

(349) 常中温降伏強度に及ぼす諸因子の影響について

天明玄之輔

日本鋼管(株)技術研究所

田中淳一

○田川寿俊

1. 緒言

最近、常中温(クリープを考慮しない温度域)における降伏強度を保証した圧力容器用鋼材を規格化しようとする動きが高まってきている。そこで、筆者らは常中温降伏強度を保証する鋼材の開発における第一段階として、常中温降伏強度に及ぼす諸因子の影響について、系統的かつ定量的に把握することを目的として実験を行なった。調査した項目は、C, Si, Mn, V, Mo, Nb, Cu, Ni, Cr, Nなどの元素の影響、結晶粒度の影響、熱処理の影響などであり、それらの影響について常温~450℃程度までの温度による依存性を把握した。

2. 実験方法

150kg誘導溶解炉により、0.15% C-0.4% Si-1.5% Mn-0.017% P-0.013% S-0.006% Nを基本成分として、C, Si, Mn, V, Nb, Mo, Nなどの含有量を変化させて溶製した。溶製後、試験圧延機により100→12mm tまで圧延し、熱処理に供した。熱処理としては、焼準(910℃×90分保持後、11℃/minで冷却)、焼準-SR処理(625℃×200分保持後炉冷)、焼準-焼準-SR処理、さらに、粒度を変化させるため、900℃~1100℃に一定時間保持後炉冷する処理も一部実施した。引張試験は、JIS B型精密引張試験片(6φ×30GL, ツバ付)により、耐力まで0.3%/min、それ以後10%/minの歪速度で試験した。

3. 実験結果

①降伏強度の結晶粒度依存性は、高温になる程小さくなる傾向がある。図1は、基本成分系におけるPetchの式の勾配Kの温度による変化を示した図である。本実験の範囲では、200℃程度からKが低下し始め、400℃では、ほぼ0になる。

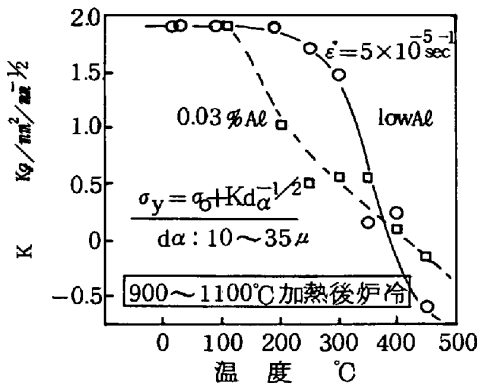


図1. Petchの勾配Kの温度による変化

②固溶Nによる強化は、温度依存性が大きい。図2は、焼準-SR処理後の固溶N0.1%当りの降伏強度上昇(同一粒度)を温度によりプロットした図である。常温でも比較的大きな影響があるが、青熱脆性域である200~250℃では非常に大きくなる。しかし、350℃以上では、ほとんど強化に寄与しない。

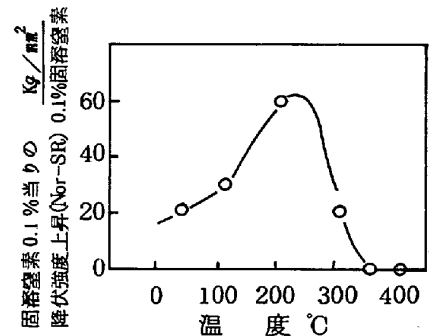


図2. 降伏強度に及ぼす固溶窒素の影響の温度依存性

③その他の固溶強化元素であるSi, Mn, Cu, Niなども常中温降伏強度上昇に効果はあるが、微量ではそれ程大きな上昇は期待できない。
④析出硬化型の元素であるV, Mo, Nbによる強化は著しく、焼戻し軟化抵抗が大きいため、SR後でも高い常中温降伏強度を示す。図3は、焼準-SR処理後の降伏強度とV量の関係である。low Al (<0.005%)系では、常温~高温まで強化に有効であるが、0.03% Al系では、その効果は非常に小さくなることわかる。

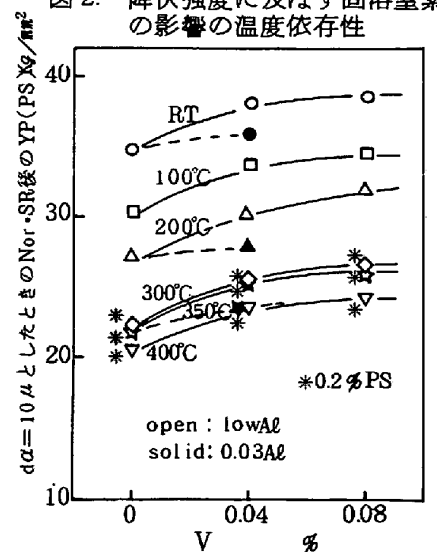


図3. 各温度における降伏強度に及ぼすVの影響