

ポリイミド断熱膜形成による樹脂成形用金型の開発
 日本真空技術（株）筑波超材料研究所 飯田敬子 高橋善和 飯島正行

1. 緒言

プラスチック成形時の成形品の外観不良を抑制するために様々な方法が検討されている。^{1, 2, 3, 4)}

その中の一つに金型の型表面に断熱膜を形成した断熱金型を利用する方法がある。⁵⁾ 金型用断熱膜の開発は1960年頃から盛んに行われている。⁵⁾ なかでも有機系ではエポキシ系⁵⁾ 断熱膜、ポリイミド系⁶⁾ 断熱膜が報告されている。しかしながら、従来の方法では問題点が多く、実用化されているものは少ない。殊にポリイミド膜系では、1) 3次元の複雑な形状に均一膜を形成するのが困難。液流れ、液だまりの発生。面転写性が悪く、樹脂温度が不均一。2) 断熱膜作製に時間がかかる。

1回の成膜で10 μ m (10回の繰り返し塗布) の為、100 μ mの成膜に2週間~1ヶ月を要する。密着性が悪い (ポリイミド膜-ポリイミド膜間の層間剥離を生じやすい) 等の点から実用化されていなかった。

そこで、これらの問題を解決する為に、全方向蒸着重合^{7,8)} を用い、均一にそして簡単にポリイミド厚膜の作製が可能であるかを検証した。また、さらに実際に断熱金型としての有効性を確認したので報告する。

2. 方法

ポリイミド被膜の材料には市販のピロメリト酸無水物 (PMDA) と4,4'-ジアミノジフェニルエーテル (ODA) を用いた。ポリイミド膜の作製には全方向蒸着重合法を用いた。装置概要図を図1に示す。この装置はモノマーの付着を防止するため、チャンバーから配管まで全てをヒーターで覆った装置である。蒸発源は装置に外付けされており、ノズルを介してチャンバー内に導入される。成膜条件を表1に示す。なお、成膜中はチャンバー及び基板が200 $^{\circ}$ Cであるため、ポリイミド被膜は基板上のみならずチャンバー壁全体に被覆される。

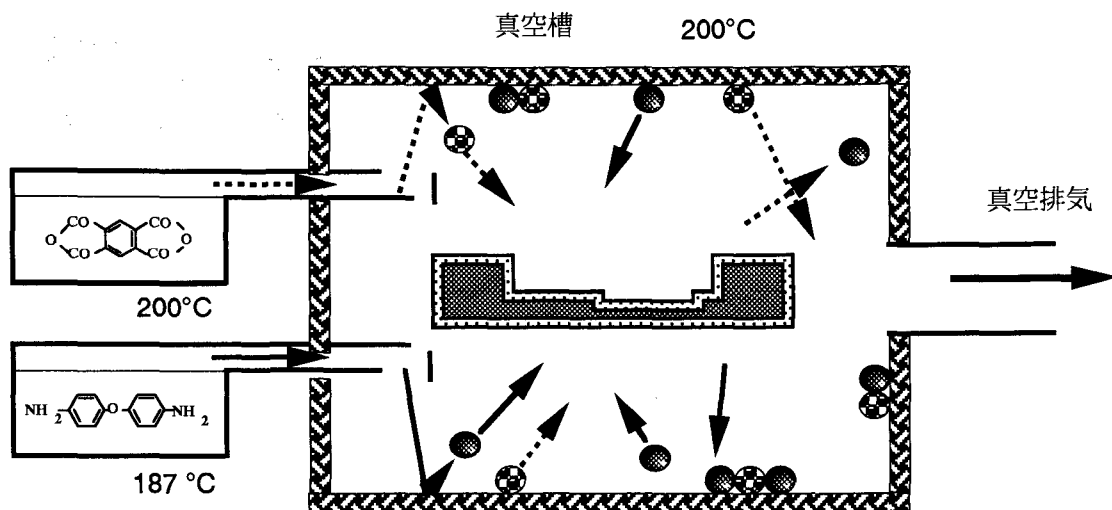


図1 装置概要

表1 実験条件

基板材料	S 5 5 C	
基板温度	2 0 0 °C	
モノマ- 温度	PMDA	2 0 0 °C
	ODA	1 9 0 °C
成膜中圧力	0.2~0.3 Pa	
成膜速度	1 2.5 μm/h	
膜厚	1 0 0 μm	

ポリイミド厚膜作製が可能であるか否かを検討する為、次のことを調べた。

- (1) ポリイミド膜の膜厚分布
- (2) ポリイミド膜の均一被覆性

さらに、断熱金型の有効性を調べるために、実際に射出成形試験用金型にポリイミド膜を成膜し、断熱金型とし、これを用いて成形した成形品について以下のことを調べた。

- (3) ポリイミド膜膜厚と成形品の光沢度の関係
- (4) 成形品の外観不良
- (5) 成形品の表面性の変化

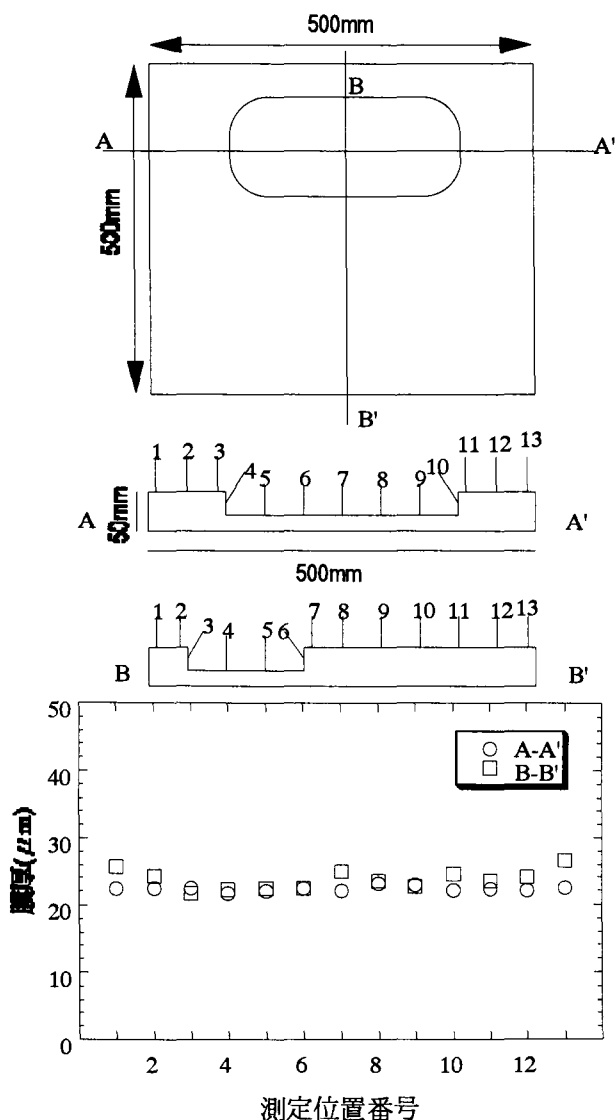


図2 ポリイミド膜厚分布と測定位置

3. 結果及び考察

表1より成膜速度12.5 μm/hが得られている。

これは、ポリイミド断熱膜を100 μm成膜する場合でも8時間で成膜が可能であり1日で成膜出来る。

- (1) ポリイミド膜の膜厚分布

ポリイミド膜を2時間成膜したときの膜厚分布及び測定位置を図2に示す。この基板上では±5%以内の膜厚分布を得ることが出来た。

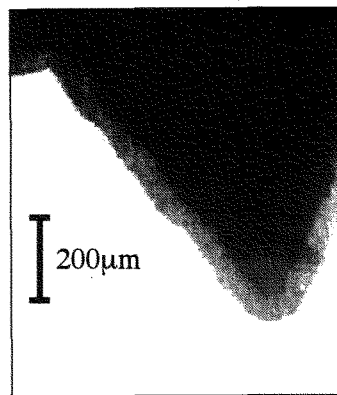


図3 ステンレスナットへの蒸着重合したポリイミド膜の断面写真

(2) ポリイミド膜の均一被覆性

図3にステンレスナットにポリイミド膜を60 μm 被覆したときの断面写真を示す。ナットの凹凸形状に沿った均一膜厚分布が実現出来ていることがわかる。図2, 3よりポリイミド膜が表面形状を維持したまま被覆できることがわかる。

(3) ポリイミド膜膜厚と成形品の光沢度の関係

図4にポリイミド断熱金型を使用して実際に射出成形試験したときの断熱膜の膜厚と成形品の光沢度の関係を示す。図4よりポリイミド膜厚の増加と共に光沢度が向上する事がわかる。膜厚が60 μm 以上では光沢度は80%以上の光沢度が得られた。

(4) 成形品の外観不良；

例；ウエルドライン

ポリイミド断熱金型を利用して成形した成形品写真を図5に示す。成形品写真では従来金型ではウエルドラインが生じているのに対し断熱金型を利用した場合にはウエルドラインが消えていることがわかる。

これは外観不良が抑制されていることを示す。

(5) 成形品の表面性の変化

実際に自動車部品の金型に断熱金型を用いて成形した成形品と従来金型成形品の表面をSEM観察写真した写真を図6に示す。従来成形品では大きく表面粗れが生じているのに対し断熱型成形品では表面粗れが生じていない。これはポリイミド膜が断熱膜として機能し、樹脂の流れを変えていることを示した。

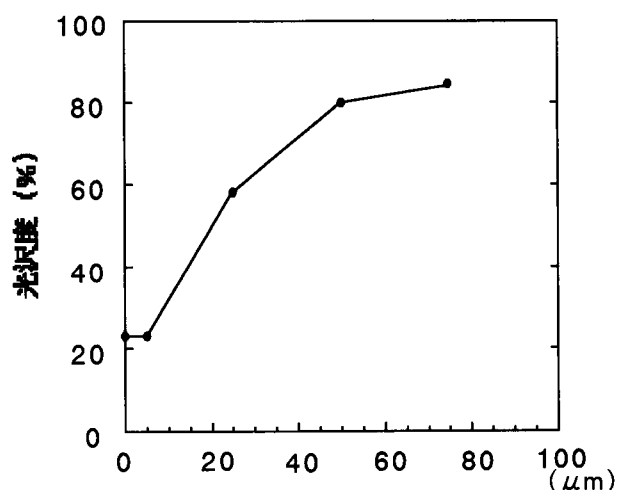


図4 成形品光沢度と断熱膜膜厚の関係

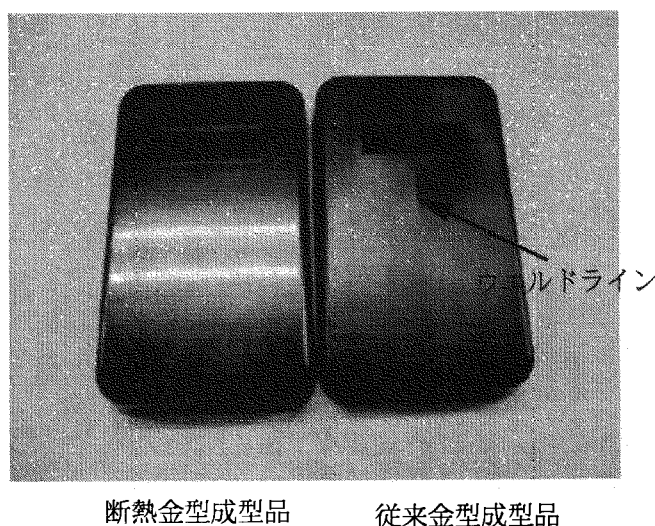
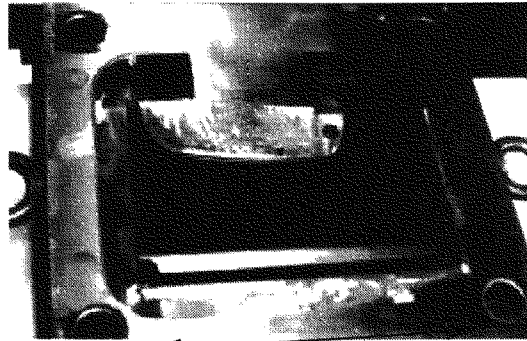


図5 成形品外観比較

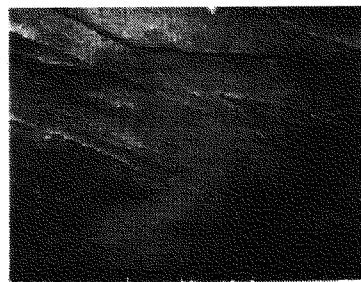


340
断熱膜形成射出成形金型
自動車部品



従来型成形品

型温： 65℃
樹脂温度：300℃



断熱型成形品

型温： 60℃
樹脂温度：280℃

10μm

図6 同上の金型を用いて成形したガラス繊維入り
ナイロン樹脂成形品表面SEM写真

4. まとめ

以上の結果より、全方向蒸着重合法を用いることにより容易にポリイミド断熱膜を形成することが出来た。この膜厚分布は平坦な基板上でも複雑形状上でも形状に沿って均一であった。

また、ポリイミド断熱膜が光沢度の向上、ウエルドラインの抑制、成形品の表面性の改善に効果があることが明確となった。これは、ポリイミド膜は断熱膜として機能し樹脂の流れを変えていることによる。さらに全方向蒸着重合法を使用することによって成膜時間が溶媒を使用する従来法と比較して大幅に短縮できることが明確となった。

参考文献

- 1) Plastic Technology, 34 (June), 150 (1998)
- 2) 旭化成; USP 4,439,492
- 3) Jansen, K.M.B and Flaman, A.A.M.:poly. Eng. Sci.,34(11), 894 (1994)
- 4) 黒崎、佐藤、齊藤、柴田:成形加工シンポジア'95, 241, (1995)
- 5) 石見、金山、福岡:成形加工シンポジア'94, 52, (1994) 他
- 6) 片岡、梅井、加藤;成形加工 9, (11), 889 (1997)
- 7) 高橋、飯島、稲川、伊藤;第45回応用物理講演会予稿集、365,(1984)
- 8) M.Iijima and Y.Takahasi; High Perform Polym. 5 (1993)229-237