

(245) 希土類元素添加による珪素鋼の正常粒成長の促進

川崎製鉄 技術研究所

○松村 洽

入江敏夫

荏野保之

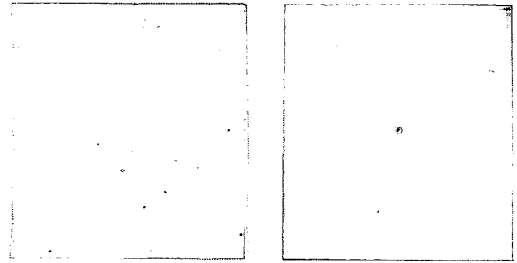
中村広登

水島製鉄所

飯田義治

1 緒言

無方向性珪素鋼板の鉄損のうち65~75%は履歴損である。履歴損は結晶粒径が大きいほど小さいので、高級品を製造する時には結晶粒径を大きくする努力がなされている。無方向性珪素鋼板は、普通熱延板を冷間圧延後短時間焼鈍して製造され、この焼鈍時に正常粒成長を阻害するのは主として微細に分散した析出物である。本報はこの微細析出物の発生を防止する方法として希土類元素を添加した効果を調べたものである。



a) REM 無添加 b) REM 0.019%  
写真1 焼鈍板透過電顕像 X10,000

2 実験と結果

以前はこの微細析出物はAlNであると考えられていたが、筆者らの研究によれば3%珪素鋼の場合、0.3%以上のAlを含み1250°C以下のスラブ加熱温度であればAlNは微細化しない。しかしこの条件をみだす場合でも直径200~500 Åの微細析出物があらわれ(写真1a)、この析出物をNDSで調べたところそのほとんどにSiとS、一部にSとMnが検出され析出物は硫化物が主体であることがわかった。この微細な硫化物はスラブ加熱中に固溶していたものが後の工程で析出して生成したものと推定される。S量を低減すれば粒成長性の改善が予測されるので、脱硫剤として0.005~0.03%の希土類元素(REM)を溶鋼に添加した結果、微細な析出物はほとんど消失した(写真1b)。REM添加による脱硫量は約0.001%である。大きな析出物をXMAでラインアナリシスとした結果、SはREMとともに大きく凝集している(図1)。

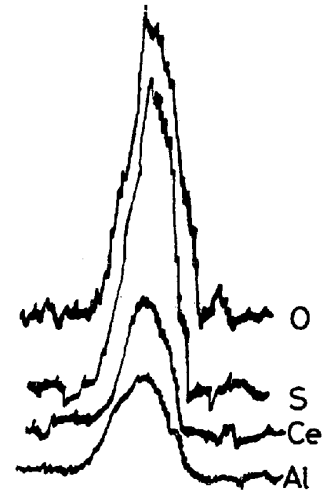


図1. REM添加材の析出物 XMAラインアナリシス結果

図2に0.019%REMを添加した3%Si-0.6%Al鋼(S:0.004%)と添加しないもの(S:0.003%)とについて、スラブ加熱温度と熱延板を75%冷延後900°Cで5分間焼鈍した後の結晶粒径との関係を示す。80μm以上の平均粒径を得るためには、REMを添加しない場合はスラブ加熱温度を工業的に熱延困難な1100°C以下としなければならないが、REMを添加した場合は1250°Cで容易に得られることがわかる。これは含有S量からは説明できず、またREM添加の試料も温度依存性があることから、REM添加の効果は脱硫よりむしろ残留したSをREMが固定し、その解離温度が通常の硫化物より高温のため、熱間圧延前のスラブ加熱時にほとんど固溶せず、後工程での微細な硫化物の析出を防止することにあると考えられる。

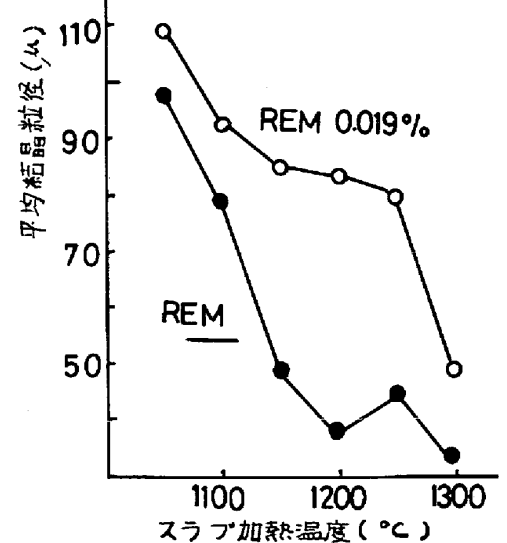


図2. スラブ加熱温度と製品板結晶粒径

以上の結果、REMの微量添加により、2次冷延軽圧下2回冷延法を採用しなくても、十分な大きさに結晶粒径が成長するため、高磁場の特性の優れた無方向性珪素鋼板が得られる。