

論文・解説

21

CO₂ と VOC を同時に削減する VOC 回収技術の実現 VOC Recovery Technology for Reduction of CO₂ and VOC Simultaneously

加藤 雄^{*1} 篠田 雅史^{*2} 寺本 浩司^{*3}
Yu Kato Masafumi Shinoda Kouji Teramoto

要 約

世界規模で環境保全への意識が高まる中、自動車生産における環境負荷物質の排出量低減の取り組みは非常に重要である。当社は、技術革新で工程や機能を集約する考え方により、自動車塗装工程から排出される CO₂ と揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compound, 以下 VOC) を包括的に削減する取り組みを継続している。

自動車塗装工場における一般的な塗装乾燥炉では、塗料に含まれる VOC を燃焼処理し無害化しているが、燃焼方式という特性から CO₂、窒素酸化物 (Nitrogen Oxides, 以下 NO_x)、煤塵などを発生させている。今回、省エネルギーに配慮したシステム設計を行うことで乾燥炉の排気ガスから VOC を回収する技術を開発し、電着乾燥炉に導入した。その結果、燃焼式排気処理の休止とクローズドシステムによる排気ガスの排出ゼロを実現し、CO₂ と VOC の同時削減を達成した。

Abstract

With the growing awareness of environmental conservation on a global scale, efforts to reduce the emission of environmentally hazardous substances in automobile production process have become extremely important. We are continuing our efforts to comprehensively reduce CO₂ and volatile organic compounds (VOCs) emitted from the automobile painting process based on the idea of consolidating processes and functions through technological innovation.

In a general paint oven in an automobile painting plant, VOCs contained in paint are burned to make them harmless. However, CO₂, NO_x, soot, and dust are generated due to the characteristics of the combustion method, CO₂. Therefore, we have developed a technology to recover only VOCs from the exhaust gas in the paint oven, and designed the system with consideration for energy saving, so that we could introduce it into the electrodeposition paint oven. As a result, we have achieved simultaneous reduction of CO₂ and VOC by realizing suspension of combustion-type exhaust processing and zero exhaust gas emissions using a closed system.

Key words : Paint Oven, VOC Recovery, CO₂ Reduction, Heat Pump

1. はじめに

自動車製造における塗装工場の環境負荷は大きく、地球温暖化につながる CO₂ 削減と大気汚染の原因物質である揮発性有機化合物 (VOC) の排出量削減は重要課題である (Fig. 1)。

この課題に対して当社では、CO₂ と VOC を同時削減する独自の塗装技術として、2002 年に「スリー・ウェット・オン塗装」を開発し、国内外の全塗装工場に展開した。2009 年には VOC を大幅に削減可能にする「アクアテック塗装」⁽¹⁾を開発し、更なる同時削減を行った (Fig. 2)。

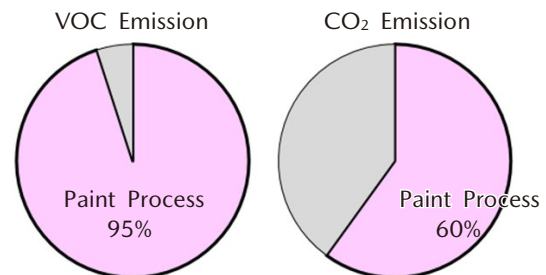


Fig. 1 VOC and CO₂ Emission of Paint Process

*1~3 車両技術部
Painting, Trim & Final Assembly Engineering Dept.

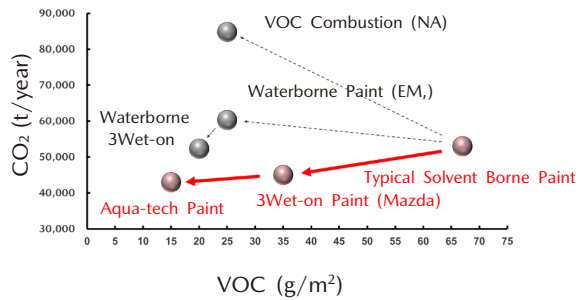


Fig. 2 Effect of Aqua-Tech

これらの技術は、材料機能と設備機能の追求により塗装工程を革新して CO₂ と VOC の同時削減を可能にするもので、今回は、この考え方を塗装乾燥炉に拡大して、CO₂ と VOC を同時削減することを目的とした (Fig. 3)。

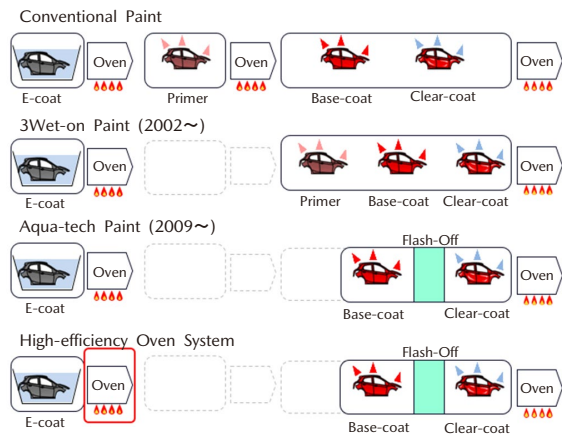


Fig. 3 Process Transition

2. 課題とアプローチ

塗装乾燥炉の機能は、ボディに塗装した塗膜の乾燥と硬化である。乾燥炉は、140℃以上に加熱した熱風でボディを温めている。その過程で水蒸気と VOC が発生するが、一定量を炉外に排出することで VOC 濃度を爆発限界以下にして安全を確保している。炉外に排出するガスは、大気汚染防止と近隣への臭気防止を目的として、排気処理装置により無害化して放出している。この排気処理装置は、200m³/min 以上の大きな風量を連続的に処理する必要性から一般的には燃焼式を採用している。しかし、燃焼という方式ゆえに、VOC を処理する一方で CO₂, NO_x, 煤塵を発生させている (Fig. 4)。

塗装乾燥炉の消費エネルギー内訳を調査すると、熱風加熱が 72%、排気処理が 28% である。塗膜の乾燥と硬化という乾燥炉の本来の機能から考えると、排気処理に消費されるエネルギーは全てロスととらえることができる (Fig. 5)。

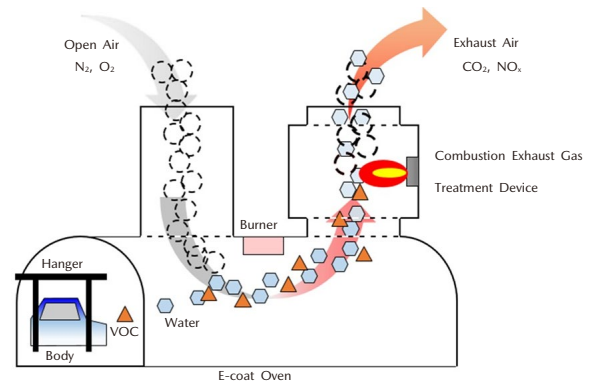


Fig. 4 Combustion Exhaust Gas Treatment Oven System

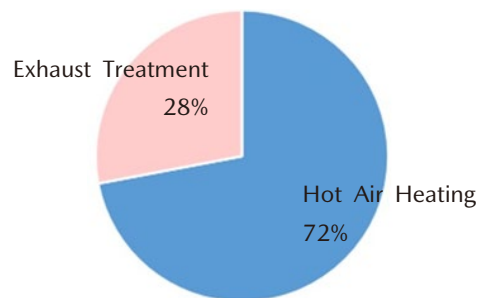


Fig. 5 E-coat Oven Energy

また、排気ガスの内訳は、VOC が 0.1wt% (1,000 ppmV)、水蒸気が 2.5wt% で、残りは N₂, O₂, CO₂ など大気成分である。燃焼式の排気処理では、VOC 以外の大量の物質を加熱している。

以上より、排気ガスから VOC のみを選択的に回収して処理する技術の開発をアプローチとして、排気処理システムの抜本的な見直しに着手した。

3. VOC 回収技術開発

本技術の VOC を回収するしくみは以下である。[A] 水蒸気を冷却装置に取り込む、[B] 装置内部で水蒸気から熱を奪い凝縮水にする、[C] 凝縮水に VOC ガスを接触させ吸着させる、[D] 分離促進機にて液体を回収する。本技術では、VOC ガスに含まれる VOC 成分を 1 サイクルで 20% 除去できた。VOC 回収効率を更に向上するには、VOC と水の接触機会を増やすことが有効と分かったため、[E] 処理後の空気を [A] に戻して [A]~[E] を何度も循環させるシステムを設計した (Fig. 6)。

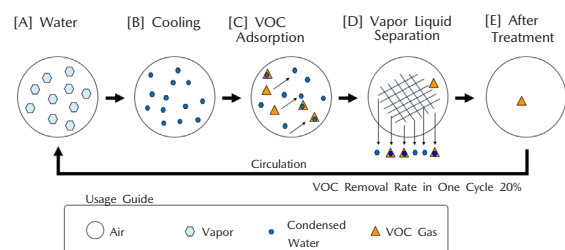


Fig. 6 VOC Recovery Technology

4. 高効率リサイクルシステム

[A] の水蒸気の入込みでは、乾燥炉内に存在する水蒸気を有効活用した。乾燥炉内の湿度分布を調査し、最も高湿度 (22g/kg (DA)) であった乾燥炉前半部の空気を冷却装置に引き込むことで、効率的に水を取込めるようにした。これには、乾燥炉起動直後など炉内湿度が低いケースも考慮して、水を自動補給する補助システムを装備した。また、[B] の冷却で奪った熱は高効率ヒートポンプを活用して、[E] の処理後空気の再加熱に使用しエネルギーのリサイクルを行うことで、システムの省エネルギー化を可能にした (Fig. 7)。

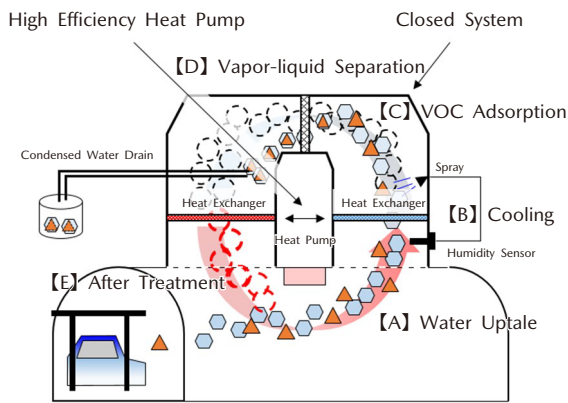


Fig. 7 VOC Recovery Oven System

これらにより、燃焼式排気処理の廃止とクローズドシステムによる排気ガスの炉外排出ゼロを実現して、塗装乾燥炉における CO₂ と VOC の同時削減を達成し、燃焼により発生していた煤塵・NO_x も削減した。なお、回収した凝縮水は社内水資源再生場で、化学・生物処理により無害化して工場の外へ放流している。社内水資源再生場で要するエネルギーは、燃焼式排気処理装置比で 1,000 分の 1 以下である。

本システムを宇品工場 電着乾燥炉へ導入する工事を 2019 年 4 月に着工し、同年 8 月より VOC 回収装置の段階的導入を開始した。試運転調整 (従来式と VOC 回収式の併用運転) 期間を経て、同年 12 月に VOC 回収式乾燥システムへ完全に切り替え、燃焼式排気処理装置を停止した。

5. 成果

塗装乾燥炉・排気処理設備のエネルギー削減により 710t/年 (CO₂ 換算) のエネルギー削減を達成した (Fig. 8)。これは、燃焼式排気処理システム比で 63% の削減となる。また、乾燥炉排気のゼロ化により、VOC、臭気、NO_x、煤塵の排出ゼロを実現した。

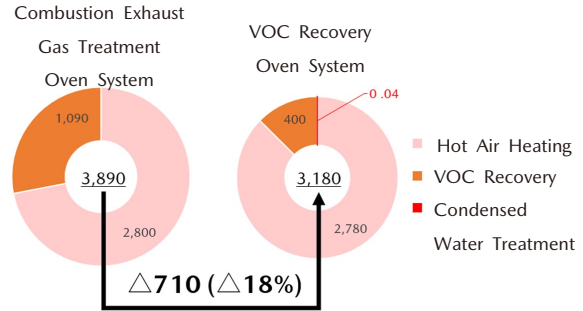


Fig. 8 VOC Recovery Oven System Energy [t-CO₂/year]

6. おわりに

マツダには、今回導入した燃焼式排気処理装置以外にも複数の同種設備をもっており、拡大展開を計画している。また、当システムは、水を利用することから 5L/min の VOC 成分を含んだ排水が発生する。現在は、社内水資源再生場で無害化して排出しているが、排水に含まれる成分の 99% が塗料成分と同じであるため、排水の成分分離などによる再利用の可能性を検討していく。

この論文は一般財団法人 省エネルギーセンター 月刊省エネルギー 2021 年 2 月号に投稿した内容に追記・転載したものである。

参考文献

(1) 篠田雅史ほか：VOC と CO₂ を同時削減する新塗装技術「アクアテック塗装」、自動車技術, Vol.70, pp.77-82 (2016)

■ 著 者 ■



加藤 雄



篠田 雅史



寺本 浩司