

(566) 原子力発電用耐熱合金の不純ヘリウム中および還元ガス中のクリープ破断特性

金属材料技術研究所 田辺龍彦、坂井義和、四邊樹男
藤塚正和、吉田平太郎、渡辺亮治

I 緒言

本研究は、通産省工業技術院の大型プロジェクト研究「高温還元ガス利用による直接製鉄技術の研究開発」の研究項目のうち、超耐熱合金に関して行われたものである。この超耐熱合金の研究開発目標は、細径長尺の管に加工出来、溶接、曲げ加工も容易で、ヘリウム雰囲気中1,000°C、50,000時間のクリープ破断強さが1kg/mm²以上の合金を得ることである。本報告は、民間企業で各々独自の方針に基づいて開発され、候補合金として提案された合金のうちの数種について、上記目標のクリープ破断強さを有するものが得られるか否かに関し、金属材料所で実施されたヘリウム雰囲気中クリープ破断試験(提案合金に加え、比較のため Hastelloy X R を使用)、およびこれら提案合金は還元ガス中での使用も考慮されるため、同様実施された還元ガス中クリープ破断試験(提案合金の他に Inconel 617 を使用)において得られた結果について述べる。

II 試料および実験方法

用いた試料の組成を表に示す。試験片は管材から採取、加工したものを扱い、900°C、1,000°C および1,050°C で最長目標時間10,000時間のヘリウム雰囲気(水素: 300vpm、一酸化炭素: 100vpm、二酸化炭素: 1vpm、メタン: 4vpm、水: 3vpm、窒素<5vpm、酸素: ND、流量: 300 cc/min)中、および900°C、最長目標時間1,500時間の還元ガス(水素: 80%、一酸化炭素: 15%、二酸化炭素: 5%、流量: 300 cc/min)中のクリープ破断試験を実施した。

NOMINAL COMPOSITIONS OF PROPOSED ALLOYS (WT%)

Alloy	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	Co	Fe	Al	Ti	Nb	Others
E	0.05	Loa	Loa	Bal.	18.0	4.0	6.0	10.0		2.00	2.50		B, Zr
F	0.06	Loa	Loa	Bal.	18.0	0.5	15.0				0.3		B, Zr, Y
G	0.03	Loa	0.2	Bal.	27.0	5.5	6.5						B, Zr
H	0.02	Loa	Loa	Bal.	16.0		26.0						0.5 Zr
I	0.02	Loa	Loa	Bal.	23.0		18.0				0.45		Zr
J	0.20	0.15	0.25	30.0	20.0	3.0	1.0		Bal.			1.0	
K	0.07	Loa	0.20	Bal.	20.0		20.0						B, Zr, Mo

Loa: low as possible

III 実験結果

破断後試料の炭素分析から、900°Cでは脱炭は認められず、1,000°Cでは脱炭後表面炭素濃度の減少、1,050°Cでは顕著な脱炭が認められるが、F合金は、1,000°Cで早期に脱炭が生じる様である。図に見られるように、I合金の900°Cにおけるクリープ破断強さは両雰囲気に変らず、これはすべての合金についてほぼ同様である。一方1,050°Cでは、300時間以降I合金の応力-破断時間線の勾配は急激に低下するが、これは脱炭によるものである。I合金に比べてα-Wの析出が顕著なH合金の1,050°Cにおける応力-破断時間線には析出がみられず、しかも勾配は緩やかである。これは脱炭による析出とα-Wの析出が補償し合うとも考えられる。これら雰囲気中、1,000°C付近のクリープ破断強さに影響する重要な因子の中に雰囲気との炭素の授受とα-Wの析出が挙げられる。図から知られるように、I合金のヘリウム雰囲気中、1,000°C、50,000時間のクリープ破断強さは、1kg/mm²以上を有するものと考えられる。同様のことは、図示していないがH合金についても云える。

