

(270) 圧力容器用・高温高降伏点鋼の引張強度に及ぼす合金元素の影響

川崎製鉄(株) 技術研究所 石川正明 ○上田修三  
 工博 鎌田晃郎 工博 大橋延夫

1. 緒言

最近化学プラント用特定圧力容器の設計規格 (JIS) に欧州で行なわれている降伏点設計もとり入れようとする機運があり、それに伴ってクリープ温度より下の中温領域における降伏点が高い鋼材の開発が要望されている。そこでまず Mo, V, Nb など析出硬化型合金元素を含む鋼について、焼ならし材の常温および 350℃における引張変形挙動、ならびに焼もどし処理を行なうことによるその変化を明らかにした。さらに 350℃での引張強度に及ぼす結晶粒度および固溶 N 量の影響についても調査した。

2. 実験方法

0.15% C - 0.40% Si - 1.40% Mn を基本成分とし、Mo, V, Nb, Al, N などの含有量を種々変化した板厚 17 mm の鋼板を用いた。これらについて、930℃×150min 保持後 12℃/min の冷却速度で冷却する焼ならし処理と、625℃×150min 保持後空冷の焼もどし処理を行ない、インストロン型引張試験機を用いて常温ならびに 350℃における引張変形挙動を調べた。常温および 350℃用引張試験片は、それぞれ直径 6 mm, G. L. = 25 mm および直径 6 mm, G. L. = 30 mm の丸棒試験片であり、引張速度は前者では全変形域で 2 mm/min として後者では降伏点まで 0.05 mm/min, 降伏点以後 2.5 mm/min とした。

3. 実験結果

(1) 0.3% Mo 鋼は、常温引張変形で、焼ならしのまま (N材) では降伏点降下を示さないが、焼もどし処理 (N-T材) を行なうと降伏点降下を示し、リュース変形を起こす。N-T材の下降伏点 (Y. P.) は N材の 0.2% 耐力 (Y. S.) より高い値を示すが、N-T材のリュース変形後の変形応力は同一変形量の N材のそれに比べて低い。350℃変形では、N-T材は降伏点降下を示さず N材と同様の塑性挙動を示し、N-T材の変形応力はいずれの変形量においても N材のそれより低い。

(2) 図 1 に示すように、Si-Mn 鋼に Nb を 0.05% 添加すると、N材のフェライト結晶粒は微細化し、常温における Y. P. は約 3.1 kg/mm<sup>2</sup> 上昇するが、焼もどし処理による Y. P. の上昇はなく、その上 350℃での Y. S. は Si-Mn 鋼とほぼ同じ値となる。0.3% Mo - 0.05% V 鋼に Nb を 0.05% 添加することによる常温での Y. S. の上昇は、N材で 1.5 kg/mm<sup>2</sup>, N-T材で 7.0 kg/mm<sup>2</sup> であり、また 350℃での Y. P. の上昇は、N-T材で 2.7 kg/mm<sup>2</sup> である。すなわち Mo-V 鋼の焼もどしによる析出硬化は Nb の添加により著しく助長される。

(3) 0.3% Mo 鋼に 0.01~0.02% の Al または 0.01% の Ti を添加し、その上固溶 N 量が同一になるように N の添加量を制御することによる結晶粒の微細化は、常温での Y. P. および引張強さ (T. S.) を上昇させるが、350℃での Y. S. および T. S. は上昇させない。

(4) 0.3% Mo 鋼について固溶 N 量の増加は N-T材の Y. P. の上昇に寄与するが、350℃での Y. S. の上昇に対する寄与は小さい。

(5) 0.3% Mo - 0.05% V 鋼へ Al で固定される以上の N を添加すると、N材および N-T材のいずれにおいても、常温ならびに 350℃での Y. S. が効果的に上昇する。

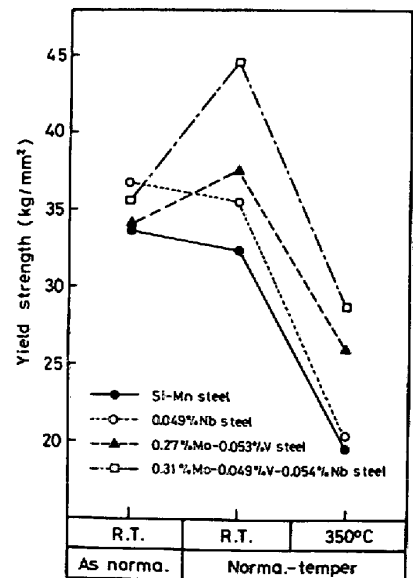


図 1 焼ならし材および焼ならし-焼もどし材の引張特性