

氏 名	並 川 宏 彦
	なみ かわ ひろ ひこ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 561 号
学位授与の日付	昭 和 47 年 11 月 24 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	高硬度鋼材および粗粒材料の X 線応力測定と測定技術の 強度評価への応用に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 平 修 二 教 授 福 田 国 弥 教 授 田 村 今 男

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は X 線応力測定法の工業的利用の範囲拡大を目標として、機械構造部材に本方法を適用する際の問題点を検討し、これに基き多結晶金属材料における X 線回折の基本的問題に検討を加え、新しい応力測定用 X 線回折装置ならびに測定技術を導入することにより、従来測定が困難とされていた粗粒材料や高硬度材料等への適用を可能ならしめるとともに、これにより X 線応力測定法の多くの特徴を種々の材料強度問題の研究に適用し得られた成果を纏めたもので 5 章よりなっている。

第 1 章より第 3 章までは本論に対する予備的段階として、試料の金属組織および幾何学的性状が X 線応力測定結果に与える影響について述べている。第 1 章では、各種構造用材料に機械的応力を加え試料の性状との関連で X 線測定応力の変化状況を調べまた従来の X 線応力測定装置では、測定が困難な場合を示し問題点を明らかにしている。すなわち、構造用鋼の均質材、表面脱炭材、ショットピーニング材および各種鋳鉄材について、公称応力の増加に対する X 線測定応力の変化の関係を求め、X 線測定応力を公称応力と同じ尺度で定量的に取り扱うための比例常数 $\Delta\sigma_x/\Delta\sigma_N$ を調べている。この結果、黒皮脱炭面ピーニング材が最も小さい比例常数值を示したことから、試料表面の状態とくに試料面法線方向における応力の分布状態が X 線測定応力に与える効果を解析し、さらに測定する試料面の応力状態の影響を分析している。また、実用機械部品における高硬度鋼材および粗粒材料を従来の装置で測定した例を示し、回折強度曲線の状態および測定限界につきのべている。

第 2 章では、鮮明な回折線を得るための問題を検討するとともに、粗粒材料の測定について二つの方法を提案している。すなわち、まず従来の装置によって応力測定が困難な高硬度鋼材および粗粒材料から得られる回折線の内容を考察し、鮮明な回折線を得るための対策を明らかにしている。回折線がブロードになる試料を測定する場合、ピーク強度を高くし、バックグラウンド強度の低い回折線を得るため、X 線の発生から検出までの装置上の問題フィルタの使い方など技術上の問題および測定条件が回折線プロフィールに与える影響を取り上げ、また写真法カメラ用スリットを検討している。回折環がはん点状になる試料に

については従来の装置を用いて試みた多重露光写真法および回折線合成法（計数管法）が有効な方法であることを明らかにしている。

第3章では、前章における検討を通じて得た結果を基に、測定可能な材質の範囲を広げることを主な目的として計画し、広く実用に供し得るものとなった新形X線応力測定装置についてのべている。応力測定装置の仕様の概要および構成を示し、新形装置の特徴のうち、X線強度、測定時間などの一般性能を従来の装置と比較し、一般性能の向上が回折線に及ぼす効果についてのべている。つぎに、新形装置の最大の特徴であり、粗粒材料の新しい測定方法である入射X線揺動法について、装置の機構を説明し、入射X線揺動が粗粒材料からの回折線プロフィールに与える効果につき詳しく解析している。この場合、粗粒材料の測定結果の観察から、入射X線揺動の半価幅およびピーク位置への効果、ピーク強度への効果を解析し、回折強度曲線における揺動周期波の重畳の問題および入射X線揺動が応力測定値に与える影響についてのべている。さらに、従来の装置において測定が困難であった高硬度鋼材および粗粒材料を新形装置により測定した結果を示し、測定可能な材質の範囲が大幅に拡大されたことを明らかにしている。本章の終りには新形装置の検査項目と検査方法をのべている。

第4章では降伏現象の観察へX線回折法を応用し、表面層の降伏と巨視的降伏の関係を検討している。低炭素鋼焼なまし材の引張りおよび均一曲げ試験中にX線応力測定、回折線半価幅測定、かたさ測定、およびすべり線の観察を行ない、材料の擬弾性挙動を調査して残留応力の発生機構を検討している。また、中炭素鋼焼入焼もどし材の静試験におけるX線応力測定の結果から、曲げおよびねじり公称応力-ひずみ関係を評価している。つぎに、表面脱炭材や表面に微細結晶層をもつ試料のように表面層が内部と強度を異にする試料について、試料全体の変形と表面層が維持しうる応力の関係を示している。さらに、ショットピーニングによって表面層に圧縮残留応力をもつ試料が一軸応力をうけた場合の表面層の降伏について、X線応力測定の結果から明らかにしている。同じような観点から、粗大結晶軟鋼試料の引張変形過程において、擬コッセル像を撮影し、試料全体の平均的変形挙動との対応で個々の結晶あるいは結晶局部領域の変形挙動を調査している。

第5章では、疲労強度評価へのX線応力測定技術の応用についてのべている。多結晶金属の疲労強度、特に耐久限度は表面層の性質の支配を強くうけることから、ばね鋼表面脱炭材および各種鋳鉄材を取り上げ、耐久限度とX線応力測定による表面層の降伏強度との関係を調査して、これら不均質材の耐久限度の予測法を提案している。また、X線応力測定では、表面残留応力を非破壊的に測定できることから、構造用鋼にショットピーニングなど冷間加工によって圧縮残留応力を付与した試料の応力繰返し過程における残留応力の変化状況を求め、残留応力の疲労強度、特に耐久限度への寄与について示し、さらに、一試験片の一定繰返数（ 10^4 サイクル）における残留応力の初期値に対する減衰率から、耐久限度を予測する方法を提案している。終りに、高周波焼入れした部品の低サイクル疲労における破壊状態を残留応力変化から説明している。

論文審査の結果の要旨

X線応力測定法は金属材料の残留応力の局所的ならびに非破壊的測定法として特徴があり、測定機器の

進歩と普及に伴い機械構造物の強度設計および加工技術の向上さらにその寿命予知等の広い範囲に用いられるようになった。本論文は本測定法の工業的利用の範囲拡大のため、多結晶金属材料におけるX線回折の基本的問題に検討を加え、新しい応力測定用X線回折装置ならびに測定技術を導入することにより、従来測定が困難とされていた粗粒結晶材や高硬度金属材料における残留応力測定を可能にするとともに、本測定法の特徴を種々の材料強度問題に適用したもので、得られた主な成果は次の通りである。

1. 各種構造用鋼の焼鈍材、焼入焼戻し材、加工材、表面脱炭材、ショットピーニング材ならびに各種鋳鉄について、既知応力下のX線応力測定値と公称応力値の関係を、測定表面近傍の応力分布との関連で検討し、これら工業材料におけるX線応力測定の問題点を明らかにしている。

2. 従来X線応力測定の適用が困難とされていた高硬度材（Hv 800 程度）ならびに粗粒結晶材（粒径約 30μ 以上）の残留応力測定には、

- 1) 高硬度鋼材の場合、反射X線検出器の走査角の必要範囲の設定ならびに検出回折強度の増加ならびに高感度検出の条件の設定。

- 2) 粗粒結晶粒材の場合、回折線半価巾の倍程度範囲内で入射X線を試料表面に対して揺動することにより、応力測定に適するX線回折プロファイルが得られる。

これらの条件を併せ充す新型X線応力測定装置を開発し、これに関連した測定技術上の問題点を検討し、これによりX線応力測定法の適用範囲が一段と拡張されることを、各種実用機械部材に適用して実証している。

以上を要するに本研究はX線応力測定法の工業的利用範囲の拡大を目的とし、多結晶金属材料におけるX線回折の基本問題を検討することにより新しいX線応力測定装置を開発し、従来測定困難とされていた高硬度鋼材ならびに粗粒材料の残留応力測定法を確立するとともに材料強度評価の方法に新しい局面を加えたもので、学術上、工業上貢献するところが多い。

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。