

—温度の影響—

川崎重工業 (株)

清水茂樹, 石藤達介

松田昭三, 村瀬宏一, 藤岡恒三

1. 概要 前報まで多く目的高温ガス炉用耐熱材料候補材 (ハステロイ系, インコネル系, インコイ系) の 400 °C, ヘリウム中のクリープ特性を大気中との比較において検討し, 雰囲気による強度低下について報告したが, 本報は前報で得られた知見をもとに, 比較的強度の優れた材料について, そのクリープ特性に及ぼす雰囲気効果の温度依存性を調べた。

2. 供試材および実験方法 Table 1 に示す供試材から平行部が  $6\text{mm}^2 \times 30\text{mm}^2$  の試験片を作成した。ヘリウム中の試験は直荷重型クリープ試験機を使用し, 800 °C, 400 °C および 1000 °C に行った。ヘリウムは市販の高純度ガスを使用し, 約  $50\text{NCC}/\text{min}$  の流量下で実験を行った。ガス分析結果を Table 2 に示す。なお, 通常のレバ型試験機を用いた大気中のクリープ試験と比較のために行った。

Table 1 供試材の化学成分および機械的性質

Material	Mechanical Properties				Chemical Composition (%)														
	0.2%PS (kg/mm <sup>2</sup> )	T.S (kg/mm <sup>2</sup> )	El. (%)	RoA (%)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Co	Mo	W	Nb-Ta	Al	Ti	B	Fe
Hastelloy X	38.7	75.0	47.6	—	0.068	0.37	0.59	0.012	0.002	Bal.	20.7%	1.03	8.70	0.50	—	0.21	0.02	0.001	18.23
Inconel 617	30.0	74.6	70.0	57.0	0.066	0.17	0.02	0.004	0.002	Bal.	21.2%	12.60	9.00	—	—	0.93	0.52	—	1.45
Incoloy 807	25.7	64.1	52.2	60.3	0.057	0.50	0.70	0.002	0.002	40.10	20.58	8.28	0.20	4.85	0.99	0.47	0.2%	—	Bal.

3. 実験結果および考察 雰囲気によるクリープ挙動に著しく差異が認められたのは, 400 °C および 1000 °C におけるインコイ 807 である。Fig. 1 に示すように, 大気中と比較してヘリウム中では, クリープ初期段階から, クリープのみは小さく, かつ長時間, 低延性破断を示す。

Fig. 2 は各材料の初期負荷応力と破断時間の関係を示したものである。インコネル 617 は 800 °C, 400 °C および 1000 °C のいずれの温度においても, 破断強度は実験した範囲では大気中およびヘリウム中とほぼ同等である。ハステロイ X は, 1000 °C での破断強度が他材料に比して著しく低下する。逆に, インコイ 807 は, 800 °C および 900 °C ではかなり低い破断強度であるが, 1000 °C の大気中の破断強度はかなり優れ, 特に長時間強度はインコネル 617 をうわまめる傾向にある。しかし, 雰囲気による強度低下が著しいためヘリウム

Table 2 ガス分析結果

		(ppm)						
		H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
Inlet		nil	≤2	≤0.5	≤15	nil	nil	≤20
Outlet	max.	297	12	95	35	5	nil	200
	av.	150	5	25	10	2	nil	100

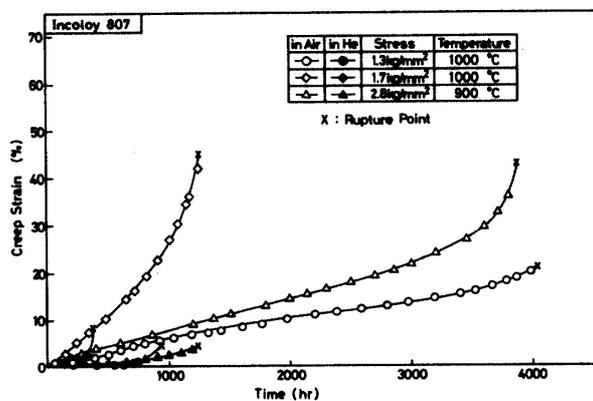


Fig. 1 クリープ曲線

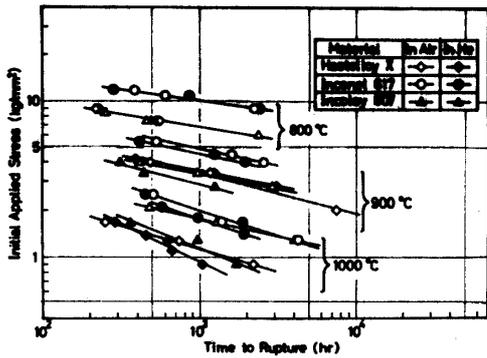


Fig. 2 負荷応力と破断時間の関係

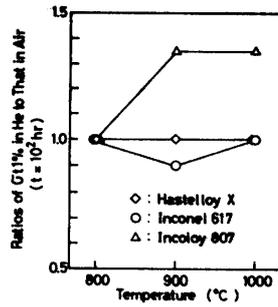


Fig. 3 1%全ひずみ発生強度の雰囲気による低下率の温度依存性

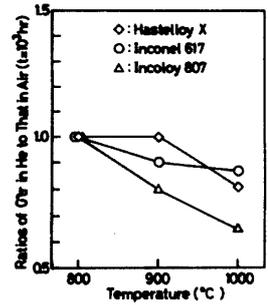


Fig. 4 破断強度の雰囲気による低下率の温度依存性

中の強度はやはり低い値である。Fig. 3は並列内挿によって求めた $10^2$ hrにおける1%全ひずみ発生強度( $\sigma_{t1}$ )の雰囲気による低下率を示したものであるが、 Hastelloy Xはいずれの温度においても強度低下は認められない。インコネル617は900°Cで僅かな強度低下の傾向は認められるが、

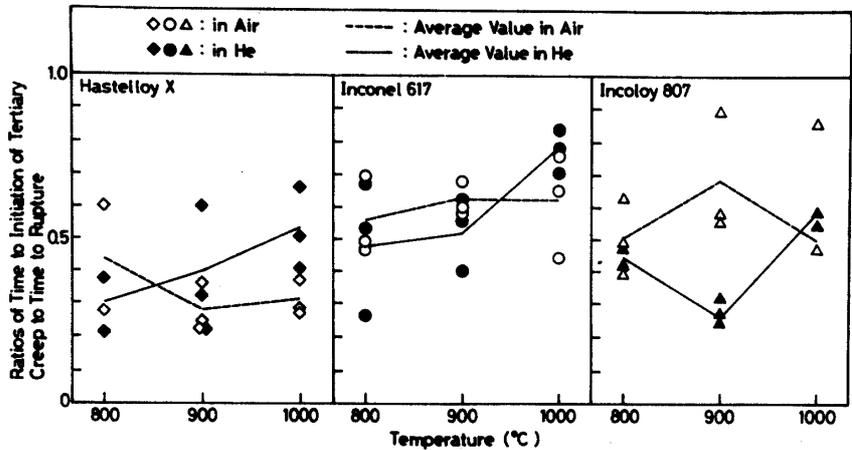


Fig. 5 tertiaryクリープ開始時刻と破断時刻比の温度依存性

800°Cおよび1000°Cにおいては認められない。インコイ807は、800°Cにおいては低下率は1であるが900°Cおよび1000°Cでは1.35と、大きな強度強化が認められる。破断強度については、Fig. 4に $10^3$ hrにおける強度低下率を示すが、800°Cでは強度低下は認められないが、900°Cおよび1000°Cと高温になる程強度低下が速くなる傾向がある。特にインコイ807は著しい。Fig. 5は tertiaryクリープ開始時刻と破断時刻の比(75%)の温度依存性を示したものである。インコネル617および Hastelloy Xはいずれも高温になる程ヘリウム中における比(75%)が増大する傾向がみられ、1000°Cでは明らかにヘリウム中の方が空気中よりも大である。すなわちインコネル617および Hastelloy Xは、高温になる程ヘリウム雰囲気中の tertiaryクリープの期間が短くなる傾向があり、Fig. 4に示したようなヘリウム雰囲気中の破断強度の低下は、 tertiaryクリープ期間の短縮に対応しているものと認められる。一方、インコイ807については、インコネル617および Hastelloy Xにみられたような温度依存性の傾向は認められない。このように、インコイ807のヘリウム雰囲気中での強度低下はインコネル617および Hastelloy Xと異なった挙動を示す。