

# 内面燃焼型推進剤グレイン製造用の 発泡ポリスチレン・マンドレル

岩 間 彬 ・ 船 木 秀 雄

## Polystyrene-Foam Mandrel for Preparing Inside-Burning Propellant Grains

By

Akira IWAMA and Hideo FUNAKI

**Abstract:** This note presents a consumable mandrel made of polystyrene-foam devised for improving the preparation process of inside-burning propellant grains. The use of this mandrel is expected to avoid the problems associated with the mechanical obstruction on the grain matrix that might occur if the long metal mandrel is removed from the cured grain. Polystyrene material can be dissolved out easily by employing appropriate solvents such as toluene, xylene and so on, without any undesirable influence upon polyurethane and polybutadiene~ammonium perchlorate-based propellant grains.

### 1. 緒 言

固体推進剤グレインの製造法は、推進剤ドウの成型法によって区別され、注型 (casting)、練合わせ型どり (moulding)、押出し (extruding) および圧搾 (pressing) の四種類をあげることができる。極度に流動性の乏しいパテ状のドウや小型ロケットモータにあてる二基系推進剤には、押出または圧搾成型が、またポリイソブチレン系推進剤のように none-hardening のものは moulding 法をとった方が適している場合もあるけれども、ロケットモータの巨大化とともに、一度に成型するグレインの容量も飛躍的に増大し、流動性に富むコムポジット推進剤の進出が著しい現状では、注型法が占める割合は増加の一途をたどっている。

注型法は、ドウを直接モータへ注ぐ直填方式、あるいは、一旦、適当な容器に注型、硬化、仕上げ、燃焼制限層の被覆などの工程を経て燃焼室に装填する、カートリッジ方式のいずれを踏むにしても、内面燃焼型グレインの製造は、所要の初期自由流路形状に型取りをするために、マンドレルを注型容器の中になてて、ドウを注入する過程を含んでいる。

マンドレルは、ふつう金属製で、もちろんグレインが硬化すればそれを引き抜かなければならない。この操作は原料のねっかと並んで最も危険な作業の一つであり、マンドレルとグレイン表面とが摩擦する結果、発火事故を起こした例もある。それゆえ、マンドレルを抜去する作業の安全化と能率化をはかることは、推進剤製造の生産性の増進にもつながっているといえよう。

金属マンドレルの欠点を、さらに指摘すると、ロケットモータを大量生産するためには少なくとも並列におかれる注型筒の数だけ、マンドレルを用意しなければならないこと、マンドレルの抜去は、安全管理上、硬化槽からとり出したグレインの温度が、常温以下に戻るのを待って行なうのが通例で、能率向上を害していること、初期自由流路を中太にするというような設計は進めがたいことなどである。また、長いグレインほど、マンドレルを引き抜く操作は、困難性と危険性が増し、とくに直填方式の場合にはグレインに強い荷重がかかるおそれがある。

最近の離型剤と離型方法の進歩は、上述のようなマンドレル抜去の際の問題点をほぼ解決したとはいえ、引き抜きに要する設備と労力は決して軽減されていない。

このノートは、推進剤グレインの製造能率の向上とコストの低下を目的として、金属マンドレルの代わりに発泡ポリスチレン製マンドレルを試用した結果を述べ、その得失を論じたものである。

## 2. 実験方法と結果

試製した発泡ポリスチレンは、径 35 mm、長さ 600 mm の円柱形で、第 1 表に示す物性をもつ。

第 1 表 発泡ポリスチレン素材の特性

比 重	0.025
発泡の容積倍率	40 倍
圧 縮 強 度*	1.1 kg/cm <sup>2</sup>

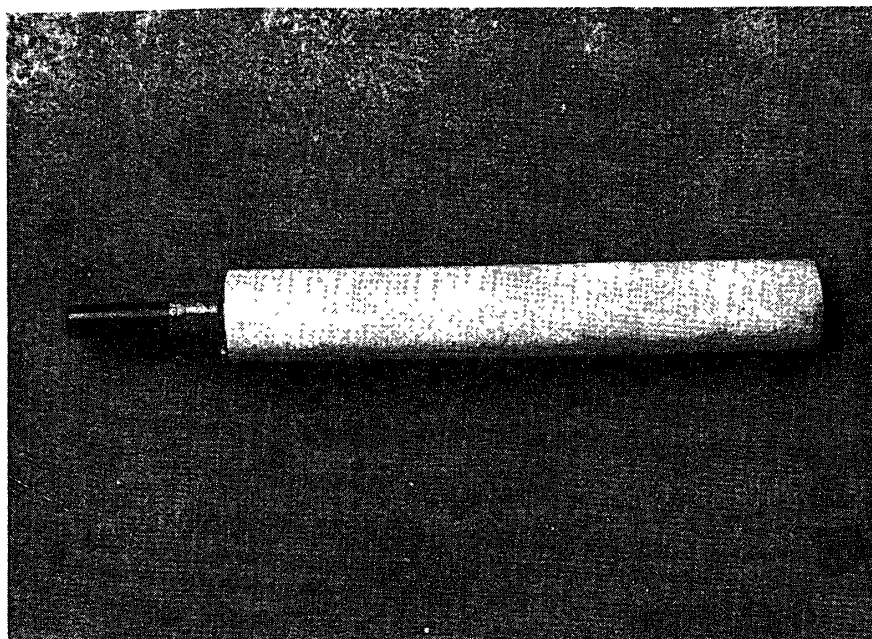
\* 厚さ 50 mm の試料を 2 mm 圧縮するのに必要な荷重

この材料は、我々の身近にみる断熱剤、容器、クッション等の用途に向けられている発泡ポリスチレンと製法・物性の点においては、何ら異なるところはなく、圧縮強度は 3 kg/cm<sup>2</sup> 程度まで高めることができるけれども、径 100 mm のポリウレタン、ポリブタジエン系推進剤グレインのマンドレルとして使用してみて、硬化収縮による変形その他の障害は全く現われず、好成績を収めた。

第 1 図は長さ 200 mm、径 105 mm のミゼット・モータのグレインに用いたマンドレル (240 mmL×35 mmφ) の写真である。これを厚肉燃焼筒の中に入れて、ドウを直填注型して、約 50°C の硬化温度のもとに、48 時間放置した。推進剤は、ポリウレタン 25 部、過塩素酸アンモニウム 75 部、アルミニウム 7 部と、ポリウレタンを同量のポリブタジエンで置きかえた組成の二種類が試製された。

硬化槽から取り出したグレインは、直ちにマンドレルへトルエンを注ぎ、溶解、除去する。この操作に要する時間はわずか 1~2 分に過ぎない。金属マンドレルを用いると、グレインの自然冷却、引き抜き作業、グレイン内面の仕上げなどで、10~20 時間かかるであろう。

第 2 図はトルエンで発泡ポリスチレン・マンドレルを溶解後のグレインの写真を示してい



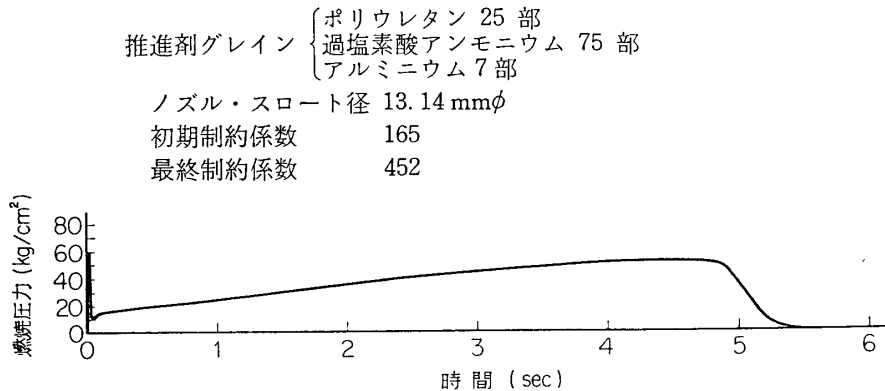
第 1 図 発泡ポリスチレン・マンドレル



第 2 図 マンドレル除去後のグレイン

る。溶剤を用いずに、マンドレルを突きくずして除去することも可能である。

試製グレインは、静置燃焼実験に供し、燃焼圧力-時間曲線を求めた。その一例を第3図に示す。溶剤による、グレイン内面の変質はほとんど問題にする必要がないことは正常な燃焼と、グレインの外観から容認できる。トルエンは、燃料結合成分や過塩素酸アンモニウムに対する溶解性はきわめて低く、膨潤、変性も起こさない。そのほか、ベンゼン、キシレンなども使用可能である。



第3図 発泡ポリスチレン・マンドレルを用い試製したグレインの燃焼圧力-時間曲線の一例

### 3. 結 論

発泡ポリスチレン・マンドレルは現在大量に生産され、価格も低廉で、金属マンドレルと比べて、グレインの製造能率の向上とコストの低下に役立てることができ。もちろん、この材料は、一回ごとに使い捨てにするが、同一の鋳型から多数作ることができるので、精度のばらつきは少ない。また、特殊な形状のマンドレルをつくるのにも好適であり、たとえば、球型ロケットモータに用いられている回転楕円体、ひょうたん状自由流路も実現可能である。

発泡ポリスチレン材の欠点は、もろくて、機械的強度が小さいうらみがあり、ワゴン断面形のように複雑な形状のマンドレルをつくるのはかなり困難であろう。しかし、星型、鍵型、十字型など、現在最も多く賞用されている自由流路形状をもつグレインの成型には、市販の発泡ポリスチレンと同品質の材料で十分間に合う。また、金属芯を入れれば、長いマンドレルでも、真直性は金属マンドレルに匹敵する精度をもたせることができる。もちろん、材料自身の強度の増加をはかることが大切であり、これについては今後の研究にまちたい。

本研究は、山崎教授指導のもとに行なったものである。発泡ポリスチレンは、積水スポンジ株式会社前原芳夫氏のご好意により提供していただいた。また、山崎研究室の青柳鐘一郎、祖父江照雄氏の協力に負うところが多い。ここに記して感謝の意を表する次第である。

1966年8月23日 材料部