

長野工試 正○安澤 真一 長野工試 正 滝澤 秀一
 松山技研 (株) 野村 博郎 信州大院 奥中 啓之
 信州大 正 杉本 公一 信州大 正 小林 光征

1. 緒言

近年、ステンレス鋼に対する耐摩耗性、耐焼き付き性の改善を図るために、表面硬化処理の要望が高まっている。その中で、近年新たに開発されたガス浸硫窒化処理（以下N処理）は、ガス成分の濃度を変化させることができるため、生成層の制御や均一処理が可能であるうえ、処理時間が短く処理後の洗浄が不要で公害の恐れがないなどの優れた特徴を持っている¹⁾。しかし、以前に行った研究^{2), 3)}では、N処理は、Cr系ステンレス鋼に対しては最表面の硫化物層の固体潤滑作用⁴⁾により優れた耐摩耗性が得られたものの、Ni-Cr系ステンレス鋼については低速摩耗域を除いて耐摩耗性の向上が見られなかった。

そこで、本研究ではNi-Cr系ステンレス鋼SUS304について、現在主流となっている塩浴軟窒化処理の代替として、N処理を実用化することを目的とし、今回新たに浸硫と同時に浸炭を施すために、処理時の雰囲気ガス中にCO₂を加えたガス浸硫軟窒化処理（以下CN処理）を行った。また、N処理およびCN処理について処理時のH₂Sガス濃度を変化させ、それぞれの耐摩耗性、表面硬化組織を調査するとともに、塩浴軟窒化処理材との比較を行い、本処理の特徴ならびにこれら雰囲気ガスの効果を明らかにした。

2. 実験方法

供試鋼には、市販のSUS304鋼（φ16丸棒）を使用した。表1に供試鋼の化学組成を示す。これに固溶化熱処理を行った後、軸方向と平行に表裏2面をフライス加工および平面研削して、厚さ約12mmの摩耗試験片に仕上げた。この試験片を平面研削仕上げのままアセトンで脱脂洗浄し、N処理ならびにCN処理を施した。処理条件としては、処理温度を833K、処理時間を10時間とし、処理時のH₂Sガス濃度を200～1100ppmとした。

耐摩耗性の評価には大越式迅速摩耗試験機を用い、

Table 1 Chemical composition of SUS304 steel used (mass%).

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
0.05	0.34	1.75	0.35	0.22	8.27	18.84

乾燥状態で摩耗試験を行った。ロータリングには、SKD11調質材（81.6HRA）を用い、最終荷重31N、摩擦距離100m、摩擦速度0.07～4.73m/sで試験を行った。なお、比較のために塩浴軟窒化処理材、未処理材についても同様の試験を行った。

表面硬化層特性評価のために、光学顕微鏡による組織観察を腐食液に硝酸アルコール溶液を用いて行うとともに、X線回折測定によって表面層深さ方向の化合物の同定および超微小硬さ試験機による硬さ分布測定（試験荷重49mN）を行った。さらに、スクラッチ試験によって表面層の靱性の評価を行った。試験条件は、先端半径0.2mmのダイヤモンド圧子を用いて、試験荷重を0～100Nとして行った。これらの結果から、各処理の耐摩耗性、表面硬化特性と雰囲気ガスの効果について検討した。

3. 実験結果および考察

3. 1 耐摩耗特性

H₂Sガス濃度500ppmのN、CN両処理材と塩浴軟窒化処理材および未処理材の摩耗試験結果を図1に示す。N処理材では、耐摩耗性は低速域ではCN処理材および塩浴軟窒化処理材と比較しても非常に優れていたが、高速域では大幅に悪化した。また、H₂Sガス濃度800ppmのとき摩耗量が最小となった。

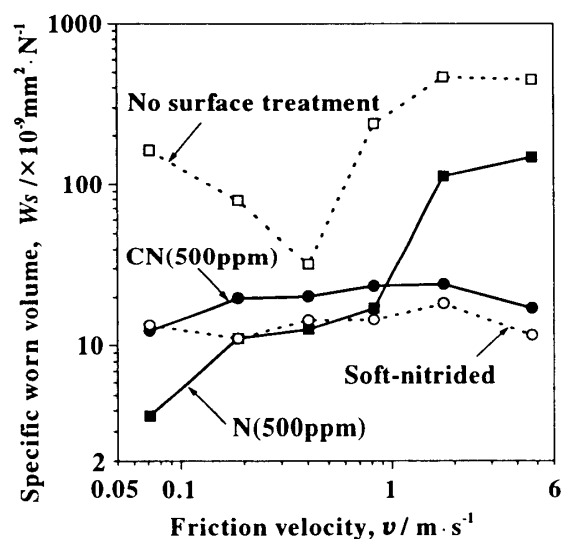


Fig. 1 Relationship between specific worn volume and friction velocity. Numeral in parenthesis represents H₂S concentration.

これに対し、CN 処理材では H_2S ガスの濃度変化の影響はほとんど認められず、耐摩耗性は低速域から高速域まで安定して優れ、塩浴軟窒化処理材とはほぼ同等であった。

3. 2 表面硬化層特性

図 2 に H_2S ガス濃度 500ppm の N および CN 両処理材の表面硬化層断面の光学顕微鏡写真を示す。X 線回折の結果から、N および CN 両処理材とも最表面から順に、FeS を主とする硫化物層、 Fe_2-4N を主とし Fe_3S_4 の硫化鉄などからなる硬い化合物層、さらに N を固溶した拡散層からなる。CN 処理材ではこの化合物層中に Cr_2C が確認されたが、N 処理材では確認されなかった。また、N 処理材の拡散層は比較的均一だが、CN 処理材の拡散層は N 処理材に比べて組織が粗いように見える。しかし、X 線回折では両処理材の拡散層に明確な差は確認できなかった。両者の組織の違いが耐摩耗性に与える影響については、現在さらに検討中である。

図 3 に H_2S ガス濃度 500ppm の N および CN 各処理材の表面硬化層の断面硬さ分布を示す。化合物層の硬さは CN 処理材の方がわずかに高いが、拡散層の硬さはほぼ同等である。また、 H_2S ガス濃度による硬さの変化はほとんど見られなかった。

一般に、拡散層の靱性は耐摩耗特性に影響を及ぼす²⁾。そこで、スクラッチ試験により N および CN 両処理材の靱性を評価した。その結果、 H_2S ガス濃度 200 ~ 500ppm では、N 処理材は比較的低荷重から小規模な割れが連続的に発生したのに対して、CN 処理材では低荷重では割れが発生せず、ある程度の荷重から貝殻状の大規模な剥離が発生した。800ppm では割れの発生する臨界荷重が低下したが、N 処理材の方がより低荷重から割れが発生している。これらのことから、N 処理材の方が CN 処理材よりも靱性が乏しいといえる。また、両処理材とも、 H_2S ガス濃度の増加により靱性が低下する傾向が顕著に見られた。以上のことから、N 処理に比べ CN 処理の方が耐摩耗性に優れていたものと考えられる。

4. 結言

1. N 処理材は、低速摩耗域では塩浴軟窒化処理材と比較して優れた耐摩耗性があったが、高速摩耗域では摩耗量が大幅に増加した。それに対して、CN 処理材は全ての速度域で塩浴軟窒化処理材と同等の良好な耐摩耗性を有していた。
2. CN 処理材の化合物層中には N 処理材には存在しない Cr_2C が確認され、硬さがわずかに高かった。また、両者の拡散層組織にも違いが見られた。
3. 硬化層の靱性は、CN 処理の方が N 処理より優れていた。また、N 処理では H_2S ガス濃度が増すにつれて、靱性は低下し、耐摩耗性も悪

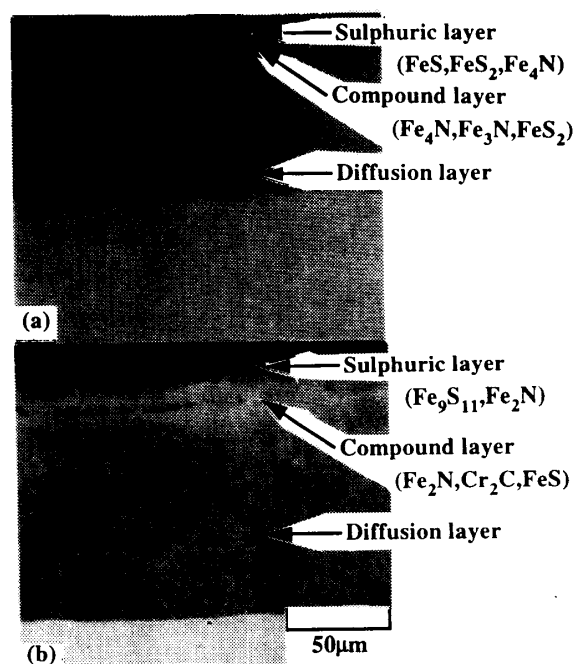


Fig. 2 Micrographs of cross section of specimens subjected to (a)N or (b)CN treatment.

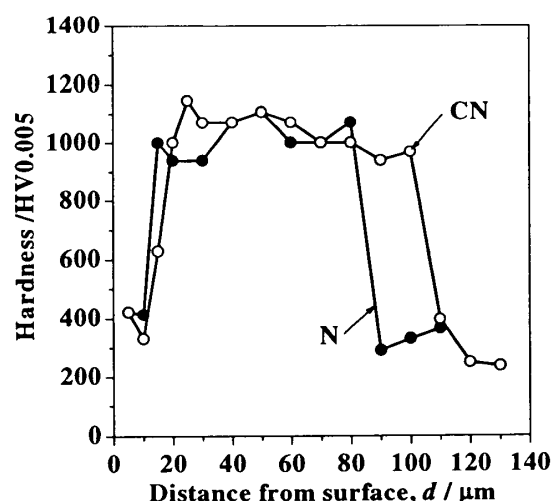


Fig. 3 Vickers hardness distribution in surface layer of specimens subjected to N or CN treatment.

化したが、CN 処理では耐摩耗性に対する H_2S ガス濃度の影響はほとんど無かった。

参考文献

1. 柊澤均, 熱処理, **36**, 383(1996)
2. 滝澤ほか, 長野県工業試験場研究報告, **16**, 37 (1997)
3. 奥中ほか, 日本機械学会創立 100 周年記念北陸信越支部記念式典・講演会・公開シンポジウム講演論文集, 85(1997)
4. 百瀬治, 内田莊祐, 熱処理, **25**, 89(1985)