



Title	Mo添加による高級一方向性珪素鋼の開発
Author(s)	伊藤, 庸
Citation	大阪大学, 1986, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/35606
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、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >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）	い	藤	庸
学位の種類	工	学	博 士
学位記番号	第	7 4 6 4	号
学位授与の日付	昭 和 61 年 10 月 20 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	Mo 添加による高級一方向性珪素鋼の開発		
論文審査委員	(主査) 教 授 藤田 英一 (副査) 教 授 望月 和子 教 授 朝山 邦輔		

論 文 内 容 の 要 旨

一方向性珪素鋼板は日本の鉄鋼業を代表する高品質・高付加価値の製品であり、現在この開発分野において世界の先導的役割を果たしている。この一方向性珪素鋼板は 2 次再結晶粒を (110) [001]，即ち Goss 方向に高度に集積させたもので、その製造工程が複雑、かつ諸処理を厳密に制御することが必要であるため「鉄の芸術品」とも言われている。

この一方向性珪素鋼板は主として変圧器その他の電気機器の鉄心として使用されているが製品の磁束密度が高く、鉄損が低いこと、しかも表面性状の優れた絶縁被膜を有することが要求される。特にエネルギー危機を境にして電力損失の少ない鉄心材料の開発が重要となっている。

一方向性珪素鋼板の鉄損を低くする方法としては、(1) 2 次再結晶粒の配向性を高める、(2) Si 含有量を増加させて電気抵抗を高めて鉄損を低くする、(3) 製品板厚を薄くする、(4) 鋼板の純度を上げる、あるいは、(5) 鋼板の 2 次再結晶粒径を小さくする等が考えられるが、これらの改善法は現在極限と考えられる所まで来ている。次に一方向性珪素鋼板の被膜は確実な絶縁を保証するだけでなく、鉄損あるいは磁歪特性の改善の役割を担う。この被膜はフォーステライト質下地被膜の上に熱膨張係数の小さいガラス質のコーティングを施したものであるが、特に下地被膜が密着性に優れ均一にして薄型にすることが重要である。

このような状況下で低鉄損一方向性珪素鋼板の製造開発を行なうために、素材成分から最終の被膜処理工程に至る各諸工程の根本的な再検討が必要とされた。このためインヒビター成分の異なる数多くの小型鋼塊を溶製し、試験実験から開始した。その結果従来一方向珪素鋼板に全く用いられなかった Mo を微量添加することにより永年の懸案であった Si 量を増加させた状況下においても製品の表面性状の

改善が可能であることを見出した。このMo添加による製品の表面性状の改善はスラブ加熱後の熱間衝撃試験を行なって粒界割れが激減することを実証した。このMo添加による熱間粒界割れの防止効果はスラブ加熱あるいは熱間圧延途中でMoが表面近傍に濃化するために粒界割れを防止できると考察した。

またMo添加珪素鋼は熱延板表面近傍のGoss方位集合組織を強化することを発見し、X線透過Kossel法により熱延板から2次再結晶焼鈍工程に至るまでGoss粒の変化を詳細に追跡した。Goss方位2次再結晶粒の発生源は熱延板表面から板厚方向約1/10程度入った位置から発生し、その後の2回の圧延処理と3回の焼鈍処理を経てストラクチャ・メモリーにより継承されることを示した。したがってMo添加珪素鋼は熱延時にGoss核発生頻度を高め、ひいては細粒の2次再結晶粒を優先生成させるのにきわめて有利であることの考察を加えると共に、Kessel法による5~20 μ m程度の微細粒を数多く測定し、これらの結晶方位粒のカラーマッピングによりGoss方位2次再結晶粒の継承機構を解明した。

さらにMo添加珪素鋼は2次再結晶処理前の脱炭・1次再結晶焼鈍時に酸化性と雰囲気温度の制御を行ない、サブスケール中の $\text{Fe}_2\text{SiO}_4/\text{SiO}_2$ を適正な範囲に調整することによって薄型で均質、しかも密着性の優れた下地被膜を形成させることが可能であることを示した。このような状況はMoが表面に濃化して鋼板表面の酸化抑制、例えば Fe_2SiO_4 あるいは FeO 等の酸化物生成の抑制が可能なためと考えられる。

論文の審査結果の要旨

高級珪素鋼板は極めて高品質・高付加価値の鉄鋼材料であり、我国はその開発・製造において世界の先導者である。電力エネルギー使用に不可欠の変圧器の鉄心となる一方向性珪素鋼板は2次再結晶粒を(110)[001]即ちGoss方位に高度に集積させたもので製造工程が複雑で諸処理条件の厳密さを要求される。本論文は磁束密度が高く、鉄損が低く表面性状の優れた絶縁被膜を有する製品を従来考え及ばなかったMoの添加により実現した研究を纏めたものである。鉄損を低くする為には、(1)2次再結晶粒の配向性を高める、(2)Si含有量を増して電気抵抗を高める、(3)製品板厚を薄くする、(4)鋼板純度を上げる、(5)鋼板の2次再結晶粒を細かくする、等が考えられるが本研究では、素材成分から最終の被膜処理工程に至る各段階の基本的再検討を行い、その結果Moを0.03%程度添加することにより上記の各点を改良できることを見出した。

まずMo添加により熱間粒界割れが激減し、これはMoが表面近傍に濃化する為である事を明らかにした。またMoはGoss方位集合組織を強化する事を発見し、X線透過Kossel法により熱延板から2次再結晶焼鈍工程に至るまでGoss粒の変化を詳細に追跡した。Goss粒の発生源は板厚の約1/10の深さに在り、その後の2回の圧延、3回の焼鈍を経ても記憶継承される事を示した。この研究は同時にGoss核発生機構に関する定説を覆した点でも功績が大きい。さらにMoの添加は脱炭・1次再結晶焼鈍時に密着性の優れた薄い強固なフォルステライト(Fe_2SiO_4)下地絶縁膜の形成を促す事が示されそれがMoの表面濃縮による事も明らかになった。

以上のように、この論文に示された研究内容はGoss方位の起源など基本的な問題を解明すると共に最高の品質の工業製品を生み出す元となったもので、工学及び技術への貢献著しく、博士論文として価値あるものと認める。