

(209) バナジウムを含む16Cr-10Ni耐熱鋼の高温強度におよぼすNb, Ti, MoおよびBの影響

東京工業大学工学部

工博 篠田隆之

○石井友之

工博 田中良平

緒言 著者らは先にVが18-8系鋼の高温強度を顕著に改善することを報告したが、さらにVと同種の強炭化物形成元素であるNbおよびTi, また強化元素として知られているMo, Bなどを組合せ添加すれば高温強度および靱性がいっそう増加するものと予想されるので、それらの効果を定量的に検討するため実験計画法を用いて実験を行なった。

実験方法 Vによる耐酸化性の劣化を考慮して、16%Cr-10%Ni-0.11%C-0.4%Vを基本組成に選び、添加元素の水準としてはNb 0, 0.3%, Ti 0, 0.05%, Mo 0, 2%およびB 0, 0.02%の各2水準とし、それぞれを組合せた合計16鋼種を高周波炉で5kgづつ溶製した。各試料は鍛伸後1,100℃1hrの固溶化熱処理を行ない650および700℃のクリーブ破断試験に供した。

結果 数千hrまでのクリーブ破断曲線から650, 700℃での100, 1,000hr破断強度を、また伸び-破断時間曲線から1,000hr破断伸びの値をそれぞれ

表 各添加元素の破断強度と破断伸びへの影響

特 性 因	ク リ ー ブ 破 断 強 度				1,000hrクリーブ 破 断 伸 び	
	650℃		700℃		650℃	700℃
	100hr	1,000hr	100hr	1,000hr		
Nb		★★	★★	★		
Ti					★★	
Mo	★★	★★	★★	★★	★★	★★
B	★★	★		★★	★★	★

★: 9.5%, ★★: 9.9%で有意

内挿によって求め、それらに対する各添加元素の影響について分散分析した結果を表1に示した。この方法による伸びの評価は数100hrで極大が観察されることから必ずしも妥当とはいえないが、一つの目安になるものと考えられる。この表からMoおよびBはVを含む鋼においても顕著に破断強度および伸びを増加させることがわかる。またNbは高温強度の改善には寄与するが伸びには影響を与えていない。Tiは本実験では強化作用が認められず650℃の破断伸びを改善するのみである。温度および時間をLarson-Millerパラメータ： $P = T(20 + \log t)$ で整理してこれらの添加元素による効果を示したのが図1である。Moは他の元素に比較して強化に大きく寄与している。その効果はPの増加とともにやや減少するが、このように顕著なMoの効果はMoの単独添加ではみられないもので、VとMoの相乗効果によるものと考えられる。NbおよびBはそれぞれ5%程度破断強度を増加させるが、とくにBの効果は一度極小を示した後、Pの大きい側で再びその効果が増加するものようである。

以上の結果からVを含む鋼においてもMo, B, Nbなどの添加元素により高温強度がさらに改善されることは明らかで、各元素の効果を1次の実験式にまとめると700℃ 1,000hr破断強度 (γ Kg/mm²)は次式で表わされる。

$$\gamma = 10.04 + 1.36\%Mo + 1.17\%B + 6.7\%Nb \dots$$

…(1) このように各添加元素が独立に高温強度の向上に寄与し、ほぼ加算的に強化作用を扱えることは非常に興味深い。しかし各元素の係数は同じオーステナイト鋼でも基本組成および添加量によりかなり異なり²⁾微量合金元素の高温強度に対する寄与の定量的評価にはなお多くの問題があるものと考えられる。

文献 1) 田中, 篠田, 石井, 耳野: 鉄と鋼55(1969)11, S744

2) 河部, 中川: 鉄と鋼, 53(1967)1, 46

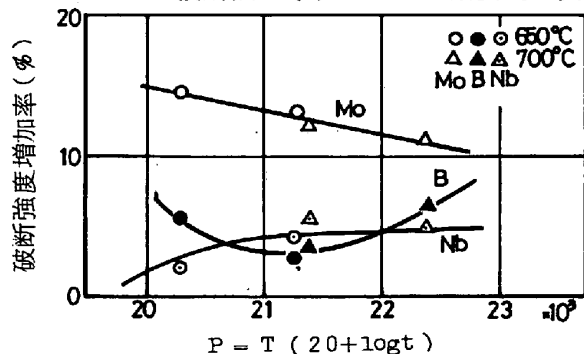


図1 Mo, Nb, Bの各元素のクリーブ破断強度増加率とLarson-Millerパラメータとの関係