

## 極低温領域における残留応力分布その場観察測定

In-situ Observation of Residual Stress Distribution in Cryogenic Temperature

秋田貢一<sup>1)</sup> 小野嘉則<sup>2)</sup> 菫蒲敬久<sup>3)</sup> 宮下大輔<sup>1)</sup>  
 Koichi AKITA Yoshinori ONO Takahisa SHOBU Daisuke MIYASHITA

<sup>1)</sup> 武蔵工業大学 <sup>2)</sup> 物質・材料研究機構 <sup>3)</sup> 原子力機構

高エネルギー放射光を用いて、ニッケル基超合金の表面層内残留応力分布を室温および 155K から 5 K までの極低温領域において測定した。その結果、極低温領域において残留応力の温度依存性を見出した。表面近傍の圧縮残留応力は温度低下とともに増加した。

**キーワード**：ロケットエンジン，極低温，ニッケル基超合金，疲労，残留応力，温度依存性

### 1. 目的

ロケットエンジンのターボポンプは液体水素温度（20 K）あるいは液体酸素（90 K）に曝されるため、極低温下における構造材料の強度特性評価は重要である。これまでに、疲労破壊起点が室温では表面であるのに対し、極低温下では内部起点となることが数種の構造材料において確認されている<sup>1)</sup>。この原因を解明するためには、低温領域において残留応力に温度依存性が存在するか否かを明らかにする必要がある。本研究では、高エネルギー放射光を用いて室温から 5 K までの数段階の温度における表面層内の残留応力分布を測定し、残留応力の温度依存性を検討するとともに、疲労特性に及ぼす残留応力の影響の解明を試みる。

### 2. 方法

供試材は、ショットピーニングおよびエメリー研磨を施して表面層に圧縮残留応力を導入したニッケル基超合金 Alloy718（20×20×15 mm<sup>3</sup>）とした。BL22XU の水平タイプゴニオメータに、4K まで冷却可能な冷凍機を設置し、エネルギー 68.7 keV の高エネルギー放射光を用いて Ni311 回折のピークシフトを測定した。ひずみスキニング法により、試験片表面から深さ 200 μm までの試験片表面層内のひずみ分布を深さ分解能 50 μm で測定した。温度は室温から 5 K までの数段階とした。

### 3. 研究成果

ショットピーニング試験片における各温度の表面下残留応力分布を Fig. 1 に示す。表面層内の圧縮残留応力は、温度低下とともに明らかに増大し、室温で約 1100 MPa の表面圧縮残留応力が、5 K では約 1400 MPa と 20% 以上増加した。なお、エメリー研磨試験片でも同様の傾向が見られた。

### 4. 結論

本実験により、表面近傍の圧縮残留応力が温度低下とともに増加することを見出した。また、このことから、疲労き裂発生位置が室温と極低温とで異なる原因を説明出来た。

### 5. 引用文献

1) 小野嘉則, 緒形俊夫, 松岡三郎, 沖田耕一, H-IIA ロケットエンジン用材料の極低温高サイクル疲労特性, 日本航空宇宙学会誌, 54 (2006), pp. 259-265.

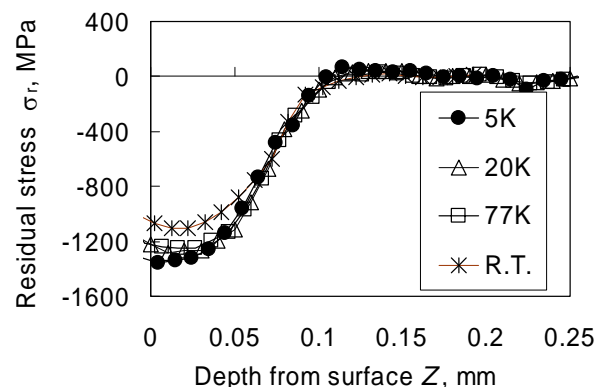


Fig.1 Residual stress distributions on shot-peened sample.