

原子炉压力容器用スタッドボルトおよびナットの製造

川崎製鉄㈱ 水島製鉄所 ○野村朋文 朝生一夫 狩野俊之
本 社 宮木健之
技術研究所 中野善文 松居 進

1. 緒言 原子炉压力容器の締結に用いられるスタッドボルトおよびナットは、JIS G 4108 S N B 2 4 - 3 鋼が使用される。当鋼種は、高強度、高靱性のほか、すぐれた疲労特性が要求される。今回スタッドボルト、ナットを製造するに当り、十分な伸び特性、疲労特性と表面無欠陥を目標として、P、S及びOの低減を計り、良好な結果が得られたので以下に報告する。

2. 成分検討ならびに製造

(1) 化学成分の決定: S N B 2 4 - 3 鋼は、小径の場合フルマルテンサイト組織となり、強度確保は比較的容易であるが、靱性には問題がある。すなわち、高強度の場合には焼戻し温度を低く設定する必要がある、この場合のシエルフエネルギーは高々10 kg f - mである。また、焼戻し軟化抵抗元素としてVが考えられるが、中性子照射脆化を考慮すると添加は好ましくない。そこでAl - N添加による靱性向上を検討した。P、Sについては、靱性向上および伸び特性の向上のため極力低減することとし、疲労特性の向上のためにO値を低減するプロセスを採用した。かつ、Cu、Sb、Sn、As、Co等の不純物元素の低減も実施することとした。

(2) スタッドボルトおよびナットの製造: E F - L R Fプロセスにより12 t鋼塊を出鋼した。¹⁾ スクラップは、場内発生屑を厳選し、かつ低Sスクラップを使用した。レードル分析値を表-1に示す。

表-1 レードル分析値 (wt %)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Al	Cu	Nb	V	Co	B	As	Sb	Sn	Ti	N	O
0.42	0.25	0.78	0.003	0.002	1.87	0.88	0.35	0.020	0.02	<0.001	0.008	0.009	<0.0001	0.002	0.0004	<0.001	0.001	ppm 96	ppm 31

鋼塊のトップおよびボトムの有害部を十分に切捨てし、ボルト材 (190 ϕ $\times$ 4020 mm)、ナット材 (250 ϕ $\times$ 2270 mm) を鍛造し、その後、予備熱処理 - 調質前加工 - 調質熱処理 - 仕上加工 - 試験検査を行つた。調質熱処理条件は、860 $^{\circ}$ C加熱後水冷 - 565 $^{\circ}$ C焼戻し後空冷とした。

3. 製造結果

試験項目は、引張、衝撃、高温引張、落重、破壊靱性、疲労、非金属介在物、結晶粒度、サルファープリント、マクロ、地疵等である。試験結果の代表的なものとして、鋼塊ミドル部位でのL方向の引張・衝撃試験結果を表-2に示す。また疲労試験結果の一例を図-1に示す。

また、各製品共表面無欠陥であつた。

表-2 機械試験結果 (スタッドボルト)

部 位	T.S.(kgf/mm ²)	Y.S.(kgf/mm ²)	El.(%)	R.A.(%)	vTrs($^{\circ}$ C)	VE shelf (kg-f-m)
規定値	≥ 102	≥ 91	≥ 12	≥ 40	—	—
表層部	119	110	19	58	-100	9.4
1/4 D	118	107	19	58	-92	9.8
1/2 D	118	105	17	57	-80	10.1

4. まとめ スタッドボルトおよびナットを試験検査した 図1 試験結果の相互比較および設計疲労曲線との比較結果、S N B 2 4 - 3 鋼の規定値を十分に満足し、特に、伸び値はすぐれ、表面欠陥も認められなかつた。また、疲労試験は、ASMEデザインカーブに対して十分安全側であることが確認できた。

5. 参考文献

1) 朝生ら: 鉄と鋼 65 (1979) 4, S186

