

石川島播磨重工 技術研究所○中代雅士 北川正樹
 福原吉和 大浜信一

1. 緒言： 鑄鉄は複雑な形状でも容易に安価に作れることや、被削性や耐摩耗性がよいなどの特長を持ち高温にさらされる部品を含め多用されている。球状黒鉛鑄鉄^{*)}は機械的性質が鑄鉄と鋼の中間に位置し、高温強度、靱性、延性等の特性がよく構造部材として広く用いられている。近年機器の高性能化、軽量化のために鑄鉄の使用条件も年々厳しくなり、高温強度や熱疲労強度に対してより適切な設計手法の確立が要求されている。本研究は球状黒鉛鑄鉄の上限使用温度と考えられる700℃での高温低サイクル疲労、300℃～700℃間の熱疲労試験を実施し、高温疲労強度特性を検討した。*) FCD40

2. 実験方法： 供試材はフェライト基地球状黒鉛鑄鉄であり、レンガ鑄型に鑄造、熱処理後試験片に加工した。表1に供試材の化学成分と熱処理条件及び室温での機械的性質を示す。各チャージ間の特性差はないと評価した。疲労試験片は直径10mm、平行部30mmの中実円柱型試験片を使用した。疲労試験機は10TON油圧サーボ型であり、加熱は高周波誘導加熱方式、冷却は圧縮空気の吹き付けで行った。熱疲労試験は1サイクル4分、高温低サイクル疲労試験は1サイクル4分とひずみ速度0.1%/秒一定の2種で行った。疲労寿命Nfは応力範囲4σが最大値の3/4に減少した繰返数とした。

3. 実験結果及び考察： 図1に各試験条件でのひずみ範囲と破断繰返数の関係を示す。Cの逆位相が最短寿命を示し、同位相及びひずみ速度0.1%/秒のD、Aが最長寿命を示した。Bの0.25cpmの疲労強度は中間値を示した。FCD40の700℃でのクリープ強度は非常に低く、疲労試験時間に大きく影響を受ける。試験時間が長くなれば、負荷応力によるクリープ損傷が大きくなり短寿命になる。特にその傾向は低ひずみ範囲ほど大きくなる。熱疲労で同位相よりも逆位相の方が短寿命になったのは、き裂伝播特性の差によると考えられる。同位相は高温側で引張応力が作用するが、試験材は低強度高延性になるため、微小き裂が生じてもき裂先端は開口変位する。見かけの弾性係数、最大応力は繰返数とともに漸減し、き裂伝播速度は小さいと考えられる。逆位相は低温側で引張応力が作用するため、最大応力は大きく、微小き裂が発生した後でも応力はほとんど減少しない。その結果、微小き裂に大きな応力拡大係数がかかり、き裂伝播速度が大きくなり、き裂発生後短時間で破断に到る。同じ繰返速度の高温低サイクル疲労と比較した場合、上限の温度一定の低サイクル疲労よりも逆位相の熱疲労が短寿命になったのは、温度変動による高応力発生のためき裂伝播速度が加速されたと考えられる。また、同位相が長寿命になったのは、温度変動により高温期間が短かく、その分クリープ損傷が小さいためであり、クリープ損傷が小さいひずみ速度0.1%/秒の試験と同寿命になったと考えられる。

Table 1 Chemical compositions, heat treatment and mechanical properties of test materials

Charge No.	Chemical Compositions (wt.%)						Heat Treatment
	C	Si	Mn	P	S	Mg	
85	3.42	2.45	0.25	0.049	0.018	0.049	950°C
89	3.30	2.48	0.20	0.057	0.014	0.040	4h Hold Furnace
90	3.31	2.51	0.18	0.051	0.016	0.039	Cool
Mechanical Properties at Room Temperature							
Charge No.	Y.P. σ _{0.2} (kgf/mm ²)		T.S. σ _b (kgf/mm ²)		El. d (%)		Red A φ (%)
85	26.2		41.3		25.8		26.3
89	24.8		41.2		31.0		28.7
90	24.3		40.3		29.7		27.4

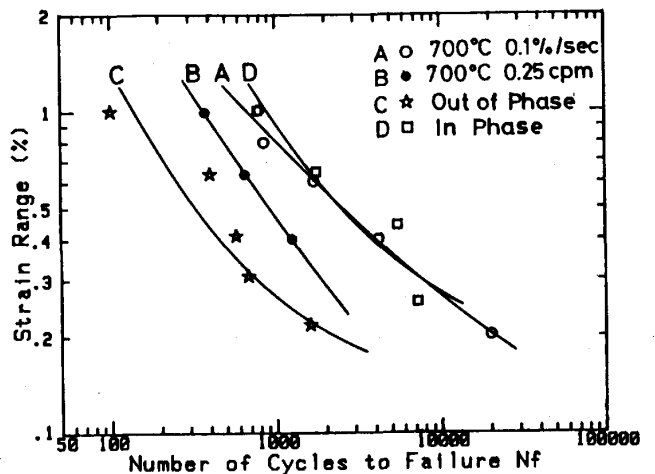


Fig.1 Total strain ranges versus Nf