

(413)

フェライト系耐熱鋼の高温特性に及ぼすNb, Vの影響

東京大学工学部
新日鉄製品研O沢田 寿郎 山下 幸介 藤田 利夫
乙黒 靖男

〔緒言〕新しいボイラー用耐熱鋼として開発された、10Cr-2Mo-V-Nb鋼は、優れた高温強度と良好な溶接性、延性を持つことが、報告されている。本研究では、合金成分V, Nbについて、単独添加、及び複合添加することにより、これらの元素が、クリープ破断強度と微細組織に対し、どのような影響を及ぼすかを調べ、また加工性向上のため、常温特性についても検討した。

〔実験方法〕試料の化学成分は、表1に示すようにVを0~0.2%, Nbを0~0.1%の単独添加、及び、0.05V+0.1Nb, 0.075V+0.075Nbの複合添加を行なった。各成分につき、10kg大気溶解し、鋳鍛造後、1050℃×2h→A.C., 700℃×1h→A.C.の熱処理をし、550℃~700℃のクリープ破断試験、常温引張試験、また、焼もどし硬さ測定、光顕及び電顕観察、電解法による炭化物の同定などを行なった。

〔実験結果〕(1)図1に代表的鋼種におけるクリープ破断曲線を示した。550℃~650℃では、短時間側においてV, Nb複合材が、最も強く、Nb材、V材、無添加材の順になるが、長時間側では、V材が最もクリープ破断強度が優れている。これは、初めに予想したように、短時間側ではNbが、長時間側ではVが、高温強度に大きく寄与していることが、確認された。また、Larson-Miller外挿法から、Nbは0.05%, Vは0.1~0.2%付近が、最適添加量であることがわかった。

(2)表2は常温引張試験による比較であるが、Nb材は、V材より引張強度が高く、伸びも少ないため、この系の耐熱鋼の常温延性を改善するには、Nb量をできるだけ少なくする必要がある。(3)焼もどし硬さ測定では、550℃~650℃において、短時間側ではNb材、長時間側ではV材が硬く、クリープ破断強度とよく一致している。焼ならし温度を950℃~1200℃の範囲で変えると、V材は1000℃付近、Nb材は1100℃付近に硬さのピークがみられた。(4)組織は、すべてフェライト+焼もどしマルテンサイトの2相混合組織であり、V材、Nb材とも相比、粒径などに差がないため、炭化物、下部組織をレプリカ法、薄膜法で電顕観察を行なっている。焼もどしによる下部組織の回復再結晶、転位密度の減少、粒界上への炭化物の凝集などが、クリープ破断強度に寄与しているものと考えられるが、現在その比較を検討中である。(5)試料のC量が微量なため、NbC, V₄C₃などの初期炭化物が析出した後の組織の安定化が、問題であるが、残渣のX線回折による炭化物の同定から、V, Nbは、この系の耐熱鋼の安定炭化物であるMo₂Cへの変態を遂げ、またNb材、V材とも長時間後には、Fe₂Moが析出しており、これがクリープ破断強度を高めていると考えられる。

表1 試料の化学成分

CHEMICAL COMPOSITION (wt%)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Nb	
SS1	0.057	0.556	0.566	0.002	0.006	9.978	2.037	0.013	0.005	
2	0.048	0.531	0.556	0.002	0.008	10.010	2.059	0.067	0.005	
3	0.044	0.541	0.547	0.002	0.008	9.994	2.020	0.115	0.005	
4	0.046	0.544	0.550	0.002	0.007	9.950	2.031	0.214	0.005	
5	0.045	0.545	0.549	0.002	0.007	9.932	2.026	0.013	0.021	
6	0.045	0.529	0.535	0.002	0.008	9.875	2.012	0.012	0.050	
7	0.044	0.522	0.545	0.002	0.008	9.907	2.014	0.025	0.103	
12	0.045	0.536	0.528	0.002	0.010	9.842	2.016	0.088	0.070	
13	0.063	0.523	0.541	0.003	0.010	9.968	2.029	0.058	0.090	

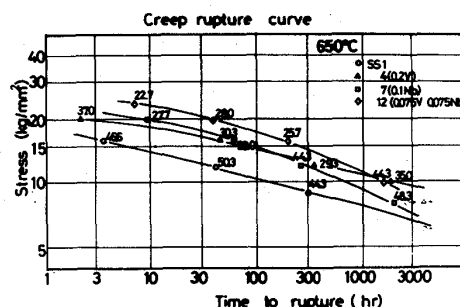


図1 クリープ破断曲線

表2 常温特性

	TENSILE STRENGTH (MPa)	0.2% PROOF STRESS (MPa)	ELONGATION (%)
SS 1	66.4	49.2	24.7
2	64.9	48.5	26.1
3	66.2	50.8	23.1
4	67.2	52.6	22.9
5	70.5	57.1	20.9
6	72.0	58.2	25.6
7	69.6	56.0	23.4
12	79.2	65.9	19.3
13	81.7	67.8	16.5

cross head speed 1mm/min
temperature 23 °C