

(721) クリープ・疲労を考慮したリフォーマ・チューブの寿命評価と材料選定

(燃料電池用リフォーマ・チューブの開発-第1報)

(株)神戸製鋼所 鉄鋼技術センター ○横幕 俊典, 小織 満, 奥田 隆成
要素技術センター 野原 章 高砂工場 田井 秀人

1. 緒言

次世代の発電方法として積極的な研究開発が進められている燃料電池発電システムの重要部分であるリフォーマーは、熱効率の向上、小型化、頻繁な起動・停止などの要求に応じるため、炉やチューブの構造設計、材料選定が重要な課題となっている。本研究では、リフォーマ・チューブ材料の開発を目的に、第一段階として、各種遠心鑄造管材料のクリープ・疲労特性を明らかにするとともに数種の寿命評価方法を比較検討した。

2. 試験方法

供試材として用いた遠心鑄造管の化学成分を Table 1 に示す。fast 波, slow 波の歪速度を夫々 2%/sec, 0.02%/sec に選び、各種三角波歪波形の低サイクル疲労試験を 1000 および 800°C で行なった。一部引張側に 15 分保持の台形波試験も実施した。これらの結果を用い、線形累積損傷則 (LDR) および歪範囲分割法 (SRP) による寿命評価を行なった。さらに、一つのモデルチューブを取上げ代表的操業条件下で FEM による応力-歪解析を行ない、SRP 法によりチューブ寿命を評価した。

3. 結果

- (1) Fig. 1 に低 C-HP-Nb の 1000°C 低サイクル疲労特性を示す。いずれの鋼種も同じ傾向を示し、PP 型の寿命が最も長く、CP 型および引張歪保持台形波が最も短い。PP 特性は両温度共高歪側で低 C-HP-Nb が優れているが、高温低歪側では HP-BST が優れている。CP 特性は、両温度共 HK-40 が最も寿命が短く、HP-BST が優れている。
- (2) LDR により寿命を予測すると、800°C ではどの材料も損傷和 $D = 1$ で破損せず、1000°C では $D = 1$ 以下で破損し、また材料間のバラツキが大きい (Fig. 2)。これに対し SRP 法による推定寿命は実験値と Factor of 2 の範囲でよく一致し (Fig. 3), LDR 法に比べ精度よく推定できる。
- (3) 代表的操業条件下でのモデルチューブについて、弾塑性解析の結果、塑性歪範囲は無視できるほど小さく、寿命推定は、弾性-クリープ解析で充分である。非弾性歪範囲 $\Delta \epsilon_{in}$ を最も危険な $\Delta \epsilon_{cp}$ と仮定した場合、HP-BST の推定寿命は低 C-HP-Nb のその約 1.4 倍になる。

Table 1. Chemical composition of test tubes.

Material	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	Ti	others
HK-40	0.43	0.88	0.52	.013	.013	24.4	21.3	-	-	-
HP	0.48	1.19	0.78	.013	.014	25.5	34.3	-	-	-
HP-Nb	0.45	0.99	1.33	.017	.016	24.8	35.1	1.38	-	-
HP-BST	0.49	0.90	0.81	.010	.009	24.9	35.0	0.72	0.10	trace
LowC-HP-Nb	0.13	1.02	1.01	.013	.007	25.1	35.2	0.88	-	-
LowC-HP-BST	0.13	1.03	1.00	.012	.007	25.0	35.1	0.84	0.08	trace

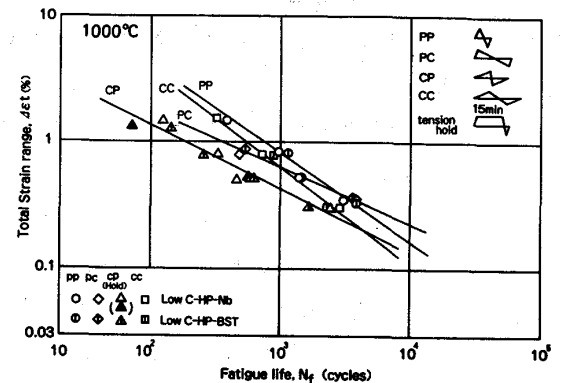


Fig. 1 Effect of wave form on fatigue life.

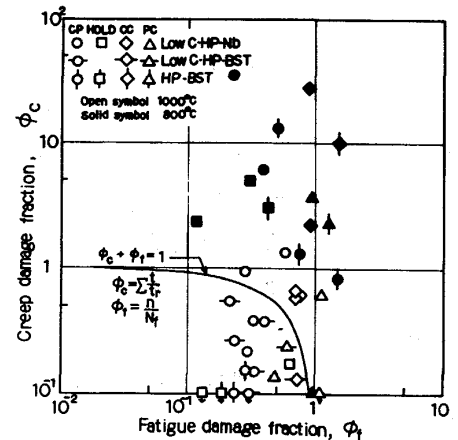


Fig. 2 Evaluation by LDR.

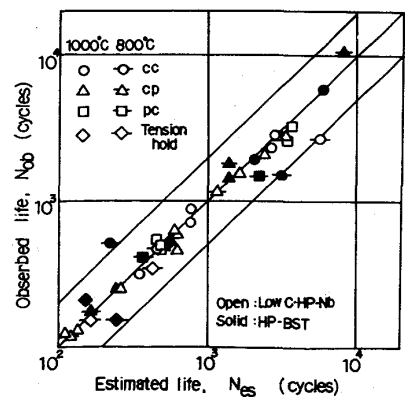


Fig. 3 Life prediction by SRP.