

(403) 不安定オーステナイト系ステンレス鋼の塑性曲線のマクロモデル

日新製鋼 岡南製鋼所

星野和夫

1. 緒言 SUS 301 や SUS 304 のような不安定オーステナイト系ステンレス鋼は、塑性変形過程中にマルテンサイト (α') 変態が起り、著しい加工硬化と延性を示すとされている。この α' が機械的性質に及ぼす効果について数多くの研究報告がみられるが、定量的に取扱った報告は少ない。Ludwigson¹⁾ は、塑性変形中に増加する α' を考慮し塑性曲線を解析している。含有成分の効果や、オーステナイト (γ) 相の安定性および γ 相、 α' 相の強度の二面に寄与するという複雑な現象を定量的に取扱わんとしたこの試みは興味深い。その処理や考え方に矛盾があると考えられる。本報告は、これらの難点を明らかにし、不安定オーステナイト系ステンレス鋼の塑性曲線のマクロモデルを組み立てることを試みるものである。

2. 実験方法 用いた供試材の化学成分を表に示す。0.7 mm に冷間圧延した後、結晶粒度が 7.5 番になるように焼鈍した。引張り試験は、JIS 13 B 号を採用し、インストロントタイプの引張り試験機を用い、 10^{-4} min^{-1} のひずみ速度で実施した。また、同一条件下で任意のひずみ量まで引張り変形したもののから、 α' 測定用試験片を切り出し、試料振動型磁気計を用いて α' 量を測定した。

3. 実験結果および考察 K1, K5 の真応力-真ひずみ曲線を図1に示す。K5 の $\epsilon = 0.08$ 付近からの真応力の立ちあがりから α' に起因するものであるとされているが、同じ条件下での引張り試験において、K1 は α' が誘発されないにもかかわらず、同じような挙動を示している。この K1 の加工硬化率 $d\sigma/d\epsilon$ と ϵ との関係を検討してみると、 $d\sigma/d\epsilon \approx E/150$ (E : ヤング率) に相当する直線硬化領域をほとんど2段にわかれていく。この直線硬化領域は短く、 $\epsilon = 0.08$ 以降の塑性領域では $d\sigma/d\epsilon$ は単調に減少しており、直線硬化に内部応力による動的回復が加わっていると考えられる。すなわち、この領域の塑性曲線は放物線状となり、 $\sigma = \sigma_i (\epsilon/\epsilon_i)^n$ で近似しうる。ここで、 σ_i は $\epsilon = 0.08$ での真応力で、 n は $\epsilon = 0.08$ 以降のひずみ領域での γ 相の加工硬化係数である。また、 $\epsilon = 0.08$ 以下の低ひずみ領域の塑性曲線は $\sigma = \sigma_{i0} (\epsilon/\epsilon_{i0})^n$ で表示しうる。この n を Ludwigson¹⁾ は、 γ 相の加工硬化係数とみているようである。本実験では σ_{i0} は $\epsilon_{i0} = 0.01$ の応力値をとった。したがって、 α' の誘発されないような γ 相の塑性曲線は $\sigma = \sigma_{i0} (\epsilon/\epsilon_{i0})^n (\epsilon/\epsilon_i)^m$ でよく近似しうる。しかし、 α' の生成される材料においてはこの近似式はもはや適用不可能で、 α' 量による硬化を考慮しなければならぬ。いま、 γ 相と α' 相の間に混合則 $\sigma = \sigma_\gamma + \sigma_{\alpha'}$ (σ_γ : γ 相の応力、 $\sigma_{\alpha'}$: α' 相の応力) が成り立つとし、 $\sigma_{\alpha'}$ と α' 量との関係を求めると、 $\sigma_{\alpha'} = (\alpha_1 C^{1/2} + \alpha_2) V_{\alpha'}^{3/2}$ という関係で表わしうる。ここで、 C は固溶炭素量、 $V_{\alpha'}$ は α' 量の体積率、 α_1, α_2 は実験により定まる定数項である。すなわち、不安定オーステナイト系ステンレス鋼の塑性曲線は次式によ、精度よく近似しうることもわかった。

$$\sigma = \sigma_{i0} (\epsilon/\epsilon_{i0})^n (\epsilon/\epsilon_i)^m V_\gamma + (\alpha_1 C^{1/2} + \alpha_2) V_{\alpha'}^{3/2}$$

参考文献 1) D.C. Ludwigson et al.: J.I.S.I. 207 (1969) 63.

表 供試材の化学成分値 (wt%)

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	N	備考
K1	0.011	0.15	0.20	18.24	11.95	—	0.015	SUS305相当
K4	0.08	0.59	1.06	18.38	8.91	—	0.01	SUS304相当
K5	0.106	0.57	0.99	17.20	7.58	—	0.016	SUS301相当
K6	0.051	0.33	0.36	17.59	8.61	—	0.015	SUS301相当
K7	0.008	0.21	<0.05	15.88	10.65	0.31	0.020	SUS301相当

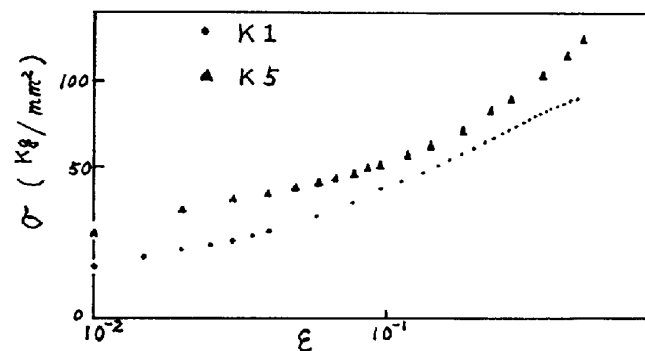


図1. 真応力-真ひずみ線図