

Title	18-8系クロムニッケル鋼の高温振りクリーブ強度に関する研究
Author(s)	松尾, 哲夫
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/28334">http://hdl.handle.net/11094/28334</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

【 10 】

氏名・(本籍)	松尾哲夫
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 204 号
学位授与の日付	昭和 36 年 3 月 23 日
学位授与の要件	工学研究科精密機械学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	18-8系クロムニッケル鋼の高温振り クリープ強度に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 上田 太郎 (副査) 教授 千田 香苗 教授 小島 公平 教授 多賀谷正義 教授 副島 吉雄 教授 菊川 真

論 文 内 容 の 要 旨

18-8系クロムニッケル鋼の引張りクリープ強度に関する研究は既に多くの研究者によって行われているが、振りクリープ強度に関する研究報告は全然見当らない。然るに、最近、この種の鋼が高温用スプリングなど振り応力を受ける部品に使用せられるに至ったので、設計上、振りクリープ強度の値を求めておくことが必要である。いっぽう、本鋼のクリープ強度に及ぼす材料学的な諸因子の影響について見ると、化学成分、熱処理、結晶粒度などの影響は比較的よく解明されているが、實際上重要と思われる加工の影響やガス雰囲気の影響についての問題は未だ充分解決されておらず、特に加工温度の影響や酸素、窒素など一部のガスを除く他のガスの影響については全く知られていない。そこで、著者は、18-8系クロムニッケル鋼の中でも比較的スプリングによく用いられる鋼種について溶体化処理材の振りクリープ強度の測定を行うと同時に加工の影響（特に加工温度の影響）並びに本鋼とは関係の深いアンモニアガス雰囲気の影響をみるため以下の実験を行なった。即ち先ず振りクリープ強さを表わす方法として振りクリープ限なるものを定義し、この振りクリープ限を基にして常温振り加工および振り加工温度の影響、常温強度と加工温度の関係、溶体化処理温度の影響、18-8系含Cb鋼における振り加工温度の影響を求め、最後に、アンモニアガス雰囲気の影響を測定した。

同時に硬度測定、顕微鏡組織試験、磁気分析試験およびX線回折試験を行ない、クリープ試験の結果を解析した。以上のような研究によって次のような結果を得た。

- (1) 振りクリープ限として負荷後100時間において  $4 \times 10^{-4}\%$ /hr なる振りクリープ速度を与える振り応力を採り、この値によって振りクリープ強度を判定した。
- (2) 450°C~600°Cにおける振りクリープ限は常温振り加工度の増加につれ上昇し、或る加工度において最大値をとる。このとき、最適加工度は温度の上昇に伴ない低い加工度の方へずれ、720°Cでは加工により振りクリープ限は下る。

(3) 振りクリープ限と振り加工温度の関係については加工度，クリープ試験温度に拘らず 300°C~600°C での加工で最高のクリープ限が得られ，反対に常温以下での加工によりクリープ限は著しく低くなる。顕微鏡試験，硬度試験，磁気分析試験および X線回折試験の結果より低い温度で加工する程クリープ限が低いのはクリープ試験中の著しい硬度減少，マルテンサイトのオーステナイトへの変態および加工時のりり面へのクロム炭化物の過乗析出などに起因することが知られた。これに対し振り加工材の常温振り強度は逆に加工温度が低い程高い。また，種々の条件で振り加工した試料の振りクリープ強度は溶体化処理温度 900°C，1050°C および 1200°C のうち 1050°C に於て最高となることが知られ，さらに，18-8系含 Cb 鋼の振りクリープ限は無 Cb 18-8系鋼ほど振り加工温度の影響をうけないことが判明し，この理由は試験中の硬度減少およびりり面への炭化物析出の程度の少いことおよびマルテンサイトの変態が少ないことによるとした。このようにして，加工材の高温クリープ強度は従来いわれているように，歪の回復や再結晶だけでなく，析出物の状況や相変態などにも左右されることが明らかになった。最後に，アンモニアガス中における振りクリープ強度を測定した結果，大気中に比べクリープ変形抵抗は著しく小さいことが知られ，この原因を窒化層の生成によるものとして考察した。

## 論文の審査結果の要旨

従来鋼の高温クリープ強度は引張クリープ試験方式によって測定されていたが機械工業の発達に伴い，機械設計上高温振りクリープ強度を必要とする場合がすこぶる多い。しかるにこれについての研究は未開発の状態におかれている。

著者はここに着目し，振りクリープ限の測定方式を決定し，これに基づき 18-8系クロム・ニッケル鋼の振りクリープ強度とその増強について多くの基礎的研究を行い，それらの結果を 9 章にまとめている。

第 1 章は諸論で 18-8系クロム・ニッケル鋼の引張クリープ強度についての従来の研究を概観し，加工度，加工温度，溶体化処理温度，ガスなどの影響を論じ，高温機械要素において振りクリープ強度の必要性を述べ，本研究の目的と意義を明らかにしている。

第 2 章は振りクリープ限の測定方式を実験によって確定した結果の記述である。18-8系クロム・ニッケル鋼につき 450°C，500°C および 600°C の試験温度で，数種類の負荷応力の下に比較的長時間にわたる振りクリープ試験を行い，クリープ速度の時間的变化を観察し，クリープ速度が  $2 \sim 5 \times 10^{-4} \%$ /hr なるときは負荷後 70~1000hr にわたりクリープ速度が変化しないことを確認し，これより著者は負荷後 100hr における定常クリープ速度が  $4 \times 10^{-4} \%$ /hr なるときの振り応力をもって振りクリープ限と定め，本研究はこれに基づいて行っている。

18-8系鋼では強度向上策の一つとして加工硬化法がとられているので第 3 章は振りクリープ強度と常温加工との関係を究明し，これらの結果を解析している。振りクリープ限は常温加工により上昇し，その上昇度は 450°C で 120%，500°C で 80%，600°C で 12%，720°C では却って降下している。これは炭化物の析出の多少と歪の回復によるものとしている。なお，試験温度により最適加工度の値は異なることを見出している。

第4章は $-60^{\circ}\text{C}$  から $+800^{\circ}\text{C}$  に至る加工温度における加工度と振りクリープ限との関係を究明している。加工度やクリープ試験温度に無関係に加工温度が上昇するとともにクリープ限は増大し、 $300\sim 600^{\circ}\text{C}$  の範囲で最大となり、さらに高温になれば却って減少する。また $-60^{\circ}\text{C}$  の低温加工では著しく低いクリープ限を与えることを見出している。

顕微鏡組織試験，硬度試験，磁気分析試験，X線回析試験によってこれらの現象を解析しその理由を説明している。すなわち，低い温度で加工する程クリープ限の低くなるのは加工材は高温でクリープ試験中転位の再配列および消滅によって著しく軟化するとともに迂り面におけるクローム炭化物  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  の過剰析出をきたし，加工時に発生したマルテンサイトのオーステナイト化による軟化，オーステナイト地のCr欠乏による高温強度の低下によるものとしている。

上述のように加工された18-8系鋼の振りクリープ強度は加工温度によって著しく左右されることを明らかにしたが第5章ではこの温度効果の常温強度におよぼす影響について実験し，クリープ強度と比較検討するとともに常温および $-60^{\circ}\text{C}$ における振り加工により発生したマルテンサイトの加熱による挙動を究明するとともに耐蝕性を求めている。加工材の硬度や降伏点は加工温度が低い程高く， $-60^{\circ}\text{C}$ 加工材は常温においても $-60^{\circ}\text{C}$ のときと同じ強度を保持し，常温加工材は $-60^{\circ}\text{C}$ では常温と同一強度しか示さないでクリープ強度の場合と逆の現象を示していることを見出し，磁気測定や顕微鏡試験によってこれらの現象を解明している。

第6章は溶体化処理温度の影響についての実験結果を述べたもので加工材の高温クリープ変形に対する抵抗は溶体化処理温度が $1050^{\circ}\text{C}$ のとき最も高く，非加工材では処理温度の影響は殆んどないことを見出している。これは $900^{\circ}\text{C}$ で溶体化処理した鋼の加工材は加工後硬度は高く，内部歪が多く，かつ析出物の固溶が不充分であるためであり，また $1200^{\circ}\text{C}$ 処理鋼の加工材が弱いのは結晶粒の粗大化による軟化のためとしている。

第4章で $300\sim 600^{\circ}\text{C}$ 加工が18-8系鋼のクリープ強度上昇に最も有効であることを見出しているが第7章ではこの鋼と化学成分，析出物の性質，その析出状況および加工によるマルテンサイト化の程度などを異にする含Cb 18-8系鋼およびCrとNi含有量の多い304型18-8系鋼につきクリープ試験してその結果を検討している。

含Cb鋼は無Cb鋼ほど加工温度の影響を受けないことを見出し，その原因としてクリープ試験中における硬度減少の少いこと，特に析出物はコロンビウム炭化物  $\text{CbC}$  で無Cb鋼における  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  のように迂り面上における過剰析出がないこと，又 $-60^{\circ}\text{C}$ で加工してもマルテンサイトの発生が僅少であるためこれのオーステナイト化による軟化の少いことなどを挙げている。

かくして加工材の高温クリープ強度は従来いわれているようにただ歪の回復や再結晶だけによるものではなく，炭化物の析出や相の変態などによっても大きく左右されることを明らかにした。

第8章は化学工業にひろく使用される18-8系鋼のアンモニアガス中における高温クリープ強度の値が必要とされているのにかんがみ，18-8系鋼と含Cb 18-8系鋼の非加工材について $500^{\circ}\text{C}$ と $600^{\circ}\text{C}$ におけるクリープ強度を求めた結果を述べている。

これらの鋼はアンモニアガスの影響を著しく受け，そのクリープ変形抵抗は大気中の値に比べて著しく

小さく、その原因として表面層の窒化を挙げている。

第9章は以上の研究結果の総括である。

このように著者は鋼の高温クリープ強度において未開発の分野に属する振りクリープ限を求める試験方式を確立し、これを基にして18-8系クロムニッケル鋼および含Cb 18-8系クロムニッケル鋼の高温における振りクリープ限を求め、これにおよぼす加工度，加工温度，溶体化処理温度，アンモニアガスなどの諸影響を系統的に究明し，高温における機械の設計製造に対し貴重な資料を提供するとともに基礎的な諸試験により諸現象に対する原因を明快に説明し，多くの知見を加えている。

このように著者の研究は材料工学および機械工業の発展に貢献するところが少なくない。よって本論文は博士論文としての価値あるものと認める。