

ホース製造用樹脂マンドレルおよびその高機能化

Introduction and Improvement for High-Performance Plastic Mandrels for Hose Manufacturing

機器部品事業部
技術開発部機器部品事業部
技術開発部

// 下辻 利一

// 山本 昭宏

■ R. Shimotsuji

■ A. Yamamoto

産業用、自動車用などの各種高性能ホース製造において、芯材となるマンドレルは必須のものである。当社では 20 年来にわたって、ダイテピック®(ポリメチルペンテン)マンドレルを筆頭に、各種熱可塑性樹脂を使用した独自の押出製法によるマンドレルを製造、販売しており、外径精度の高さと、繰返し使用時の寸法安定性の良さ(耐久性が良い)が評価され、各ホースメーカーよりご好評を頂いている。

本報では、当社製マンドレルの紹介をすると共に、最近の新製品開発状況について報告する。

【キーワード】マンドレル、ホース、ポリメチルペンテン、ポリエステルエラストマー、押出成形、寸法安定性

The core mandrel for hose manufacturing is one of the most important tools for producing various hoses for heavy-duty application. It is particularly necessary to maintain a precise inner hole surface and stable I.D. dimensions. We have produced and supplied plastic mandrels over 20 years and have obtained good reputations from our customers. The plastic mandrels are used with optimum materials to meet various conditions of hose manufacturing processes such as thermoplastic resins of polymethylpentene, which the registered trademark is DAITEPIC®, polyester-elastomer, polyamide and others. In addition, the mandrels are produced by our original "Long-Land Die" extrusion procedure which is able to maintain superior outer diameter accuracy and dimensional stability under repeated hose production. These performances indicate a longer endurance of mandrel tools for hose manufacturing processes.

This report describes the outline of our mandrel characteristics and its recent development results for higher technology requirements.

【Key words】Mandrel, Hose, Polymethylpentene, Polyester-elastomer, Extrusion, Dimensional Stability

1 まえがき

ホース製造用樹脂マンドレル(以下マンドレル)は、各種産業用ホースの連続生産に使用される芯材である。他にはゴムマンドレル、金属マンドレルなどが使用されているが、外径精度、耐久性、取り扱いの容易さなどから、今日では樹脂マンドレルが主流となっている。外観的には単純に樹脂を押し出した円形のソリッドプロファイルではあるが、製造されるホースの内径がマンドレルの精度で決定されること、ゴムや樹脂材料が被覆され、高温の特殊な環境下で使用されることなどから、製造手法、素材選定などに独自のノウハウが要求される。

当社では、20 年以上前に、ロングランドダイスによる独自の押出技術を使用したダイテピックマンドレル(ポリメチルペンテン)を開発、上市した。高精度と良好な寸法安定性から、各ホースメーカーの高い評価を得ており、現在でもコンスタントに納入実績をあげる製品となっている。

最近では、特に自動車産業分野におけるホース製品のコストダウン要求、またホース製造法の変化などにより、マンドレルに対しても、より一層の耐熱性、耐久性、そ

の他の製造適応性が要求されている。

本報では、当社マンドレルの製品紹介を行うと共に、上述の顧客要求に対応したより高機能な新規マンドレルの開発状況について報告する。

2 マンドレル

2.1 マンドレルに求められる仕様

一般的に産業用ゴムホースの連続製造は次のような工程で行われる。

- ① マンドレル周囲に内面ゴム層押出
- ② 補強繊維編組、あるいは巻き付け
- ③ 外層ゴム押出
- ④ 樹脂保護層被覆
- ⑤ 加硫、樹脂保護層剥離
- ⑥ 水圧によるホース抜き取り

その他、ゴムの代わりに樹脂を使用したもの、また、さらに多層の構造を持つものなど、使用材料、断面構造の種類は多岐にわたる。マンドレルの繰返し使用回数は 20 回以上を要求されることが多く、従って、マンドレル

に要求される仕様とは次のようなものである。

- ① 高い外径精度および、その経時変化が少ないこと。
- ② 160℃程度の加硫温度に耐えること。
- ③ 耐薬品性、耐油性、耐水性に優れること。
- ④ ある程度の硬さと可撓性をあわせ持つこと。

2.2 マンドレルに使用される材料

市場ではポリアミドが最も多く使用されており、ポリメチルペンテン、ポリエステルエラストマーも一般に使用されている。各材料の特徴について次に述べる。

2.2.1 ポリメチルペンテン

ポリオレフィン系樹脂では最も高い融点を持つ材料で、当社ではダイテピックマンドレルとして販売しており、生産量も圧倒的に多い。硬さ別にF、M、Rの3種類のグレードを取り揃えており、顧客要求に対し柔軟な対応が可能である。代表物性をTable 1に示すが、一般的な特徴は次のようなものである。

- ① 融点が約240℃であり、耐熱性が高く加硫工程に十分耐える。
- ② ポリオレフィン系のため、反応性が低く、耐薬品性、耐候性に優れ、加水分解も起こらない。
- ③ 表面のすべり性が良く、ホース抜け性が良い。
- ④ 柔軟性が低く、大径マンドレルの場合ホース製造時の取り扱い性が悪くなる。
- ⑤ ガラス転移点以下では急激に硬くなり、破損することがある。
- ⑥ 油分の多いゴムの場合、膨潤による径拡大が起きることがある。

Table 1 ダイテピック各グレードの物性

Physical Properties of the Daitepic (polymethylpentene)			ダイテピック		
項目	単位	試験方法	F	M	R
密度	g/cm ³	ASTM D1505	0.84	0.84	0.84
融点	℃	DSC法	230	235	240
降伏点応力	MPa	ASTM D638	10.8	13.7	19.6
引張破断強度	MPa	ASTM D638	12.8	14.7	17.2
引張破断伸び	%	ASTM D638	180	120	85
曲げ弾性率	MPa	ASTM D790	294	441	735
ロックウェル硬度		ASTM D785 Rスケール	8	35	60
ショア硬度		JIS K7215 Dスケール	45	63	-

2.2.2 ポリエステルエラストマー (TPEE)

加硫温度の高温化に伴い、引き合いが増えてきている。熱可塑性エラストマーの中では最高クラスの耐熱温度と耐薬品性を持つため、次のような特徴をもつ。

- ① エラストマーのため、柔軟性に優れる。低温工程でも破損の心配が無く、また、大径に成形した場合でも取り扱い性は良好である。

- ② 耐熱性は良好で、ポリメチルペンテンより高い温度で使用可能。
- ③ 耐薬品性、耐油性はポリメチルペンテンより劣る。
- ④ 加水分解することがあり、使用環境によっては繰返し使用回数が少なくなることがある。

2.2.3 ポリアミド (PA)

メーカー内製も含め最も多く使用されている材料である。多くの種類、グレードがあり、次のような特徴をもつ。

- ① 耐熱性、耐薬品性、耐油性に優れる。
- ② 汎用PA (PA6, PA66) の場合、可撓性に劣ることがあるため、大径の場合、高価なPA11などを使用することが多い。
- ③ 吸水による寸法変化が避けられず、内径精度の厳しいホースには適さない。
- ④ TPEEほどではないが加水分解するため、繰返し使用回数が少なくなることがある。

2.3 マンドレルの製法

マンドレルの製造には、電線製造技術をベースにした精密押出成形を使用している⁽¹⁾。加圧式の押出方法であるが、溶融樹脂が加圧下、長ランドのダイス内を低速で押出されるため、きわめて寸法精度の高いマンドレルが得られる。

- ① 外径精度、真円度が良好であり、マンドレルの標準寸法精度はTable 2に示すとおりである。
- ② 表面平滑性が高く成形され、長手方向の外径変化も僅少なためホースの抜け性が良い。
- ③ マンドレル表面を粗すことでホース抜け性が改良されることがあり、ダイテピックマンドレルでは梨地仕上げも可能である。
- ④ 内部応力が均一化されており、繰返し使用に伴う外径変化が少ない (Fig. 1)。
- ⑤ ポイドの無い緻密なマンドレルが得られる。

なお、押出時にクロスヘッドを用いることで、通常の単一層マンドレルだけでなく、各種芯入りマンドレル、二層マンドレルも高精度で製造可能である (Fig. 2 参照)。

Table 2 マンドレルの製品精度

Dimensional Accuracy of the Produced Mandrels						
製品外径 [mm]	～φ5	～φ10	～φ15	～φ20	～φ25	
外径精度	標準	± 0.07	± 0.07	± 0.10	± 0.15	± 0.15
	高規格	± 0.05	± 0.05	± 0.07	± 0.07	± 0.10
真円度	標準	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15
	高規格	0.07	0.07	0.07	0.10	0.10
表面粗さ	Ry = 10 μm以下					

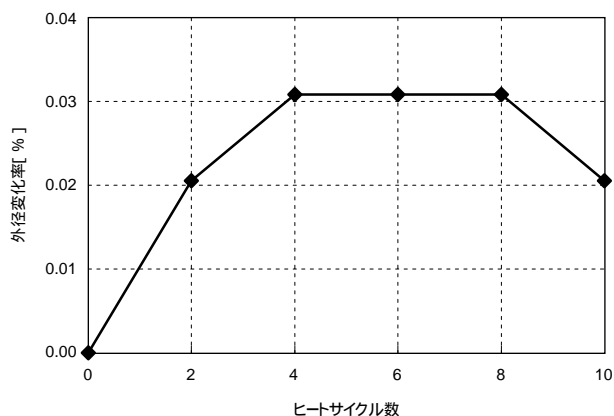


Fig. 1 ダイテピックマンダレルのヒートサイクルによる外径変化 (160°C×1h→水冷×1h)
O.D. Change ratio of the Daitepic Mandrel under 160°C -RT Heat Cycles



Fig. 2 種々のマンダレル製品
Various Mandrel Products

求されることが多かった。このため、ダイテピック M グレードに、ポリオレフィン用高分子可塑性材を配合した材料を内層に配し、外層にダイテピック M を被せたもの (Type-A)、同様にダイテピック F を被せたもの (Type-B) を製作した (Fig. 3)。外層に従来のダイテピックを使用することで、マンダレルの表面性状を従来どおりとし、かつ柔軟性を向上させる事が可能となった。さらにこの製品については液体可塑性材を使用していないため、可塑性材が表面に出てくるブリードによる不具合がない。

約 250 mm 相当の曲げ半径を与えるのに必要な力を、同径のダイテピック F マンダレルと比較したデータを Table 3 に示す。

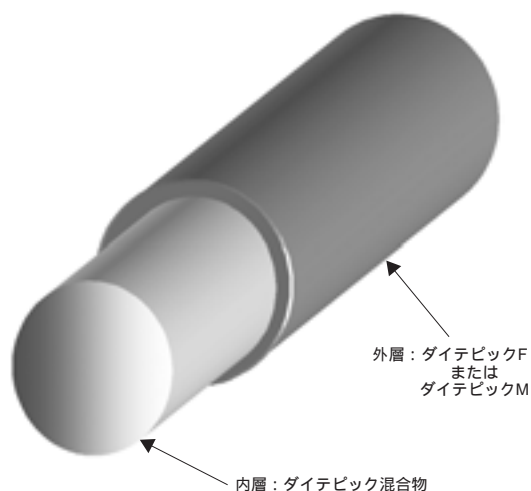


Fig. 3 軟質化ダイテピックマンダレルの構造
Structure of the New Flexible Daitepic Mandrel

3 新規マンダレルの開発

これまで、顧客要求による材料、構造をベースにマンダレルを製造することが多かった。しかし最近ではホース製造法の変化に伴うと考えられる様々な要求が増えてきており、現在開発中の製品について紹介する。これらは、精度、特性を持たせるため、特別な設計、製法を用いている。

3.1 大径マンダレル

当社では、外径 20 mm 以上の製品を大径マンダレルと呼んでおり、外径 24.6 mm のインチサイズホース用マンダレルについて、2 種類のマンダレルを開発し試作品が客先評価の段階にあるが、次のようなものである。

3.1.1 軟質化ダイテピックマンダレル

Table 1 のダイテピック F グレードは当社独自配合により可撓性を改良したものであるが、大径品については、ホース製造作業時の取り扱い性改善 (柔軟性向上) を要

Table 3 従来品と軟質化ダイテピックマンダレルとの柔軟性比較
Flexibility Comparison of the Current Daitepic Mandrel to the New Flexible Daitepic Mandrel

品名 (外径 24.6 mm)	R250 曲げに必要な力 [N]	比率 [%]
ダイテピック F	869	100
Type-A	619	71.3
Type-B	551	63.4

3.1.2 二層ポリエステルエラストマー (TPEE) マンダレル

従来の TPEE マンダレル (タイプ D デュロメータ硬さ 50 クラス) が被覆ゴム中の可塑性材による膨潤で外径の変化が大きいため、改良の必要があった。二層押出技術を使用し、外層に結晶成分の多い、より高硬度で耐油性に優れた TPEE を用い、内層により軟質な TPEE を用いたマンダレルを製作した。設計の目的は、柔軟性を損なうことなく、マンダレルの膨潤を抑制することである。可塑性材浸漬試験の結果、Fig. 4 に示すように従来品に対し、膨潤による外径変化率を大幅に改善することができた。

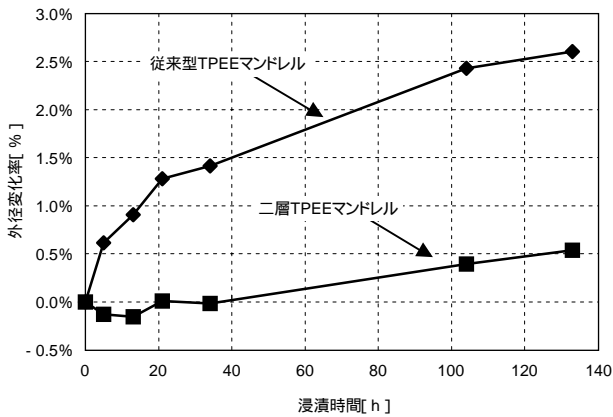


Fig. 4 TPEE マンドレルの可塑材浸漬試験結果
O.D. Change Ratio of the TPEE Mandrel in the Rubber Plasticizer Immersion Test

3.2 その他のマンドレル

3.2.1 過酸化加硫対応ダイテピックマンドレル

過酸化加硫時のマンドレル耐久性が劣る事例に対応するため、独自選定の老化防止剤を配合したダイテピックマンドレルを製作し、サンプル提供の上、実際のホース製造試験において良好な結果を得ている。

3.2.2 耐加水分解グレード TPEE マンドレル

従来より耐加水分解性を向上させた TPEE を用いてマンドレルを製作し、客先提案を行っている。試験中であるが、一部良好な結果を得ている。

4 むすび

当社で製造しているホース製造用樹脂マンドレル全般と、新規開発製品事例について紹介した。

これまででは顧客指定材料によるマンドレル開発が多かったが、今後は、客先ニーズに即した積極的な材料、構造提案がますます必要になって来ているように思われ、既に様々なアクションを実施中である。一方で、既存品を含めたコストダウンも重要な課題となっており、設計、材料、製造方法改良などにより対応を行っていく。

注)「ダイテピック」(DAITEPIC)は当社の登録商標です。

参考文献

- (1) 有馬ほか. 超精密エンジニアリングプラスチック押出成形. 三菱電線工業時報. (85), 1993, p. 52-57.