

| | |
|---------|----------------------------------|
| 氏名 | 大南正瑛 <small>おおなみなまさてる</small> |
| 学位の種類 | 工学博士 |
| 学位記番号 | 論工博第2号 |
| 学位授与の日付 | 昭和35年6月21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 | クリープにおける温度効果とクリープ限度の簡易決定に関する研究 |
| | (主査) |
| 論文調査委員 | 教授平修二 教授河本実 教授奥島啓式 |

論文内容の要旨

本論文は金属材料の高温クリープにおける温度の影響を明らかにすることによってクリープ強度性質の温度依存性、温度変動下のクリープ挙動および短時間クリープ性質と長時間クリープ性質間の相関性などの基礎的問題の解決を計り、さらに上述の分野の研究成果にもとづき実用金属材料の高温におけるクリープ限度の簡易決定に関する研究分野において一つの新しいかつ有効な方法を提案し、これを検討したものであり、緒論、3章および結論からなっている。

緒論では本問題に関する今までの研究の経過とその重要性を述べると同時に本問題の研究がきわめて不じゅうぶんであることを指摘し、とくに温度変動を含む種々の条件下のクリープ限度の簡易決定に関しては全く考慮されていないことを指摘し、本研究を行なうに至った動機と目的およびその概要が述べられている。

第1章ではクリープにおける温度効果に関する基礎的問題を取り扱っている。すなわち、

第1節では低炭素鋼に対する基礎的実験結果から遷移クリープに対する温度依存性を明らかにし、さらに第2節では一定引張荷重下の短時間クリープ試験結果からえられる最小クリープ速度の温度依存性を前節で述べた遷移クリープ速度のそれとの関連において考察を加え、両クリープの温度依存性の程度の比は両クリープの応力依存性のそれに等しいことを低炭素鋼をはじめ数種の不銹鋼および低合金鋼に対して見出している。

第3節では後述する短時間クリープと長時間クリープ性質間の相関性の考察に役立たせるため、とくに一定負荷応力の1,000時間以上の長時間クリープ試験を行ない、その結果えられる定常クリープ速度の温度依存性と前節の最小クリープ速度のそれとの比較考察から両者の間に相違のないことを明らかにしている。

第4節では第2, 3節の結果にもとづき遷移クリープ速度と定常クリープ速度間に負荷応力および温度の値に無関係に一定の相関関係の成立することを明らかにし、このことを炭素鋼、不銹鋼など比較的広範囲の金属材料について実験的に確かめている。

第5節では金属材料のクリープ変形機構に関する妥当な二、三の仮定の下に遷移クリープおよび定常ク

クリープの負荷応力および温度依存性を理論的に明らかにし、とくに第4節において実験的に明らかにされた遷移クリープ速度と定常クリープ速度間の相関性に対して理論的に計算を行なってその妥当性を確かめている。

第6節においてはクリープにともなう炭素鋼および不銹鋼の損傷について二、三の考察を加え、クリープにともなう脆化の程度は遷移クリープおよび定常クリープともに温度および応力にはほぼ無関係に負荷時間比あるいはクリープひずみによって一義的に定まり、かつ加速クリープ段階に至るまでは脆化率はほとんど変化のないことを明らかにして、前節の相関性の妥当性を確かめている。

第2章はクリープにおける温度効果に関する研究の一環として温度変動下のクリープに関する基礎的研究結果を述べたものであり、本研究の目的は温度変動下のクリープ性質を一定温度下の静クリープ性質から推定するための基準を解析することである。すなわち、

第1節において、まず負荷応力一定の下で温度のみ変動する場合のクリープ挙動を明らかにするための基礎実験として、低炭素鋼に対する2段階状温度変動下のクリープ実験を行ない、その結果クリープにおける温度履歴の影響として温度降下直後の induction period の存在および温度上昇直後のひずみの過渡的増加をみとめた。

第2節においては、第1章第5節で述べたクリープの変形機構から前節の induction period の存在およびひずみの過渡的増加を説明し、高温クリープにおいてはこれらの現象にみられる温度履歴の影響が本質的に存在することを明らかにしている。しかし、この影響はひずみにしてその時のクリープひずみ量の高々5%程度のものであることから、温度変動下のクリープを静クリープ実験結果から推定するという工学的見地からすると、履歴の影響を無視した固体状態力学方程式の仮定すなわち「ひずみ速度がそのときの負荷応力、温度およびひずみによって一義的に定まる」とする strain hardening の概念が近似的に適用されることを明らかにしている。

第3節では上述の固体状態力学方程式の仮定から解析し、その結果、温度変動下のクリープが一定温度下のそれに等しいと考えるときの相当定常温度を定義することにより、任意周期温度波形の下における遷移クリープおよび定常クリープを一定温度下の静クリープ実験結果から推定できることを、低炭素鋼および不銹鋼に対する比較的長い周期（1日）のもとでのクリープ実験結果から確かめている。さらに第4節において、毎分4サイクルから1/2サイクル程度の急激加熱・冷却下のクリープについても上述の解析結果が適用できることを上述の材料について確かめている。

第5節では、さらに温度・応力変動下のクリープ挙動の基礎的考察として、階段状繰返温度変動と同時に応力を繰返し除去した場合のクリープ実験を炭素鋼について行なった結果、温度変動に同期する応力変動の影響は応力振幅の大きい変動応力の低応力部分（極端な場合が応力除去）が変動温度の高温側部分に一致する場合、換言すればクリープ変形の小さい低変動応力部分で温度がじゅうぶん高いときに大きく現われ、したがってこのような場合のクリープは固体状態力学方程式による解析結果と著しく相違することを明らかにしている。また、この固体状態力学方程式による解析結果とのひずみ量の差違は第1章第5節で述べた変形機構から説明が行なわれている。

第6節では急激繰返加熱および冷却下のクリープにともなう材料の損傷について考察を加え、低炭素鋼、

オーステナイト系不銹鋼に対する実験から脆化の程度は静クリープの場合よりかなり加速されることを確かめている。しかし、このような材料の脆化は前節までに取り扱ってきた加速クリープ段階に入るまでのクリープ段階においてクリープ変形に対しては大きな影響を持たず、むしろ加速クリープ段階から破断に至る段階において影響することをクリープ破断寿命に対する解析と実験から確かめた。

第3章では前節までの分野の研究成果にもとづいてクリープ限度の簡易決定法に関する研究成果を述べたもので、従来提唱されてきた Master creep curve による方法を大幅に修正した新しい Master creep curve を提案し、これによって以下各節で述べるように、任意条件下のクリープ限度の簡易決定が可能であることを明らかにしている。すなわち、

第1節ではクリープ限度の簡易決定法に関する過去の研究経過とそれらの研究結果の不備を指摘し、本章で提案する新しい方法の主旨を説明している。

第2節においては、従来の Master creep curve が定常クリープのみを対象としたもので、それをクリープ限度の推定に直接役立たせることができないことから、第1章第1, 5節の遷移クリープ式から温度、負荷時間および遷移クリープ速度を含むパラメーターを導いて遷移クリープに対して適用できる新しい Master creep curve を提案している。

第3節では遷移クリープを対象とする短時間クリープと定常クリープを対象とする長時間クリープの各実験結果を同一の Master creep curve に表示する方法を第1章第5節の結果を用いて検討し、その結果定常クリープに対する新しいパラメーターを採用することによって遷移クリープと定常クリープの各結果は二つのパラメーターの相互の変換によって自由に一方から他を推定できることを明らかにしている。

第4節では、遷移クリープに対する新しい Master creep curve は定ひずみ速度の高温引張試験よりえられる真応力-ひずみ線図の比較的初期部分の結果に対しても適用できることを、遷移クリープと定ひずみ速度の引張試験結果との相関性から解析し、一方このことを低炭素鋼に対する実験から確かめた。したがって任意温度下における短時間クリープ限度を任意温度下における定ひずみ速度の引張試験結果から近似的推定が可能であることを指摘している。

第5節では、クリープ限度の実際的な推定に際して、短時間および長時間クリープ限度の各定義により、前節までに述べた二つのパラメーターのいずれを採るかを判断しかねることから、遷移クリープおよび定常クリープを含む一般的な場合のパラメーターを導いて、これとの関連において上述の二つのパラメーターをそれぞれ検討し、現在までに提案されている短時間および長時間クリープ限度のほとんどは遷移クリープに対するパラメーターでもって近似的推定ができることを明らかにしている。

第6節では、任意温度下の短時間クリープ限度の定ひずみ高温引張試験結果からの推定法、任意温度下の短時間クリープ限度の基準温度下の短時間クリープ試験結果からの推定法、任意温度下の長時間クリープ限度の短時間クリープ試験結果からの推定法、任意温度下の長時間クリープ限度の短時間クリープ試験結果からの推定法の各妥当性を低炭素鋼および不銹鋼について確かめ、推定結果は実験結果とかなりよく一致することを明らかにしている。また、第2章第3節で述べた相当定常温度の解析結果を適用して、周期的温度変動下のクリープ限度を一定温度下の静クリープ実験結果から推定すること、および温度・応力ともに変動する場合のクリープ限度を推定することの可能性を明らかにしている。

結論は以上の研究成果を総括的に要約したものである。

論文審査の結果の要旨

本論文は実用金属材料の高温クリープにおける温度効果に対する系統的な研究成果をまとめたもので、まず短時間クリープと長時間クリープ性質間の相関性を調べ、任意温度および負荷応力下の遷移クリープ速度と定常クリープ速度間につねにある一定の相関関係のあることを両クリープの温度依存性の比較考察から明らかにし、また、温度が変動する場合のクリープに関する研究として、温度変動下のクリープ挙動と一定温度下の静クリープ挙動との相関性を通じて温度変動下のクリープ性質を静クリープ性質から推定しうる基準を解析している。さらに本論文では、従来より幾多の研究が重ねられてきたクリープ強度性質の簡易決定に関する問題を取り扱い、従来の Master creep curve を大幅に修正せる新しい Master creep curve を提案し、これによって任意温度下における短時間あるいは長時間クリープ限度をある一基準温度における短時間クリープ試験結果あるいは定むずみ速度の引張試験結果から推定しうることを、および温度変動下のクリープ限度をある一基準温度における静クリープ試験結果から推定しうることを確かめ、未解決のまま残されてきた本研究分野に対して一つの有効な方法を見出している。

以上のごとく、本論文は高温高圧下の金属部材でクリープを考慮せる設計、とくに温度変動下や長時間使用時におけるクリープ限度の決定方法に関して新しいかつ簡易な方法を見出したもので、学術上および工業上貢献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みとめる。

〔主論文公表誌〕

- 第1章 材料試験 第5巻(昭. 31)第36号
日本機械学会論文集 第23巻(昭. 32)第127号
京都大学工学研究所研究報告 第8巻(昭. 33)第2号
日本機械学会論文集 第24巻(昭. 33)第143号
- 第2章 材料試験 第6巻(昭. 32)第45号
Proceeding of the 1st Japan Congress on Testing Materials (1958)
Proceeding of the 2nd Japan Congress on Testing Materials (1959)
材料試験 第8巻(昭. 34)第7号
Proceeding of the 3rd Japan Congress on Testing Materials (1960)
- 第3章 京都大学工学研究所研究報告 第7巻(昭. 32)第4号
日本機械学会論文集 第24巻(昭. 33)第143号

〔参考論文〕

なし