

射出成形金型の摩耗量評価

鄧 慧琳*, 樋口成起*, 伊吹基宏*

Evaluation of the Wear of Plastic Injection Molds

Huilin DENG, Shigeki HIGUCHI and Motohiro IBUKI

Synopsis

Plastic products have replaced metal products because of plastic's light weight and low cost. Engineered plastics with glass fiber have superior mechanical strength and function compared with ordinary plastics, being in demand in various fields, including automobiles, electronics, electrical appliances and machinery. However, there is concern that abrasion of the plastic injection mold during injection will be accelerated with increasing glass fiber content in plastic. It is necessary to choose the most suitable mold for each type of plastic. The method of evaluating the amount of wear plays an important role in tool selection.

In this study, we have established a method for quantitative evaluation of mold wear. We also measured the influence on mold wear of mold hardness, glass fiber content and surface treatment. High hardness is the most effective way to reduce mold wear. Mold wear increased steadily with the increase of glass fiber content. However, the glass fiber content is not proportional to the increase in mold wear. Nitriding treatment is more suitable for plastic injection molds than PVD coating because of its microstructure.

1. 緒 言

プラスチック製品は、金属部品に比べて軽い、製品の単価が安い、製造自由度が高いなどの利点があり、身の周りの日用品や電子機器に良く使われている。さらに、近年、自動車の燃費向上および環境配慮による部品の軽量化のため、自動車の分野でもプラスチック製品の使用率が上昇している。例えば、バンパーやボディ外板などの外装部品、またはメータークラスターやインストルメントパネルなどの内装部品のプラスチック化が進められている。

汎用プラスチックにはポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、ポリスチレン (PS) があるが、強度や耐

熱性などの特性が低い。そのため、自動車や電子機器などの構造部品には、硬質繊維のガラスファイバーが添加された樹脂が近年注目されている。樹脂に硬質なガラスファイバーを添加することによって、成型品の機械特性が向上する一方で、金型の摩耗促進が懸念される。今後のガラスファイバー含有樹脂の使用増加に備え、これに適した金型材の選定が必要となるが、その選定の際には、摩耗量の評価方法が重要となる。さらに、近年プラスチック金型材に表面改質が施され、金型の耐摩耗性、疲労強度などの特性を向上させてから使用することも多い。

本報告では、金型摩耗量の定量評価方法の確立とその評価方法を用いて金型の硬さ、樹脂のファイバー量、および表面改質が金型摩耗におよぼす影響を調査した。

2. 実験方法

2. 1 供試材

本報告では住友重機械工業(株)製の射出成形機(SE230HS, 可塑化装置 C360 シリンダー径φ40)を用いた。Table 1 に評価樹脂を示す。一つは、ガラスファイラー含有の金型摩耗量への影響を調査するため、ガラスファイラー含有量がそれぞれ40%, 50%, 60%である熱可塑性の結晶性樹脂ポリアミドMXD6(以下、PAという)である。もう一つは鋼材の耐食性と金型摩耗量の関係を調査するため、熔融後、腐食性ガスである亜硫酸ガス(SO₂), 硫化カルボニル(COS)などが発生するガラスファイラー40%が含まれたポリフェニレンサルファイド(以下、PPSという)を使用した¹⁾。

Table 2 に評価金型材を示す。代表的なプラスチック金型である硬さ40 HRCのプリハードン鋼NAK80と硬さ40 HRCと51 HRCに調質した耐食性に優れたS-STARで金型摩耗量への影響を調査した。

表面改質は2種類を実施した。一つは、550℃, 10時間のPS窒化処理(大同DMソリューション(株)), もう一つは、PVD(Physical Vapor Deposition)処理により金属の表面にハイテンセラックを薄膜被覆(大同DMソリューション(株))したものである。

Table 1. Plastic.

Plastic	Glass fiber content (%)	Manufacturer
Polyamide MXD6	40, 50, 60	Mitsubishi Engineering Plastics
Polyphenylene sulfide	40	DIC (FZ-1140)

Table 2. Steel.

Steel	Form	Hardness (HRC)
NAK80	Pre-hardened	40
S-STAR	Tempered	40, 51

Table 3. Injection molding conditions.

Plastic	Mold temperature	Plastic temperature	Holding pressure	Injection speed	Speed at gate
PA	110℃	250℃	52 MPa	100 mm/s	17.8 m/s
PPS	150℃	300℃			

2. 2 金型形状と成形条件

熔融した樹脂はスプール, ランナーを通り射出される。そして, 樹脂の流速をコントロールするゲートを通り, キャビティ内に注入される。ゲート部は, 他の部位に比べ断面積が小さく, 流速が速いため摩耗が生じやすい。短期間の評価で実機トラブルと同様の摩耗が発生し, 金型用鋼の種類による差異が出るのが望まれるため, 本研究はゲート部を幅3mmに設計し, 摩耗量の評価部位とした。また, 正確に測定できるようにゲート部は簡単に取り外せる入れ子式にした。金型形状をFig. 1に示す。実機で評価する時の成形条件をTable 3に示す。

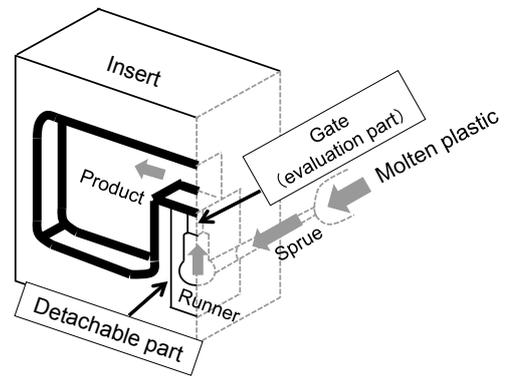


Fig. 1. The design of die mold.

2. 3 金型摩耗量評価方法

金型ゲート部の摩耗量の計測は3次元測定機(株)キエンス VR-3100)を用いた。Fig. 2に計測方法を示す。500ショットまたは1000ショットごとにゲート部の垂直方向の平均断面積を測定し, 体積を算出して摩耗量を比較した。

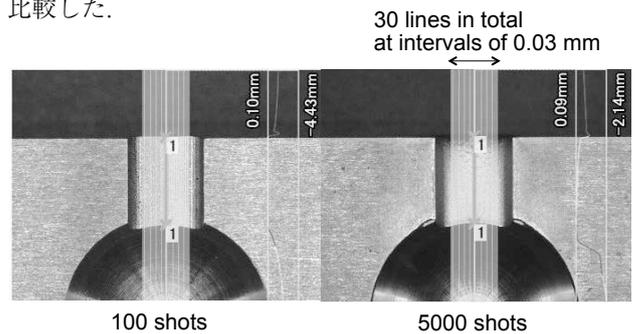


Fig. 2. Evaluation method for wear volume.

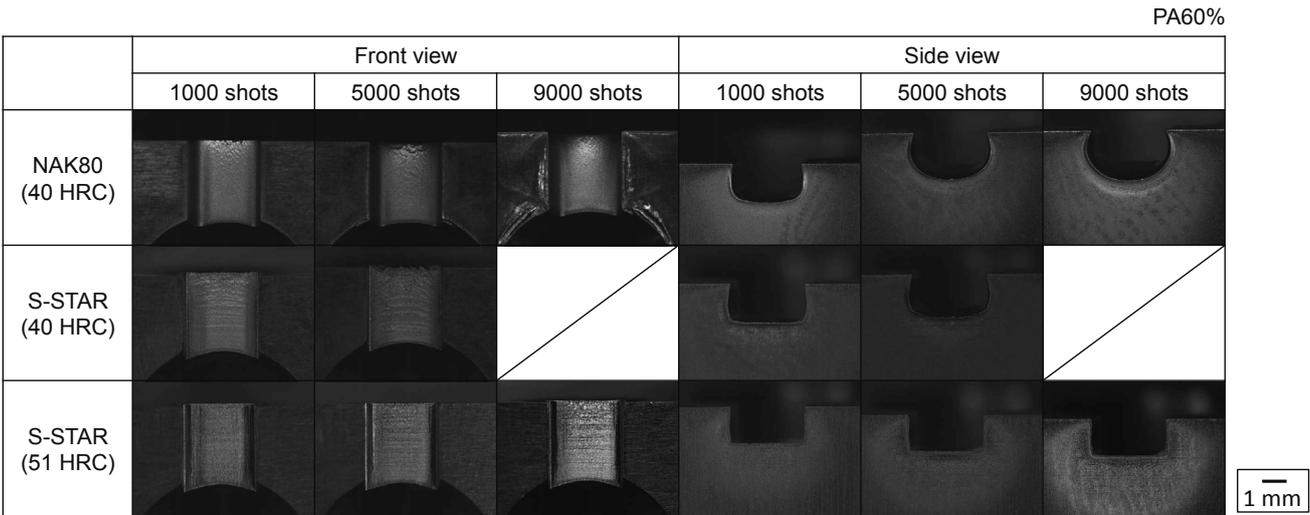


Fig. 3. Front and side view of mold wear by using PA60%.

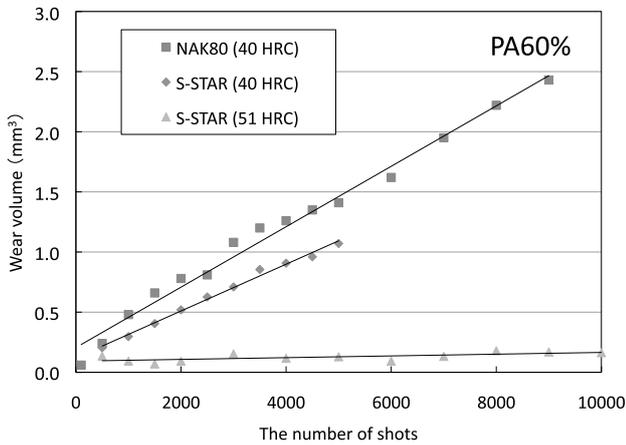


Fig. 4. Mold wear in different steels and hardness.

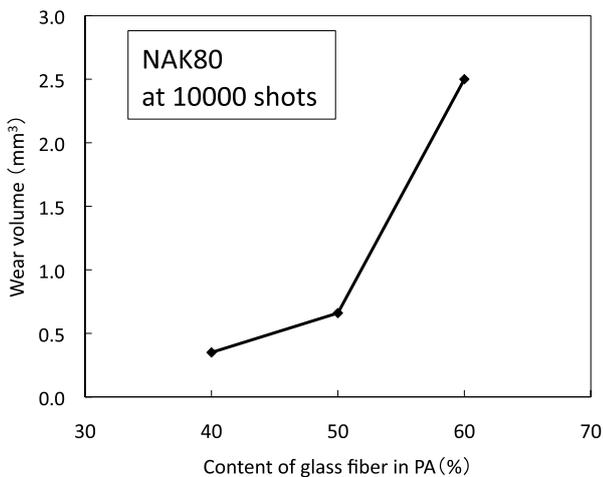


Fig. 5. Content of glass fiber and mold wear at 10000 shots.

3. 結果および考察

3. 1 金型材の種類, 硬さと摩耗の関係²⁾

金型摩耗によるゲート部正面と側面の形状変化を Fig. 3 に示す。樹脂は PA60% を使用した。成形すればするほど、ゲート部の側面形状は丸くなっていた。金型材、硬さと摩耗量の関係を Fig. 4 に示す。硬さ 40 HRC 前後の NAK80 と S-STAR は線形的に摩耗量が増加した。S-STAR は硬さを 40 から 51 HRC に向上することにより、5000 ショット時の摩耗量が約 1/9 に抑えられた。また、PA60% の場合、同程度の硬さであれば金型材の種類による摩耗量の差は少ないと思われる。

3. 2 ガラスフィラー量と摩耗の関係

ガラスフィラーの添加量による摩耗量の影響を Fig. 5 に示す。ガラスフィラー含有量が 60 % のとき、10000 ショット後ゲート部の摩耗量は約 2.5 mm³ であった。ガラスフィラー含有量を 5/6 (50 %) に減少すると、摩耗量は PA60% 使用時の約 1/4 (0.66 mm³) になり、フィラー量が 2/3 (40 %) の場合は、約 1/7 (0.35 mm³) になった。金型の摩耗量はガラスフィラー含有量に比例せず、ガラスフィラー含有量の増加に伴い、急激に増加することがわかった。

3. 3 金型材の耐食性と摩耗の関係

Fig. 6 にゲート部の摩耗量と樹脂種類の間を、Fig. 7 にゲート部の正面と側面の形状変化を示す。金型材は NAK80 を用い、フィラー含有量は 40 % である。PA は溶融後、主に CO₂、NH₃ ガスが発生するが、PPS は SO₂、COS などの腐食性ガスが発生する³⁾。10000 ショット成形後、PPS の金型摩耗は、PA の約 1.7 倍であった。成形後、金型ゲート部の成分を SEM-EDX (日本電子(株) JCM-6000) で分析したが、母材の成分しか検出されなかった。金型材と腐食ガスの反応部は摩耗したため残存せず、検出されなかったと考えられる。また、金型摩耗量に対する腐食ガスの影響は、金型材の硬さや樹脂のフィラー含有量による影響よりも小さいことが分かった。

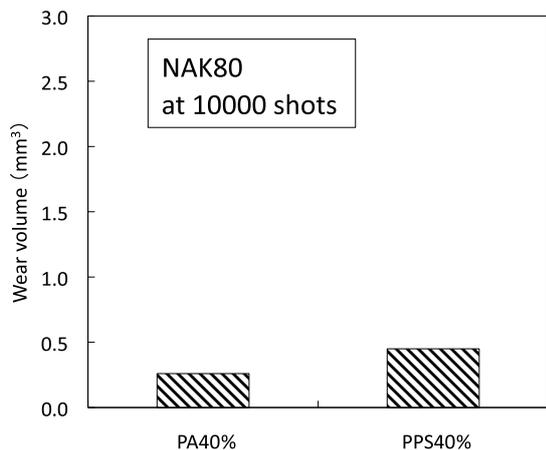


Fig. 6. Influence of different plastics on mold wear.

3. 4 表面改質と摩耗の関係

Fig. 8 に成形ショット数と摩耗量の間を、Fig. 9 に金型ゲート部の外観を示す。金型材は NAK80 を用いた。表面処理を実施すると、フィラー含有量が 60 % であっても金型摩耗の進行が劇的に抑えられた。PS 窒化処理では、成形後ほとんど摩耗しないことがわかった。一方、PVD 処理 (ハイテンセラック) では、4000 ショットから一気に摩耗量が増える傾向が見られた。PS 処理は窒化により表面硬化層が形成されるのに対して PVD は金属の表面に薄膜を被覆したものである。Fig. 10 に各表面改質のマイクロ組織を示す。成形後の金型を破壊調査したところ、PS 窒化処理品の表層硬さは約 750 HV、表面拡散層の深さは約 280 μm だった。一方、ハイテンセラックの膜厚は 5 μm 以下であることが確認できた。ハイテンセラック膜は母材との密着性が悪く、成形途中で膜が剥がれたため、摩耗量が増えたと考えられる。

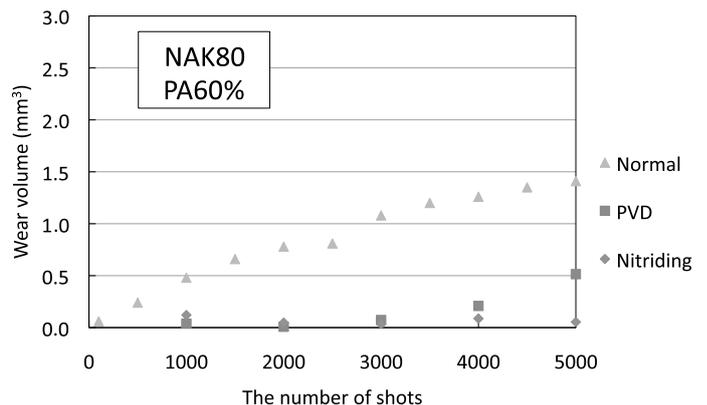


Fig. 8. Influence of surface treatment on mold wear.

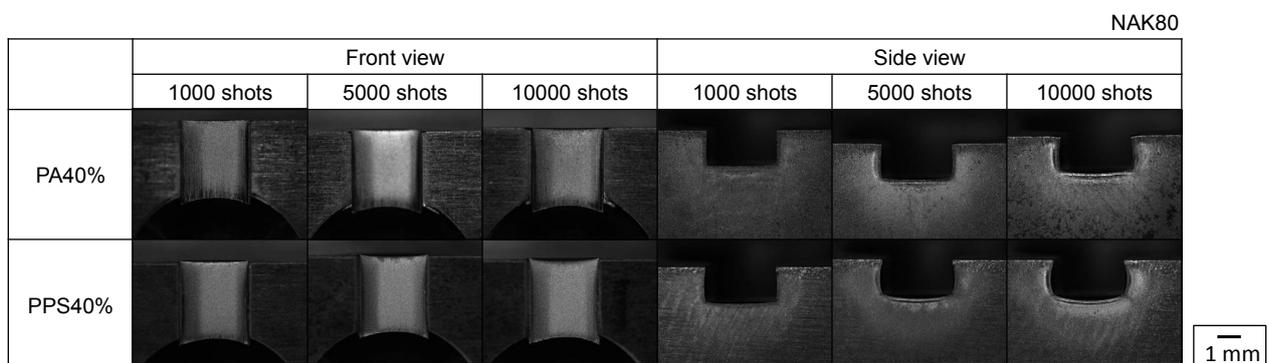


Fig. 7. Front and side view of mold wear (NAK80).

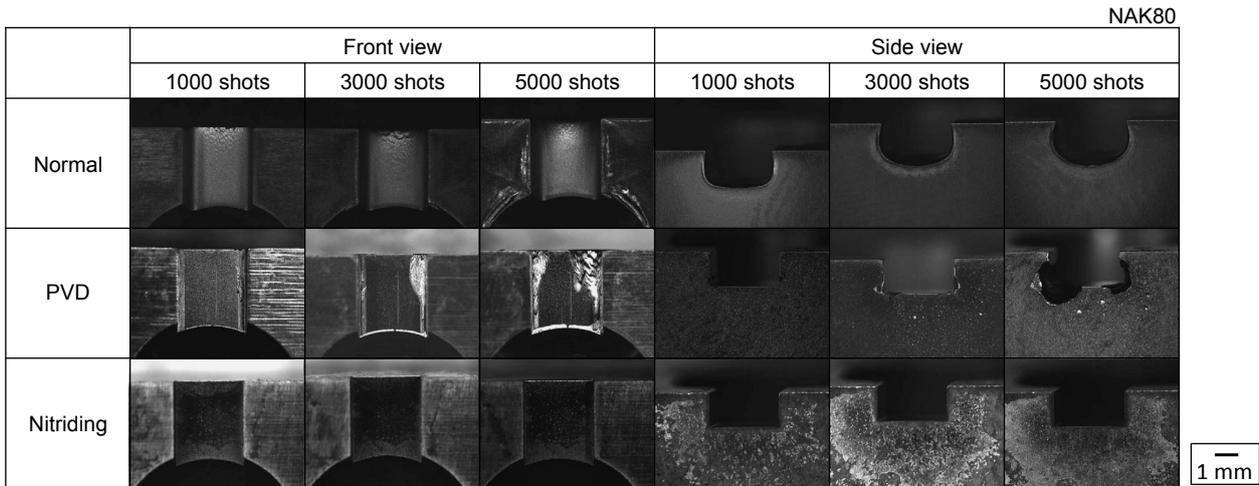


Fig. 9. Front and side view of mold wear (NAK80) in different surface treatment.

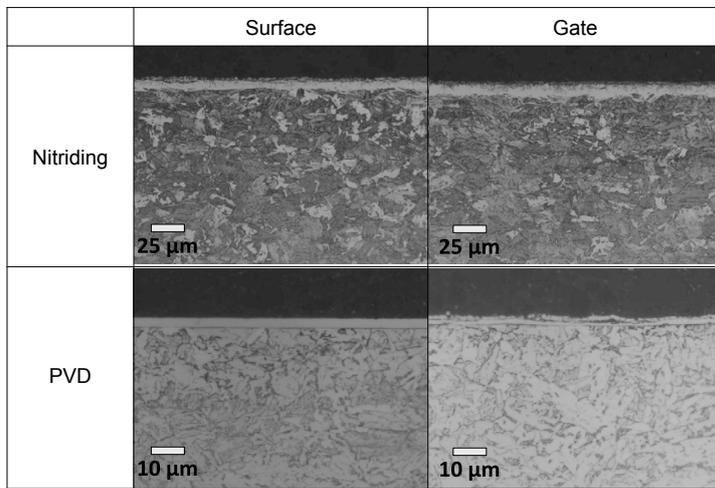


Fig. 10. Microstructure images of PS nitriding treatment and PVD coating.

4. 結 言

本研究では、射出成型機を用いた金型摩耗量の定量評価方法を確立した。金型材・硬さおよびガラスフィラー量、金型材の耐食性、表面改質の金型摩耗量への影響を調査した結果、以下の知見を得た。

- (1) 射出成型での金型摩耗は、PA60%の時、金型が同等硬さであれば金型材の違いは摩耗量に影響しない。硬さ 40 HRC前後の金型材は線形的に摩耗量が増加した。
- (2) ガラスフィラー量の増加によって金型の摩耗量が急激に増加することが確認できた。
- (3) 腐食ガスが発生する樹脂を使用すると、金型の摩耗が進む傾向は見られるが、金型材硬度やガラスフィラー量よりも影響は小さかった。

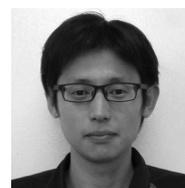
- (4) 表面改質による表層硬さの向上により金型の耐摩耗性は向上する。しかし、表面改質の種類や母材との密着性が表面改質の効果に大きく影響する。

(文 献)

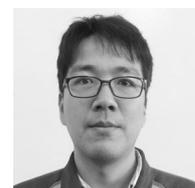
- 1) 阿部嘉長, 須藤真: プラスチック配合剤, 大成社, 1984, 200.
- 2) 鄧慧琳, 樋口成起, 伊吹基宏: 型技術, 32(2017), 13, 92.
- 3) 長瀬祐, 小松利幸, 角谷嘉和, 池田幸治, 関根吉郎: 日本化学会誌, 11(1979), 1560.



鄧 慧琳



樋口成起



伊吹基宏