

火力発電設備に係る蒸気タービン鑄造弁の余寿命評価手法の開発

クリープ損傷評価手法およびき裂進展評価手法の確立

Development of remaining life assessment on main steam valve of thermal power facility

Establishment of management method to evaluate creep failure and clack propagation.

(火力部 運営G)

火力発電設備の主要弁の余寿命管理は、運転時間や起動停止回数と寿命消費との相関にばらつきが大きく、余寿命精度向上が課題となっている。また、現状、蒸気タービン設備の設備寿命は、「き裂の発生」とされており、今後更なるコストダウンの達成を目指すためには、き裂発生後のき裂進展を管理する手法の開発が望まれる。そこで、実機経年鑄鋼材を用いて破壊試験を行い、よりの確な余寿命評価手法の確立に向けた研究を実施した。

(Operations & Maintenance Section, Thermal Power Department, Generation Division)

Reliability of thermal power facilities is secured by remaining life assessment. However, the remaining life assessment of casting alloy is room for improvements of the accuracy compared with that of forged alloy such as steam turbine rotor. Furthermore, life of the steam turbine facilities is limited before crack initiation. We have newly obtained experimental data for remaining life assessment by the creep and the crack propagation testing of aged material.

1 背景

火力発電設備等の高温高圧部で使用されている部材は、クリープ損傷等が発生するため余寿命管理を実施している。蒸気タービンロータは、運転時間や起動停止回数と寿命消費との相関が高いのに対し、主要弁等の鑄鋼材の余寿命評価は、ロータと比較してばらつきが大きいことが分かっており、余寿命評価精度向上が課題となっている。

また、信頼度を維持しつつコストダウンを推進するためには、鑄造弁のような厚肉材・静止体である設備の寿命を、き裂発生時点ではなくき裂進展を管理することにより劣化更新時期を判断していくことが必要と考える。

そこで、この研究では、実機経年鑄鋼材を用いて破壊試験を行い、き裂発生時期をよりの確に予測する評価法およびき裂発生後のき裂進展評価法の作成に向けた余寿命評価手法に関する研究を実施した。

2 研究の概要

2.1 クリープ損傷評価法の作成

(1) クリープ損傷評価試験体の製作

2種類の実機経年材 (A、B材) (1.25Cr - 1Mo - 1.25V鑄鋼) より試験片を採取し、次項の試験条件により単軸クリープ試験を実施した。なお、単軸クリープ試験の実施にあたっては、試験体の強度を初期材相当までに回復させるために回復処理 (1,050 × 16h + 705 × 15h) を事前に施した。

(2) 単軸クリープ試験条件

- ア 試験温度：600
- イ 試験応力：78Mpa
- ウ 損傷率：0, 13, 27, 45, 56, 78, 100% (26,868時間を100%)

2.2 き裂進展評価法の作成

前項と同様に、実機経年材よりクリープ疲労試験片を採取し、両振引張保持台形波を用いてクリープ疲労き裂進展速度を求める。その結果に基づき、き裂進展速度評価を行った。なお、クリープ疲労試験時のき裂長さは、事前にき裂長さとコンプライアンス (開口変位 / 荷重) の関係を計測した結果から換算・算出した。

(1) クリープ疲労き裂進展試験条件

- ア 試験片形状：中央切欠き付板状試験片
- イ 試験温度：550
- ウ 雰囲気：大気中
- エ 負荷条件：第1表のとおり。

第1表 クリープ疲労き裂進展試験条件

試験片 No.	き裂長さ 2a/W	荷重条件	保持時間
1	0.15	両振荷重保持台形波 (P = 2,453kgf)	30分
2	0.15	両振荷重保持台形波 (P = 2,770kgf)	30分
3	0.25	両振変位保持台形波 (初期 P = 2,376kgf)	5分
4	0.15	両振変位保持台形波 (初期 P = 3,400kgf)	30分

3 クリープ損傷特性およびき裂進展速度評価結果

(1) クリープ損傷評価法の確立

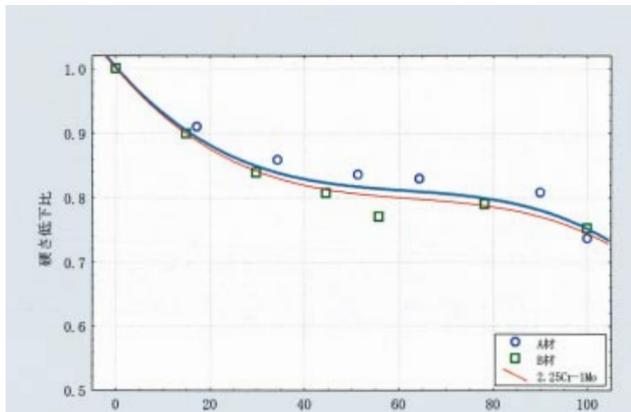
2.1項にて実施したクリープ試験材を用い、余寿命評価診断用マスターカーブの作成のため、次の手法により各測定値とクリープ損傷比との相関を求めた。

- ア 硬さ測定法
- イ クリープポイド観察 (Aパラメータ法、ポイド面積率法、ポイド個数密度法)
- ウ 結晶粒変形法
- エ 炭化物同定法

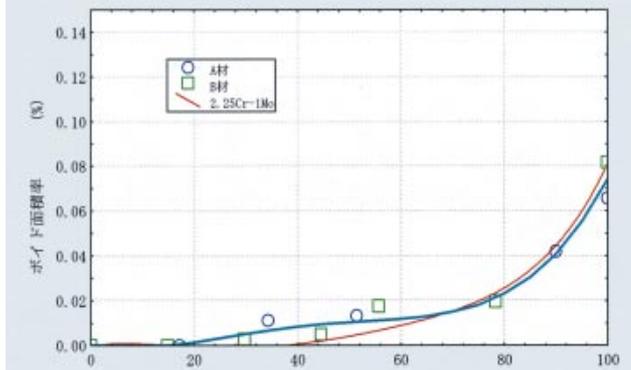
その結果、硬さ測定法およびポイド面積率法では、各測定値とクリープ損傷比との相関関係が得られた。(第1図参照) その他の手法については、測定値の変化が少なかったりばらつきが大きくなる為、評価法としての適用が困難な結果が得られた。

(2) き裂進展速度評価法の確立

2.2項にて実施したクリープ疲労試験より第2図に示すとおり、クリープJ積分範囲 J_c および疲労J積分範囲 J_f とき裂進展速度との関係にて整理した。その結果、き裂進展速度は、クリープによる進展速度の方



(a) 硬さ-クリープ損傷率特性図



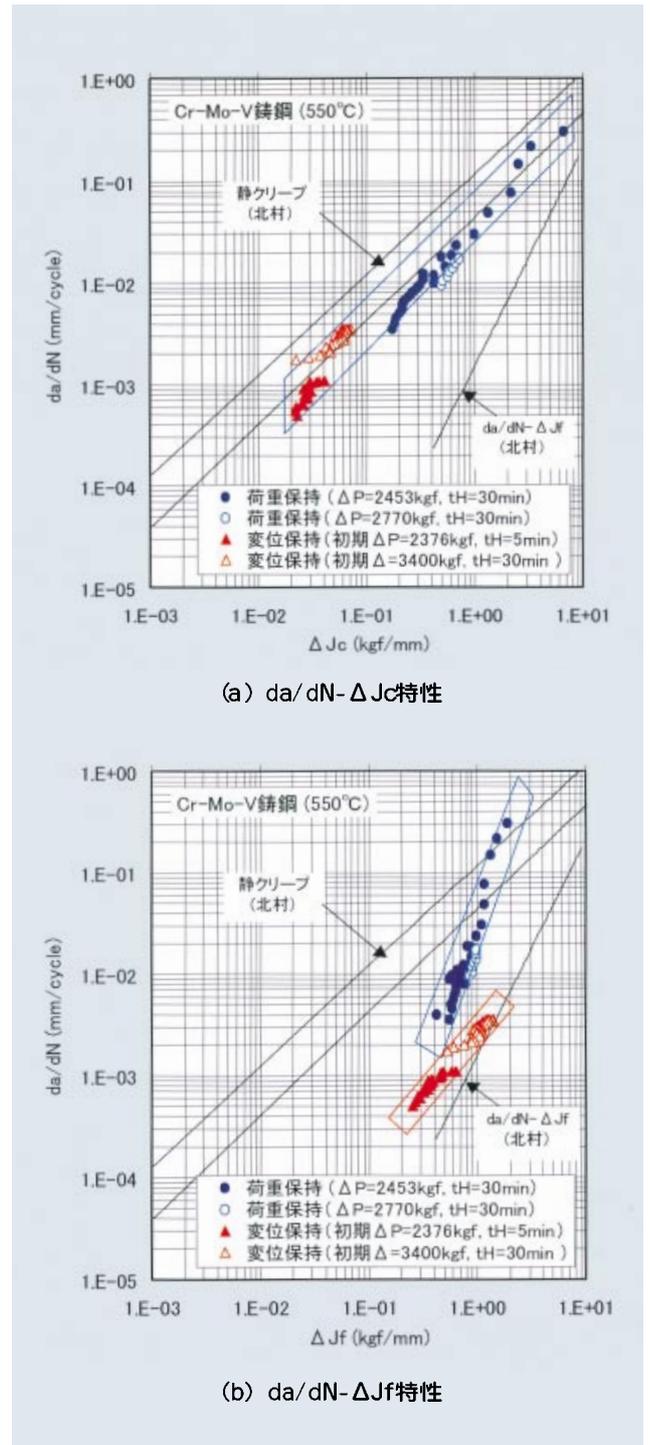
(b) ポイド面積率-クリープ損傷率特性図

第1図 クリープ損傷評価特性図

が支配的であるという結果が得られた。

4 今後の展開

鋳鋼品は、成分や組織にバラツキがあることを考慮し、実機適用に向けて更に多くデータを蓄積して高精度のクリープ損傷評価線を作成し、実機適用を図る。



(a) da/dN- ΔJ_c 特性

(b) da/dN- ΔJ_f 特性

第2図 クリープ疲労き裂進展速度特性図

