

(431) ニッケル基耐熱合金のヘリウム中熱サイクル下の腐食

日本原子力研究所(栗海) ○近藤達男 鈴木富男  
 新藤雅美

1. 緒言; 高温原子炉の構造材料は炉の起動, 停止などの種々の過渡状態で上下差の大きい熱サイクルを受ける。1000°C級の炉では合金の耐食性を考えるうえで熱膨張率の異なる被膜と合金表地の密着性が熱サイクル下では重要な問題となる。被膜のはく離は①防護性が低下する, ②ヘリウム中に混入して循環, 放射化する, などにつながる。とくに誘導放射能の高いCoの酸化被膜中の存在如何は材料選択に影響する因子である。本報はハステロイ-X相当合金を主として, 耐食性の改善と安全性を念頭に行った実験の結果である。

2. 実験方法; 供試材料はCo, Mn, Al含有量の異なる3種のハステロイ-X相当合金および参考のFeのCo, Alを含みMnを含まないインコネル-617を使用した。化学組成を表1に示す。雰囲気はヘリウム冷却高温加

表1. 供試材料の化学組成 (重量%)

	C	Mn	Si	P	S	Cr	Co	Mo	W	Fe	Ni	Al	B	Ti	Cu
HASTELLOY-X	0.05 -0.15	<1.00	1.00			20.50 -23.00	0.50 -2.50	8.00 -10.00	0.20 -1.00	17.00 -20.00	Ba1.				
STD-1	0.06	0.64	0.39	0.013	<0.005	21.53	0.69	8.62	0.55	18.03	Ba1.	0.23	0.001		
HX-1	0.08	0.49	<0.05	0.004	<0.005	21.74	1.03	8.97	0.50	18.10	Ba1.	0.02	0.001		
HX-5	0.08	0.07	0.46	0.002	<0.005	21.53	0.02	8.90	0.54	18.42	Ba1.	0.15	0.001		
INCONEL-617	0.067	<0.02	0.12	0.001	0.0027	21.81	13.13	9.05			54.08	1.02	0.0045	0.38	0.38

炉冷却材近似ガス, および比較の大气とした。試験片は10×20×1mmの板状。加熱条件はヘリウム中, 大气中ともに1000°Cを上限として台形波状で加熱時間は合計1000hrと3000hr(ヘリウム中のみ)とした。サイクルの与え方は最初に1000hrの場合は500hr, 3000hrの場合は2500hr一定保持後, 室温まで空冷, 以後1000°C, 50hr保持と, 室温のサイクルを10回繰り返し, 1000°Cにおける加熱時間をそれぞれ1000hrと3000hrと異なるようにした。試験容器ははく離被膜の回収可能な構造にし, 回収した粉末は原子炉中性子による放射化分析で定量分析した。

3. 実験結果; 腐食総量は熱サイクルを与えると恒温状態に比べて全般に高まる。熱サイクル下の被膜の密着性ははく離量を測定することによって評価した。図1に3000hr後の腐食総量とはく離量を合金別に示す。いずれの結果もMnの多い方がよく, 全体として防護膜の安全性が改善されている。

表1は1000hr試験後のはく離被膜の放射化分析の結果である。各合金に共通にCrが被膜の約60%を占める。Co, Fe, Niなど比較的貴な元素も大气中, ヘリウム中いずれの場合も被膜中に見いだされるなどがわかるがヘリウム中の方が存在量が少ない。Coに注目してみると, 合金中には3%のCoを含むインコネル-617はヘリウム中でも他の合金に比較して多量に被膜中に見出される。ハステロイ-X系では必ずしも合金中の含有量に見合った値を示していないことが注目され, むしろ粒界など局部侵食を受け易いものに混入が多い。結局原子炉材料として適合性と言う点からははく離抵抗を高めるMnの増加と粒界侵食を促進するAlの低減が重要である。

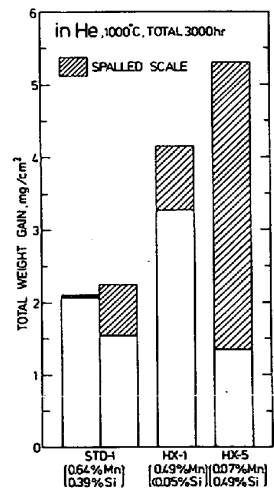


図1. 各種合金の腐食総量とはく離量

表2. 1000hr後のはく離被膜の放射化分析

Sample	Co % in Base Metal	Environment	Concentration in Spalled Scale (wt%)				
			Co	Fe	Ni	Cr	Mn
STD-1	0.69	Air	0.060	9.25	7.00	60.0	10.15
		He	0.045	0.79	7.01	54.0	5.66
HX-1	1.03	Air	0.069	2.07	6.81	56.0	8.26
		He	0.0096	0.45	2.89	52.9	3.04
HX-5	0.02	He	0.0014	4.30	4.06	60.0	0.43
IN-617	13.13	He	0.76	—	5.00	60.0	0.10