

シリコンオイルを浸透させた グラファイトの耐熱性について

池 田 健
古 田 敏 康
三 浦 公 亮
酒 巻 正 守

Heat-resisting Characteristic of Graphite Penetrated by Silicone Oil

By

Ken IKEDA, Toshiyasu FURUTA,
Koryo MIURA and Masamori SAKAMAKI

Abstract: Graphite is commonly used for the nozzle of rocket motors. To improve the heat-resisting characteristic of graphite, silicone oil is penetrated into the graphite specimen in a vacuum vessel. As a basic test hot gas was blown by the torch burner on the face of the specimen and the temperature change on the back was measured. The heat-resisting characteristic of graphite is mainly due to its ablation effect. When silicone oil is penetrated graphite, the ablation effect increases remarkably, though the increase of weight is slight.

概 要

グラファイトは固体ロケットモータのノズルとして使用されるが、その耐熱特性の改善のためにシリコンオイルをグラファイトの試験片に真空槽で含浸させ、酸素—アセチレンバーナで試験片に吹付け、裏面温度を測定しその効果を検討したものである。

浸透されたシリコンオイルは加熱によってアブレーション効果でグラファイトの浸蝕と、内部への熱伝達を弱める。シリコンオイルの含浸量は10~15%程度のわずかな量に対しても、試験片の温度上昇は含浸させないものに比較して約50~60%くらい低く、その効果が非常に大きい。

1. は し が き

固体推進ロケットにおいてロケットノズルは加熱される時間をもっとも長く、しかも機体

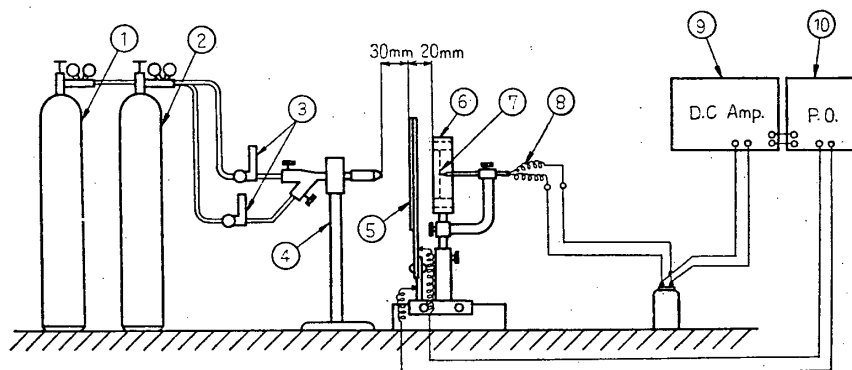
総重量のうちノズルの占める割合も比較的大きいので、特に耐熱性にすぐれ軽量でかつじゅうぶんな強度をもった材料で設計することが必要である。本研究は一般によくノズルに使用されるグラファイトにシリコンオイルを含浸させることにより、その耐熱性と耐浸蝕性が向上させることの効果を検討したものである。

この点に着目したのはつぎに述べるようなシリコンに期待される性質があるからである。すなわち、シリコンは熱耐性にすぐれ、浸透性もよい。また浸透されたシリコンオイルは加熱によって表面から浸出し、これが化学的あるいは物理的变化によって熱エネルギーを吸収することが予想される。また変化した物質がグラファイトの表面に付着し、グラファイトが浸蝕されるのを防ぎ同時に内部への熱伝達を弱めると思われる。

ここではグラファイト平板についてシリコンオイルの含浸の効果を実験的に測ったものを報告する。実際のロケットでシリコンオイルを含浸させたグラファイトノズルについても実験を行なったが今回はこれを省略する。

2. 実験方法

シリコンオイルを含浸させたものおよび含浸させないグラファイトの平板の表面に第1図に示すような装置で酸素-アセチレンガスバーナーの焰をあて、試験片裏面の温度-時間曲線を測定してその特性を調べた。一般にこの曲線の特性は第2図のような性質を示す。



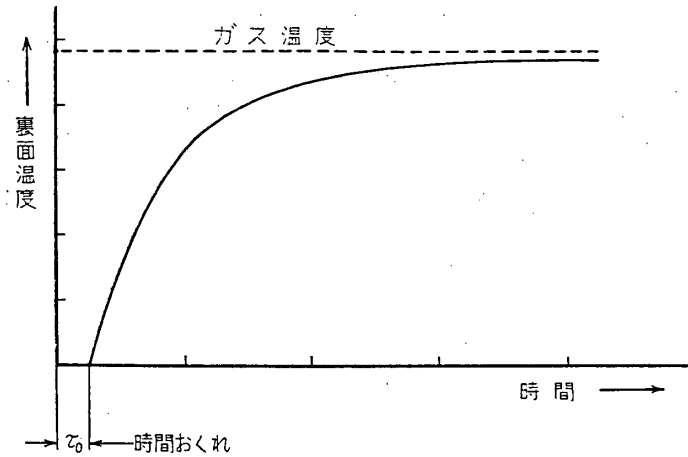
- | | |
|--------------------|----------------------|
| ① アセチレンボンベ | ⑥ 試験片ホルダー |
| ② 酸素ボンベ | ⑦ 試験片 |
| ③ 流量計 | ⑧ A・C 熱電対線 (0.3 mmφ) |
| ④ バーナー支持台 (90° 回転) | ⑨ 直流増幅器 |
| ⑤ 熱断シャッター | ⑩ ペンオットシロ |

第1図

3. 実験材料および試験片

- a) グラファイトの種類 (第1表)
- b) シリコンオイルの性質 (第2表)
- c) 試験片の寸法

直径 38 mm, 厚さ 5 mm および 10 mm のものを用いた。



第2図

第1表 東海電極 K.K. 製

種類	A	B	単位
比重	1600	1720	kg/m ³
比熱	0.20	0.20	kcal/kg °C
熱伝導率	130	130	kcal/mh °C
線膨脹係数	4~5	30	×10 ⁻⁶ /°C
曲げ強さ	128	450	kg/cm ²

第2表

信越化学 KF-56		
外観		無色透明
臭気		無臭
粘度 25°C (C.P)		10~15
比重 25°C		0.98~0.99
揮発分 150°C 24 hr		38~42 %
引火点 °C		130 以上

第3表

	流量 (l/min)	圧力 (kg/cm ²)	火焰温度 (°C)
O ₂	3.5	7	約2500
C ₂ H ₂	0.768	0.6	

d) 熱源

酸素~アセチレンガスを用い、流量、圧力、温度は第3表の通りである。

4. 実験結果

試験片に含浸させたシリコンオイルの量を第4表および第5表に示す。

- i) グラファイトのAの場合 (第4表)
- ii) グラファイトのBの場合 (第5表)

第4表

実験番号	厚さ (mm)	含浸前の重量 (gr)	含浸後の重量 (gr)	燃焼後の重量 (gr)	含浸量 (%)	燃焼量 (%)
A-1	10	17.45	20.20	17.15	15.75	1.72
A-2	"	(実験せず)				
A-3	"	17.50	20.10	17.20	14.85	1.76
A-4	"	17.60	20.10	17.05	14.21	3.12
A-5	"	17.45	—	16.80	—	3.72
A-6	"	18.05	—	17.65	—	2.21
A-7	"	17.45	—	17.00	—	2.58
A-8	5	9.00	10.30	8.75	14.45	2.98
A-9	"	9.05	10.25	8.80	13.27	2.76
A-10	"	8.95	10.20	8.70	13.97	2.79
A-11	"	9.05	10.30	8.90	13.81	1.66
A-12	"	9.00	—	8.70	—	3.33
A-13	"	9.10	—	8.15	—	4.95
A-14	"	9.15	—	8.80	—	3.83

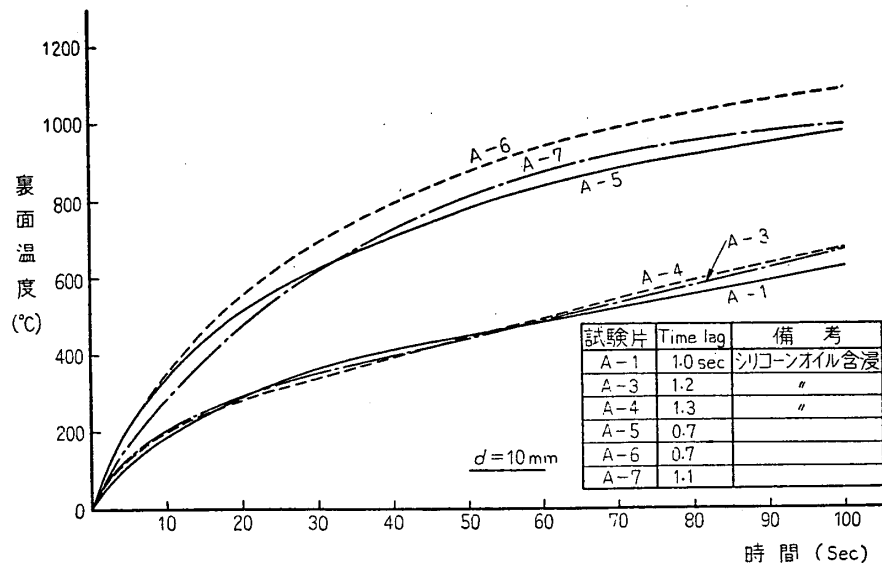
註：—線はシリコンオイルを含浸させないもの

第5表

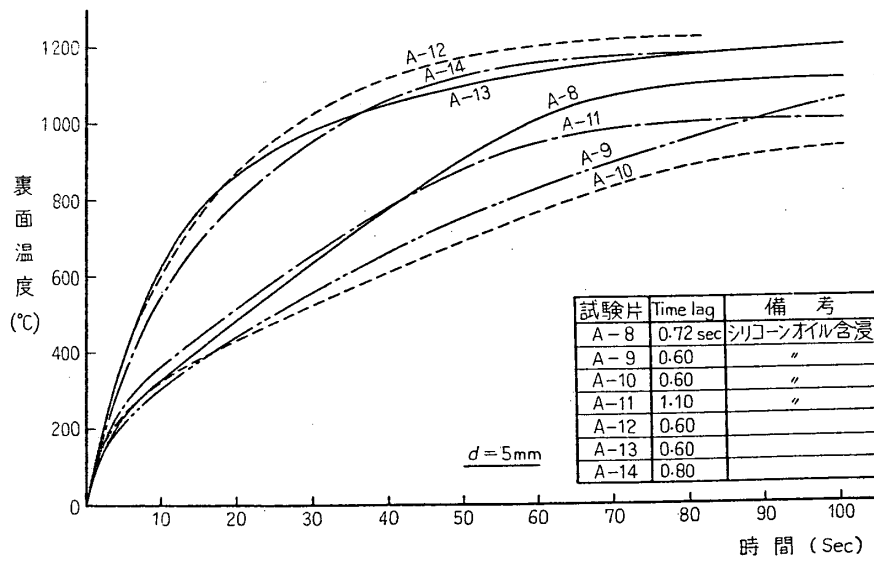
実験番号	厚さ (mm)	含浸前の重量 (gr)	含浸後の重量 (gr)	燃焼後の重量 (gr)	含浸量 (%)	燃焼量 (%)
B-1	10	19.30	21.25	18.90	10.10	2.07
B-2	"	18.65	20.75	18.50	11.26	0.54
B-3	"	19.05	21.00	18.90	10.22	0.79
B-4	"	19.20	—	18.88	—	1.67
B-5	"	19.10	—	18.60	—	2.62
B-6	"	19.15	—	18.60	—	2.87
B-7	5	9.15	10.40	8.90	13.66	2.73
B-8	"	9.25	10.35	9.00	11.89	2.70
B-9	"	9.35	10.40	9.00	11.23	3.74
B-10	"	9.30	—	8.90	—	4.30
B-11	"	9.55	—	8.90	—	6.81
B-12	"	9.45	—	9.00	—	4.71

註：—線はシリコンオイルを含浸させないもの

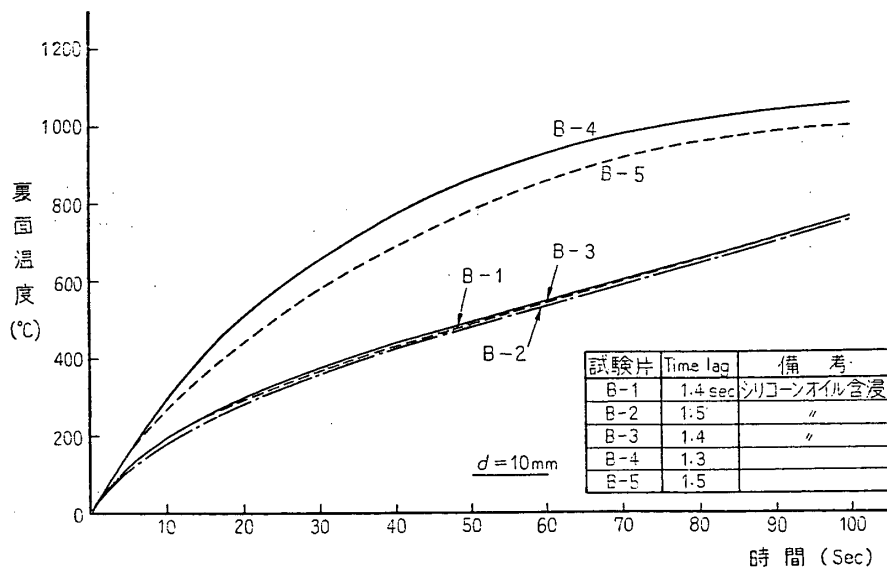
実験結果を第3図～第6図に、裏面温度一時間曲線で示した。グラファイトの種類によって多少の差はあるが、シリコンオイルの含浸の効果は明らかである。なお、これらの図には熱が裏面に到達するまでのおくれの時間は省略してある。



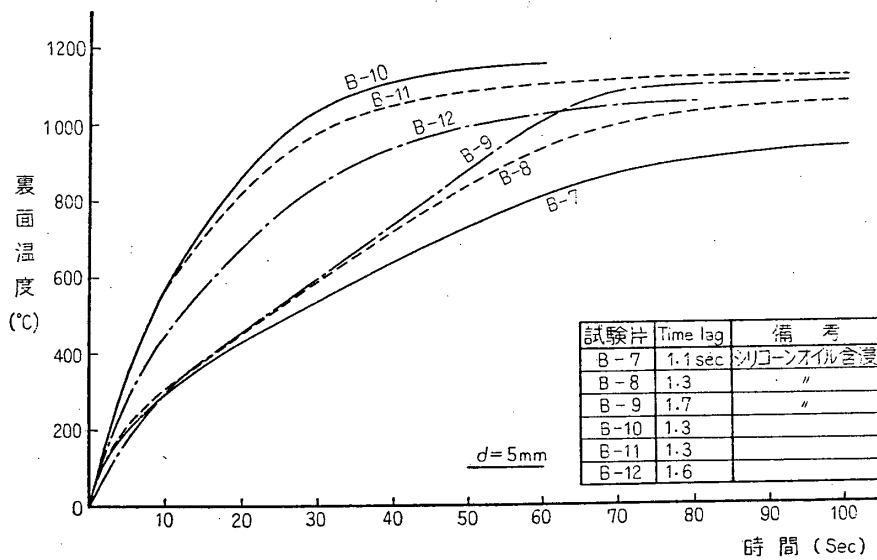
第 3 図



第 4 図



第5図



第6図

5. む す び

以上でシリコンオイルをグラファイトに含浸させた場合の効果が大きいことは明らかである。しかしこのことは表面と裏面との温度差が大きくなる場合があるおそれを示すもので、実際のノズルにこれを使用する場合には熱応力とノズルに加わる力による応力との合成によってノズルが破損する場合がある。実機の場合には、特にこのようなノズルの支持方法においては応力集中の生じないような設計をすべきである。