

氏名	林 紘三郎 はやし こうざぶろう
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第206号
学位授与の日付	昭和45年5月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科機械工学専攻
学位論文題目	<b>X-Ray Investigation on Lattice Strain and Deformation of Polycrystalline Metals</b> (X線による多結晶金属の格子ひずみと変形に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 平 修二 教授 河本 実 教授 遠藤吉郎

### 論文内容の要旨

本論文は、多結晶金属の弾性定数ならびに塑性変形によって生ずる残留応力を、X線回折法による格子ひずみの測定によって実験的に検討するとともに、結晶幾何学的観点より解析的に研究した基礎的なものであり、6章からなっている。

第1章は緒論であり、本研究の目的とその意義ならびに本論文の概要について述べている。

第2章では、多結晶金属の弾性定数と、それを構成する結晶の弾性定数の関係を論じている。そのためにはX線的に弾性定数を測定するのが非常に有効であるとして、鉄と炭素鋼について、X線の弾性定数におよぼす塑性変形、集合組織、含有炭素量、結晶粒径などの影響に関する検討をおこない、X線回折面、集合組織ならびに結晶粒径が強い影響因子であることを明らかにしている。さらに、これらの因子のうち特に、集合組織を有する多結晶金属の弾性定数を、単結晶の弾性定数から A. Reuss が提案した応力一定の条件、あるいは W. Voigt のひずみ一定の条件に基づいて理論的に導く方法を詳細に述べるとともに、一例として〔110〕繊維組織を有する多結晶 $\alpha$ 鉄について計算をおこない、実験結果との比較を試みている。この結果より、X線的に測定される弾性定数は、多結晶金属を構成する結晶の弾性異方性と密接な関係のあることが予想される。

第3章では、弾性異方性に大きい差のあるアルミニウムと銅について前章と同様な研究をおこなっている。多結晶アルミニウムの弾性定数はX線回折面にはほとんど依存せず、単結晶の弾性定数から理論的に計算される値にはほぼ等しいことを明らかにし、さらに、弾性異方性が著しい銅の場合には、Reuss と Voigt の両条件の中間に測定されることを確認している。なお弾性定数の計算にあたっては、前章で提案した方法に従ってこれらの材料が有する〔110〕と〔111〕の二重繊維組織を考慮し、実験結果と良好な対応を示すことを明らかにしている。前章の結果と総合して、鉄、鋼や銅などに見られる弾性定数のX線回折面依存性は、結晶の弾性異方性とX線回折の結晶選択性から生ずることを確認している。また、多結晶体に含まれる結晶の応力あるいはひずみの状態は、結晶粒界などの影響を強く受けるために一意的に決める

ことはできないにしても、Reuss と Voigt の両条件の中間的な状態にあると結論している。

第4章では、X線回折による格子ひずみの測定法を、鑄鉄の変形に関する研究に応用した結果を述べている。まず引張試験によって得られる鑄鉄の機械的弾性定数が負荷応力の大きさに強く依存することを見出したうえ、片状黒鉛鑄鉄と球状黒鉛鑄鉄とでその傾向が大きく異なるという実験結果を得ている。さらに、引張試験によって得られる応力とひずみの関係を詳細に観察するとともに、X線によってマトリックスの格子ひずみを測定し、組織中に含まれる黒鉛は、引張変形の場合にはほぼ空孔とみなせるのに対して、圧縮変形では充てん物としての効果を有することを確かめている。

一方、X線的に測定される弾性定数は、黒鉛形状の影響を受けないで、マトリックスに対する黒鉛の体積分率に強く依存することを見出し、機械的方法によって得られる弾性定数と非常に異なる結果を得ている。さらに、外部負荷応力ならびに研削残留応力について、X線的に測定した弾性定数を用いてX線応力測定をおこなった結果、機械的な方法で測定される値とよい一致を得ており、従来より困難視されていた鑄鉄のX線応力測定が可能であることを明らかにしている。

つぎに、鑄鉄のような不均質金属材料の平均弾性定数を、その材料を構成するマトリックスと分散粒子の弾性定数、ならびに分散粒子の形状、体積分率から推定する計算式を簡単な力学的モデルに基づいて誘導するとともに、鑄鉄に適用して計算した結果と実験結果との間にほぼ良い一致を得ている。

第5章ではまず、一軸塑性変形した鉄とアルミニウムに形成される残留応力をX線によって測定すると、試料軸方向残留応力の試験片断面上の分布は必ずしも巨視的な意味での平衡条件を満足しないで、引張りあるいは圧縮側にずれ、かつこれがX線回折面に依存することを実験的に見出し、このような現象は一般の多結晶金属に認められるものであると述べている。このような現象に対して、多結晶体に含まれる各結晶のすべり型式の相違から生ずる局部残留応力に、弾性異方性、集合組織などを考慮して、塑性変形した多結晶金属に形成される残留格子ひずみを理論的に解析したところ、実験結果を良く説明できる結果を得ている。

さらにこのような研究結果をもとに、X線による格子ひずみの測定は単なる応力測定にとどまらず、結晶の変形異方性に起因する多結晶金属の変形に関する諸問題の解明に対しても、非常に有効な実験手段であると述べ、例として圧延鋼板ならびに予変形薄板の変形異方性に関する実験結果を示し、この種の問題への適用の可能性を明らかにしている。

第6章は以上を要約して結論としたものである。

### 論文審査の結果の要旨

X線応力測定法は、結晶の格子面間隔の変化を測定して得られる格子ひずみから応力を求めるもので、金属材料の残留応力を非破壊的に測定できる唯一の方法である。本研究は、X線による格子ひずみの測定を単なる応力測定のためのみならず、むしろ多結晶金属の変形に関する問題の解明に適用しているところに特徴があり、主として多結晶金属の弾性定数と、塑性変形によって多結晶金属に生ずる残留応力の測定に適用し、得られた実験結果を結晶幾何学的観点から理論的に解析したものである。

結晶の集合体である多結晶体の弾性定数を単結晶の弾性定数と関係づけることは基礎的にまた実際上重

要な問題であるが、著者は実験的検証としてX線回折による弾性定数測定の方法を導入し、多結晶金属の弾性定数は結晶粒の大きさや集合組織などの影響を強く受けることを明らかにするとともに、多結晶金属の弾性定数をこれら因子の影響をも考慮して単結晶の弾性定数から理論的に求める方法を提示していることは大きな成果である。

つぎに、実用的に広く使用されながら力学的性質が明確にされていない鑄鉄の変形挙動解明にX線回折法を適用している。まず、機械的試験により得られる鑄鉄の弾性定数は負荷履歴に関係することを明らかにし、マトリックスの変形を把えるX線回折による弾性定数の測定結果と機械的弾性定数の比較検討をおこない、X線により得られる弾性定数を用いると精度の高い応力測定が鑄鉄に適用できるとしている。

また、鑄鉄のように分散粒子を組織中に有する不均質金属材料の平均弾性定数を、その材料を構成するマトリックスと分散粒子の弾性定数ならびに分散粒子の形状、体積分率から推定する計算式を誘導し、片状黒鉛鑄鉄と球状黒鉛鑄鉄に関して、実験結果と良く一致する計算結果を得ている。これまで提案されている方法に比べて、分散粒子の体積分率のみならず、その形状をも含めて平均弾性定数を簡単に計算できる式を提案したことは高く評価される。

最後に、一軸塑性変形によって多結晶金属に形成される残留応力をX線によって測定した結果を述べるとともに、その理論的解析を試みている。このようにして生じた残留応力をX線測定により得られる結果の有する物理的意味については、従来より多くの説が提案されてきたが実験結果を必ずしも良く説明することはできなかった。しかし本研究では、結晶の弾性、塑性異方性に起因する残留格子ひずみにX線回折条件を適用することによってこの問題の理論的解析に成功している。

以上を要するに本研究は、多結晶金属の弾性定数ならびに塑性変形によって多結晶金属に形成される残留応力と、結晶の弾性あるいは塑性異方性の関係を実験的、理論的に明らかにするとともに、X線応力測定法を単なる応力測定にとどめず、むしろ多結晶金属の変形に関する諸問題の解明に非常に有効に適用できることを示したもので、学術上ならびに工業上寄与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認める。