

Q

疲労強度に及ぼす表面状態の影響を教えてください。

参照 QNo.: FA-03, FA-15

A

部材は、素材(鋳造材、鍛造材、圧延材、熱処理材など)から製作する。素材の表面状態は、鋳造材の鑄肌(いはだ)に代表されるように、いわゆる黒皮が付着している。黒皮の表面状態では、疲労強度は確保できない(疲労強度の低下以前に、信頼性がない)。そこで、通常は部材の製作時に、機械加工により黒皮を削除する。以下では、機械加工の表面状態と、その後の表面仕上げの表面状態を取り上げる。機械加工は旋削、平削り、フライス加工などである。表面仕上げはエメリー紙研磨、電解研磨などである。

最初に、機械加工の表面状態を取り上げる。機械加工は切削であるが、本質的には塑性変形である。したがって、表面に機械加工層が形成される。この機械加工層が疲労強度に影響を及ぼす。疲労強度に影響を及ぼす機械加工層の因子は、以下の三つに分類できる。

- ① 表面粗さ
- ② 硬さ分布
- ③ 残留応力分布

三つの因子の影響を分離して、機械加工層がある場合の疲労強度を母材(機械加工層の直下)の疲労強度と比較して、以下に示す。①表面粗さの影響は切欠きによる応力集中の効果であり、表面粗さの増大に伴い疲労強度は低下する。引張強さが高い(硬さが高い)材料の場合に、疲労強度の低下は著しくなる(切欠き感度係数が高い)。機械加工層がある場合、意図的に表面硬化処理を施工する場合と同様に、機械加工層の硬さは母材よりも高い分布となり、残留応力は機械加工層で圧縮、母材で引張りの分布となる。したがって、②硬さ分布と③残留応力分布の影響は、①表面粗さの影響とは逆に、疲労強度を向上させる。以上の三つの因子の影響を総合すれば、引張強さが高い(硬さが高い)材料の場合にのみ、疲労強度に及ぼす表面粗さの影響を定量的に評価する必要がある。引張強さが高い材料は①の影響が大きく(切欠き感度係数が高く)、②と③の影響は小さい(加工硬化が著しくない)。

文献(1)の図 13 では、疲労強度に影響を及ぼす表面粗さ(JIS B 0601 による)を $3.2 \mu m R_z$ 以上とし、高強度材料(高強度低合金鋼, SUS630 系ステンレス鋼, インコネル 718)の場合に、応力集中係数と表面粗さ($\mu m R_z$)の関係を示している。表面粗さ $70 \mu m R_z$ の応力集中係数は、1.3 となる。また、文献(2)の図 1・6 では、強度の異なる鋼の疲労試験の結果として、切欠き係数と表面粗さの関係を示している。

次に、機械加工の後の表面仕上げの表面状態を取り上げる。表面仕上げで機械加工層の表面薄層を除去すれば、表面は平滑となり、疲労強度は向上する。しかし、機械加工層を大きく除去すれば、疲労強度は低下する。機械加工の後の表面仕上げは、表面粗さの軽減に留める必要がある。

疲労強度に影響を及ぼす表面粗さの目安は、上述した $3.2\mu mRz$ 以上である。

研削加工、グラインダー仕上げは、上記の機械加工、表面仕上げと異なり、加工による発熱という問題を伴う。加工条件により加工層の硬さが低くなる場合と、残留応力が引張りとなる場合があり、疲労強度の低下を招く。グラインダー仕上げは、溶接継手の形状整形に用いられる。この場合には、溶接継手表面層の硬さ分布と残留応力分布が再配分することになる。さらに、グラインダー仕上げの場合には、表面粗さ(表面凹凸)よりも小さな尺度で、加工傷(割れ)が発生し、疲労き裂の起点となる。これらの因子は、いずれも疲労強度の低下を招く。また、グラインダー仕上げの方向が疲労強度の異方性を引き起こす原因となる。グラインダー仕上げの場合には、このような疲労強度に及ぼす因子の影響に留意する必要がある。

[参考文献]

- (1) 超高压ガス設備に関する基準, KHKS 0220, p. 38, 高压ガス保安協会, (2010).
- (2) 金属材料 疲労強度の設計資料 II, 改訂第2版, p. 5, 日本機械学会, (1984).