

SUP9の疲労強度に及ぼすショットピーニング条件の影響*

正 長谷川典彦 (岐阜大地域) *¹, 〇学 池田昌秀 (岐阜大学大学院) *²
正 渡邊吉弘 (東洋製鋼) *³, 服部兼久 (東洋製鋼) *⁴

Effect of shot peening condition on fatigue strength of SUP9*

Norihiko HASEGAWA *¹ and Masahide IKEDA *² and
Yoshihiro WATANABE *³ and Kanehisa HATTORI *⁴

*¹ *² Gifu University

*³ *⁴ TOYO SEIKO CO.,LTD

1. 結 言

近年の環境問題に代表されるように、産業界では軽量、高強度化による省エネルギー化が強く求められている。その中で、表面改質、高強度化の手段の一手段としてショットピーニング処理は材料依存性がなく、他の加工技術と比較して安価で疲労強度の向上が図れる点でメリットが大きく、多岐にわたって使用されている。

そこで、本研究では、疲労強度に及ぼすショットピーニング条件の影響を調べるため、SUP9材を用いて回転曲げ疲労試験を実施した。投射材粒径の影響および2段ショットピーニングの効果について、有限寿命領域における疲労寿命分布から評価した。

2. 実 験 方 法

供試材料はSUP9であり、材料の化学成分を表1に示す。図1に示すように、試験片は最小断面部直径が4.0mmの砂時計型試験片(弾性応力集中係数 $K_t=1.06$)であり、焼入れ(850℃×30min, 油冷), 焼戻し(440℃×60min 空冷)の調質処理を施した。熱処理後の試験片硬さはHV532である。

ショットピーニング加工はインペラー式投射装置を用いて行った。ショット粒には、表2に示す粒度の異なる2種類のラウンドカットワイヤーを使用した。ショットピーニングは、表3に示す4条件で処理され、ショットピーニング未処理材(NP)と合わせて疲労試験に供した。ここで、S087とS045は粒径の違う1段のショットピーニングである。そして、WSPは粒径を変更した、よく用いられる2段のショットピーニングである。W40については、同じ粒径を使いWSPの時と同等の効果を得ることを目的として、粒径を変えずに流速を

変えた2段ショットピーニングを行った。

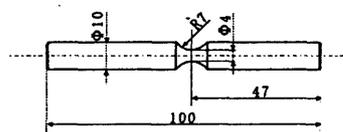


Fig. 1 Shape and dimensions of specimen

Table 1 Chemical composition (mass%)

SUP9N	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
	0.58	0.24	0.84	0.019	0.02	0.01	0.02	0.85

Table 2 Shot media

Type	Name	Hardness (HV)	Diameter (mm)
Rounded cut wire	RCW087PH	560	0.87
	RCW045PH	613	0.45

Table 3 Shot-peening conditions

Condition	Shot media	Velocity (m/s)	Time (min)	Volume (kg/min)	Arc height (mmA)
S087	RCW087PH	70	3.5	60	0.47
S045	RCW045PH	70	1.5	60	0.24
WSP	· First RCW087PH	70	3.5	60	0.47
	· Second RCW045PH	70	1.5	60	0.24
W40	· First RCW087PH	70	3.5	60	0.47
	· Second RCW087PH	40	5	90	0.34

3. 実験結果及び考察

ショットピーニング前後の残留応力分布を図2に示す。NPおよび各ショットピーニング処理材のS-N曲線を図3に示す。疲労破壊の起点は総て表面である。各S-N曲線は 10^6 回付近で鋭い折れ曲がり呈している。 $N_f=10^7$ における疲労強度を疲労限度とすると、NPの疲労限度600MPaに対し総てのショットピーニング条件

で疲労限度が向上したが、各ショットピーニング条件の疲労限度に有意な差は認められなかった。これは、S045を除く3条件では残留応力分布に大きな差が認められなかったことによる。また、表面直下100 μm までは他の3種類と同様の残留応力分布を示すS045が同等の疲労限度を有することは、破壊起点が総て表面である事と考え合わせると、表面き裂進展を抑制するための圧縮残留応力は内部よりも表面近傍がより重要であることを示している。

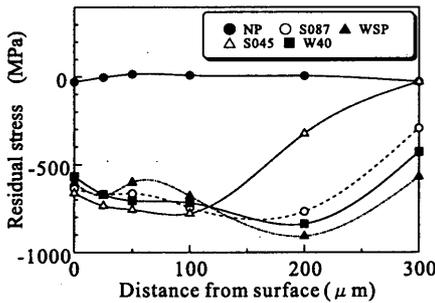


Fig. 2 Distributions of residual stress

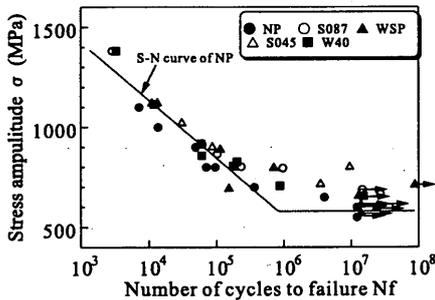


Fig. 3 S-N curves of SUP9

ショットピーニング条件の影響を評価するため、有限寿命域における疲労寿命分布を調べた。応力振幅800MPaにおける疲労寿命の分布特性を各10本の試験片を用いて調査した。図4は疲労寿命分布をWeibull確率紙上にプロットしたP-Nf線図である。WSPはS087とばらつきは同等であるが疲労寿命が改善されており、2段ショットピーニングが有効であることが分かる。S045はS087に比べばらつきが大きく、浅い残留応力分布とばらつきの関連が示唆される。W40はS087に比べ疲労寿命の改善が認められたが、ばらつきは大きくなった。表4からもわかるように、W40は本研究におけるショットピーニング条件の中で最も面粗さが小さい値となり、疲労寿命改善の一因と考えられる。一方、2段目のショットは同一粒径を低速で投

射するため1段目の粗さの凹成分がそのまま残りやすく、その場合には疲労寿命には影響せず、図4に示すような大きなばらつきを生ずる要因となったものと推察される。

Table 4 Surface roughness values

	Ra(μm)	Rmax(μm)	Rz(μm)
S087	3.5	32.3	22.4
S045	2.9	22.9	17.9
WSP	3.4	27.5	17.4
W40	2.9	23.7	17.2

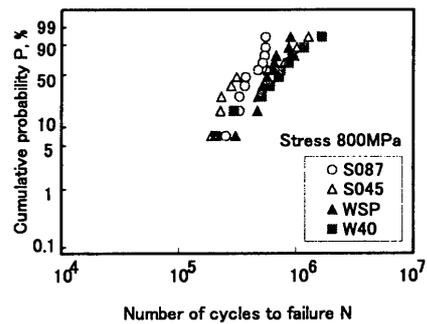


Fig. 4 Fatigue life distributions plotted on weibull probability paper

前述のように、NP材と比べると諸条件によるショットピーニングの疲労強度が向上した。き裂の発生はすべて表面からであり、本研究のショットピーニングの条件では、表面の加工硬化による影響よりも、表面の残留応力の増大よりも切欠効果の影響が大きかったことによると考えられる。

疲労寿命分布については、二段目のショットによってあらさが向上したことにより、材料の疲労寿命が向上した。また、二段目の条件によってW40は疲労寿命が低下したが、条件の変更によって一段目の粗さの凹成分を消す方向に持っていければ、より高い疲労寿命が期待できる。

4. 結 言

本研究のSUP9では、ショットピーニングによる残留応力の違いに比べ、ピーニング痕による粗さの影響が大きい。また、同種のショット粒を用いて、速度のみを変化させた二段ショットピーニング(W40)が従来の二段ショットピーニングと遜色ない結果を得られたことは、ショット粒を変えることによる手間や、違う種類のショットを必要としないことによる原価低減の向上を考えると、有効であると考えられる。(参考文献省略)