

669.14.018.85:621.165-253:669.15'26'28'292-194  
:539.434

S 586

(254)

Cr-Mo-V ロータ材の低サイクル疲労について

70254

東京芝浦電気KK タービン開発部 工博 吉田 宏

○帆 足 純

1 緒 言：近年大容量蒸気タービンが電力需要調整用として運転される傾向があり、高中圧ロータの低サイクル疲労が問題となっている。筆者らは Cr-Mo-V ロータ材の熱疲労試験の結果から1回の起動停止によるロータ材の低サイクル寿命指数を求める線図を作成してこの指数が100に近づいているタービンに低サイクル疲労によるクラック発生を予想していたが、本年3月我が国の大型蒸気タービンでははじめてと思われるクラック発生を経験した。本報はこのロータについての調査とロータ材の熱疲労試験およびラプチャー試験との対比について報告する。

2 方 法：クラックの発生したロータについて、非破壊検査によるクラック分布調査、光顕組織の観察、2段レプリカ、カーボン抽出レプリカによる炭化物の観察およびシヨア硬度計によるカタサ測定を行なった。また熱疲労試験は中空円筒試験片に直接通電して加熱する方式によった。試験片の平行部は50mm、肉厚は1mmのものを使用し、見かけの歪は温度分布が比較的均一な中央の15mmの部分に白金の標線をつけてその変位を測微顕微鏡で測定した。

3 結 果：クラックの発生したロータは、主蒸気温度538℃、125MWタービンの高中圧ロータ（径24インチ）で、運転時間37,000時間、起動停止回数883回の履歴がある。クラックの発生位置は高圧1~7段、中段2~4段のヒートグループおよびグランドラビリンスグループの溝底で、最大深さは1.5~2.0mmであった。クラック近傍の顕微鏡組織をプラスチックフィルムに転写して観察したが、組織は初析フェライトを含む正常なペーナイト組織で変化は認められなかった。次に炭化物の電顕観察を行なったが、粒界に炭化物の凝集が認められ、特に粒界の3重点には粗大化した炭化物が認められた。クラック発生部近傍のカタサはHs 31.0でロータ使用前のカタサ37.0に対し約60%のカタサ低下が認められた。そこでこのカタサ低下と同材質ロータ材のクリーブ破断試験における破断試験片のカタサ変化と比較した。すなわちクリーブ破断試験後のカタサと試験前のカタサの差（カタサ低下）を Larson-Miller パラメータ  $T(20 + \log t)$  ( $T: ^\circ R$ ,  $t: \text{hr}$ ) で整理し、前述のクラックの発生したロータの使用履歴（538℃、37,000時間）に相当するパラメータ  $P=359$  に対応するカタサ低下を求めると Hs 3.0 となる。つまり単なるクリーブ条件下におけるカタサ低下に比べて低サイクル疲労によるカタサ低下の方が遙かに大きいことがわかった。低サイクル疲労によって著しい軟化が起るのは、高温度で繰返し歪振幅が与えられると炭化物の凝集粗大化が促進され、従って析出物粒子間の距離が増大するためと考えられる。S. Yukawa (1) は、低サイクル疲労による軟化、いわゆる Cyclic Softening は、材料の強化に寄与している炭化物が繰返し歪により再溶解するためであると報告しているが、筆者らはこの現象を未だ確認していない。

次にこのタービンの起動停止の際の温度変化状況を調べると、130℃の温度変化幅を200℃/hrで変化させていたことがわかり、この条件下でヒートグループ（応力集中係数3.65）に与えられる歪振幅とクラックが発見された時点で起動停止回数（883回）とは、同じ Cr-Mo-V 鋼ロータ材の熱疲労試験結果と比較的よく一致した。

S. Yukawa, "Selection of steels for steady and cyclic service at high temperatures" Fourth Steel Congress, European Coal and ~~and~~ Steel Community, Luxembourg, July 9-11, 1968