

東京工業大学工学部

田村 博  
加藤 昇  
○石川 雅雄

1. 緒言

変態超塑性とは、金属材料の相変態中に、ある特定条件下で引張り荷重を加えると、異常に大きい伸び率を伴い、しかもサンプルに明瞭な変形局在化ゾーンがなくかつこの効果の出現に際して、変形抵抗が急激に低下する現象である。従って、相変態を含む材料の溶接部では見逃すことのできない現象といえる。

さて本報は、この変態超塑性現象を利用して、溶接部のような応力を受けた状態での相変態が、従来より研究されている無応力状態での相変態と比べて、どのように変化するかを研究したものである。すなわち、3種の鋼(HY80, HT60, 9%Ni鋼)について、変態膨張を利用して得た無負荷状態でのCCT線図と、一定のひずみ速度で強制的にねじり変形を与え、そのときの变形抵抗の変化を測定し、変態超塑性現象を利用して変態点を決定して得た負荷状態でのCCT線図を作成すると同時に、変態超塑性現象と変態開始との関係について若干の実験を行なった。

2. 実験方法

無負荷状態のCCT線図については、高周波加熱式熱膨張装置を用いて熱膨張試験及び組織観察により作成した。負荷状態のCCT線図については、図1に示すような強制ねじりによる変形抵抗を測定するためのロードセルをそなえ、試験片上でのせん断ひずみ速度を $10^{-6} \sim 10^{-3}/s$ に可変できる装置を用いて、3種の鋼材についてそれぞれ2種類のひずみ速度で実験を行なった。

強制ねじり試験に用いた試験片は、試験材上での温度分布を一樣にするために、図2に示すような形状で、中央部10mmに試験材を、そのまわりに変態を起さない18-8ステンスを摩擦圧接により接合したものを用いた。加熱は、高周波加熱装置を用い、最高加熱温度1200℃で50秒間温度保持した後、その冷却途中における強制ねじりによる変形抵抗及び試験片温度を記録した。また、変態超塑性と変態との関係を明らかにするために、マルテンサイト変態の現われやすい9%Ni鋼について、高温顕微鏡を用いて引張りを試験片に与えながら、その冷却途中における表面観察を行い、マルテンサイト発生温度と、引張りによる変形抵抗の変化及び定電流回路を通して試験片に流した電流により測定した電気抵抗の変化について同時測定を行なった。

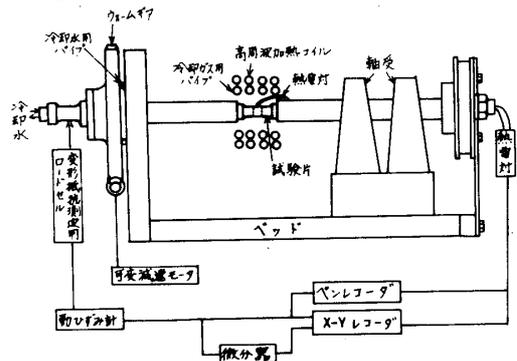


図1. 強制ねじり試験機

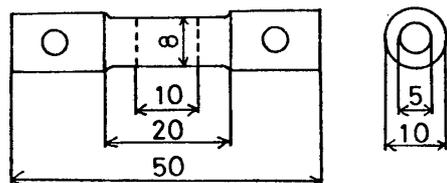


図2. ねじり試験片形状

### 3. 実験結果と考察

強制ねじり試験結果の代表例を図3に示す。このような温度-変形抵抗のグラフと、組織観察とから、変態開始点を決定し、3種の鋼材についてそれぞれ得た負荷を与えた場合のCCT線図及び熱膨張より得た無負荷状態でのCCT線図を描いたものが図5(a), (b), (c)である。負荷を与えた時の変態点が、無負荷の場合よりかなり上昇していることがわかる。

また、マルテンサイト変態による変態超塑性の発生とその組織の直接観察によるマルテンサイト発生温度との関係を示したものが図4である。これにより、マルテンサイト変態開始と、変態超塑性による応力の低下開始がほぼ一致し、変態超塑性を利用して変態開始点を決定することが有効な手段であることがわかる。さらに図4中に示してある電気抵抗の変化の様子から考えると、電気抵抗の変化は変態がある程度進行した時点で起こるものと考えられ、変態超塑性を利用して変態温度を決定する方法が、この点からも支持されることになる。

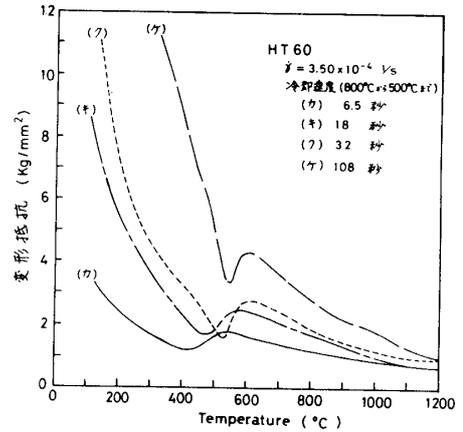


図3. HT60のねじり試験結果

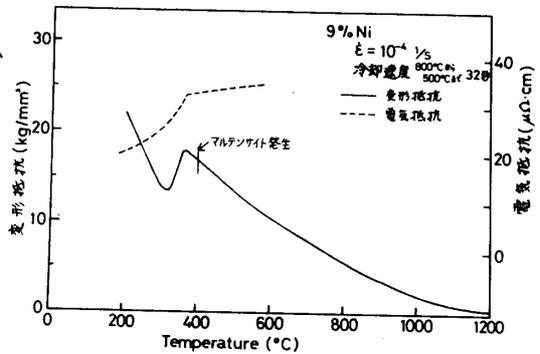
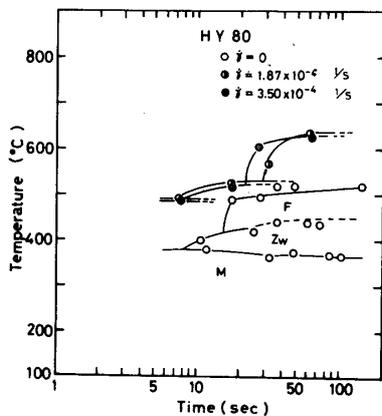


図4. 温度と変形抵抗及び電気抵抗の関係

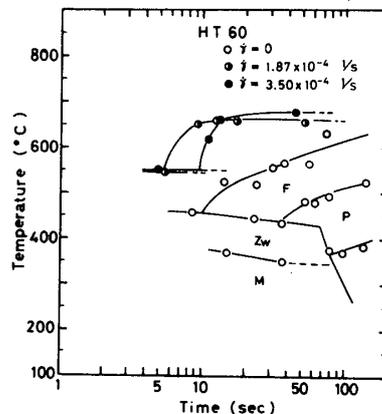
### 4. 結言

以上の結果から、負荷を受けた材料の相変態が無負荷の場合に比べてかなり移動することを考えると、溶接部のように応力の加わったものについて議論する際には考慮する必要がある。また、本研究のように、変態超塑性を利用することにより負荷状態での変態を測定することが可能であると思われる。

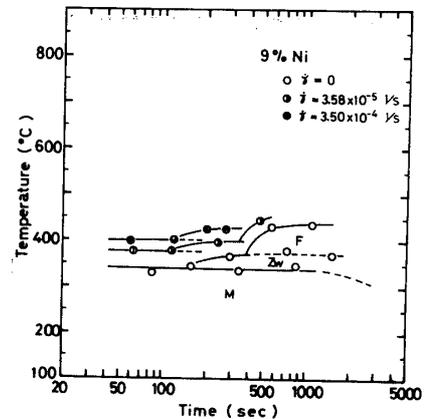
\* 試験片の摩擦圧接にあたっては慶応大学蓮井教授 邦 CCT線図作成にあたっては金属材料技術研究所春日井氏・頼娃氏にお世話になり、厚く御礼申し上げます。



(a) HY80



(b) HT60



(c) 9% Ni鋼

図5. 無負荷及び負荷時のCCT線図