

1. 緒言

オーステナイトの静的再結晶挙動を調べる方法としては、熱間圧延を行ないその組織変化から再結晶挙動を調べる方法と、高速熱間ねじり又は圧縮における flow stress の変化から再結晶挙動を調べる方法がある。後者の方法は焼入れ性が低く組織観察が困難な材料の再結晶挙動の調査に適している。本報では Nb と同様の再結晶抑制効果を有する Ti 鋼において、熱間圧延による方法と高速圧縮による方法の 2 つを用い、その再結晶挙動に及ぼす Ti 添加量、加工温度、加工後の保持時間等の影響を検討した。

2. 実験方法

供試鋼としては 0.09 %C-0.21 %Si-1.50 %Mn-0.15 %Mo 鋼をベースに Ti 添加量を 0.060 %、0.088 % と変化させた 3 鋼種を用いた。圧延実験では 1280 °C に加熱後 1050 °C ~ 850 °C の設定温度において 1 パスで 12 mm から 6 mm まで 50 % の圧下を加え、その後等温保持、水焼入れしその組織より再結晶率を測定した。また高速圧縮試験では圧延実験と同じ条件下で $\dot{\epsilon}=10/\text{sec}$ で 50 % と 30 % の 2 段プレスを行ない、各プレス間の時間を変化させ、降伏点、 n 値の変化から再結晶挙動を調べた。降伏点の変化による軟化度は $X = (\sigma_{\max} - \sigma_y) / (\sigma_{\max} - \sigma_{y0})$ で示され、 n 値の変化による軟化度は $x = n_2 / n_1$ で示される。(図 1) また加工直後に焼入れできる装置を使って組織観察を行ない。これらの軟化度と対比させた。

3. 実験結果

- (1) 組織観察による再結晶挙動は、熱間圧延と高速圧縮で差がなく、950 °C では Si-Mn 鋼は加工直後に 100 % 再結晶が完了しているのに、0.088 % Ti 鋼では、加工後 20 分たった時点での再結晶率が 50 % である。これは Ti 鋼では TiC が加工により stress induced precipitation を起こし、再結晶の発生及び進行を抑制するからである。
- (2) 降伏点の変化による軟化度は 20 % を超えると急激に増加し始め、この時点で再結晶が起こり始めたためと思われる。このことは組織観察により確認された。(図 2)
- (3) 軟化度が 20 % になる時間 $t_{x=20\%}$ (再結晶が開始する時間に相当する) の逆数を $1/T$ に対してプロットすると 950 °C 以上では Ti 鋼は Si-Mn 鋼と同じ傾向を示し、その見かけの活性化エネルギーは約 80 kcal/mol である。しかし低温側では見かけの活性化エネルギーが大きくなっており、これは TiC の析出により再結晶の開始が大きく遅れるためと考えられる。(図 3)

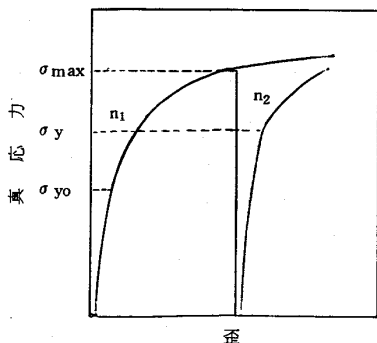


図 1 2 段プレスの応力-歪曲線 (模式図)

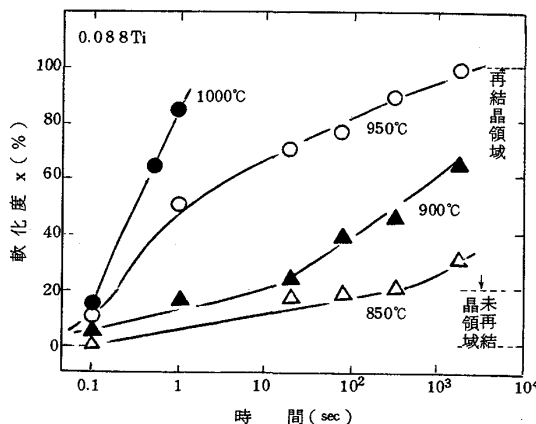


図 2 降伏応力による軟化度と時間の関係

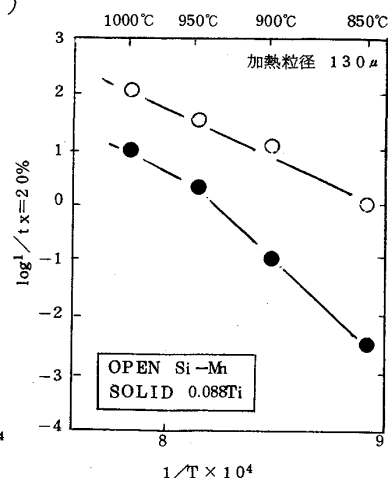


図 3 $x = 20\%$ となる時間の温度依存性