



Title	熱処理鋼の安全疲れ限度についての試案
Author(s)	松岡, 陽三
Citation	大阪大学, 1965, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/28837
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名・(本 籍)	松 岡 陽 三
	まつ おか よう ぞう
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	第 6 4 7 号
学位授与の日付	昭 和 40 年 3 月 22 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	熱処理鋼の安全疲れ限度についての試案
	(主査)
論文審査委員	教 授 上 田 太 郎
	(副査)
	教 授 小 島 公 平 教 授 田 中 義 信 教 授 副 島 吉 雄
	教 授 津 和 秀 夫 教 授 千 田 香 苗

論 文 内 容 の 要 旨

本研究の目的は、まず疲れ過程にある熱処理鋼の諸性質の変化を実験的に求め、また細隙の成長状況を追究し、これによつて疲れ過程の機構を解明しようとするものである。ついでこの研究の結論から導き出された安全疲れ限度なるものが、設計々算上の基準として妥当適切なものであることを試案として提案し、あわせてその決定法を検討しようとするものである。

第 1 編は、疲れ過程における諸性質の変化に関する研究で 7 章に分かれている。

第 1 編第 2 章においては、種々の大きさの繰返応力・繰返数を受けて疲れの過程にある材料の硬さ変化を測定した。疲れ限度以上の繰返応力の下においては、繰返数の増加とともに硬さは上昇し、疲れ破断繰返数のおよそ 10~20% 程度の繰返数において最高値に達し、それ以後は繰返数が増すとともに硬さがわずかに低下してのち疲れ破断が起ることを知つた。真の意味での弾性限度（静的引張試験から求めるそれではなく、繰返応力に対するものを指し、動的弾性限度とも言うべきもの）以上の応力の繰返によつて加工硬化が起るのは当然であり、たとえばそれが疲れ限度以下であつても加工硬化は起るが、このような比較的小さい繰返応力の場合ではその硬さ増加の速度はきわめてゆるやかで、たとえば焼鈍炭素鋼においては $10^6 \sim 10^7$ 回の繰返数に達して硬さの変化がようやく停止する程度である。したがつて疲れ限度以上の繰返応力の場合のごとく、極大値を示してのち硬さが減少するような階程は見られなかった。

第 3 章においては、疲れ過程中的衝撃値の変化を測り、硬さ増加の階程は無論、硬さの低下して行く階程においても衝撃値は減少することを知つた。すなわち硬さの減少階程では材料の軟化が起るのではなく、破隙の成長を理由として硬さの減少が起るものであることを確かめた。これを確認するために疲れ過程にある試験片を真空焼鈍したが、硬さ増加階程のものは処女状態の衝撃値に復帰するに

かわらず、硬さ減少階程のものでは復帰しなかつた。この実験は同時に細隙の生成時期が硬さの極大点附近にあることを予見せしめるものになつた。本実験は回転曲げ、繰返振りなどの疲れ応力の場合について実験したものである。

第4章においては、疲れ過程にある材料の引張試験を行ない上降状点、降伏範囲、伸び(%)などに著しい影響があることを知つた。これらの影響は加工硬化に起因するものであつて、応力繰返によるすべりが十分に起つてしまつておれば、引張試験においても降伏現象が現われ得ず、したがつて上降伏点や降伏範囲が消失してしまうのであろう。また伸び(%)の減少もこの加工硬化の影響で説明ができ、破隙の成長が加わればさらに伸び(%)の減少を促進するものとなるのである。これらの実験は回転曲げ、繰返振りおよび繰返引張圧縮などの応力の下に行なつたものであるが、Haigh 式引張圧縮疲れ試験機の取り扱い上、応力の一定保持法、応力検定法などについて一二の考案を加えて実験の容易かつ正確に行ないうる方途を講じた。

第5章においては、疲れ過程における比重の変化を調べ、これにより細隙の生成、破隙の成長などの時期を知ろうとした。まず単純なる引張応力や圧縮応力による加工硬化で比重がどのようにに変化するかを求めたが、引張加工の場合は単純に比重が減少するにかかわらず、圧縮加工では初めやや増加し、のち大なる応力に対しては減少して行くなどの複雑な結果を示した。したがつて繰返応力に対する比重変化ははなはだ複雑で、実験結果もきわめてゆるやかな比重の減少を示したのみでありこれによつて破隙などの成長の模様を知ることではできなかつたが、破隙の成長が加工硬化などの影響を打消すほど大でないことを知り得た。

第6章においては、疲れ過程にある材料を途中で焼鈍して加工硬化の影響のみを取り除き、引続いて同じ応力を繰返させて疲れ破断せしめ、その破断繰返数を比較したが、これにより破隙成長の模様を知ることができた。応力繰返の初期においては加工硬化のみが起つて細隙の生成はなく、加工硬化が飽和するような繰返数附近から細隙が生成し始め、最後に繰返数の末期で破隙が肉眼的大きさに急速に発達して疲れ破損するに至ることを知つた。

以上の各章を総合して第7章に疲れ過程の解明を行ない、また加工硬化・破隙成長などについての時期的考察をして結論とした。繰返応力の大きさについては、真の意味の弾性限度以下では加工硬化現象は起らず、また耐久疲れ限度以下では加工硬化は起るが細隙の生成はない。耐久疲れ限度以上の応力を繰返した場合に初めて加工硬化、細隙の生成の両者が起るが、その時期的関係はつぎのごとくである。繰返数が増すに伴つてまず初めに加工硬化が起つて漸次硬さを増大して行くが大略破断繰返数の10~20% 附近で極大値を示したのち硬さは下降し始める。これは加工硬化の飽和と細隙生成の時期を示すものにほかならない。それ以後細隙が成長しこれが肉眼的大きさの破隙にまで発達するのは破断繰返数の40~90% ぐらいの時期である。ただしこの時期は繰返応力の大きさに大なる関係を有し、短寿命塑性疲れの場合のような大きなひずみ繰返では早期に、また耐久疲れ限度より少し大きい程度の応力の場合には末期に移動する。これ以後の階程では破隙が拡大して疲れ破断するに至る。

上述の諸実験の結論から導き出された加工硬化も起らぬような繰返応力の上限を安全疲れ限度とすることを試案として提案し、またその決定法を検討したのが第2編の各章である。

第2編第1章においては、細隙の生成はもちろんその前提であると考える加工硬化も起らないよう

な繰返応力の上限を安全疲れ限度として採用すれば、従来の耐久疲れ限度を採用する場合に比し、使用中に材質的变化が起ることがなく、またその限度の決定が、比較的簡単であることを述べている。

第2章においては、繰返引張圧縮応力を加えた場合における繰返応力が硬さに及ぼす影響の実験結果からきわめて顕著に安全疲れ限度が現われ、その決定が容易であることを証明したが、疲れ試験機として簡便で普及率の高い片持梁式回転曲げ試験機でも同様に求めることができるので、主としてこの方式による安全疲れ限度の決定法を検討した。回転曲げ疲れ試験では表皮応力のみが大きく、したがって試験片工作のための加工硬化層が安全疲れ限度の決定に影響するおそれがあったので、これについて実験し、支障のないことを確かめた。

第3章においては、安全疲れ限度の決定方法を検討しこの方法が同時に耐久疲れ限度の迅速決定法として利用しうることを述べている。回転曲げ疲れ試験を例として説明すれば、片持梁式試験片を用い、適当な荷重で疲れ破断せしめたのち、試験片の長手方向(軸方向)に添って硬さを測定すれば、硬さ上昇の始まる繰返応力が求め得られる。これが安全疲れ限度であつて、これと耐久疲れ限度との間には比例的関係が成立つ。またこの方法によるときは試験片を多数必要としないのみならず、応力繰返数も少なくて足りる利点がある。実験に供した材料は種々の炭素量の炭素鋼、Ni-Cr鋼、Cr-Mo鋼などに種々の熱処理を施した材料および二三の非鉄合金に及び、熱処理鋼においては安全疲れ限度は耐久疲れ限度の70~80%程度の値であることを知った。この値を用いることにより耐久疲れ限度を算定することが可能になり、疲れ限度の迅速決定法として利用出来る。

第4章においては、本編の結論を述べ、安全疲れ限度を採用することの妥当性を論じた。そして安全疲れ限度と耐久疲れ限度との比の値を各種材料に対して表示し、平均として焼鈍炭素鋼0.79、供給状態(圧延後焼準)の炭素鋼0.85、調質炭素鋼0.71、調質合金鋼0.78なる値を得た。熱処理鋼全体の総平均値は0.77となるが、この比の値は材料の種類や熱処理などには関連性の少ないことを指摘し、同時にこの値がつねに1より小さいことから設計々算上安全側であることを述べている。

論文の審査結果の要旨

本論文は熱処理鋼の疲れ過程を実験的に解明し、設計上の基準として安全疲れ限度なるものが妥当であることを提案した研究を述べたもので緒論、本文2編および総括より成っている。

緒論では研究成果と本論文の目的を述べている。

第1編は熱処理鋼の疲れ過程における諸性質の変化について述べたもので7章からなっている。

第1章は緒言で本研究に使用した7種の疲労試験機、17種の供試材、ならびに12種の試験片などについて述べている。第2章は引張圧縮、回転曲げ、および両振り振りなどの繰返応力による焼鈍炭素鋼の疲れ過程における硬さの変化についての実験結果を記述したもので、耐久疲れ限度以上の繰返応力下においては繰返数の比較的初期において硬さは上昇し、飽和期間を経て少しく低下に転じて後疲れ破損が起こっている。この硬さの増加は繰返応力による加工硬化によるもので硬さの低下は疲れ破隙の成長によることを確かめている。耐久疲れ限度よりも小さい繰返応力でも軟質材では硬さ

の上昇はきわめてゆるやかに現われ、炭素鋼では $10^6 \sim 10^7$ 回の繰返しで漸く最高の硬さに達するが、硬さ低下の階程は現われないで破隙の成長も認められないことを明らかにしている。繰返し応力が耐久疲れ限度の70~80%程度であれば加工硬化も細隙の生成もなく、硬さ上昇の始まる最小の繰返し応力を真の意味の動的弾性限度と見るべきことを提唱している。

第3章は疲れ過程の衝撃値の変化について述べたもので硬さ上昇の階程は無論のこと、硬さの低下する階程においても衝撃値は減少することを明らかにし、繰返し途中において真空焼鈍すれば硬さ上昇階程のものは処女状態の衝撃値に復帰するのに対し、硬さ低下階程のものは復帰しないことを見出し、細隙の生成時期は硬さの最高点附近にあると推論している。

第4章においては疲れ過程の材料について引張試験を行ない、上部降伏点、降伏範囲、および伸びに著しい影響のあることを明らかにし、これは加工硬化に起因するものとしている。

第5章は比重の変化を測定してこれより細隙の完成や破隙の成長の時期を見出そうとしたものであるが繰返し応力により比重の変化は複雑で比重測定のみで破隙の成長の模様などを知ることは困難であったと述べている。

第6章は疲れ過程の途中で焼鈍して加工硬化の影響のみ除去した後再び繰返し応力を与えて破断繰返し数の変化を測り、破隙成長の状況を究明したものである。

第7章は第1編の研究結果をまとめたもので、応力繰返し初期において加工硬化のみ起こり、細隙の生成はなく、加工硬化が飽和するような繰返し数附近から細隙が生成しはじめ、これが次第に成長して破隙となり、さらに肉眼的大きさに急速に発達して疲れ破損するに至ると結論している。

第2編は第1編の研究結果から加工硬化も起こらぬような繰返し応力の上限を安全疲れ限度とすることを試案として提案し、その決定ならびに測定方法を検討したもので4章から成っている。

第1章は材料の疲れ限度として著者の提案する安全疲れ限度をとれば従来の耐久疲れ限度をとる場合に比べて使用中に材質的变化が起こることなく、一層安全が期せられ、またその限度の測定が比較的簡単であることを述べている。

第2章は安全疲れ限度の決定法について論じたもので繰返し引張圧縮応力の場合には安全疲れ限度とする点が顕著に現われ、その決定の容易なることを実証している。また取扱い易い片持梁式回転曲げ疲労試験機による実験をなし、安全疲れ限度の決定が一層容易なことを確かめている。

第3章においては多数の炭素鋼および合金鋼について安全疲れ限度の測定法を検討し、片持梁式試験機による場合は数多くの試験片を必要としないのみならず応力繰返し数も従来の方法より1桁少なくて足りる利点のあることを示している。この安全疲れ限度は耐久疲れ限度の70~80%の範囲の値を与えるので逆にこれより耐久疲れ限度を推定することが可能となり、耐久疲れ限度の迅速測定法として利用出来ると述べている。

第4章は第2編の結論で安全疲れ限度を採用することの妥当性を論じ、安全疲れ限度対耐久疲れ限度の比の値は上記のように1より小さいことから設計計算上も安全側であると結んでいる。

総括は本研究の結果を要約したものである。

このように著者は多数の鋼材についての広汎、かつ詳細な実験的研究に基づき、鋼材が繰返し応力を受けるとき加工硬化を来たさぬような繰返し応力の上限を安全疲れ限度とすることを試案として提

唱し、その決定ならびに測定の方法を開発したものである。機械構造物などの設計にあたり、この安全疲れ限度を計算上の基準とするときは従来の耐久疲れ限度を採用するのに比べ、使用中材質的变化が起こることなく安全側にあることを明確にするとともにその測定は耐久疲れ限度測定法に比べて、簡単かつ迅速に行ないうる優れた点のあることを実証している。これは材料の疲労試験、および設計上高く評価さるべきものであり、工学上ならびに工業上に貢献するところきわめて大きいものと考ええる。

よって本論文は博士論文として十分に価値があるものと認める。