

1.2 C-13 Mn

Strain Aging in 1.2%C-13%Mn Austenitic Steel

(Michihiro Tabei) 1970 (1)

(2)

Synopsis :

Strain aging in 1.2%C-13%Mn austenitic steels was investigated in the temperature range 20 to 550 . In the tensile aging test, three stages were distinguished in the aging process: the early hardening stage, the successive softening stage and the last remarkable hardening stage, respectively. By use of several techniques, such as measurements of electro-resistivity, observations of microstructures and X-ray diffraction analyses, the mechanisms at each stage were clarified as follows: (1) In the early stage of aging, the annihilation of strain-induced vacancies as the result of their diffusion into dislocations makes unstraight dislocations such as jogs. (2) In the second stage, the amount of carbon atoms in solution decreases with the precipitation of carbides. (3) In the last stage, carbide particles grow larger and subsequently unstable austenite transforms to martensite.

1.2%C-13%Mnオーステナイト鋼のひずみ時効

Strain Aging in 1.2%C-13%Mn Austenitic Steel

田中 康浩*

Michihiro Tanaka

船越 督己**

Tokushi Funakoshi

Synopsis :

Strain aging in 1.2%C-13%Mn austenitic steels was investigated in the temperature range 20°C to 550°C.

In the tensile aging test, three stages were distinguished in the aging process: the early hardening stage, the successive softening stage and the last remarkable hardening stage, respectively. By use of

diffraction analyses, the mechanisms at each stage were clarified as follows:

Table 1 Chemical composition of material (wt %)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N
1.16	0.42	14.14	0.034	0.005	0.02	0.03	0.02	0.69	0.0155

積層欠陥や双晶の発生などからなり、荷重-伸び曲線は bcc 構造の軟鋼のような降伏点降下現象を示さず、ただらかに塑性変形域に移行するが、変形が進むと積層欠陥や双晶の発

用いた試料の化学成分を **Table 1** に示す。10 t

用いた試料の化学成分を **Table 1** に示す。10 t



の低温での時効現象に対応する変化はまったく確

定である。

● Solution treated at 1000°C

速めるし、また炭化物析出の核にもなると考えられる。

変形中における転位の交切、ジョグの非保存運

減少あるいは再配列による量的変化を示していると考えてよい。しかしながらこのような低温の時効によって転位や積層欠陥が消滅するとは考え

▲ 3.5. 12) 鋼のひずみ時効による転位の消滅と再配列のメカニズムについて、Z. Metallforsch. 47, 1976, 101-106

したがってその勾配が時効初期の活性化エネルギーを与えることになり、その値は 22,300cal/mol であった。

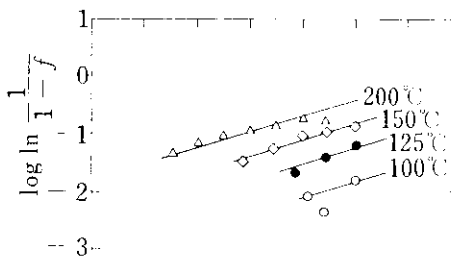
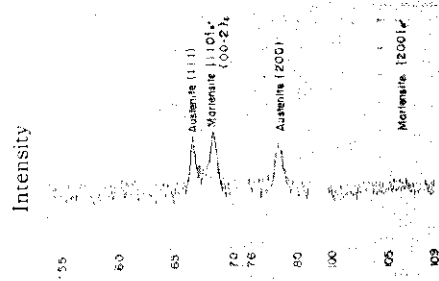
200°Cで3/4minであるから $Q=22,300\text{cal/mol}$ とすると(4)式よりそれまでの空孔のジャンプ数は $3 \times 10^5 \sim 10^6$ 回となり、移動がランダムウォーク

エネルギーは33,000cal/molといわれており²⁰⁾フェライト中での値20,100 cal/molに対してかなり大きい。塑性変形によって格子欠陥が増加すると、C原子の拡散過程で、たとえば転位がパイプの役

される。一方15%ひずみを受けた13Mn鋼の転位密度はおよそ 10^{11}cm/cm^3 であるので、この転位が一樣に分布しているとすればその平均間隔はおよそ1,000Åとなり、転位間に存在する空孔は全

300°C 1,000min前後の時効によって $d\rho$ の値に変化がないことを確認したので、この値を飽和値として用い初期とおなじように時効の進行の割合を規格化した値で整理し $\log\{\ln 1/(1-f)\}$ と $\log t$ の関係を求めるとFig. 9 のようになり、クロスカット法により求めた活性化エネルギーは33,500cal/molとなる(Fig. 10)。この値はオーステナイト中におけるCの移動の活性化エネルギーと全く一致しており、中期の時効過程はCの拡散に関連していると考えられる。さらにFig. 2 にみられる軟化の過程で $d\rho$ が負の値となることをも考えあわせると、その機構は炭化物が析出して素地中のC

いる。本実験においてもFig. 5 および Fig. 6 の光学あるいは電子顕微鏡組織にみられるように炭化物の析出成長が認められる。成長した炭化物とマトリックスの不整合境界は変形の過程において転



1.2%C-13%Mn steel aged at 450°C
 位の発生源となり、転位密度は急激に増加する。一方炭化物は亀裂の発生源ともなるため急激な加工硬化とともに脆性破壊がおこる。また炭化物の析出成長にともない固溶C量が減少したオーステナイトは不安定となり、 α' あるいは ϵ マルテンサイトに変態し硬化がおこる。Fig. 11 は450°Cでの時効試料のX線による回折強度を示し、bccあ

参 考 文 献

- 1) J. Gren : J. Iron Steel Inst., **186** (1957), 21
- 2) K. S. Rose and S. G. Glover : Acta Met., **14** (1966), 1505
- 3) V. Sukhorava and R. Kharlova : Phys. Met. Metallography, **10** (1960), 143
- 4) R. M. Waymouth and G. V. Raynor : Acta Met., **11** (1963), 165
- 5) G. C. Smith and T. Boniszewski : Acta Met., **11** (1963), 165
G. C. Smith and B. A. Wilcox : Acta Met., **13** (1965), 331
- 6) K. J. Irwin and F. B. Pickering : Iron Steel, (U.K.) April (1956), 135, May (1956), 169
- 7) A. F. W. Smith : J. Iron Steel Inst. **186** (1957), 495
- 8) 橋浦, 渡辺 : 金属学会誌, **22** (1958), 557
- 9) 今井, 斎藤 : 金属学会誌, **25** (1961), 57, 鉄と鋼, **46** (1960), 195, **47** (1961), 1682
- 10) H. J. Levinstein and W. H. Robinson : The relation between the structure and mechanical
- 11) N. J. Petch : J. Iron Steel Inst., **145** (1942), 111
- 12) 木戸, 藤井 : 鉄と鋼, **45** (1959), 1097
- 13) H. J. Levinstein and W. H. Robinson : The relation between the structure and mechanical