131

## KSP 処理 SUS304 材の高サイクル疲労特性および疲労限度推定

電通大[院

## 1. 緒言

表面硬化処理は疲労強度を向上させるうえで有 効な手段である. なかでもショットピーニング処理 (SP 処理)は古くから研究され、近年になって多 様な材料に適用されるようになった 1)-4). また疲労 強度のさらなる向上を目指して, 従来よりもハード な条件で処理するハードショットピーニング処理 (HSP 処理) も行われるようになった <sup>577</sup>.

著者らはこれまで、オーステナイト系ステンレス 鋼 SUS316L に HSP 処理を施して疲労試験し、処理 の有効性と疲労特性に及ぼす HSP 処理の影響を詳 細に調査・検討してきた<sup>8-15)</sup>. しかし SUS316L は オーステナイト系でありながら加工誘起マルテン サイト変態を起こしにくいという特徴を持ち、これ までの研究でオーステナイト系ステンレス鋼の疲 労特性に対する HSP 処理の影響を完全に明らかに したとは言い難い. そこで本研究では, SUS316Lよ り一般的な SUS304 に HSP 処理を施し、表面近傍の 硬さや残留応力を調査し, SUS316L で提案した回転 曲げ疲労限度推定法を用いて疲労限度推定を行っ た. さらに高サイクル疲労試験を行って疲労限度推 定法の有効性を確認するとともに、SUS304 に対す る HSP 処理の有効性を検討した.

## 2. 供試材および実験方法

2.1 試験片 供試材はオーステナイト系ステンレ ス鋼 SUS304(溶体化処理材)で、組織写真を図 1 に,化学成分を表1に,そして機械的性質を表2に それぞれ示す. 組織は溶体化処理のままで, 平均結 晶粒径が約30µmである.これを図2に示す試験片 形状に機械加工後、表面をバフにより鏡面仕上げし て、加工層除去の目的で軽く電解研磨した.以後こ れを未処理材(n.p.材)と称する. さらに試験片平 行部に HSP 処理を施して HSP 材とした.

Table 1		Chemical composition.				wt%	
Material	C	Si	Mn	Р	S	Ni	Cr
SUS 304	0.05	0.36	1.51	0.037	0.026	8.07	18.7

1 aute 2 Micchanical propertie	Table	2 N	Mechan	ical pro	perties
--------------------------------	-------	-----	--------	----------	---------

· · ·					
Tensile	0.2% proof	Reduction of area			
strength	stress				
$σ_{B}$ , MPa	$\sigma_{0.2}$ , MPa	Φn %			
685.9	310	80.3			
	Tensile strength $\sigma_{B}$ , MPa 685.9	Tensile $0.2\%$ proofstrengthstress $\sigma_{\rm B}$ , MPa $\sigma_{0.2}$ , MPa685.9310			

え」	字	$\bigcirc$	收不	<b>清</b> 孝	電迪大	止	越智	保雄
					電通大	E	松村	隆

2.2 SP 条件 SP 処理条件はアークハイトが 0.6mmA なる HSP 処理である. 処理はエアブラスト 式 SP 処理装置を使用し, 噴射圧力 2kgf/cm<sup>2</sup> で HRC60の Steel-Gritを 200mmの距離から 30sec 噴射 して行った.また試験片を 20rpm で回転させること で均一な処理になるようにした.

2.3 実験方法 試験は小野式の回転曲げ疲労試験 機(2840rpm)を用い,発熱防止のため約20℃の純水 (pH.7.05)で冷却しながら行った.

## 3. 実験結果および考察

3.1 加工誘起マルテンサイト量 SUS304 は SP 処理によって加工誘起マルテンサイトを誘起する と思われる. そこでまず HSP 材表面近傍の加工誘 起マルテンサイト量の定量を行った. 測定には試作 した飽和磁気力測定装置を使用した.得られた HSP 材の表面近傍のマルテンサイト量を図3に示す.表 面から約 120um までマルテンサイトの加工誘起が 生じているが、その量はわずかである.



Fig.1 Microstructure of test specimen.







3.2 ×線測定 X線回折測定によって,表面から 深さ方向への各相の残留応力分布を調査した.X線 源にはCIKQを使用した」得られた残留応力分布を 図4に示す.HSP処理によってγ相に約600MPa,α 相に約900MPaの圧縮残留応力が付与されている. なおα相は約100µmまでしか測定できなかった. また半価幅分布を図5に示す.残留応力と同じくα 相の半価幅は約100µmまでしか測定できなかった. 先のマルテンサイト定量結果とあわせて,HSP処理 による加工誘起マルテンサイトの生成は約100µm の深さまでと考えられる.

3.3 硬さ分布測定 表面から深さ方向のビッカ ース硬さ試験結果を図 6 に示す. 図には著者らが SUS316L 材で得た γ 相(220)面の半価幅と硬さの関 係式を使い,半価幅分布を硬さ分布へ変換した値も 示した<sup>15)</sup>.両分布曲線がよく一致し,変換式は SUS304 にも適用可能である.

3.4 疲労限度推定 以上の結果を用い,著者らが SUS316L で提案した疲労限度推定方法に基づいて, SUS304 HSP 材の疲労限度の推定を行った<sup>15)</sup>.推定 はマルテンサイト組織が表面下約 100µm の層に 数%しか存在していない事を考慮し,オーステナイ ト組織の値を用いた.疲労限度の推定には,組織の 硬さと引張強さの関係が必要である<sup>15)</sup>.そこでまず SUS304 材で引張試験を行い,硬さと引張強さの関 係を調査した.得られた関係式を式(1)に示す.



Fig.4 Distribution of the residual stress.



この式(1)と残留応力分布,硬さ分布を用いて,著 者らが SUS316L で提案した疲労限度推定法で推定を 行った<sup>15)</sup>.得られた疲労限度分布曲線と回転曲げ疲 労試験の負荷応力勾配を図7に示す.図7より HSP 材の疲労限度は約480MPaと推測される.

3.5 疲労試験結果 疲労限度が約 480MPa となる 推定結果をもとに疲労試験を行った.疲労試験結果 を図 8 に示す. HSP 材の疲労強度は未処理材(約 310MPa)より大幅に向上して約 480MPa で,疲労限 度推定値とほぼ一致した.また疲労起点は SEM 観 察の結果,内部起点であった.この結果から,著者 らの提案した疲労限度推定は SUS304 に対しても有 効である事が明らかとなった.



Fig.6 Distribution of the Vickers hardness.





(1)