

氏 名	高 橋 秀 雄
	たか はし ひで お
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 107 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 9 月 27 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	機械部品高周波熱処理の実用化に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 遠 藤 吉 郎 教 授 平 修 二 教 授 河 本 実

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、高周波熱処理を機械部品に実用するに当たっての材料、処理、静・動的強度に関する設計資料を得ることを目的として、広範囲に試験、考察した実験的研究をまとめたものであって、7篇よりなっている。

第1篇は緒論で、高周波熱処理の実用されている現状と問題点をあげ、本研究の目的をのべている。

第2篇は8章よりなり、高周波熱処理の基礎的強度を扱ったものである。第1章において、経済性に優れた一般機械構造用鋼の焼入性能を向上させるための Mn 量を変化させて、高周波熱処理した材料の静・動的強度について研究している。種々の C%, Mn %の組合せを用いて、高周波焼入れ後、焼戻しした材料につき、静引張試験、衝撃試験、回転曲げ疲労試験を行ない、最適の成分と熱処理条件とを求めた。これより、Mn 含有は焼入れ後焼戻ししない場合に有効であり、とくに焼入温度の低いとき効果が顕著である。このことより、切欠部を強化するときや、大寸法材に対して焼入許容温度範囲を広くする目的には、Mn 量を増大させることが有利であることを示している。

第2章においては、高周波熱処理を行なう前の材料の処理の影響について研究されている。一般に前処理としては焼ならしが最もよく、焼ならしなし、再焼ならしの順序であるが、焼戻し温度を高くすると素材組織の影響が小さくなる。従って、焼戻しを行なわないか、低温焼戻しで使用されることのある低炭素鋼は前処理に注意を要するが、一般にはとくに注意する必要がないとしている。

第3章は高周波焼入れを実施する方法について論じている。焼入方法による疲労強度の差は加熱ののち冷却されるまでの時間遅れと残留応力とによるものであるが、焼入れを繰返すときマルテンサイトの脆化のため強度の低下をきたすことを示している。第4章では機械部品を高周波熱処理した際に生じたひずみを矯正したとき、および再びこれを高周波焼入れしたときの強度変化を調査している。引張強度は曲げ加工によって殆んど変化しないが、疲労強度は曲げによる残留応力によって低下することを見出だし、機械部品の強度基準に静強度を用いる危険を説いている。

第5章においては、高周波焼入材の衝撃強度が普通焼入材のそれに比して高く、とくに切欠に対して鈍感な利点をもつことを明かにしている。第6章は溶接部に高周波熱処理を施した場合の強度を論じ、これより溶接部、肉盛部、ならびに類似した組織を有する鋳鋼の強度資料を求めている。第7章は可鍛鑄鉄への高周波熱処理適用の可否を研究して、使用目的によって焼戻温度を変化するとき有効であることを示し、第8章では高炭素の鋼へ高周波熱処理を応用して、軸受用に使用可能な動強度を得ることを示している。

第3篇は3章よりなり、高周波誘導加熱の応用について研究したものである。第1章は機械部品に高周波焼入れを施す場合の基礎的な考えかたについて研究している。普通焼入れについては熱処理基準は既に明かであるが、高周波焼入れについては種々の困難点があるため、まだ設定されていない状態にあるので、実際の品物に印加される電力密度と焼入温度、加熱時間との関係を各種炭素鋼について定め、目的の強度に応じた熱処理条件を求める方法を規定している。

第2章では高周波誘導加熱を急速焼戻しに應用し、静・動的強度は普通焼戻しの場合よりよく、所要時間の短縮と、必要な硬度分布が得られる利点があることを示し、この目的に応じた焼戻方法を明かにした。

第3章では高周波誘導加熱を熱き裂試験に應用して、車輪材料その他の材料について試験を行ない、き裂発生 の 難易および適当な熱処理方法の検討を行なっている。この結果より車輪材料として炭素工具鋼が最も良いことを知り、新幹線の車輪には0.6% C 炭素鋼が使用されることになった旨を説明している。

第4篇は2章よりなり、第1章は高周波熱処理材の切削性について、また第2章はその圧造性についてそれぞれ研究した結果である。この研究により、高周波熱処理材は硬度が高いにかかわらず、切削抵抗が小さく、また圧造における割れが少なく、高周波熱処理の有利性が明かにされた。

第5篇は高周波熱処理を部品に應用した場合の性能を論じたもので、11章よりなっている。第1章は高周波焼入れした材料の残留応力について、その測定方法と測定結果をのべたものである。対象は車軸、クランク軸、ピニオン、板ばね、ばねつりリンク、大型圧入軸と多岐にわたったものである。高周波焼入れによって、これら部品の表面層に圧縮応力が残留し、疲労強度が向上することをのべている。

第2章では、とくに大型圧入材を高周波焼入れした場合の疲労試験を行ない、残留応力と硬度分布とより高周波焼入れの効果を説明し、圧入部の設計資料を得ている。第3章は高周波焼入れしたクランク軸の疲労強度を研究し、強度向上に必要な焼入部を限定し、その効果を明かにした。

第4章より第9章まではプレストレスト・コンクリート用鋼線に高周波焼入れを施した場合の種々の性能を論じたものである。まず一般の炭素鋼に高周波焼入れを行ない、PC 鋼線として定められた規格に十分合格し、さらに低温脆性、応力腐食、腐食疲労、長時間リラクゼーションの各試験で優れた性質をもつことを明かにし、また偏心荷重の害も少ないことを認めて、現在土木、建築の分野で広く利用されるようにした。つぎに、この鋼線のねじ部の破断強度に及ぼすセメントと水の腐食の影響、ねじ部を切削によらず転造し、さらには高周波誘導加熱によって表面層を加熱して、亜熱間で転造する技術の開発と、静・動的強度の向上を得ている。また、プレストレスト・コンクリート用鋼棒の一端をねじ切りよりヘッダー打ちに変えることによって、経済的に使用できることを確め、実用に供するようになった。

第10章はコイルばねに高周波焼入れを施し、電車のモータ・サスペンションに用いて、実際走行中の発

生応力を測定し、この応力状態に対する耐疲労性を論じている。第11章ではばねつりリンクの応力を計算と実測して、これに高周波焼入れを施したときの疲労強度を考察し、その安全性を確認して、現在国鉄で使用されるようになった旨を説明している。

第6篇は以上の結果をもとにして、機械部品へ誘導加熱を適用する場合の基礎的な考えかたと注意事項について考察を加えたもので、第1章では静的強度の向上と動的強度の機構に関する理論的解析を行ない、第2章では車軸、クランク軸、歯車、スプラインなどに応用するときの施行方法と注意すべき諸点をのべている。

第7篇は結言で、以上の研究成果を総合したものである。

論文審査の結果の要旨

高周波熱処理は材料の表面硬化法として開発された技術であるが、急熱、急冷、局部加熱など種々の優れた特性を有するため、用途は広く開発され、表面焼入れに限られなくなってきている。元来、高周波熱処理は機械部品の耐摩耗性向上が目的であったが、その後、強度向上に有効なことが次第に明かになり、さらにその経済性も認められている。しかし、実際の材料部分にこれを応用するには、資料が少なく、設計の基礎が得られていない現状にある。

著者はまず、高周波熱処理材の強度について基本的に研究し、素材の成分、および前処理の静・動的強度に及ぼす影響としては、Mn含有の有効なこと、焼入・焼戻しの条件によっては前処理にとくに注意する必要のないことなど、重要な知見を得ている。さらに、溶接部、可鍛鋳鉄、高炭素鋼に高周波焼入れを施したときの動的強度を明かにし、その応用範囲を著るしく拡大することができた。

機械部分に高周波誘導加熱を利用する場合、普通焼入れと異なって種々の困難点があるので、著者は電力密度と焼入温度、加熱時間の関係を明かにして、目的の強度に応じた熱処理条件を定める方法を規定し、さらに、高周波誘導加熱を急速焼戻しに有効に應用できることを明かにした。また高周波誘導加熱を熱き裂試験に利用することを試み、車輪材料として炭素工具鋼が最も適していることを知り、現在新幹線の車両の車輪にこれが実用されるに至っている。

つづいて、高周波焼入材は普通焼入材に比して硬いにかかわらず、切削性と圧造性が優れていることを明かにしたのち、各種機械部品に應用した場合の性能を研究している。すなわち、車軸、クランク軸、ピニオン、コイルばね、板ばね、ばねつりリンク、大型圧入軸に高周波焼入れを應用したときの残留応力を求め、残留応力分布と硬度分布とより疲労強度向上の原因を説明して、実験結果と比較考察し、高周波焼入れを機械部品に施行するときの設計に貢献している。

著者はさらに、プレストレスト・コンクリート用鋼線に高周波誘導加熱を應用して、経済性に富む鋼線を得た。各種の試験によってその優秀性を確め、その端部の加工技術をも開発することにより、現在、土木、建築用に広く利用されるに至っている。

このように、著者は材料の成分、処理の静・動的強度に及ぼす影響について詳細な研究を広範囲に行ない、機械部品に高周波熱処理を施行するに当たっての基礎を明かにするとともに、高周波誘導加熱の應用範囲を拡大して、機械材料の性能と経済性の向上に貢献している。よって本論文は学術上、ならびに工業上に有益であり、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。