

(272) Ni-Cr-Mo 鋼の靱性について

金属材料技術研究所

○斎藤鉄哉

内山 郁

緒言 鋼材の高強度化にともなう、脆性破壊に対する注意が必要となり、従来から平面歪破壊靱性値 K_{Ic} あるいは亀裂先端開口変位 COD などにより材料の靱性が評価されてきた。最近、J.R. Rice の提唱した J-積分を用い実験的に J 値を求める方法が報告され、臨界 J 値によって靱性を評価できる可能性が指摘されている。本実験は、冶金学的因子として、前オーステナイト粒度を上げ、材料の靱性におよぼすその影響を検討することとを目的とし、まず K_{Ic} としては ASTM 規格外にあり、また COD の実測も比較的困難な全面降伏逆傍の領域にある本実験で用いたような強力材料の靱性を臨界 J 値によって評価しようとする試みのものである。

実験方法 用いた材料は、0.2% C-Ni-Cr-Mo 鋼とこれに微量の V および Nb を単独あるいは複合添加した計4種類の鋼で、850~1250°Cの種々の温度でオーステナイト化し、850°Cから油冷を行った。この様な as quenched 材を用いて、引張試験、12mm×12mm×55mm Vノッチに種々の長さの疲労き裂を導入した試験片による三点曲げ試験、一部について 20mm² CT試験片による K_{Ic} 試験、SEMによる破面観察、光鏡あるいは電鏡による組織観察などを行った。

実験結果と考察 強度はオーステナイト粒の粗大化とともに減少し、延性も連続的に低下する。 $J = -\lim_{\Delta a \rightarrow 0} (U(a+\Delta a) - U(a)) / \Delta a = -\partial U / \partial a$ をもとにして、荷重-変位曲線から求めた実測臨界 J 値は、オーステナイト粒粗大化につれて、多少減少ないしはほぼ一定の傾向を示すが、各鋼種について実験範囲内で最大粒度のところで、不連続に急激な低下を示した。図1にその様子を示した。同図からめからように、一定オーステナイト粒度で比較すると、多少のバラツキはあるが、V、Nb および V+Nb 添加の順に靱性は良くなっているように思われる。この傾向は、測定開口変位量から一定の回転因子を仮定して単純に計算した臨界 COD 値あるいは ASTM 規準を考慮しないで曲げ試験によって求めた K_{Q} 値においても全く同様に認められた。また臨界 J 値から計算によって求めた K 値は、限られた試験数ではあるが、実測 K_{Ic} 値と良好一致を示し、さらに上記の臨界 COD あるいは K_{Q} と臨界 J 値との関係についても検討した。その結果、全面降伏逆傍の領域においても、臨界 J 値によって材料の靱性を充分良好精度で評価できると考えられる。一方、SEMによる観察では、鋼種あるいはオーステナイト粒度に関係なく破面は全て Dimple pattern を示していた。靱性の急激な低下の見られる粗大粒を有するものでは、粒界 Dimple 破面が認められ、この粒界破壊が靱性低下に寄与しているものと思われる。また、強度 ($\sigma_y \approx 1200 \text{ N/mm}^2$ (120 kg/mm² 程度)、延性 ($\delta \approx 15\%$, $\psi = 55 \sim 60\%$) および靱性の比較的良いバランスは、不純物の少りことによると思われる。これらの鋼の下部組織は、微細析出物を有する Autotemper を受けた、ラスマルテンサイトである。オーステナイト粒の粗大化にともなう、マルテンサイトバケツトは粗大化しているが、ラスの大きさは著しい変化を示さなかった。

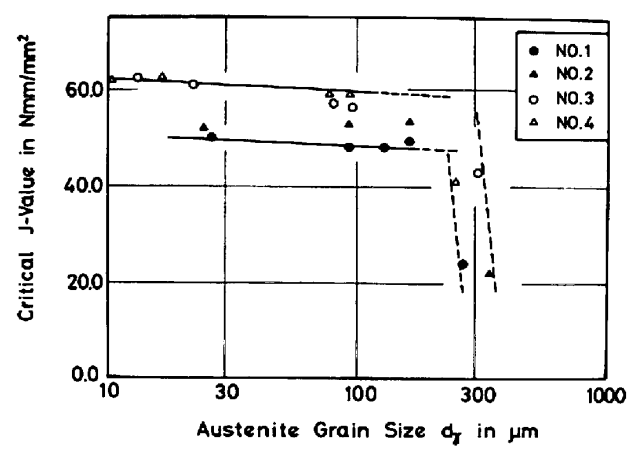


図1 臨界J値とオーステナイト粒度との関係 (NO.1: 添加なし, NO.2: V 添加, NO.3: Nb 添加, NO.4: V+Nb 添加)