

(603) オーステナイト-フェライト 2 相域における変形抵抗予測

川崎製鉄株式会社 技術研究所 ○齊藤良行 田中康浩
水島製鉄所 関根稔弘 西崎 宏

1. 緒言： オーステナイト(γ)-フェライト(α) 2 相域で適切な圧延を行うことにより、強度、靱性のすぐれた鋼板を製造できることはよく知られているとおりであるが、計算機制御により材料特性のみならず、寸法、形状のすぐれた鋼板を高効率で生産する場合には($\gamma+\alpha$) 2 相域での変形抵抗を精度良く予測する必要がある¹⁾。 $(\gamma+\alpha)$ 2 相域での変形抵抗予測方法を確立するため、熱間加工再現装置を用いて α 域、 γ 域、 $(\gamma+\alpha)$ 2 相域の変形応力を測定し、その結果を厚板圧延に適用した。

2. 実験方法： 熱膨張により変態挙動の測定が可能な油圧サーボ式の熱間加工再現装置を用いて、Si-Mn鋼について高温高速引張試験を行い、(i) α 域および γ 域加熱材の変形応力の温度依存性、(ii) γ 域加熱材の等温変態過程における変形応力と変態率との関係、(iii)2 段引張試験における α 域、 γ 域および $(\gamma+\alpha)$ 2 相域でのひずみ回復過程などを明らかにした。

3. 実験結果： 1). α 域におけるSi-Mn鋼の変形応力は γ 域と同様に Arrhenius 型の温度依存性を示し、その値は γ 域と比べて約 15% 小さい。 Ar_3 以下での γ 域加熱材の変形応力は Arrhenius プロットからはずれた温度依存性を示し、温度の低下とともに α 域加熱材と同一水準に近づく (Fig 1 参照)。

2). $(\gamma+\alpha)$ 2 相域での変形応力は変態率の増加にほぼ比例して低下する。このことから 2 相域での変形応力を γ 域および α 域の変形応力の混合則で近似しても問題がないことがわかる (Fig 2 参照)。

3). α 域と γ 域の回復過程は同一形式の微分方程式で表現できる。変形中断時に変態する場合の回復過程は次式で表現できる。

$$\frac{d\epsilon}{dt} = -(a_0 \epsilon + a_1 \epsilon^2) \exp(-\frac{Q}{T}) - a_2 \frac{\partial R}{\partial t} \cdot \epsilon$$

$$\left[\begin{array}{l} \epsilon : \text{ひずみ, } T : \text{温度, } R : \text{変態率} \\ a_0, a_1, a_2, Q : \text{定数} \end{array} \right]$$

4. 厚板圧延における 2 相域の変形抵抗： 上記の実験と同一成分のスラブを使って厚板圧延機による圧延実験を行い、上述の結果を利用してデータ解析を行った。その一例を Fig 3 に示す。未再結晶 γ 域では圧延温度の低下とともに変形抵抗は上昇するが、 Ar_3 以下では上昇率はわずかとなり、温度の低下とともに減少傾向に変わる。これは温度の低下とともに変形抵抗の小さい α が増加したこと、変態にともない γ の蓄積ひずみが回復したことの重量効果であるが、この 2 つの効果を考えて 2 相域での変形抵抗予測式を作成し、厚板圧延での圧延荷重予測に適用して良好な結果を得た。

1) 齊藤 et al.: 鉄と鋼 68 (1982) S 1386

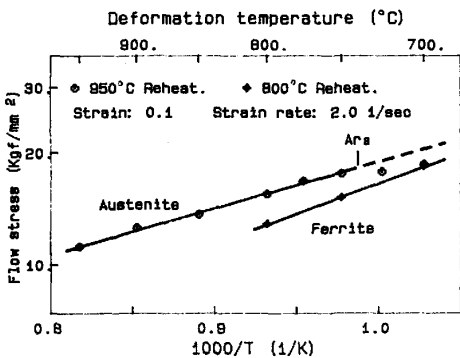


Fig.1 Dependence of flow stress of austenite and ferrite steel on deformation temperature through an Arrhenius relationship

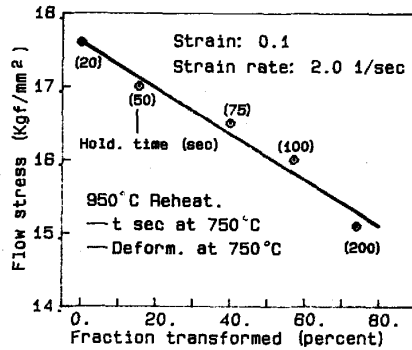


Fig.2 Variation in flow stress with fraction transformed

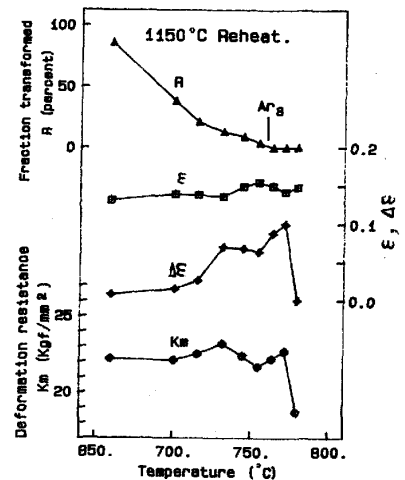


Fig.3 Rolling data analysis in dual phase region