

342 輪郭焼入れ歯車の曲げ疲労強度とその破面観察

龍谷大学 正 堀川 武
 龍谷大学〔院〕学○河原 仁
 高周波熱錬(株) 三阪 佳孝

龍谷大学 正 中村 宏
 高周波熱錬(株)正 川崎 一博

1. はじめに

疲労強度を向上させる一方法として輪郭焼入れ処理が近年になり開発され、処理時間が短く、複雑な形状にも均一な表面硬化層が得られることから歯車への応用が進められている¹⁾。本研究では、S45C 材平歯車の輪郭焼入れ前組織を焼入れ焼戻し(調質、HV280)の場合と、フェライト+パーライト組織(F+P, F 面積率 10%, HV235)の場合の疲労強度を比較するとともに、浸炭焼入れ歯車、一般的な高周波焼入れ歯車(F+P)との比較を行い、輪郭焼入れ歯車の疲労強度に関する優位性について実験的に検討した。さらに、電子顕微鏡(SEM)による破面観察を行い、曲げによる歯車の損傷形態についてもフラクトグラフィ的に検討した²⁾。

2. 実験方法

2.1 供試歯車 供試歯車はモジュール 3、歯数 40、ピッチ円直径 120mm の平歯車であり、諸元を表 1 に示す。供試材として輪郭焼入れ歯車には S45C 材を、浸炭焼入れ歯車には SCM420 材を使用した。その化学成分を表 2 に示す。

2.2 硬さ分布 歯底部分の深さ方向の硬さ分布を図 1 に示す。硬さはマイクロビッカース硬さ計を用いて、測定荷重は 29.4N で行った。輪郭焼入れ歯車では加熱時間が 0.2 秒と極短時間なため熱移動が少なく、表面硬化層の部分で急激な硬さ変化を示している。

Table I. Gear specification

Cutter	JIS basic rack
Module <i>m</i>	3
Number of teeth	40
Pressure angle [deg]	20
Face width [mm]	20
Tip diameter [mm]	126

Table II. Chemical composition of material

Material	×100wt. %						
	C	Si	Mn	Cr	Mo	P	S
S45C	46	19	64	—	—	2.0	1.9
SCM420	20	20	69	105	15	3.1	2.1

2.2 静的曲げ試験 静的曲げ試験には疲労試験と同様の試験装置を用い、速度 1mm/min の位置制御で行った。また荷重およびたわみはプロッターを用いて記録した。

2.3 疲労試験 電気油圧サーボ式疲労試験機を用い、一定振幅曲げ疲労試験を行った。治具を用い 14 枚またいだ 2 枚の歯の歯先から 0.9mm 内側に負荷し、繰返し周波数 2 ないしは 10Hz とした。

3. 実験結果

3.1 静的曲げ試験結果 応力-たわみ線図を図 2 に示す。静的曲げ強度は F+P 組織の輪郭焼入れ歯車(S45C CHI F+P)が約 2260MPa、焼入れ焼戻し後輪郭焼入れ歯車(S45C CHI QT)が 2450MPa、浸炭焼入れ歯車(SCM420 CS)が約 2560MPa、一般高周波焼入れ歯車(S45C HI)が約 2070MPa であった。

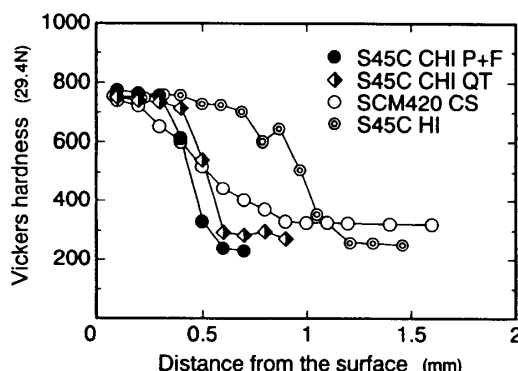


Fig.1 Vickers hardness distribution

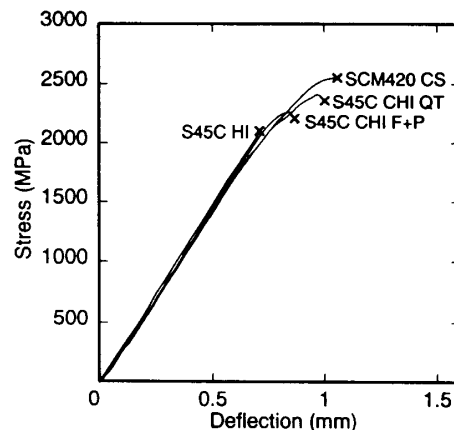


Fig.2 Bending stress-deformation curves under static loading

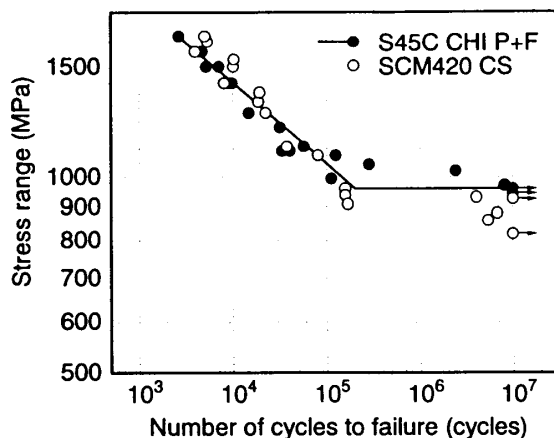


Fig.3 S-N Curves for S45C CHI and SCM420 CS gears

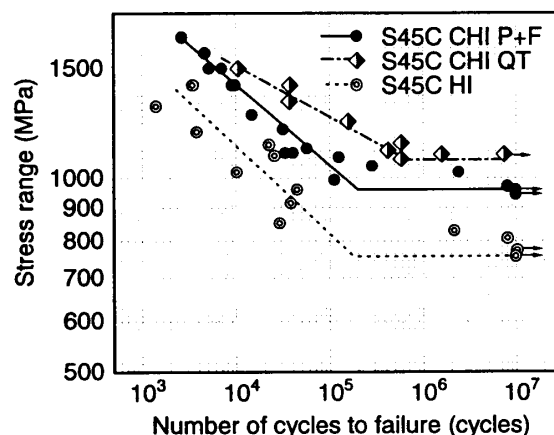


Fig.4 S-N Curves for S45C CHI F+P and S45C HI and S45C CHI QT gears

3.2 S-N線図 図3にF+P輪郭焼入れ歯車及び浸炭焼入れ歯車(SCM420)の疲労試験結果を示す。疲労限はF+P輪郭焼入れ歯車で約960MPa、浸炭焼入れ歯車で約835MPaである。なお、浸炭処理歯車は疲労限度近くの応力では、ばらつきが大きく出ている。

図4にF+P輪郭焼入れ歯車、QT輪郭焼入れ歯車、一般高周波焼入れ歯車の疲労試験結果を示す。QT輪郭焼入れ歯車の疲労強度は約1075MPaであり、F+P輪郭焼入れ歯車より115MPa高い疲労限度を示した。一般高周波焼入れ歯車の疲労限度は約775MPaとF+P輪郭焼入れ歯車の約80%であった。また、高周波焼入れ歯車のS-N曲線は時間強度域で比較的大きなばらつきが見られる。

4. 破面観察結果

図5にF+P輪郭焼入れ歯車の疲労き裂発生部の拡大像を示す。図5(a)は疲労限度直上で破断したものである。Stage Iき裂にあたるき裂発生点が認められ、歯車表面からの疲労破壊となっている。

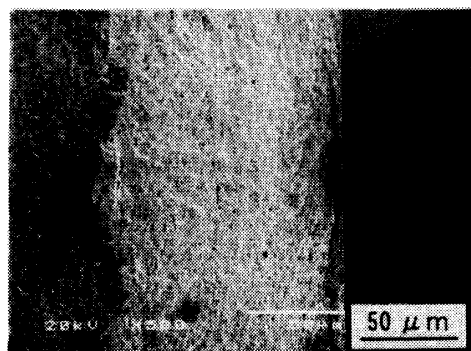


Fig.5(a) Initiation point and propagation area

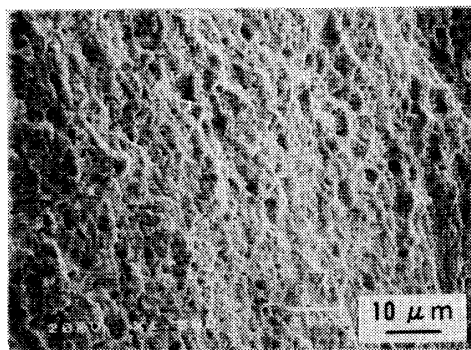


Fig.5(b) Magnification of hardened layer of (a)

図5(b)はき裂が約100μm進展した領域の破面である。ここでは、写真右から左方向へき裂の進展と共に波状のマークが進行していることが確認できる。

5. 結言

輪郭焼入れを施した平歯車(S45C材)の疲労強度特性を調べるために曲げ疲労試験を行うとともに、その損傷形態を観察することによりフラクトグラフィ的な検討を加えた結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) フェライト+パーライト組織の輪郭焼入れ歯車の曲げ疲労限度が約960MPaであるのに対し調質後輪郭焼入れした歯車の疲労限度は約1075MPaであり、前者の輪郭焼入れ歯車より約115MPa高い値を示す。
- 2) 一般高周波焼入れ歯車の疲労強度は時間強度部分で比較的大きなばらつきが見られた。
- 3) 疲労破面の電子顕微鏡観察によりStage I型き裂にあたるき裂発生点が認められ、その破壊形態は表面破壊型である。

参考文献

1. Y.Misaka,K.Kawasaki,etal;SAE Technical Paper Series 970971
2. 堀川 武, 中村 広, 川寄 一博, 三阪 佳孝, 日本材料学会第23回疲労シンポジウム前刷集, 197(1996)