

Q

金属材料はなぜ疲労が起きるのでしょうか。

参照 QNo. :FA-12, FA-13, FA-23, FA-25

A

疲労の本質は塑性変形の繰返しであり、程度の差はあれ、金属材料は塑性変形が生じることから疲労が起きる。塑性変形が材料全体に及ぶような大きな荷重の場合はもとより、材料全体は弾性変形であっても、特定の結晶粒に微視的な塑性変形が生じる場合にも、疲労は起きる。すなわち、材料が静的に塑性変形して破壊する荷重よりもはるかに小さな荷重で、塑性変形が繰返されることにより疲労が起きるのである。

金属材料の疲労過程は、き裂の発生、進展および最終破壊の3段階に分けることができる。疲労き裂の発生は、一般に材料表面で生じる。塑性変形は、材料を構成する結晶粒に「すべり」が生じることである。材料表面に位置する結晶粒の「すべり」は、材料表面に微細な段差を形成する。荷重が繰返される場合は、この段差が材料表面で微視的な凹凸の形状(intrusion, extrusion)となり、「すべり面分離」のメカニズムによってき裂が発生する。き裂発生過程は、荷重の大きさによって異なるが、材料表面からの深さが1結晶粒から数結晶粒の範囲に及ぶ。なお、材料内部の空孔と介在物も、広義では材料の表面であり、き裂発生起点となる。

疲労き裂の進展もまた塑性変形(すべり)によって生じる。荷重の繰返しによってき裂先端ですべりが生じて、き裂先端の開口(鈍化)と閉口(再鋭化)が繰返される。この繰返しの過程でき裂は進展する。き裂が進展して、荷重を負担する面積が小さくなると、やがては最終破壊に至る。

冒頭に述べたように、金属材料は塑性変形が生じるから、疲労の可能性は避けられない。したがって、荷重による応力を疲労限度以下に制限するか、使用期間の繰返し数を疲労寿命以下に制限し、疲労を防止することが重要である。