

インストルメントパネル本体成形型の短期試作工法

Technology for Rapid Manufacture of Prototype Molds for Instrument Panels

戸口 康宏*
Yasuhiro TOGUCHI

要 旨

自動車開発中のテスト車に使用する、インストルメントパネル本体を成形する短期試作工法を開発した。

量産部品と同様にポリプロピレンの射出成形が可能な、短時間で製作できる試作型である。この型の特徴は、重切削、放電加工をおこなわないマスタモデル反転工法を用い、型の素材にカーボン繊維を使用した強度耐久性に優れた樹脂型(カーボン型)である。

本工法により新型インサイトのインストルメントパネルを試作し、衝突試験に用いた。この試作型は従来のZAS型試作工法に対し、型製作コストは同等に抑え製作期間を20%短縮した。

ABSTRACT

A method has been developed enabling rapid manufacture of prototype molds for instrument panels used in test vehicles in the automotive development process.

The new prototype molds are produced using polypropylene injection molding, as used for mass-produced parts, enabling manufacture in a shorter period. The master model transcription method is used, obviating the necessity for heavy machining or electrical discharge machining. Carbon fibers have been used in the material for the new resin molds (known as "carbon molds") resulting in outstanding strength and durability.

The new method was employed to manufacture prototype instrument panels for the new model INSIGHT, which were used in crash tests. The use of the new method has enabled prototype molds to be produced at the same cost as conventional ZAS molds, but with a 20% reduction in production time.

1. まえがき

自動車における衝突安全機能は重要である。衝突法規要件も年々厳しくなり、各自動車メーカーは安全性を向上させている。衝突時の乗員保護にはインストルメントパネルもその役割を担っており、新車開発時の衝突試験には量産部品と同等の試作部品が必要である。

新型車の開発期間中に量産材料の部品でテストをするためには、量産型よりも短時間で安価な試作用の金型を製作し、射出成形のインストルメントパネルを成形する。

従来、試作用には Fig. 1 のような亜鉛合金を素材とした簡易金型(以後 ZAS 型と呼ぶ)を製作し、衝突試験に必要な数量のインストルメントパネルを試作成形していた。

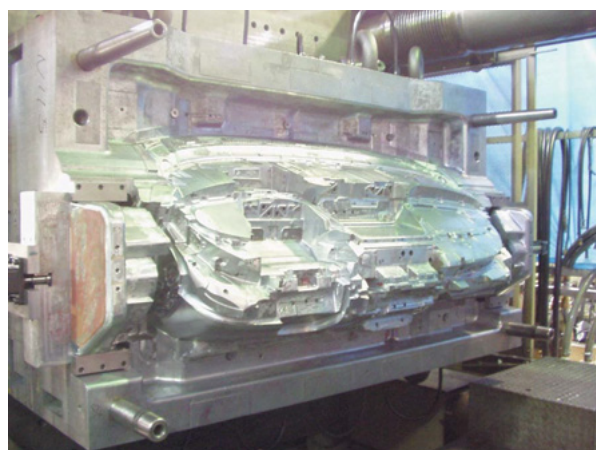


Fig. 1 ZAS mold

*四輪R&Dセンター

2. 試作金型の製作期間短縮

昨今の新型車の開発期間短縮ニーズに応えるため、樹脂部品の中でも特に製作期間の長いインストルメントパネルの本体部品は、金型製作期間の短縮が課題となっていた。

通常試作用に用いるZAS型に対し製作期間を短縮するため、新たに試作金型開発をおこなった(Fig. 2)。

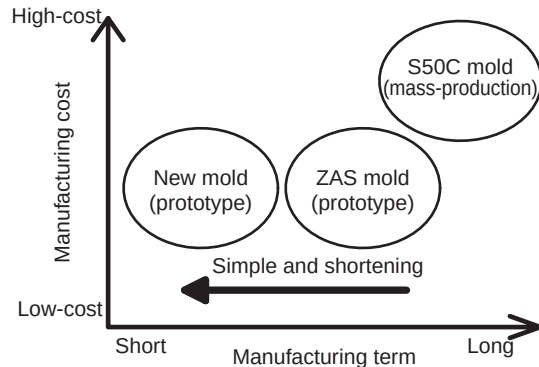


Fig. 2 Development concept for prototype mold

3. 新試作型の開発

形状を作り出すには何らかの加工を必要とする。彫刻であれ粘土細工であれ、素材を盛ったり削ったりすることで新たな形状が生まれる。大量生産部品は型から製品が転写されるが元となる型の形状を作るには、型の素材を盛るか素材を削る必要がある。この加工に要する時間を削減するために、工法を検討し材料を選定して短期試作工法を完成させた。

3.1. 工法の選定

量産に用いる射出成形金型はS50Cなど鋼の素材をNCで切削加工により製作する。これに対して試作金型の生産数量は数百ショット程度であるため量産金型ほどの耐久性は必要ない。現状ZAS型を用いるのは、鋼に比べ鋳造で近似形状の素材を作ることが容易であり、NC切削などの加工速度を高められる素材だからである。なおかつ、量産と同じ樹脂を射出成形できるが鋼ほどの耐久性は必要無い試作工法として目的に合致している。

この従来ZAS型よりも短納期を目指すために、容易に形状が作れる方法を選定した。

まず一つめに形状を転写する反転工法にて金型を製作することにした。一般に木型と呼ばれ古代より用いられた方法であるが、近年はマスタモデルと呼びその素材は木材から樹脂に変化している。形状を作るための盛り、削り加工性は金属に比べて優れている。このマスタモデルによりイン

ストルメントパネルの大まかな形状を作成する。

二つめは光造形に代表されるラピッドプロトタイピングである。光造形でインストルメントパネルの細かい形状を作成し、マスタモデルに組み入れて使用する。

この二つの形状製作方法を用いて Fig. 3 のように金型の形状を作成した。

また、反転工法は表面意匠の転写も可能であり、マスタモデルに皮シボ表皮材などを貼り付ければ、反転しただけで型のシボ加工は完了する。従来のZAS型ではシボ加工に要した4週を1週間に削減できる。

3.2. 型材料の選定

形状を転写する型の材料として、一般には石膏やシリコンゴムがある。しかし、インストルメントパネル量産用のポリプロピレン材料で射出成形をおこなう型の内部には熔融樹脂の高い温度と圧力がかかる。また、反転工程に何日もかかってはZAS型よりも製作期間を短縮する上で不利になる。

よって、以下の条件を考慮し材料を選定した。

(1) 型の製作工程

- ・ 既存設備で製作できること
- ・ 反転工程が2日以内で可能なこと

(2) 型の性能

- ・ 30 MPa の成形圧力に耐えること
- ・ 200 °C の成形樹脂に接触して破損しないこと
- ・ 成形樹脂を冷却するための熱伝導性があること

これらの条件から、型の材料には熱硬化樹脂を選定した。樹脂で樹脂を成形することになるが、インストルメントパネル量産用のポリプロピレン材料は熱可塑樹脂である。これが溶ける温度でも溶けない耐熱性を持つ熱硬化樹脂であれば、型に使用できる。これは一般に樹脂型と呼ばれ、エポキシ樹脂にアルミ粉末を混ぜた材料による射出成型は試作工法として用いられる。しかし、携帯電話サイズのものが多く、インストルメントパネルのように大きなサイズにな



Fig. 3 Master model

ると成形時の圧力に耐えられず型が破損する事例があった。

よって、開発目標として以下の項目を挙げた。

- (1)型強度：インストルメントパネルが成形できること
- (2)耐久性：数百ショットの成形に耐えること
- (3)物性：ZAS 型成成品と同等であること
- (4)精度：量産品同等の肉厚と外形寸法であること

3.3. 型材料の強化方法

インストルメントパネルの成形に耐える樹脂型を開発すべく、型材料の強化をおこなった。

熱硬化樹脂の強化方法としては、繊維を用いて複合材とする FRP(Fiber Reinforced Plastics)が一般的である。ここで用いる繊維にも先に述べた材料の選定条件を考慮してカーボンを選定し、CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics)で樹脂型を作ることにした。

その理由として一般にカーボンは高比強度、高比弾性率の素材として知られ、ほかにも低熱膨張率、耐熱性、化学的安定性、自己潤滑性といった特徴がある。特に着目したのは熱伝導率に優れる点であり、型材料の低い熱伝導率を上げることにつながる。これらカーボンの特性により開発目標をクリアできると考えたためである。

射出成形の型は、熔融樹脂の熱を吸収して固化させる役割をおこなう。そのため、成形により型の温度が上昇する。一般樹脂型の工法で大きな型が破損するのは、温度上昇によって型材料強度が低下し、成形時の圧力に耐えられなくなるためと考えられる。カーボンを用いて熱伝導率を上げることにより、型材料の熱吸収と放熱が早くなり温度上昇を抑え、型材料強度の低下を防ぐことができると考えた。

アイデアを実証すべくカーボン繊維とエポキシ樹脂を用いてテスト用の型を製作した。カーボン繊維は長繊維クロスと短繊維の2種類で製作し、射出成形により比較した。

長繊維クロスの積層方法はハンドレイアップであるが、手作業のため反転工程に4日かかる。さらにはインストルメントパネルの細部形状に対し長繊維クロスが追従できず Fig. 4 に示す型断面イメージのように、型内部にボイドが多数発生し Fig. 5 のように射出成形圧力に耐えられず型表面が陥没した。

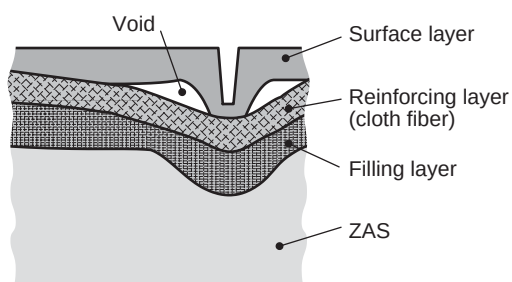


Fig. 4 Void due to lamination defect

もう一つの短繊維を用いる方法として、簡易スプレーアップで繊維と樹脂を積層した。Fig. 6 に示すように長さ1mm 以下のカーボン短繊維とエポキシ樹脂を混ぜてスプレーガンで吹き付ける簡易手法である。インストルメントパネルの細部形状にカーボン繊維を追従させてボイド無く積層できるうえに、反転工程は2日のできるため、短繊維スプレーアップ積層を選択した。

次に短繊維だけで積層した型が射出成形に耐える強度があるのか確認するため、大小さまざまなスプレーガンと短繊維を吹き付けて試験片を作成して引張り強度試験をおこなった。



Fig. 5 Cave-in due to void

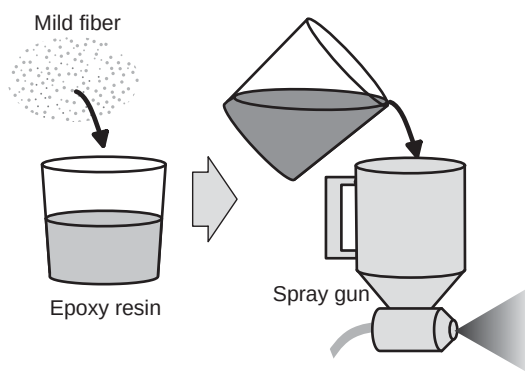


Fig. 6 Simple spray-up of CFRP

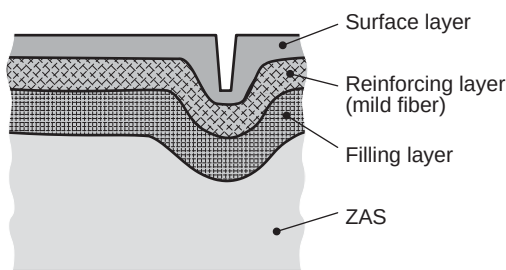


Fig. 7 Voidless lamination using spray

Table 1 Comparison of materials

	Unit	Carbon epoxy	Aluminum epoxy	ZAS
Tensile strength	MPa	63.5	52.0	244.0
Tensile elongation	%	10.3	3	4
Rockwell hardness	—	93.1 HRM	35.3 HRM	63.0 HRG

その結果、Table 1に示すように一般の樹脂型に使われるアルミ粉末入りエポキシ材料に対し引張強度を上回ることができた。さらに、伸び特性はアルミ粉末入りエポキシ材料およびZASに対しても大きい。長繊維が使えないため剛性は低下するが、伸び特性により型材が柔軟性を得たため破断しにくくなる。このため射出圧力による型の破損またはクラックへの耐性が高くなると考える。

開発型のコンセプトは柔軟性によって射出圧力に耐える成形型であり、開発目標を達成する可能性は十分にあると考え簡易スプレーアップ法を採用した。

カーボン短繊維とエポキシ樹脂を混ぜ簡易スプレーアップ法により積層する工法にて Fig. 8 のようにインストルメントパネルの中でも複雑な形状であるボスやリブを反映した試験型を製作した。

ここで試験するボスやリブの長さは、インストルメントパネル設計に適用する限界値であり、逆にこの試験型の形状要素が成形可能であればすべてのインストルメントパネルが成形できる型工法だと確認できる。

この試験型が成形圧力に耐えられるか確認するためインストルメントパネル量産用のポリプロピレン材料で射出成形試験をおこなった。

その成形試験ではZAS型同等の成形をおこない Fig. 9 に示すように 37 MPa の型内部圧力を確認したが、型が破損することにはなかった。よって本工法の目標であるインストルメントパネルを成形可能な強度を有すると判断した。

なお、従来の樹脂型では細部形状に金属を埋め込み型の



Fig. 8 Test mold

破損を防ぐインサートと呼ばれる手法が取られていた。インサートは Fig. 10 に示すように樹脂型が折れてしまう弱い弱部をアルミなどの金属を機械加工して埋め込み型を強化する役割を持つ。しかし、インサート埋め込み部がクラックのきっかけになることもあり、これが発端で型が破損することもあった。

開発した新試作型(以後カーボン型と呼ぶ)は素材の柔軟性を活かし、先に述べたインストルメントパネルの形状要素に合致した構造であればインサート不要で射出成形が可能である。このインサートレスも本工法の特徴であり、機械加工を削減できるため金型製作期間の短縮に寄与している。

3.4. 成形品の物性と精度

試験型は引張りなどの試験片も成形できるように設計した。同様にZAS型でも試験片を成形し、成形品の引張り強度と伸びを比較した結果、カーボン型とZAS型の成形品は同等であることが確認できた。

成形品の精度はマスタモデルの反転精度に影響されるが、試験型の成形品は肉厚、外形寸法ともに図面公差内に入ることを確認している。開発型は簡易手法で反転製作し、柔軟でありながら射出圧力に耐え、成形品は要求精度の範囲に入ることが確認できた。これらの結果をもってインストルメントパネルのボスやリブ形状が成形可能なカーボン型が完成した。

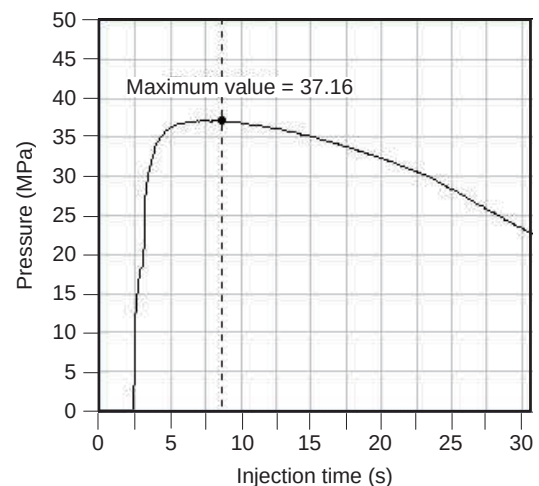


Fig. 9 Internal pressure of mold

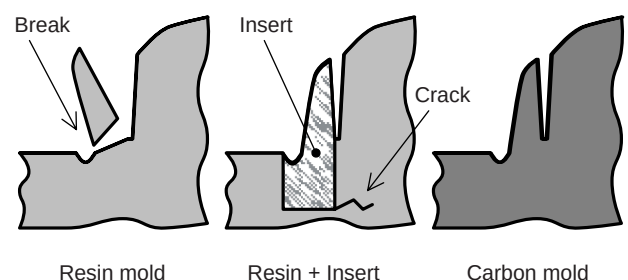


Fig. 10 Insertless molding of vulnerable sites

4. カーボン型の工法

新工法であるカーボン型の断面は Fig. 11 に示すように製品形状部を形成する CFRP と、型全体をバックアップする ZAS で構成する。いわば ZAS 型の製品部を CFRP 化したものである。その CFRP 層は Fig. 7 に示すように、表面層、強化層、充てん層の3層構造である。

インストルメントパネル成形型本体に加えて、型のアンダーカット部に組み込むスライドコアや入れ子についてもカーボン短繊維とエポキシ樹脂を混ぜて製作する。

4.1. 型本体

本体形状の元となるマスタモデルは、素材に汎用の治具用樹脂を用い NC 切削加工にて製品形状を製作する。

ZAS コアは従来の ZAS 型と同様に消失モデルを用いた砂型で鑄造する。

CFRP 層は先に述べたように3層構造である。マスタモデルに表面層と強化層を積層する。表面層はエポキシ樹脂にカーボン粉末を混入した素材で、スプレーアップ法により積層する。次に強化層としてエポキシ樹脂にカーボン短繊維を混入した素材をスプレーアップ法により積層する。以上2層を積層したマスタモデルに Fig. 12 に示すように ZAS コアをかぶせる。ZAS コアは製品部と 15 mm のすき間を有する近似形状で鑄造し切削加工はおこなわずに製作した。このすき間にカーボン短繊維とエポキシ樹脂を混ぜた充てん層を注入する。

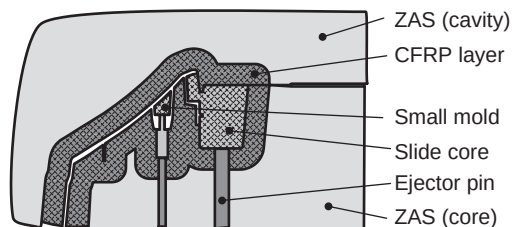


Fig. 11 Section of assembly mold



Fig. 12 Combination of master model and ZAS core

4.2. スライドコアおよび入れ子

Fig. 13 のように光造形でモデルを作り、Fig. 14 に示すように素材を注入してスライドコアや入れ子を製作する。この素材も型本体の充填層と同様に、カーボン短繊維とエポキシ樹脂を混ぜたものである。

注入した素材が硬化した後に光造形モデルから離型除去し、入れ子を取り出すのみで切削加工や放電加工は不要である。

作成したスライドコアや入れ子は、離型剤を塗布した後に型本体のマスタモデルに設置し、CFRP 層を積層することで型本体にスライドコアが入るポケット形状も反転する (Fig. 15)。ポケット形状の切削加工とすり合わせ磨き加工を削減し、金型製作期間を短縮する。



Fig. 13 Model for rapid prototyping



Fig. 14 Casting of core

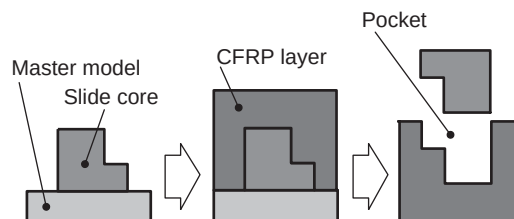


Fig. 15 Non-machined pocket

5. カーボン型の適用事例

カーボン型による試作工法は 2009 年モデルのインサイト開発時に採用し(Fig. 16), 結果として従来 ZAS 型に比べ製作期間を 20%短縮した。インストルメントパネル本体を従来 ZAS 型と同等の射出圧力で成形し、衝突試験をはじめとするさまざまな試験に使用した。

耐久テストを兼ね数回に分けて 200 本成形したが、型が破損することなく新車開発に必要な試作部品を供給することができた。

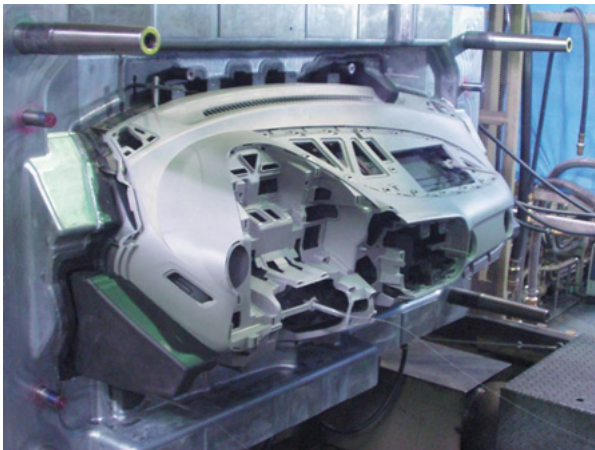


Fig. 16 Carbon mold for INSIGHT prototype

6. まとめ

カーボン型はインストルメントパネルという形状が複雑な大物成形品に特化しておこない、型製作コストは同等に抑え型製作期間を 20%短縮し、短期間の試作部品供給が可能となった。複雑形状でも小物であれば NC 切削加工のマスタモデルを製作せず、ラピッドプロトタイピングのモデルのみで反転しカーボン型を製作することもできる。

ほかにもカーボン型の利点として樹脂型ならではの型改造と追加工のしやすさが挙げられる。ZAS 型では盛り削りは溶接と重切削加工が必要だが、カーボン型はパテで盛りノミで削る感覚で加工ができ、成形機から降ろすことなく型改造をおこなうことも可能である。

7. あとがき

今回の工法開発は製造技術開発の重要性と、試作部品で何を評価するのか、使用する試作部品に必要な性能は何か、試作部品を作るツールの扱いやすさとは何かを考えるよい機会となった。今後も新型車開発のスピードアップに対応するため、試作技術の開発を継続していく。

■ 著 者 ■



戸口 康宏