

(564) 未再結晶溶体化処理による Fe-Ni-Ti マルエージ鋼の強靱化

宇宙科学研究所 ○栗林一彦、堀内 良

I、目的、 Fe-Ni-Ti系マルエージ鋼は、Mo+Coを主な時効硬化要素とした従来の18%Niマルエージ鋼に比して、Tiを時効硬化要素としており、低廉型マルエージ鋼として近年積極的に開発が試みられている。本鋼種は、原料コストの点でメリットが多い半面、亜時効では著しい遅れ破壊感受性を示すことが知られている。また時効硬化の進行とともに著しい延性の低下も報告されている。いずれも破面は旧 γ の粒界破壊となるところから、Ti低温相の旧 γ 粒界上の析出によると考えられている。

著者らは、これ迄に18%Niマルエージ鋼において逆変態 γ の未再結晶温度域での溶体化処理(未再結晶溶体化処理)は、マルテンサイトのブロック組織の微細化を通して、強度、靱性および水素脆性の感受性を改善することを報告した。また、この未再結晶溶体化処理は、微量のボロン(>10ppm)と、Mo, Ti等のボロンとの結合性の強い元素との共存下において逆変態 γ 中の転位の回復を抑えることにより、より効果的になることも明らかにした。本手法は、マルテンサイト的な逆変態を示す鋼種に対しては、共通に適用できるものと期待されるところから、他の鋼種、特に上述のように、遅れ破壊と脆化に悩まされているFe-Ni-Tiマルエージ鋼の強度、靱性の改善に対する効果を検討した。

II、実験方法、 用いた試料は、Fe-20%Ni-1.5%Tiを基本組成として、ボロンを30ppm添加したB鋼種、さらにNbを0.1%添加した0.1Nb-B鋼種、Nbを0.5%添加した0.5Nb-B鋼種の4種類である。いずれの試料も前歴の消去、および硼化物の完全固溶を目的として、1473K, 4ksの高温溶体化処理を施したものを出発材とした。旧 γ 、およびマルテンサイトの組織は、723K, 4ksの時効後、希硫酸による電界腐食、あるいはナイターによって腐食した後に観察した。引張試験片、破壊靱性試験片は溶体化処理後に試験片に加工し、時効を加えて実験に供した。

III、実験結果、 Table 1は、出発材に対して25Kごとに1048K~1223Kの範囲で4ksの恒温保持を加えた時の逆変態 γ の再結晶の進行を調べた結果である。基本組成では未再結晶溶体化処理は事実上不可能であるが、B鋼種では50K、0.1Nb-Bでは100K、0.5Nb-Bでは125Kの再結晶温度の上昇が認められた。

B、0.1Nb-B、0.5Nb-Bとも1063K, 4ksの未再結晶溶体化処理を施すことにより σ_B 、 K_{IC} とも向上する。

さらに、時効温度を723Kとした場合、出発材および再結晶溶体化処理材では10ks迄の時効では大気中では顕著な遅れ破壊を呈するのにに対して、未再結晶溶体化処理材では遅れ破壊の感受性は著しく低減した。

示差熱の測定によれば、未再結晶溶体化処理の施された試料では、Ti低温相の析出は早くなるが、活性化エネルギーは変化しない。

未再結晶溶体化処理による強靱化は、高密度の転位を含む γ からの変態によるブロック等のマルテンサイト組織の微細化と粒内の転位密度の増加によるものと思われる。また遅れ破壊感受性の改善は、組織の微細化と転位密度の増加を通してのTi低温相の粒界析出の抑制によるものと思われる。

Table.1 Recrystallization and Solution Temperature

	1048K	1073K	1098K	1123K	1148K	1173K	1223K
Base	△	●	—	—	—	—	—
B	—	○	◎	●	—	—	—
0.1Nb-B	—	—	—	○	◎	●	—
0.5Nb-B	—	—	—	—	—	○	●

△: Imperfectly Solutionized

○: Unrecrystallized

◎: Partially Recrystallized

●: Fully Recrystallized