

氏 名	中 西 英 介
	なかにし えいすけ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 405 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 3 月 23 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	変動応力下のクリープに関する微視組織学的研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 平 修 二 教 授 足 立 正 雄 教 授 水 野 政 夫

論 文 内 容 の 要 旨

高温における機械構造部材の設計を考慮するに際しては、温度、応力等が変動するいわゆる非定常条件下での材料の高温強度が重要な問題となる。本論文は、高温における金属材料の変動応力下のクリープに関して、その力学的な挙動と微視組織学的な変化の相関関係について検討を加えたものであり、全体は7章よりなっている。

第1章緒論においては、この分野における研究のすう勢を概観し問題点を指摘することにより、本研究の背景ならびに目的について述べている。

第2章においては、本研究に採用された2つのX線回折技術すなわち、ディフラクメータ法によるプロファイルアナリシスおよび細束X線回折による解析法とそれらの材料強度学への応用等について述べている。まず、通常のディフラクメータによって得られる回折像より、積分巾（または半価巾）を求め、これらをHallの方法によって解析することにより、微視的内部ひずみと微視的粒子径の両者を分離する方法について述べている。

さらに、入射X線径を小さくした場合（約50ミクロン径）の細束X線技術とその解析について述べており、細束X線回折像より結晶粒内部に塑性変形にともなって生じる副結晶の大きさ（Subgrain Size）、結晶内部の全過剰転位密度に対応する副結晶粒間方位差の総和（全方位差と呼ぶ）および微視的格子ひずみ等を求める方法について述べている。また、これら2つの方法によって得られる諸量の物理的な意味について検討を加えており、Hallの方法によって得られる微視的内部ひずみと細束X線技術によって得られる微視的格子ひずみとは両者とも全転位密度に対応する同種のパラメータであると推論し、さらに微視的粒子径の解釈は後章の常温引張変形および高温クリープ変形の観察結果と考え合せて、副結晶粒内の転位間隔と考えるのが妥当ではないかと指摘している。

第3章においては、金属材料のクリープ変形を論じる上で、基本的な問題となる加工硬化とその加工材の高温における回復の問題を、0.002% C鉄と0.16% C鋼を例にとり、X線回折技術および電子顕微鏡を主

な観察手段として検討を加えた結果について述べている。

まず常温引張変形過程の加工硬化にともなう微視組織学的な変化は全転位密度に対応する微視的内部ひずみ変形抵抗に対して直線的な関係を有すること、また、過剰転位密度に対応する全方位差が塑性ひずみ量に比例することを指摘している。さらに、これらの加工材を高温（450°C）のもとで回復させると微視的内部ひずみは回復時間の対数に対して直線的に減少するのに対し、全方位差はこの温度における回復に際してはほとんど変化せず、回復によって過剰転位がほとんど消滅しないことを示している。

以上の結果より、高温における金属材料のクリープに X線回折技術を応用するに当っては、変形抵抗を表わすパラメータとして微視的内部ひずみないしは微視的格子ひずみが、クリープひずみ量を表わすパラメータとしては全方位差が有力なものとなるであろうことを指摘している。

第4章においては、第3章で得られた加工硬化と回復に関する知見をもとにして、0.16%C 鋼を温度450°C、応力16kg/mm²のもとでクリープ変形させた場合の微視組織学的な変化を観察した結果について詳細に述べるとともに、さらに、これらの微視組織変化を表わす諸量の応力依存性について検討を加えている。

クリープ変形に際しては、常温引張変形において変形抵抗と密接な関係にあった微視的内部ひずみはクリープ速度に密接な関係を有していることが明らかにされており、全方位差はクリープ変形に際してもクリープひずみと密接な関係を有していることを示している。また、微視的内部ひずみは応力依存性を顕著に示し、応力履歴の影響を受けることを示すのに対し、全方位差は応力値には関係なく、同一ひずみ量ではほぼ同じ値を示している。

さらに、第5章においては変動応力下のクリープにおける微視組織学的な変化に検討を加えており、応力休止後負荷時の遷移クリープ現象が微視組織学的には微視的粒子径すなわち副結晶粒内の転位密度に密接な関係を有すること、また、長周期の応力変動に際しては再負荷24時間後にも、なお応力休止の影響が微視的内部ひずみの減少として残っていることを指摘している。

以上、第1章より第5章までの検討結果をもとにして、第6章においてはくり返し変動応力下のクリープに際して生じる微視組織学的な変化とその力学的な挙動との相関性に関して検討を加えている。本章の前半においては、0.16%炭素鋼を温度450°C、応力16-0kg/mm²の矩形波状の変動応力のもとでのクリープ変形挙動と微視組織学的変化について詳細に論じており、後半においては応力の変動条件が変わる場合の一例として τ/P 、すなわち、負荷期間 τ に対する応力変動周期 P の比を変化させた場合について述べている。

これらの考察と前章までに得られた基礎的な事実をもとにして、X線的にくり返し変動応力下のクリープを見た場合、以下の様な結論が得られている。

1) 温度が同一で、応力サイクル中の最大応力値が同一の場合、副結晶粒の大きさは応力サイクルの周期、波形に関係なく一定である。

2) 微視的粒子径は再負荷時の遷移クリープに密接な関係を有するが、微視的粒子径は負荷直後および応力休止の初期に短時間で可逆的に変化し、負荷および応力休止が2時間以上の周期のもとでは微視的粒子径は応力波形に依存せず、同一ひずみ量ではほぼ定常値を示す。

3) 微視的内部ひずみは応力波形およびサイクル数等, その材料がそれまで受けて来た履歴に密接に関係し, ある時点におけるその材料のクリープ速度に密接な関係を有しており, クリープ抵抗を示す重要なパラメータとなり得る。

4) 全方位差はその材料が受けて来た応力履歴には影響なく, 単にひずみ量によってのみ一義的に決定され, クリープ量を応力履歴に関係なく決定し得るパラメータとなり得る。

第7章は以上の研究結果の取り纏めを行っている。

論文審査の結果の要旨

本論文は高温における金属材料の変動応力下のクリープに関し, 材料の力学的挙動と微視組織の変化の対応を, 主としてX線回折プロファイルアナリシスと細束X線回折の解析より得られる微視組織の変化に関係するパラメータを用いて論じたもので, その主な成果は次の通りである。

1. ディフラクトメーター法によるX線回折プロファイルアナリシスにより材料の微視的内部ひずみと微視的粒子径が分離して求められ, 細束X線回折法(約50ミクロン径X線束)では副結晶の大きさ, 副結晶粒間方位差および微視的格子ひずみが微視組織変化を示すパラメータとして求められるが, 微視的内部ひずみと微視的格子ひずみとはいずれも全転位密度に対応する同種のパラメータであり, 微視的粒子径は副結晶粒内の転位間隔と考えるのが妥当であると, 実験結果に基いて論じている。

2. 0.002% C 鉄と0.16% C 鋼を用いて引張変形および450°Cにおけるクリープ変形の際の各種パラメータの変化を詳細に検討した結果, 引張変形の場合には微視的内部ひずみまたは微視的格子ひずみを変形抵抗に対応し, 方位差がひずみ量に対応するパラメータになるが, クリープ変形の場合には, 微視的ひずみはクリープ速度に対応し, 方位差はクリープ変形量に対応するパラメータになることを明らかにしている。従って微視的ひずみの変化の観察はクリープ変形の応力履歴依存性を明確に示し, 方位差の測定値は応力履歴に関係なくクリープひずみ量に対応する。

3. 0.16% C 鋼の450°C, 応力 16~0kg/mm²の矩形波状変動応力クリープにおいて, 負荷期間 τ に対する応力変動周期Pの比 τ/P およびPを数段に変えて変動応力クリープ試験を行い, その各過程における各種パラメータの変化を測定して次の結果を得ている。

1) 変動応力クリープ過程中の副結晶粒の大きさは応力変動周期および τ/P に関係なく一定である。

2) 微視的粒子径は再負荷時の遷移クリープに密接な関係をもつ。粒子径は負荷直後および応力休止の初期に比較的短時間に可逆的に変化し, 負荷変形抵抗を示す重要なパラメータである。

以上を要するに本論文は高温機器設計上重要な問題である変動応力クリープにおける材料の力学的挙動とX線回折技術により得られる微視組織の変化に対応するパラメータとの対応を明らかにし, 従来, 現象論的に論じられるに止っていたこの問題の解釈に新しい視野を与えるもので学術上, 工業上寄与するところが少なくない。

よって, 本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。