

1. 緒言

低圧タービンローター軸は高、中圧タービンローター軸に比べ運転温度が低いためおよびローター軸直径が大きく、回転時に働く遠心力が大きくなるため、高強度でしかも低温靱性の優れた 3.5Ni-Cr-Mo-V鋼などが使用されている。しかし本鋼種は Ni, Cr を比較的多量に含むため焼もどし脆化感受性が高い。低圧タービンローター軸は大型のため、熱処理時の残留応力を少なくするために焼もどし後徐冷されるので焼もどし脆性が問題となる。また、その運転温度が焼もどし脆化温度域にあるため、運転中の脆化の進行も考えられる。そこで、本報告では低圧タービンローター軸の製造中、運転中の焼もどし脆性と脆化を誘起する不純物元素および脆化を促進する合金元素の関係を調査した。

2. 実験方法

供試材は表 1 に示す組成をベースにして、供試材 1 に P, As, Sb, Sn を単独に 0.05%, 供試材 6 に Si を 0.26%, Mn を 0.58%, Mo を 0.78% を単独に添加した鋼を用いた。その他 2, 3 の実用低圧ローター軸も供試材として用いた。熱処理は 1500mmφ中心部をシミュ

表 1 ベース鋼の化学組成 (wt %)

%	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	As	Sb	Sn
1	0.22	0.085	0.34	0.004	0.012	3.52	1.79	0.41	0.098	0.001	<0.0005	0.002
6	0.22	0.085	0.31	0.013	0.016	3.42	1.79	0.39	0.098	0.013	0.016	0.012

レートした焼ならし (880°C) - 焼入れ (830°C) - 焼もどし (610°C × 30h F.C.) 処理を与え、その後、脱脆化処理 (D.E.)、ステップ・クーリング処理 (S.C.)、375°C 等温加熱処理 (I.T.) を行なった。焼もどし脆化量はシャルピー試験の 50% 脆性破面遷移温度 (FATT) の上昇量 (ΔFATT) として求めた。

3. 実験結果

1) 図 1 に示すように炉冷およびステップ・クーリング処理による ΔFATT におよぼす不純物元素の影響は P, Sb で大きく、As, Sn で小さい。

2) 図 2 に示すように 375°C 等温加熱処理による ΔFATT におよぼす P の影響は、As, Sb, Sn より 2~3 倍大きい。375°C 等温加熱処理による脆化が Sb 添加材で小さいのは Fe 中の Sb の拡散の活性化エネルギーが Fe 中の P, Sn のそれにくらべ大きく、かつ 375°C での Fe 中の Sb の拡散係数が Fe 中の P, Sn のそれに比べ非常に小さくなるためと考えられる。

3) 1), 2) の結果から Sb はローター軸製造中の脆化への影響は大きい、運転中の脆化への影響は小さい。P は両者の脆化に影響が大きい。
4) Si, Mn, Mo は実験範囲内での添加量を増すとステップ・クーリング処理、375°C 等温加熱処理による脆化とも促進する。

5) 実用低圧ローター軸ではほとんど焼もどし脆性が観察されなかった。

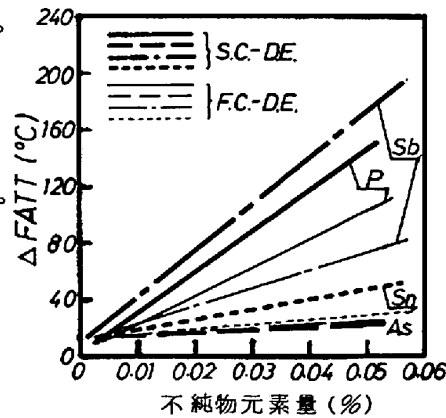


図 1 ステップ・クーリング処理および炉冷による焼もどし脆性におよぼす不純物元素の影響

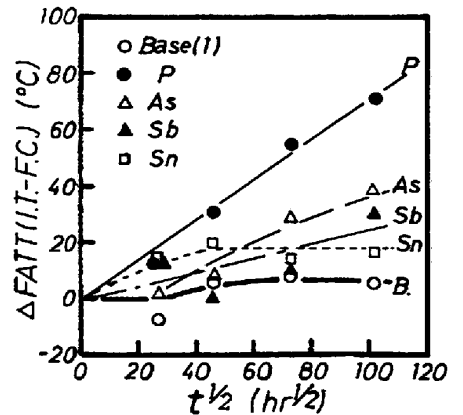


図 2 375°C 等温加熱処理による焼もどし脆性におよぼす不純物元素の影響