

氏 名	大 橋 延 夫 おお はし のぶ お
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 213 号
学位授与の日付	昭 和 43 年 7 月 23 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	フェライト系ステンレス鋼帯のリデング現象に関する研究

(主 査)
論文調査委員 教授 高村 仁 一 教授 足立 正 雄 教授 田村 今 男

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、鋼帯圧延方式で製造されるフェライト系ステンレス薄鋼板に引張あるいは深絞変形を加える際に、リデングとよばれる特異なしわ模様が現われ、これが製品の成型上大きな障害となる問題について、従来不明確であったその発生の原因と機構とを結晶組織学的に詳細に検討・解明し、本鋼種の薄板製造上必要ないくつかの基本的要素を明らかにしたもので、6章から成っている。

第1章では、本系の代表鋼種である17% Cr 鋼のリデングに関する諸研究を概説し、それらの諸説が Waxweiler や Nemethy らに代表されるように、本鋼種の熱延鋼帯の断面にみられるフェライト相と変態相の層状配列の存在そのものを単純にリデング発生の根本原因と考えているが、その解釈にはいくつかの重大な矛盾が存在することを指摘している。すなわち、現実にリデングの発生が問題となるのは、熱延鋼帯そのものよりも、それを冷延焼鈍した鋼帯であるが、そこには上述のような層状組織は存在せず、均一微細な（フェライト+炭化物）組織となっている。また熱延鋼帯であっても、26% Cr 実用鋼や極傾炭素の17% Cr 鋼では、ほぼフェライトの単相組織であるにもかかわらず、顕著なリデングがあらわれる。このような矛盾の解明が本研究の端緒となったことを述べている。

第2章は17% Cr 鋼の熱延鋼帯を主なる対象として、リデングの発生を支配する諸因子を検討し、その起源を究明するに至った経過を述べたものである。リデングの発生は Waxweiler や Thompsonの指摘と同様に鋼帯成分のオーステナイト化に対する安定度が低いほど著しいが、著者は新たに熱延温度の高いほど顕著となることを指摘し、しかも鋼帯中心層からの採取試片においてリデングが最も激しく、かつそこには圧延方向に伸長した粗大フェライト粒による縞状組織が存在することを始めて見出した。これに対し表面層からの採取試片ではリデングが全く現われず、その組織も均一微細である。この縞組織の成因につき、鋼塊凝固組織、熱延温度、成分組成とその偏析、および熱処理に伴う組織変化などの諸因子を詳細に検討した結果、熱延時に1250°C以上に加熱された鋼帯の中心層では粗大フェライト相の発達が著しく、これが巨視的な縞組織の形成に直接対応することを確認した。この縞組織は一旦形成されると、

900°C以下の焼鈍では消失し難く、リデングの原因となることを明らかにしている。

第3章は17% Cr 鋼の冷延焼鈍鋼帯におけるリデング現象と成分の関係を述べ、従来リデングの軽減法として採用されながらその意味が不明確であった適量の Nb の添加の効果や、オーステナイトの安定度を上昇させる成分の添加の効果などが、すべて熱延時の鋼帯中心層における粗大フェライト相の発達を抑制するためであることを明らかにしたものである。すなわち、鋼のオーステナイト化に対する安定度を上昇させるような元素、たとえばC, N, Ni, Mnなどの添加は、熱延時に発生する多量のオーステナイト相の存在により粗大フェライト相の発達を阻止し、また Evans が見出した Nb 添加の効果も、高温で未溶解のNb炭窒化物がフェライト相の粗大化を抑制するためである。

第4章は、上述のような粗大フェライト相による縞組織の形成過程とリデングの発生機構について述べたものである。著者は、鋼板の集合組織の研究手段として普通に用いられる積分法によるX線回折のほか、新らしく考案した局所回折法をも併用して熱延鋼帯の中心層で伸長しているフェライト相の結晶方位を調べた結果、これらの個々の縞はいずれも $\langle 110 \rangle$ 方向を圧延方向とし、これを軸とする回転系内のいずれかの結晶面が板面に平行となるような非常に鮮鋭な集合組織をもつことを明らかにした。とくに熱延時に形成される $\{001\} \langle 1\bar{1}0 \rangle$ 方位に近い縞は、その後の冷延焼鈍によってもその結晶方位を維持する傾向が強いのに対し、他の方位の縞は冷延焼鈍後の再結晶によって $\{111\}$ の優先方位を示すに至る。このため冷延焼鈍後の鋼帯中心層には、主として $\{111\}$ 方位をもつマトリックスと $\{001\} \langle 1\bar{1}0 \rangle$ 近傍の方位をもつ縞とが圧延方向に細長く並ぶ形となり、それがあたかも方位の異なる単結晶のように振舞うことをすべり帯模様の観察によって確かめ、それらの塑性異方性が原因となってリデングが発生することを指摘した。

第5章は、上述の観察を裏付けるため、種々の方位をもつ17%Cr鋼および3%Si鋼の単結晶ならびに双結晶を用いて研究した結果を述べたものである。まず実際の熱延鋼帯の中心層にみられる個々の縞の優先方位、すなわち圧延方向に平行な $\langle 110 \rangle$ を軸とする回転系列内の各方位をもつ単結晶の冷延焼鈍を行ない、 $\{001\} \langle 1\bar{1}0 \rangle$ 方位もしくはその近傍の方位のものが、再結晶することなく元の方位を保ったまま回復する傾向にあることを確かめ、その理由を冷延時のすべり系の考察および電子顕微鏡による下部組織の観察などから裏付けを行なった。また実用鋼帯の縞組織に類似した双結晶試片を作製し、引張変形により人工的にリデングを発生させ、理論的に予測される結果とよく一致することを確かめている。

第6章は結言で、以上の結果をまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

フェライト系ステンレス鋼帯に引張あるいは深絞変形を与えると、鋼帯の圧延方向に沿って巨視的なしわ模様が現われて、製品の成型上大きな障害となることが多い。これはリデング現象とよばれ、長い間議論の対象となってきた問題である。本論文は、17% Cr を含む代表的ステンレス実用鋼帯を主たる対象としてこの現象の成因と発生機構を明らかにしようとしたものである。

著者はまず、リデングの原因に関する Waxweiler をはじめとする諸説には重要な矛盾のあることに着目した。すなわち従来の研究では、本鋼種の熱延鋼帯の断面にみられるフェライト相と変態相の層状の配

列そのものにリデング現象が起因するという考えが支配的であった。しかしリデングの発生が現実の問題となるのは、熱延鋼帯そのものよりも、それを冷延焼鈍した鋼帯であって、そこにはもはや上述のような層状組織は存在しない。また熱延鋼帯であっても、26% Cr 実用鋼や極低炭素の17% Cr鋼では、ほぼフェライトの单相組織であるにもかかわらず、顕著なリデング現象があらわれる。したがって著者は、みかけの層状組織の存在そのものよりも、フェライト相の結晶集合組織に注目して、リデング現象を解明しようとした。

著者は、リデング現象が鋼帯中心層で最も顕著に現われ、しかもリデングの発生が圧延方向に伸延された粗大フェライト粒による縞状組織の存在と密接に対応していることを見出し、この縞組織の形成におよぼす鋼塊の凝固組織、熱延温度、成分組成とその偏析、および熱処理に伴う組織変化などの諸因子を詳細に検討した。その結果、従来リデングの軽減法として採用されながらその意味の不明確であった適量 Nb 添加の効果や、オーステナイトの安定度を上昇せしめる成分の添加、あるいは鋼帯のいわゆる変態熱処理などの効果が、すべてフェライト相の縞組織の減少を通してリデング現象の抑制作用として働らくことを明らかにした。

これらのフェライト相の個々の縞は、いずれも $\langle 110 \rangle$ 方向が圧延方向に平行で、これを軸とする回転系内のいずれかの結晶面を圧延面とする鮮鋭な集合組織を示すが、とくに熱延時に形成される $\{001\} \langle 1\bar{1}0 \rangle$ 方位に近い縞は、他の方位のものと異なり、冷延後の焼鈍処理によっても元の優先方位を変えることなく回復する傾向が強いことを見出した。このため冷延焼鈍後の鋼帯中心層には、主として $\{111\}$ 再結晶方位をもつマトリックスと $\{001\} \langle 1\bar{1}0 \rangle$ 近傍の方位をもつ縞とが圧延方向に細長く並ぶ形となり、それらの塑性異方性によりリデング現象が発生することを明らかにした。さらにこれらのことを種々の方位関係をもつ17% Cr 鋼および3% Si 鋼の単結晶ならびに双結晶を用いて明確に実証し、理論的に予測される結果とよく一致することを示した。

要するにこの論文は、フェライト系ステンレス鋼帯にあらわれるリデング現象の成因とその発生機構を系統的に追究し、従来の諸説の矛盾を解明することに成功したもので、学術上工学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。