

Q

低サイクル熱疲労において、温度とひずみの時間履歴は疲労寿命に影響しますか。

参照 QNo.: FA-24

A

高温で時間依存のクリープ変形が顕著となる低サイクル熱疲労の場合は、温度とひずみの時間履歴(位相の違い)が疲労寿命に影響する。温度の変動に追従してひずみは変動するから、温度とひずみの時間履歴は一致する。位相の違いとは、最高温度時に最大ひずみ(引張)となる場合を同位相、最高温度時に最小ひずみ(圧縮)となる場合を逆位相としている。熱応力(熱ひずみ)は変形の拘束によって生じ、温度勾配がある場合と、異材接合の場合には正負のひずみが分布する(自己平衡)。したがって、逆位相の場合が一般的であるが、同位相の場合もある。

高サイクル熱疲労寿命は、一定温度の高温高サイクル疲労寿命から予測できる。しかし、低サイクル熱疲労寿命は、一定温度の高温低サイクル疲労寿命から予測できない。同一全ひずみ範囲での試験結果を比較した場合、一般に低サイクル熱疲労寿命は一定温度の高温低サイクル疲労寿命より短い。また、同位相の場合の疲労寿命は、逆位相の場合の疲労寿命よりも短い。

高温低サイクル疲労の場合、最大ひずみ(引張)保持中に応力が低下し(クリープひずみによる応力のリラクゼーション)、疲労の寿命が低下する。また、ひずみ波形(鋸歯状ひずみ波形の負荷過程と除荷過程)とひずみ速度の影響があり、負荷のひずみ速度が低い場合に、疲労寿命は低下する。これがクリープ-疲労の相互作用である。

低サイクル熱疲労の場合、ひずみ波形は温度変化を伴い、ひずみ速度は低い。同位相の場合には、最大ひずみ(引張)の負荷が昇温過程でクリープひずみの寄与が大きく、疲労寿命の低下が著しくなる。逆位相の場合は、最大ひずみ(引張)の負荷が降温過程でクリープひずみの寄与は小さく、疲労寿命の低下は著しくない。

したがって、低サイクル熱疲労寿命は、ひずみ波形とひずみ速度を解析すれば、一定温度の高温低サイクル寿命の結果から予測できる。