



Title	タービンロータ材料の強度と信頼性評価に関する研究
Author(s)	遠藤, 忠良
Citation	大阪大学, 1987, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/35719
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	遠 藤 忠 良
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 7839 号
学位授与の日付	昭和 62 年 7 月 28 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	タービンロータ材料の強度と信頼性評価に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 大路 清嗣 教授 佐藤 邦彦 教授 小倉 敬二

論文内容の要旨

火力タービンロータ材料は、現在でこそ高品質のものが得られるようになったが、現在運転中のほとんどの中小容量タービン用ロータ材料は、1950年代から1960年代に製造されたものであるため、今後長時間、かつ頻繁な起動・停止に耐えて運用されるためには、十分な信頼性評価が必要である。しかし、これらのロータ材料の性質に関する詳細データは十分でなく、寿命予測に関するデータ蓄積の必要性が世界的に叫ばれている現状である。本論文では1950年代から1980年代にかけて製造された多数のタービンロータを詳細に切断調査するとともに、旧時代製造のロータ材料を用いて、運転中のロータの寿命評価手法に関する各種の検討を行っている。特に、ロータの中心部に存在する偏析帯と、これに含まれる微小な集合欠陥に対する強度・寿命評価手法の確立と、偏析帯を想定した時のロータ品質評価手法の確立により、新規製作ロータはもとより、運転中のロータの信頼性向上を図ることを本論文の目的としており、8章より成っている。

第1章は緒言である。

第2章では、低圧タービンロータ材料である3.5NiCrMoV鋼について、1950年代から1980年代製のロータ合計15種について材料欠陥、金属組織、機械的性質の詳細を明らかにし、新規ロータの品質向上度を明らかにしている。

第3章では、高中圧タービンロータ材料として用いられるCrMoV鋼について、第2章と同様に1950年代から1980年代製作のロータ9種について、品質変遷の詳細を示し、品質向上度を明らかにしている。

第4章では、ロータ材料の不安定破壊強度の評価法を示している。すなわち、ロータ中心部に存在する自然欠陥には、マクロなき裂状欠陥と、微小な偏析帯中の集合欠陥があり、前者には線形破壊力学が

十分適用可能なことを破壊試験で明らかにしている。後者については、今まで集合欠陥の定量的評価手法がない状況にあったが、本研究では、これを等価な欠陥に置き換えるための係数、「等価欠陥係数」として評価し、これがじん性評価の指針として用い得ることを明らかにしている。

第5章では、材料欠陥や偏析帯における疲労およびクリープ・疲労き裂の発生・進展についての研究成果を示している。これらの研究から、クリープ領域における高温低サイクル疲労寿命が、長時間使用による絞りとクリープ延性的低下によって著しい影響を受けること、長周期クリープ・疲労寿命の低下は、クリープき裂伝ば速度で予測できることを示している。また、微小な集合欠陥から発生し、合体しながら進む低サイクル疲労き裂の挙動を明らかにし、き裂進展評価のための初期等価欠陥寸法について考察している。

第6章では、第2章から第5章までの研究成果をふまえて、新規製作ロータの品質の評価法を示している。さらに1980年代以後、ロータ材の品質は、ここで提案した要求性質を十分満たすことを明らかにしている。

第7章では、現在稼動中の高中圧ロータを対象に、第4章、第5章の研究をもとに、今後の運用による寿命と損傷の評価手法を示して、今後もこれらが安全に運用できることを示している。

第8章は結言である。

論文の審査結果の要旨

火力タービンは年々運用が過酷になり、新製のタービンはもちろんのこと、1950年代から1960年代に製作されたタービンについても頻繁な起動・停止が強いられている。このような状況のなかで火力タービンの最重要部品であるロータの信頼性向上は世界的関心事である。

本論文は1950年代から1980年代にかけて製作された多数の商用タービンロータを用い、実物から切出した試料について、注湯法、脱酸法など製造法の進歩と欠陥の性状、さらにそれと強度特性の関係を調べ、これら大型鋼塊の性状が実験室的な小規模溶解材では模擬できないことを示すとともに、1950年代から1980年代にわたるロータ材料の性状と強度特性の全貌を明らかにし、工学的にきわめて貴重な資料を提供している。

まず製造法の進歩により、ロータ材料の欠陥は著しく減少し、最近製造されたロータ材料の組織はきわめて清浄で中心部の延性は著しく向上したこと、1950年代、1960年代製造のロータ材料に含まれる欠陥の主体が微小欠陥の集合体であることを明らかにしている。

次に、不安定破壊強度の評価に関して、大型き裂状欠陥に起因する不安定破壊には線形破壊力学がよく成立することを実証するとともに、古い時代のロータの多くに内在する集合欠陥に対しては、基地の破壊じん性と破壊応力を考慮した「等価欠陥係数」という概念を導入し、集合欠陥の影響を定量的に評価することを可能にしている。同時に個々の微小欠陥に対してはJ積分の適用の可能性を示している。

ロータ材料の高温低サイクル疲労寿命および長周期クリープ・疲労寿命については、延性がきわめて

大きな影響をもち、長時間使用による破断延性の低下がある場合には、その考慮が必要で、そのような場合には歪範囲分割法は適用できないことを示している。マクロき裂伝ば特性については、疲労き裂伝ば特性には新・旧ロータ材料による差はないが、クリープき裂伝ば特性にはクリープ破断延性が大きな影響を及ぼすことを明らかにしている。更に微小集合欠陥からのき裂伝ばを評価するために、き裂の干渉効果を明らかにし、等価初期欠陥という概念を提案している。

これらの研究結果を基に、新製ロータ材料の受入れ品質管理についての考え方を明らかにし、更に現在稼動中の、欠陥を多く含むロータのきびしい起動・停止を伴う運用に対する寿命管理手法をまとめ、すでに30年以上も使用してきたロータについても、安全な寿命予測とその管理ができる状況にあることを示している。

以上のように、本論文はタービンロータの設計ならびに運用・安全管理法の確立に有用かつ貴重な知見を与えるものであり、材料強度学および機械設計学上寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。