

高張力鋼の急速加熱変態

早稲田大学  
昭和三十九年  
昭和電工(株)

武藤逸朗  
井口信洋  
本橋孝弥

日本鋳業(株) 柴山和夫  
住友金属工業(株) 村田博

1. 緒言

高張力鋼の溶接熱影響部組織は溶接熱サイクル時の急熱-急冷過程によって左右される。この熱影響部組織の性質、発生機構は溶接性に関係する重要因子であり、その変態に関する研究には意義がある。しかるに冷却変態については多くの研究が行われているがとくに急速加熱変態を検討した研究は数がきわめて少ない。本報においては60 kg/mm<sup>2</sup>級調質高張力鋼資料について、その急速加熱変態の挙動を、急速加熱用自記熱膨張計にて測定し、変態過程中の急熱-焼入組織を検討した。ここにその結果を報告するものである。

2. 実験方法

試験片は長さ6mm、外径4mm中、厚さ1mmの円管形状とし、これを出力1.5kW、周波数200kHzの高周波誘導加熱装置を用い加熱した。温度測定は直径0.3mmの白金、白金ロジウムのOpen-Circuit型熱電対を用いた。熱膨張量は差動変圧器で測定した。焼入した組織は光学顕微鏡、電子顕微鏡、マイクロビッカース硬度で判定した。表1に試料の成分を示す。

表1.60 kg/mm<sup>2</sup>級高張力鋼成分分析表

化学成分 wt%				
C	Si	Mn	P	S
0.15	0.38	1.17	0.009	0.014

3. 実験結果

(A) 急速加熱変態におよぼす加熱速度の影響

供試60 kg/mm<sup>2</sup>級高張力鋼は調質高張力鋼であるのでその再加熱において、焼戻し過程とそれに引続く $\alpha$ 化変態が進行する。これらの過程が加熱速度50%/s~500%/sを与えて急速加熱した際の熱膨張曲線上における変化を図1に図示してある。調質組織の再加熱過程であるから、(a)焼戻し過程と、(b) $\alpha$ 化過程とに區別して論じ、両者の相互作用について考察する。

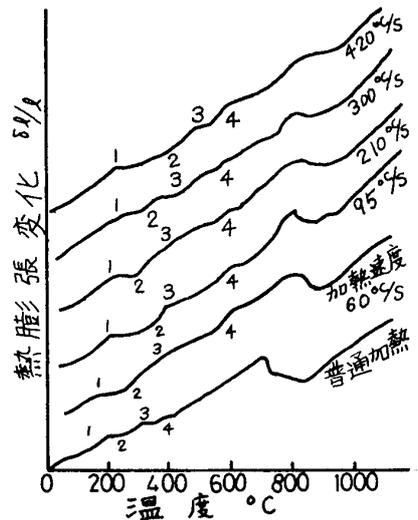


図1.急速加熱昇-0°C曲線

(a) 急速焼戻し過程

普通加熱時の焼戻し変化は図1中の焼戻し点①~④が認められ、①点≒200°C、②点≒250°C、③点≒300°C、④点≒400°Cとおよそ判定できる。急速加熱中では普通加熱焼戻しと対応して①→不鮮明②→300°C、③→400°C、④→600°C附近まで上昇し消滅することはない。図中の記入加熱速度は変態通過中のものであり、高周波加熱の特徴として焼戻し過程中は変態以前で1000%/sを超えている。このような急速加熱焼戻し過程においてさえも焼戻しによる組織変化は阻止できなかった。

(b) 調質高張力鋼の $\alpha$ 化変態

昇-0°C曲線の普通加熱の場合の熱膨張曲線は普通鋼佐炭素成分の試料のそれと非常に

類似している。加熱速度を次第に増大していくと普通加熱にみられる $Ac_1-Ac_3$ の分離変態を示さなくなる。図1に示されるように変態の進行に伴って膨張量が収縮する収縮型、膨張量は一定な水平型および膨張量は変化するが収縮しない上昇型に分類できる。これらは加熱速度の増大に伴って順次移行していく。

(B) 変態点の加熱速度による上昇

加熱速度の増大によって変態開始点と終了点は平衡状態のときのそれより上昇する。加熱速度をさらに増大させると、この変態点の上昇には限界温度が存し、加熱速度約30%以上では加熱速度に関係なくなる。(図2)

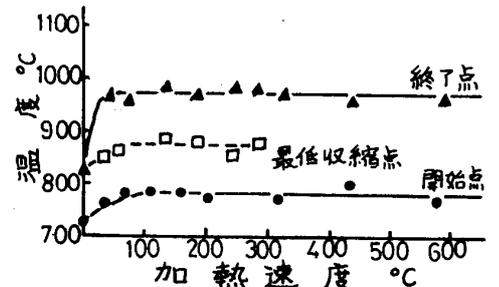


図2 変態点の“ずれ”

(C) 顕微鏡組織と硬度曲線

$\frac{1}{2}-\theta$  °C 曲線上の各相変化途中から焼入を行いその際の焼入組織の変化から逆に変態プロセスを追求した。

(1) 顕微鏡組織

② 焼戻し過程は $\frac{1}{2}-\theta$  °C 曲線上の③点の400°C附近からの焼入組織では倍率600の光学顕微鏡において判定しうる焼戻し析出物の凝集が始まる。④点においてさらに変化が進行し、フェライト相の部分が增大し、二相分離が明確になる。電顕組織は析出物が微小パーライトであることを示している。

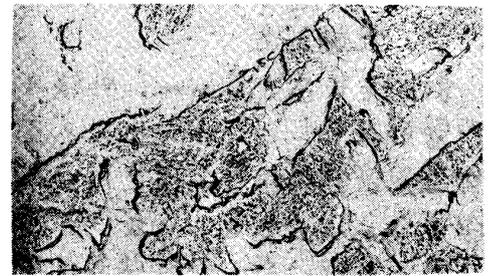


写真1. HR=220% Tmax=850°C x3000

⑥  $\alpha$  相変態過程は光学顕微鏡で認められるorderで析出物が粒界から核発生-成長する。しかし0.15% Cの標準組織と比べてフェライト域は大きくない。電顕組織も核発生-成長を支持している。写真1に変態途中の電顕組織を示す。

⑦  $T_{max} = 1080^\circ\text{C}$  で焼入された組織は全部微細マルテンサイト組織となっており普通焼入マルテンサイトと比べて相当微細化している。

⑧  $T_{max} = 1350^\circ\text{C}$  で焼入された組織は全部マルテンサイトとなっているが、⑦の組織と比較すると、相当粗大化している。すなわち $\alpha$ 粒の成長に帰因する。

(2) 硬度曲線

図3に硬度と焼入温度の関係を示す。 $\frac{1}{2}-\theta$  °C 曲線上の③および④温度点からの焼入組織は硬度の分散、平均値が母材と比べて変動している。これは組織変化と良く対応している。焼入温度が約800°C附近の試料から硬度は上昇している。これは変態がこの温度附近から開始され、これにより $\alpha$ 粒の発生とその部分が焼入によりマルテンサイト化したため、変態の進行につれて硬度は上昇するが、再び下降するのは前述のマルテンサイトの粗大化のためである。

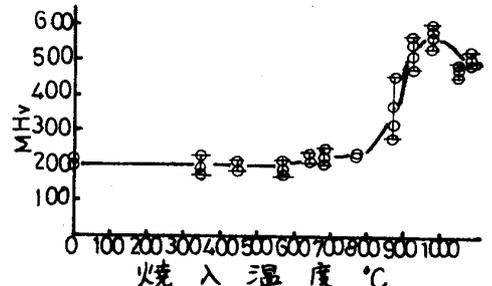


図3 焼入温度と硬度の関係

以上の結果から60 $\frac{1}{2}$ mm級調質高張力鋼の $\alpha$ 相化は加熱速度500%までは核発生-成長変態で行われ、焼戻しの効果は阻止できないことが示された。