バンパからバンパへのリサイクルのための塗膜除去技術

藤 和 久^{*1}・森 脇 健 二^{*1}・田 中 宣 隆^{*2}・
北 和 也^{*3}・高 瀬 岳 雄^{*4}

1. 緒 言

近年の環境問題に対する関心の高まりから、各社とも市場損傷バンパの回収、再利用を実施している。再生材は表1に示すように、その適用先によって要求される品質レベルが異なる。特に、表面にシボが無いバンパ（以下鏡面バンパ）へ適用するためには、塗装外観を確保するため99.85%の塗膜除去レベルを達成する必要がある^{1),2)}。本報では、開発した鏡面バンパへ適用可能なレベルに塗膜を除去する技術の概要を報告し、新型車のバンパへの適用を開始した内容について紹介する。

2. 現状のリサイクルプロセスの課題

市場回収したバンパの、バンパ補強材及びシボ面バンパへの現状のリサイクルプロセスを図1に示す¹⁾。

ここでの塗膜除去は、バンパの粉碎品同士を機械的にこすり合わせることで生じる摩擦熱によって塗膜を除去

する熱剥離式塗膜除去プロセスを用いている。本工法は98.5%もの塗膜除去率を実現する非常に優れた方法である。しかし、この再生材を鏡面バンパへ適用した場合、その塗装表面には図2(a)に示すような微細な凹みが生じる。図2(b)にその断面を光学顕微鏡で観察した結果を示す。これを見ると、基材表面付近には残存塗膜が認められ、これが微細な凹みを生じる原因となっている。バンパ再生材を鏡面バンパへ適用するためには、このような凹みが生じないように塗膜除去率を更に向上させる必要がある^{1),2)}。

なお、塗膜除去の程度は図3に示すように、バンパ粉碎後に塗膜剥離処理した粉碎品について、処理前の全塗装面積に対する残存塗膜面積の比率で表すこととする。

3. 新しい塗膜除去プロセスの開発

3.1 塗膜除去率の目標設定

表2に塗膜除去率の目標設定における考え方を示す。従来の熱剥離式プロセスによる再生材の塗膜除去率は98.50%で、塗膜の残存率は1.50%である。この再生材で成形した鏡面バンパは塗装の外観基準を満足しなかったが、新材への再生材混入率を徐々に下げていくと再生材混入率3wt%で塗装の外観基準を満足した。しかし、我々の目標とする再生材の混入率はバンパの寸法安定性の面から限界となる30wt%である。従って、塗膜の残存率は現在の1.50%から1/10の0.15%にする必要があり、塗膜除去率は99.85%以上を目標とした^{1),2)}。

3.2 着眼点

バンパ粉碎後に従来の熱剥離式プロセスで処理した粉碎品について、塗膜除去レベルを詳細に観察したところ、ほとんどの粉碎品に塗膜は見られず、一部の粉碎品のみに塗膜が残存していることが明らかになった。図4にその観察結果を示す。このように86%には全く塗膜が無く、残りの14%の粉碎品に塗膜が確認された。このことにより、仮に10mm²以上の面積の残存塗膜が付着した粉碎品のみに選別して除去できれば、塗膜除去率を向上させた再生材を高い収率で得ることが可能であると考えた。なお、ここでの収率は（塗膜なしとして選別された粉碎品数/全粉碎品数×100）と定義する。

3.3 光学選別機

今回、熱剥離式プロセスの後に、精米機の業界で穀物の

^{*1} To, Kazuhisa/Moriwaki, Kenji
マツダ(株) 技術研究所
広島県安芸郡府中町新地 3-1 (〒730-8670)

^{*2} Tanaka, Nobutaka
マツダ(株) 車両技術部

^{*3} Kita, Kazuya
株サタケ 環境システム部

^{*4} Takase, Takeo
高瀬合成化学(株)
2006.7.25 受理

^{*1}To, Kazuhisa

^{*1}Moriwaki, Kenji

^{*2}Tanaka, Nobutaka

^{*3}Kita, Kazuya

^{*4}Takase, Takeo

Table 1 Applications and Requirements of the reclaimed material from bumpers

Applications for the reclaimed material	Requirements	Strength rigidity	Dimensional stability	Paint quality	
				Paint film performance	Surface appearance
Under cover, etc		△	△	×	×
Bumper reinforcement		○	○	×	×
Bumper with grain surface		○	○	○	○
Bumper without grain surface		○	○	○	○

○Full requirement △Partial requirement ×No requirement

Fig. 1 Bumper recycling process

Fig. 2 Paint surface appearance and cross section of the defective portion of bumper by conventional process

選別に用いられている光学選別機を組み合わせ、熱剥離式プロセスで剥離しきれなかった塗膜付き粉碎品を選別除去し、塗膜除去率の向上を図った。

図5に同選別機の概要を示す。バンパ粉碎後に塗膜剥離処理した粉碎品を選別機のホッパに投入し、シュータを通過後、所定の位置で光とCCDセンサ(A)により粉碎品を認識する。この時粉碎品に塗膜が付いていると、その色は塗膜の付いていない粉碎品(黒色)よりも強い反射強度を持つため、これを検知し、その直後にエアエジェクタ(B)により選別・除去するものである^{1),2)}。

Fig. 3 Calculation method of paint removal rate

Table 2 A target paint removal rate

Mixing rate of reclaimed material into virgin material (%)	Remaining paint rate (%)	
	Present	Target
1		○
3	0.045%	○
10		●
20		●
30		●
}	}	0.045%
100	1.500%	●
Paint removal rate	98.50%	99.85%

○ : Paint surface appearance meets the requirement.

● : Paint surface appearance does not meet the requirement.

Fig. 4 Relationship between ratio of pellets and remaining paint area on pellets processed for 65 minutes in present paint removal process

3.4 現行選別機の課題とその対策

図6に現行の選別機で処理した際の選別率を、色別に調べた結果を示す。図より、赤、青、黒等の特定の色が選別されていないことが分かる。

原因を調べた結果、図7に示すように選別率が高い色に比べて選別率が低い赤や青は反射強度が弱いことが分かった。そこで、さまざまな光源を検討し、現状選別できている色の反射強度を維持しつつ赤、青の反射強度を上げるこ

Fig.5 Schematic drawing of the sorting machine

Fig.6 Sorting rate before and after improvement

Fig.7 Reflection intensity of paint film

とができるハロゲンランプを見出した。図8にハロゲンランプに変更した際の反射強度を示す。結果として、図9に示す通り、赤、青の選別率は格段に向上し、黒を除く全色をカバーすることが出来た。尚、黒については、熱剥離式プロセスで塗膜剥離した後は殆ど残っておらず、塗膜除去率に影響は少なかった。この理由は、黒の顔料が熱剥離プ

Fig.8 Reflection intensity of paint film

Fig.9 Sorting rate before and after improvement

Fig.10 Paint removal rate versus paint removal processes

ロセス中の熱や摩擦に対して剥離し易い性質を持つものとする。これにより図10に示すように、この選別機により処理された粉碎品の塗膜除去率の平均値は従来の98.50%から99.85%に向上することが分かった。

3.5 プロセス条件の最適化

しかし、市場から回収されたバンパ再生材は種々雑多な材料が混ざっており、図11に示すように、同一の塗膜除去条件でも塗膜除去率はバラツキ、目標値を大幅に下回るものもある。

このため、対策として品質工学手法を用いてプロセス改

Fig. 11 Paint removal rate (20 lots)

Table 3 Design parameter and level

Design parameter	Level	Design parameter	Level
Sensitivity	1/2/3/4 low to high	Sorter	With/without
Grinding process	With/without	Flow volume	high/low
Source of light	high/low

Fig. 12 Level and signal-noise ratio in each design parameter

善に取り組んだ。初めに全塗膜除去プロセスから塗膜除去率に影響を与えると思われる要因 161 個を抽出し、その後 FMEA 等を用いてこれらの影響度を明らかにした後、最終的にコントロール可能な 5 つの要因に絞込んだ。

次に、この絞込んだ 5 つを設計パラメータとし、L8 の直交表を使った実験計画を行った。表 3 にその際の設計パラメータと水準を、図 12 に各設計パラメータにおける水準と SN 比を示す。

これにより推定される塗膜除去率は、最適化前の条件では 99.88%，最適化後の条件では 99.98% と高く、効果が期待できることが分かった。

3.6 効果確認

実際に最適化した条件で再生材を処理し、効果を確認した。図 13 に最適化前の条件での塗膜除去率を、図 14 に最適化後の条件での塗膜除去率を示す。

これをみると最適化前の条件は推定値が 99.88% に対し

Fig. 13 Paint removal rate before optimization

Fig. 14 Paint removal rate after optimization

て実測値が 99.82%，最適化後の条件は推定値が 99.98% に対して実測値が 99.96% とほぼ一致していた。また、バラツキに関しては、最適化前の 4 分の 1 以下 (σ 0.045 $\rightarrow$ σ 0.012) に抑制できた。結果として、工程能力指標である Cpk 値は 1.5 以上となっており、安定量産可能なプロセスであることが確認できた。

4. 結 言

熱剥離式プロセスに光学選別機を組み合わせた新しい塗膜除去技術により、目標の塗膜除去率を安定且つ確実にクリアできるようになった。なお、本プロセスで処理した再生材を用いて実際にバンパを成形・評価し、その塗装外観がバンパの基準を満足することを確認し、本再生材を 2005 年 3 月より RX-8 のバンパに、2006 年 2 月には MPV のバンパに適用を開始した。また、今後も更に適用車種を拡大する予定である。本技術が、今後のリサイクル技術の発展と資源循環型社会実現の一助になれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 森脇，藤：バンパの塗膜除去技術の開発，マツダ技報，No. 23 (2005)
- 2) 森脇，藤：プラスチックバンパの塗膜除去技術の開発，自技会学術講演前刷集 20035626 (2003)
- 3) 森脇，藤，中村：機械式工法により塗膜剥離した市場回収 PP バンパ再生材の物性とその適用開発，成形加工シンポジウム '01, 91 (2001)