織、外観

SUS304及びSUS316のパルソナイトSS処理後と、比較のためにイソナイト処理後の断面組織 (Marble試薬で腐食) を図3に示す。また、上記処理品の外観を写真1に示す。

パルソナイトSS処理の温度は430℃以下の低温としており、イソナイト処理の温度は570～580℃である。

図3-(a)及び(b)のように、パルソナイトSS処理後の窒化層表面に黒層は認められない。一方、図3-(c)及び(d)のように、イソナイト処理では表面にクロム窒化物からなる黒層が生成している。

SUS304のパルソナイトSS処理品の外観はイソナイト処理品よりやや黒みを帯びている。

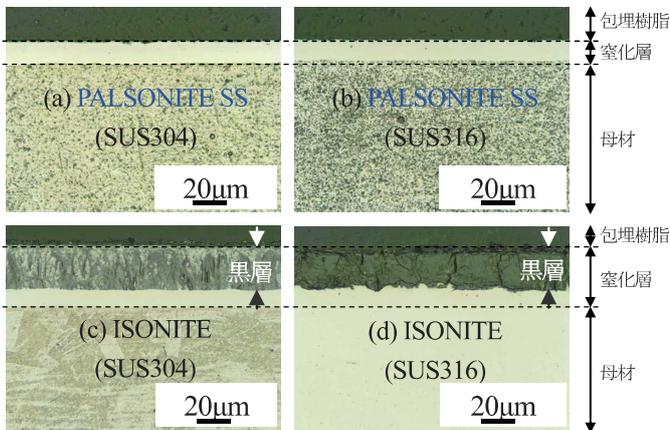


Fig. 3 Cross sectional structure, (a) SUS304 after PALSONITE SS process, (b) SUS316 after PALSONITE SS process, (c) SUS304 after ISONITE process and (d) SUS316 after ISONITE process.

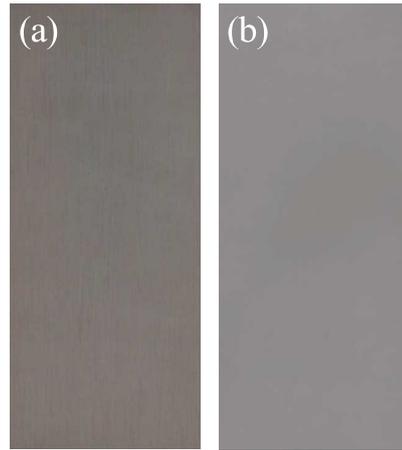


Photo 1 Surface appearance of SUS304, (a) PALSONITE SS process, (b) ISONITE process.

3.4 耐食性

SUS304のパルソナイトSS処理品及びイソナイト処理品のSST後外観を写真2に示す。

写真2-(a)のように、パルソナイトSS処理品は5900hまで錆の発生は無かった。一方、写真2-(b)のように、イソナイト処理品では僅か4hで錆が発生した。

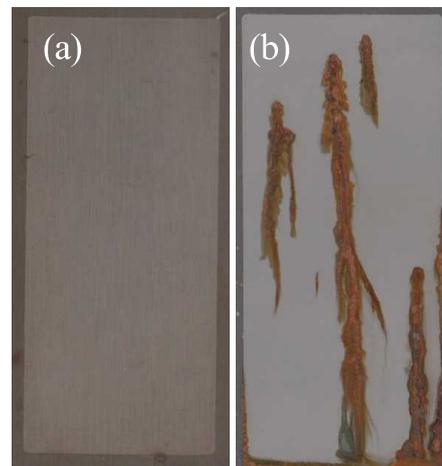


Photo 2 Surface appearance of SUS304, (a) PALSONITE SS process after 5900h of salt spray test, (b) ISONITE process after 4h of salt spray test.

3.5 分極曲線 (大気開放下)

SUS304のパルソナイトSS処理前後の分極曲線を図4に、アノード分極試験後の外観を写真3に、SUS304及びSUS316の窒化処理前後の表面粗さを表1に示す。

アノード分極の高電位側で未処理品よりパルソナイトSS処理品の方が電流密度の低い部分があることから、パルソナイト

SS処理により耐食性が向上することを示唆している。一方、パルソナイトSS処理品のカソード分極では未処理品より1~2桁高い電流密度となっている。これは、窒化により表面粗さRaが0.11 μm から0.17 μm になり表面積が増加したため、主として溶存酸素の還元反応に伴う現象で電流密度が増加したと推定される。

また、分極試験後の表面外観を見ると、未処理品には多数の孔食が見られたが、パルソナイトSS処理品には全く孔食が認められなかった。このことから、パルソナイトSS処理品は耐局部腐食性についても優れると考えられる。

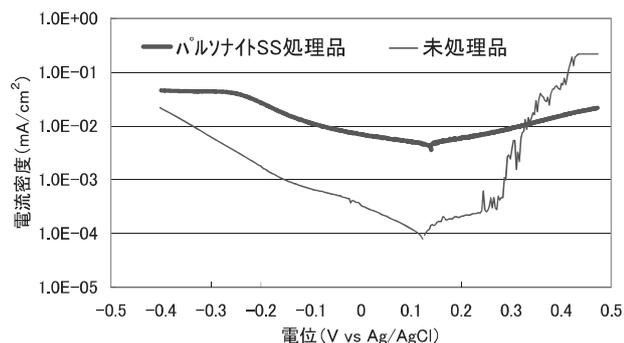


Fig. 4 Polarization curve of SUS304 in 3wt% NaCl solution before and after PALSONITE SS process.

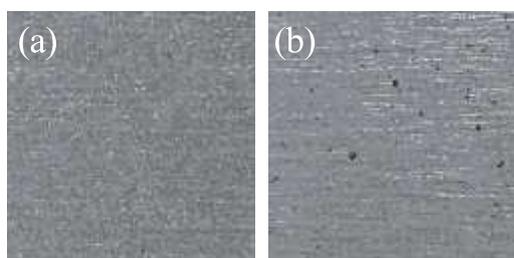


Photo 3 Surface appearance of SUS304 after anodic Polarization, (a) PALSONITE SS process, (b) untreated one.

Table 1 Surface roughness of SUS304 and SUS316 before and after PALSONITE SS process.

Ra (μm)	窒化処理前	窒化処理後
SUS304	0.11	0.17
SUS316	0.05	0.13

3.6 耐磨耗性(Ball on disk試験)

SUS304のパルソナイトSS処理品をディスクとして使用したボールオンディスク試験後の摺動痕の外観を写真4に、レーザー顕微鏡で測定した摺動痕断面の形状を図5に示す。ボールオンディスクの試験条件は、回転半径6mm、回転数500 rpm、荷重10N、摺動距離376.8m、相手材 ϕ 6mm SUJ2鋼球(焼入材)60HRCで、潤滑油として新日本石油精製(株)のスー

パーオイルN68を試験前に滴下した。

パルソナイトSS処理品には僅かなキズがあるだけで、断面形状からもほとんど磨耗していないことがわかる。

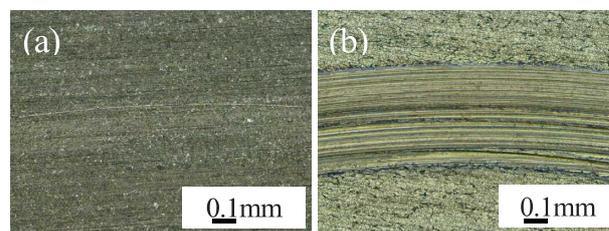


Photo 4 Surface appearance of SUS304 after ball on disk test, (a) PALSONITE SS process, (b) untreated one.

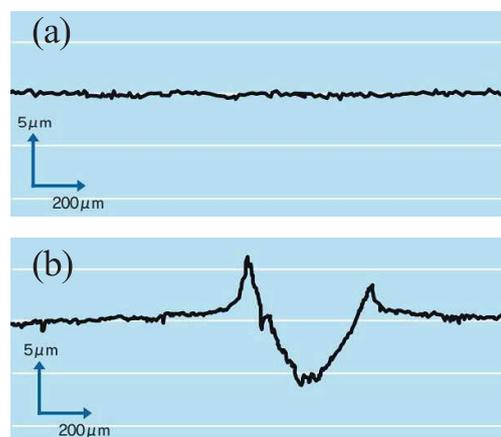


Fig. 5 Cross-sectional shape of SUS304 after ball on disk test, (a) PALSONITE SS process, (b) untreated one.

4. おわりに

これまで、オーステナイト系ステンレス鋼の耐食性を維持したまま表面硬化したいとの顧客ニーズを数多く受けてきたが、その要望に応える塩浴軟窒化技術「パルソナイトSS処理」を開発した。優れた温度均一性や製品への伝熱性など塩浴は他熱処理技術に無いユニークな長所を有しているが、その特長を有する本技術は他技術とは比較にならない高い品質安定性を有すると信じる。本技術が幅広く活用されることを期待したい。

参考文献

- 1) 榮川元雄, 上田順弘; 大阪府立産業技術総合研究所報告, 25(2011)
- 2) 東正文, 米山義康, 新川誠, 永楽宏; 日本パーカライジング技報, 12, 62(2000)
- 3) Insup Lee; *Journal of the Korean Physical Society*, 54, 3, 1131~1135(2009)