

オフロード二輪車および ATV用小型多層フューエルタンクの開発

Development of Small-sized Multilayer Fuel Tank for Off-road Motorcycles and ATVs

小 林 昭 仁*

Akihito KOBAYASHI

倉 田 幸*

Ko KURATA

又 吉 崇 裕*

Takahiro MATAYOSHI

五 通 英三郎**

Hidesaburo GOTSU

要 旨

米国EPAガソリン透過規制に対応して、オフロード二輪車・ATV(All Terrain Vehicle)用ポリエチレン樹脂多層燃料タンクを開発した。二輪車・ATV用タンクは複雑なくら型形状であり、かつ、インサートの溶着成形、外装デザインを採用しているため、ブロー製法で多層化するために次の四つの課題が発生し対応した。くら型形状を成形するために、ブロー成形時のプリブロー減圧技術により肉厚を均一化した。パリソンの耐ドロダウン性、インサートの耐溶損性とインサートの溶着性を両立する温度領域を見出してインサートの溶着強度を向上させた。ガソリン透過バリア材のEVOH用変性ポリエチレン接着剤の材料設計を見直して衝撃によるインサートの層間はく離強度を高めた。さらに金型転写の不足を隠すことが可能な金型の表面シボ形状を設定して外装タンクのデザイン要求を満たした。

ABSTRACT

A multilayer polyethylene resin fuel tank for off-road motorcycles and All-Terrain Vehicles (ATVs) has been developed to comply with U.S. EPA gasoline permeation control regulations. Motorcycles and ATVs employ complex saddle-shaped tanks with weld-molded insert parts and requirements for exterior design, and the following four issues were therefore identified and addressed for the multilayer blow molding process. To enable the saddle shape to be molded, pre-blowing and depressuring were employed in the blow molding process in order to achieve a uniform wall thickness. A temperature range that balanced resistance to drawdown in the parison, resistance to melting damage in the insert parts, and adhesion of the insert parts enabled the adhesive strength of the insert parts to be increased. Changes to the design of the modified polyethylene adhesive used to bond the EVOH, which forms a gasoline permeation barrier, have increased the resistance of the insert parts to delamination as a result of impact. The employment of a mold surface treatment producing a surface roughness able to conceal mold transfer defects has enabled the external design requirements for the tank to be satisfied.

1. はじめに

自動車の環境汚染に対する取り組みは近年著しく、二輪車においても排出ガスに代表されるように環境汚染に対する要求は年々高まっている。そのような背景の中、世界中でも北米の規制は他国に比べて排出制限要求が高く、2008年販売モデルに対し米国EPA(Environmental Protection Agency)より新たにガソリン排出に関しての法規が制定されるに至った。燃料透過を抑制するためには、金属製の燃料タ

ンクに変更することで一般面からの透過はなくなるが、軽量、耐腐食性、形状自由度、コストアップ、衝撃に対する復元性などの点で優れた樹脂製の燃料タンクで透過規制に適合させることとした。従来機種に使用しているPE(polyethylene)単層樹脂タンクでは、燃料透過法規に適合することが困難なため、さまざまな候補仕様の中より透過性、耐久性、部品機能を考慮しEVOH(ethylene-vinylalcohol copolymer)のバリアを有する4種6層多層連続ブロー製法に決定した。

* 二輪開発センター

** 本田技研工業株式会社

くら型形状の大延性成形の外装燃料タンクにおいては、延性部のブロー成形時の穴あきが発生する。多層連続ブローと二輪車、ATV 特有の手法であるインサート成形の組合せにおいて、従来の PE 単層アキュムブロー製法に対しパリソンの押出し後の樹脂温度が低下することにより、燃料漏れにつながるインサート部品の溶着性能低下が発生する。インサート成形部品の接合部は、衝撃時の負荷を受けた際に、単層 PE と異なり多層の層構成中の EVOH と HDPE (high-density polyethylene) の接合部への層間はく離による燃料漏れにつながる破損形態が発生する。また、タンク表面のゆず肌やダイラインによる外観低下が発生する。

本開発において、上記の課題に対してブロー成形時のプリブローと減圧排気条件の制御、溶着部の温度挙動、接着剤層の接着強度設計、金型表面処理に着目し、ガソリン透過規制に適合した多層連続ブローとインサート成形製法を確立し、大延性くら型の多層製樹脂外装燃料タンク機能を満たすことを目標とした⁽¹⁾。

2. オフロード二輪車の燃料タンクの特徴

鉄製のメインパイプを車体の中央に位置するタイプのオフロード二輪車のタンクは、メインパイプをまたいだくら型形状が求められる。この形状は四輪車の箱型形状に比較し、凹凸差が大きいものを特徴としている。Fig. 1 に二輪車くら型タンク外観を示す。

インサート部品として、燃料フィラーキャップ部、燃料コック取付け部、タンクシュラウドおよびシート取付け用の金属製ナットのモールドが存在するが、溶着によりタンク母材となるパリソンと接合する。インサート方式の部品溶着手法は、外装カバーとのレイアウトのクリアランスが少ないオフロード二輪車と ATV の燃料タンクにとっては、容量を確保する上でスペース効率上、適した製法であり後溶着法と比較しても有利である。Fig. 2 にオフロード二輪車燃料タンクのインサート部品レイアウトを示す。

インサート部品の溶着部への衝撃負荷により、PE 単層では発生しなかった多層材の層間はく離の現象が発生した。



Fig. 1 Appearance of saddle-type fuel tank for motorcycle

HDPE 層と EVOH 層を接合する接着層の強度が低いために発生した現象である。インサート成形溶着部品端末部の応力が、後溶着に比較して高いことが予測される。

オフロード二輪車の燃料タンクは、ブロー成形品の表面が外観面として使用される。外観は金型の表面処理形状の製品への転写により形成される。

個別の技術説明の前にブロー成形工程について概略を述べる。

- (1) 樹脂原材料を押出しシリンダ内のスクリー部にて熱をかけて混練し溶融する。
- (2) スクリューにて押出した樹脂をシリンダ先端よりダイヘッドにリング状に流動させる。
- (3) 各層の樹脂用の押出しシリンダより同様にダイヘッドに流動しリング状の各材が下方に筒状にタレ落ち、各材料が密着し層状の筒が形成される。この高温の筒状樹脂をパリソンと呼ぶ。
- (4) 各シリンダより樹脂を押出すことにより、パリソンは徐々にダイヘッドより下方に形成される。
- (5) パリソンの下端部をつまみ、袋状にする。

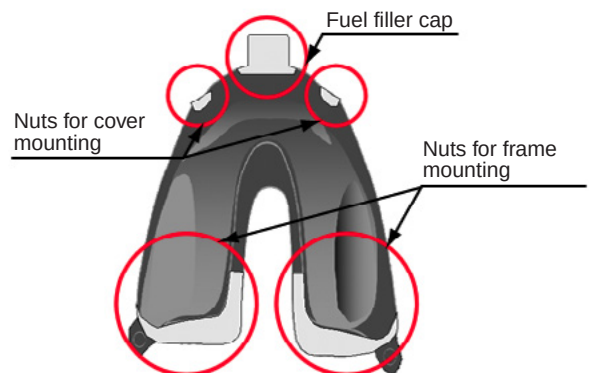


Fig. 2 Insert parts layout of fuel tank for off-road motorcycle

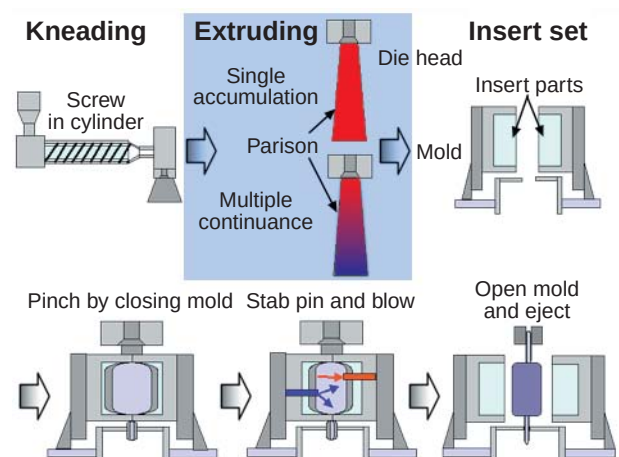


Fig. 3 Blowing process

- (6) 袋状にしたパリソンにダイヘッド部のエア通路よりプリブロー、減圧排気をおこなう。
- (7) 金型にてパリソンをはさむ。
- (8) 金型に設置されたブローピンをパリソンに挿す。
- (9) 挿したブローピンよりエアを吹き込み、型にパリソンを押し付け成形する。
- (10) 金型を開き成形品を取り出す⁽²⁾。

Fig. 3 にブロー工程を示す。

3. 多層連続ブローの二輪車タンクの課題

- (1) 二輪車のくら型形状の燃料タンクは、四輪車と比較して大延性成形であり、延性部のブロー成形時に穴あきが発生する。
 - (2) 多層連続ブローは、従来の PE 単層アキュムブロー製法に対しパリソンの押出し後の樹脂温度が低下することより、二輪車、ATV 特有の手法であるインサート成形の組合せにおいて、燃料漏れにつながるインサート部品の溶着性能低下が発生する。
 - (3) インサート成形部品の接合部は、衝撃時の負荷を受けた際に、単層 PE と異なり多層の層構成中の EVOH と HDPE の接合部への層間はく離による燃料漏れにつながる破損が発生する。
 - (4) 二輪車の燃料タンクは外装として使用するため、表面のゆず肌やダイラインによる外観の向上を必要とする。
- 上記の二輪車の燃料タンクに特有の課題を解決するための対策技術の構築を必要とした。

4. 大延性成形のくら型燃料タンクの成立

オフロード二輪車の燃料タンクは、くら型の凹凸が大きい形状が必要とされる。Fig. 4 に四輪車燃料タンクとの成形延性の比較を示す。

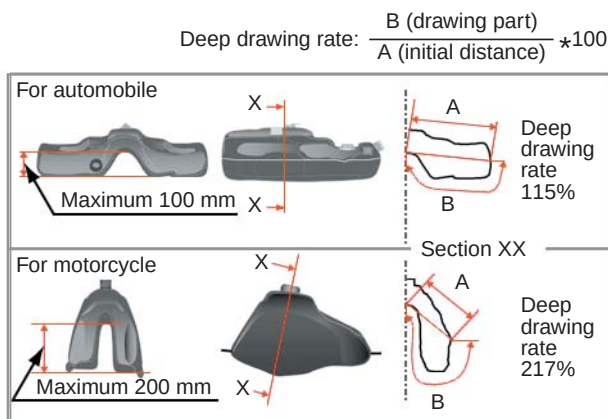


Fig. 4 Comparison of forming ductility with automobile fuel tank

4.1. プリブロー成形

ブロー成形を実施する際にマシンのダイコアより吐出されたパリソンを直接ブローすると、パリソンは容易に金型へ接触する。触れたパリソンは金型へ密着し、接触点間のパリソンが延性され成形される。接触点間の延性された部分の肉厚は薄くなり、凹凸の大きなくら型タンクでは穴あきが発生する。ブロー成形後の肉厚を均一化するために、本ブロー前にプリブロー実施し、事前にタンクに必要な周長を形成することは非常に重要な成形技術手法の一つであり、この手法無しでは大延性くら型タンクの成形は成立不可能である。Fig. 5 にプリブロー時のパリソンの挙動を示す。

プリブロー時間は、不足するとブロー時にパリソンの薄肉部より穴あきが発生し、過剰の場合にはプリブロー時点でパリソンに穴あきが発生してしまう。プリブロー条件の設定は、肉厚を均一化する上で重要である。

本稿のくら型燃料タンク形状におけるプリブロー形状では、プリブロー間を 0.4 秒に設定することでより均一な肉厚設定が可能となった。Fig. 6 にプリブロー時間と製品最小肉厚の関係を示す。

4.2. 減圧・排気成形

肉厚を均一化する上で、プリブローにも増して重要な工程が、減圧排気工程である。減圧排気工程を実施しなければプリブローをおこなったパリソンは、型閉じ時に金型表面への接触および設定以外の部位の金型による食い切りが発生し製品の薄肉につながる。プリブローをおこなったパリソンを減圧することにより径方向のたるみを形成し、パリソンの実周長を変えることなくパリソン最外径を縮小し、パリソンの型接触と不要な食い切り部を避け延性したパリソンの周長を最大限に活用することが可能となる。しかし、減圧排気を継続した場合にはパリソンの内部面が癒着を発生しその後のブロー成形が不可能となるため、最適域の設定が必要である。

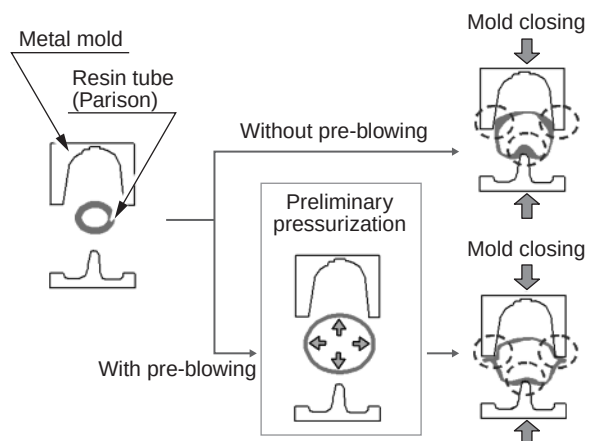


Fig. 5 Behavior of parison during pre-blowing

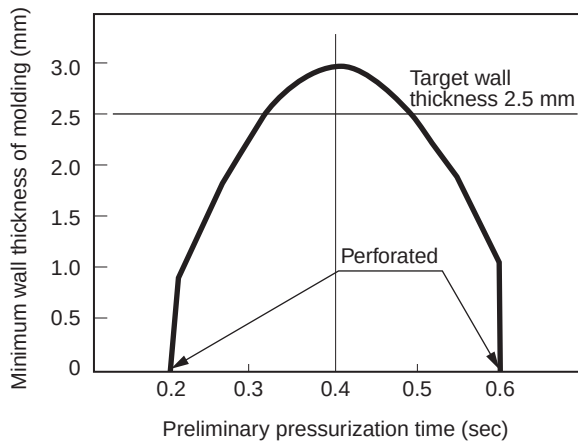


Fig. 6 Relationship between preliminary pressurization time and minimum wall thickness of molding

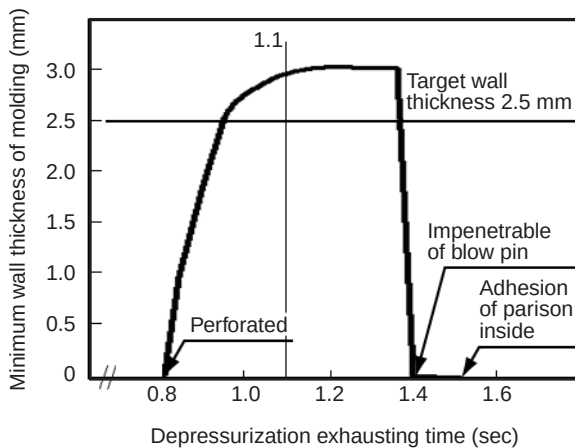


Fig. 7 Relation between depressurization exhaust and minimum thickness of molding

本稿のくら型燃料タンク形状における条件例では、減圧排気時間を 1.1 秒に設定することで金型への接触と不要な食い切り部とパリソン内面の耐癒着性のバランスをとることができ、より均一な肉厚設定が可能となった。Fig. 7 に減圧時間と製品最小肉厚の関係を示す。Fig. 8 に減圧・排気工程時のパリソンの挙動を示す。

5. インサート溶着性の成立

5.1. パリソン温度

インサート部品はタンク本体となるパリソンと溶着されており、特に燃料フィラーキャップ部、燃料コック取付け部のインサートは、溶着不良が発生すると燃料漏れにつながるためインサートの溶着性能は非常に重要である。従来の単層ポリエチレンタンクはアキュム方式ブローにて成形されている。この方式は成形機内に樹脂をためておき成形の直前にパリソンを押出し、炉の中で予熱されていた樹脂製のインサート部品をセットした型にてブロー成形をおこ

ない、インサートとパリソンとの溶着をおこなう。パリソンを押出してからの時間が短くインサート部品との溶着性が良好である。

一方、多層連続ブロー方式ブローにては、EVOH の熱劣化を避けるために成形機内にためることなく連続でパリソンを押出し続ける。そのために初期に押出したパリソンの先端は、樹脂温度が低下する。これはインサート部品の溶着成形にとって不利な条件である。従来の単層ポリエチレンと同様の温度設定では、溶着時に十分な温度が確保できずに溶着はく離が生じガソリン漏れが発生した。溶着性能向上のため、パリソン温度を単層ポリエチレンのアキュム方式時の設定に対し 40、30℃ 上げて成形した結果、パリソン自身の重量でパリソンが切れて落下する現象であるドロダウが発生した。単純に樹脂温度を高く設定するとパリソン樹脂の熱劣化やパリソン自身のドロダウが発生しパリソン切れにつながる不良となるため、温度上昇には制約があり溶着と両立させることがポイントとなる。溶着性能向上を目的としてパリソン温度を従来条件より 20℃ 上昇させることにより、耐ドロダウ性と溶着性の両立が可能となった。パリソンの押出し後の温度推移を Fig. 9 に示す。

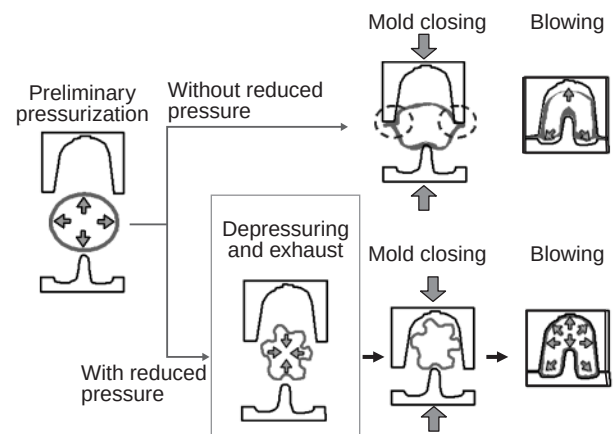


Fig. 8 Behavior of parison during depressuring and exhaust

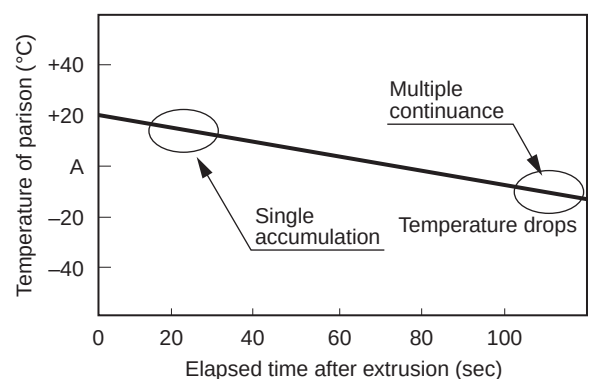


Fig. 9 Temperature transition after parison extrusion

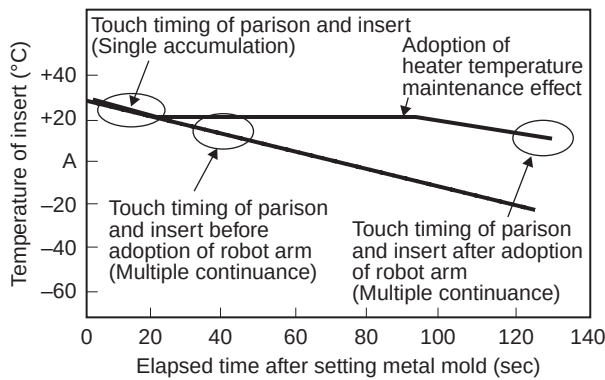


Fig. 10 Temperature transition of insert parts with thermal heater temperature maintenance effect after removal of insert parts from heating oven

5.2. インサート部品温度

5.1. 節でパリソンの温度に関して説明をしたが、パリソン温度だけでは、インサート部品の溶着は成立しないことが判明した。併せてインサート温度に対しても対応が必要と判断し、インサート温度に対しても設定温度の見直しを実施した。インサート部品は、あらかじめ加熱炉内にて加熱しブロー成形前に型内にセットしその後ブロー成形をおこなう。インサート予熱温度を従来の単層ポリエチレンアキュム方式より 40、30℃高く設定し成形トライを実施した。その結果は、インサートの炉内の溶損や炉から取り出した後のハンドリング時にインサート部品の変形が発生した。インサート部品は加熱炉から取り出した後に温度が低下する挙動を示す。金型にセットされると金型への放熱によりインサート部品の温度はさらに低下が顕著となる。インサート部品においても溶着性能向上を目的として予熱温度を従来条件より 20℃上昇させた。

また、インサート部品の金型へのセット工程を安全の観点と生産性向上のため、人手による方式からロボットアームによる方式へ変更をおこなった。そのため、炉から取り出して金型にセットする時間がさらに長期化したため、インサート温度の低下が発生した。このインサート温度の低下を避けるために、ロボットアームがつかむ前の待機時に溶着面への保温ヒータによる補熱を追加し温度低下を回避することが可能となった。インサート部品の保温ヒータによる温度推移を Fig. 10 に示す。

6. 多層用接着剤の設定

PE は接着困難な材料特性を持つので、EVOH との密着をおこなうために変性ポリエチレンの接着剤を PE と EVOH の間に設定する。接着剤の接着強度は、燃料タンクの低温衝撃時の強度、破損形態に影響を与える。インサート部品を使用するタンクは、インサート部品の外側末端を起点した接

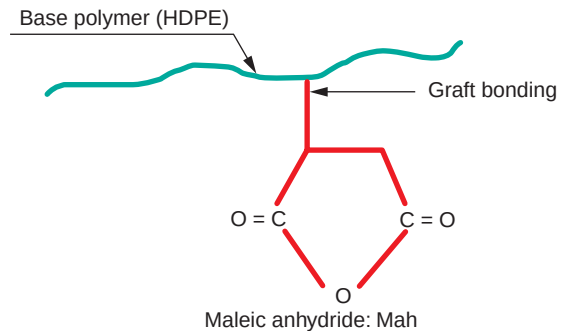


Fig. 11 Bonding structure of olefins and maleic anhydride

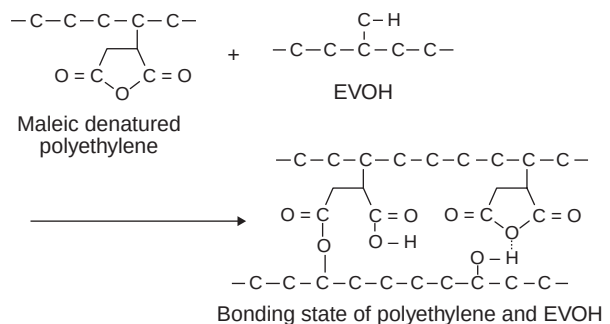


Fig. 12 Reaction mechanism of maleic anhydride and EVOH

着層よりはく離を伴う破損が発生する。この破損形態は後溶着法では発生しない現象でインサート方式に特有であり、衝撃強度を上げるためには対応が必要な項目である。接着剤は接着性能を付与するために無水マレイン酸変性している。無水マレイン酸はビニル基を持つのでポリオレフィンとの反応が容易である。Fig. 11 にオレフィンと無水マレイン酸の結合構造を示す。Fig. 12 に無水マレイン酸と EVOH の反応機構を示す。

接着強度の性能に影響する主な要因として接着剤中の無水マレイン酸の量が挙げられる。無水マレイン酸量を上げると接着強度は向上する。無水マレイン酸は高価な材料なので、無水マレイン酸量に関して、接着性能とコストのバランスをとる必要がある。無水マレイン酸量を後溶着タイプで使用されている割合の 0.05、0.1、0.15 とした接着剤を用いて成形した燃料タンクの低温衝撃試験結果、インサート端末を起点とし接着層ははく離する破損の発生が確認された。さらに、マレイン酸割合を上げて 0.3 を越える領域において低温衝撃試験後に接着層のはく離がない結果を得ることができた。無水マレイン酸量の指標としての無水マレイン酸割合は安全を見越して 0.35 に設定することにより安定した接着強度とコストミニマムの両立が可能となる。Fig. 13 に接着強度と無水マレイン酸量の関係を示す^{(3), (4)}。

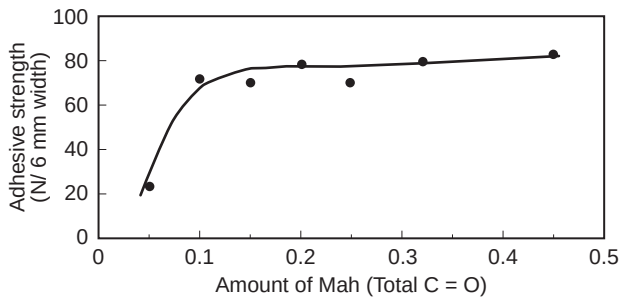


Fig. 13 Relationship between Adhesive strength and amount of maleic anhydride

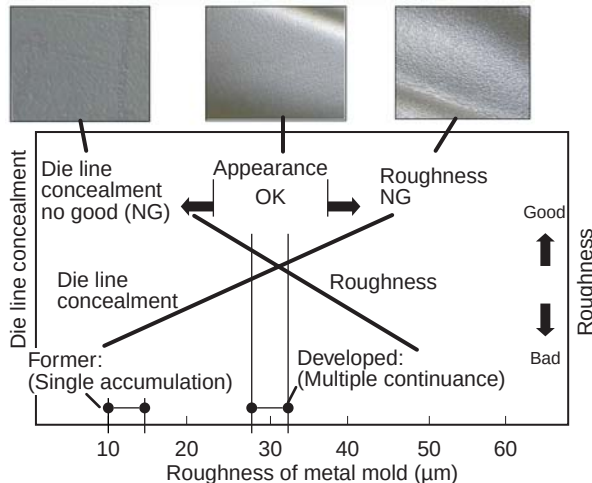


Fig. 14 Relationship between roughness and roughness of metal mold for finishing

7. 燃料タンク外装意匠面の金型表面処理

オフロード二輪車の燃料タンクは、四輪車の内蔵燃料タンクと異なり、樹脂の着色外観を外装デザインとして使用しており外観を要求される。多層連続ブロー製法は、PE単層アキュムブロー製法に比較しパリソンの樹脂温度が低く金型転写が劣るため、着色樹脂外観に関しても不利となる。金型表面処理は、従来ショットブラストによる細かい凹凸(10-20 μm)を実施している。パリソン樹脂温度が低下する多層連続ブローでは、パリソン表面のダイラインのうねりをショットブラスト処理の凹凸で埋めることができないのでスタイルデザイン上成立しない。パリソン表面の凹凸を隠すために充分な深さ(30 μm)・形状の化成処理シボを適用し、外装デザインとしての要求を満たした。Fig. 14に外観成立と金型表面処理深さの関係を示す。

8. 適用効果

本開発燃料タンクは、樹脂製燃料タンクを搭載するオフロード二輪車の2008年モデルのCRF-F、CRF-Xシリーズ、

ATVの全機種に適用している。ガソリンの大気への排出の大幅な低減により環境に貢献することができた。また、多層連続ブロー成形とインサート溶着手法の組合せを成立することができたため、オフロード二輪車、ATVのタンク周辺のカバー、シート底板とのレイアウトを変更することなく高いスペース効率を提供することにも貢献している。2008年モデル以降の米国EPA透過規制の該当機種についても、順次適用を拡大していく予定である。

9. 結論

オフロード二輪車、ATV向けの多層連続ブローとインサート成形の組合せによる燃料タンクの開発において以下のことが明らかとなった。

- (1) くら型燃料タンクの大延性成形を成立するためには、本稿の形状例においては、プリブロー間を0.4秒、減圧排気時間を1.1秒に設定することで、肉厚バランスが良好な成形が可能となった。
- (2) 多層連続ブローとインサート溶着成形の溶着性能において、インサート予熱温度とパリソン温度を各々20℃上昇することと、インサート部品の金型セットのロボットアーム採用に対しては、保温ヒータにより補熱をおこなうことで、溶着性能とインサート部品の耐溶損およびパリソンの耐ドロワーダウンの両立が可能となった。
- (3) 多層パリソンのEVOH層とHDPE層を接着する接着剤の無水マレイン酸価を0.35とすることで、インサート溶着ブロー成形燃料タンクの衝撃強度に必要な接着強度を得ることができた。
- (4) 外装意匠面の成立は、金型の表面処理を化成処理シボの採用とシボ深さを30 μmに設定することでオフロード二輪車の燃料タンクとして良好な外観が可能となった。

10. 謝辞

本開発において多層材料に関して、ご協力いただいた(株)日本ポリエチレンの方々に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) Kobayashi, A., Matayoshi, T., Kurata, K., Gotsu, H.: Development of a Small-Sized Multilayer Fuel Tank for Motorcycles and ATVs Complying with EPA Gasoline Permeation Controls, SETC2008, 2008-32-0041 (SAE) / 20084741 (JSAE)(2008)
- (2) 杉江健志: 樹脂製燃料タンクの製造技術について, 自動車技術, Vol.45, No.5, p.67-72(1991)

- (3) 金澤聡：ポリエチレン樹脂—多層プラスチック燃料タンクへの展開，ポリファイル5月号，p.49-53, (株)大成社(2008)
- (4) 金澤聡：プラスチック製燃料タンク—材料開発状況，自動車技術会春季学術講演会 GIA ダイアログテキスト，20064408, p.34-38(2006)

■著 者■



小林 昭仁



又吉 崇裕



倉田 幸



五通 英三郎