

【3K123010】 廃有機溶剤の効率的再生処理技術の実用化 (H24~H26 ; 累計予算額 62,753 千円)

田中 茂 (慶應義塾大学)

1. 研究開発目的

様々な工場、事業所から使用済みの廃溶剤が産業廃棄物として排出されている。多くは燃焼され処理されているが、二酸化炭素を排出し地球の温暖化を招き、また、エネルギー・コスト点でも問題となる。廃溶剤の主な化学成分は、揮発性有機化合物 (VOC) であり揮発・蒸発しやすい性質を持つ。VOC は、それ自身が有害物質であるばかりでなく、大気汚染や健康被害をもたらす浮遊粒子状物質や光化学オキシダントの原因物質であり、その削減は重要な課題である。平成 18 年 4 月には、大気汚染防止法で VOC 排出施設毎に VOC の排出基準が定まり、平成 22 年からは、中小規模の排出施設においてもいっそうの削減対策が求められている。

3R の観点から、廃溶剤量を減らすには、できるだけ、廃溶剤を再生し再利用することが必要不可欠である。従来、廃溶剤の再生には加熱蒸留が用いられてきたが、バッチ方式による廃溶剤の再生処理能力、エネルギー・コスト面で充分とは言えない。特に、高沸点の溶剤の場合、加熱温度が高くなり引火等の安全面でも問題があり、廃溶剤の再生は一部に限定されているのが実状である。そこで、加熱温度を下げ、低温でも蒸発が可能な真空蒸留法が実用化されてきた。

本研究では、真空蒸留法よりも更に効率良く溶剤を蒸発できる「空気流動真空蒸発法」を用いた廃溶剤の再生技術を開発する。「空気流動真空蒸発法」を用いた廃溶剤の再生技術は、加熱蒸留法とは異なり、真空蒸発法に基づくので比較的低温で溶剤を蒸発できる。更に、真空容器内をリークして空気を導入して、溶剤の蒸発の場である真空容器内に空気を流動させることで、テフロン等の高分子膜を用いた従来の真空蒸発法と比較して、2 桁以上高い蒸発速度が得られた。従って、これまでのバッチ方式ではなく、リアルタイムで連続して廃溶剤の再生処理が可能となり、大幅な再生処理能力の向上は、エネルギー・コストの面に優れた革新的な廃溶剤の再生技術を実現できる。

そこで、本研究で開発される技術により廃溶剤の再生装置を実用化し、様々な工場、事業所に導入することで、これまで検討の対象とならなかった溶剤の再生使用、更には循環使用が現場で行われ、大量に廃棄されてきた廃溶剤を大幅に削減することを目指す。

2. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

従来の真空蒸発による膜分離 (PV 法) では、除去液から蒸発する VOC の膜の透過速度が律則となり、数 Pa の高真空にした方が有利であった。一方、本研究で開発した「空気流動真空蒸発法」は、高真空でなく、意図的に真空をリークして低真空の状態真空容器内に空気を流すことにより除去液から大量の VOC を蒸発できる。除去液を噴霧ノズルで真空容器内に噴霧することで VOC 蒸発表面積を拡大した結果、従来の膜分離の真空蒸発法と比較して除去液からの VOC 蒸発速度を 2 桁以上向上できた。従って、従来のバッチ式廃溶剤の再生方法とは異なり、本法により大量な廃溶剤をリアルタイムで連続再生処理することが可能となった。「空気流動真空蒸発法」を用いた廃溶剤の再生処理は、数千 Pa 程度の低真空領域で真空蒸発を行う。従って、高真空用の油拡散ポンプ、ターボ分子ポンプ等の高価な真空ポンプを使用する必要はなく、汎用の安価なドライ真空ポンプを使用できる。低真空領域での使用のため、真空容器などに厳密な耐圧性、気密性の必要がなく、装置の軽量、低コスト化も期待できる。従来の加熱蒸留法による廃溶剤再生処理の場合、常に引火、爆発の危険性がある。防爆タイプの加熱蒸留装置も市販されているが、バッチ方式の再生処理であり廃溶剤処理能力が充分ではなく、エネルギー・コストの面で問題がある。一方、本法は、真空ポンプ、コンプレッサーを使用して一連の操作を空気の減圧、圧縮を通じて行

うために、引火、爆発の危険性が極めて小さく、安全面での有利性を持つ。

(2) 得られた成果の実用化

半導体製造ラインの乾燥過程で使用される有害なイソプロピルアルコール (IPA) 蒸気は、ポリウレタンフォームのガス吸収充填材に除去液を噴霧して効率良く吸収除去した。その後、「空気流動真空蒸発法」を用いて IPA を含む廃溶剤から、IPA を蒸発分離し廃溶剤を再生し、蒸発分離した IPA は冷却凝縮して回収する廃溶剤の再生処理装置を実用化した。

一方、ジクロロメタン、トリクロロエチレン等の揮発性有機塩素化合物 (VOCC、Volatile Organochlorine Compounds) による健康被害が問題となっている。印刷工場の洗浄過程等から排出されるジクロロメタン (DCM、Dichloromethane)、ドライクリーニングで使用されるトリクロロエチレン (TCE、Trichloroethylene) の除去処理は、重要な研究課題である。排気ガス中 DCM は、沸点が低く活性炭等の吸着剤による除去は困難であった。そこで、除去液を冷却フィンに噴霧して、除去液で濡れた冷却フィン表面に DCM、TCE を効率良く吸収除去した。その後、「空気流動真空蒸発法」により、除去液の再生と DCM、TCE の回収が可能な廃溶剤再生処理装置を実用化した。また、廃溶剤から蒸発分離した DCM、TCE を本研究で開発した「銅カットウールを充填したハイブリッド型冷却管 (平成 26 年 12 月特許出願)」で効率良く冷却凝縮して回収し、これまで困難であった冷却凝縮による希薄濃度の DCM、TCE 除去を許容濃度以下にすることができた。

更に、研究分担者の進和テック(株)、研究のオブザーバーとして本開発研究に参画したサンライズ工業(株)、アネスト岩田(株)、東製(株)等の企業の協力を得て、これまで大学の実験室で使用してきた試作装置をスケールアップした実機に近い装置を共同で試作した。いずれの試作装置も今後企業による製品化のベースモデルと言える。これらの試作装置を実際の工場に設置し、実証試験を通じて、製品化への性能データを得ることができた。

そして、DCM、TCE を含む廃溶剤の再生処理能力の評価を行った結果、120L/h の廃溶剤処理能力が確認でき、本試作装置により 1 日の 10 時間の連続運転で、ドラム缶 (200L) 約 6 本分の廃溶剤の処理が可能である。

(3) 社会への貢献の見込み

使用済みの廃溶剤は、高純度な再生を要求されなければ、再生して循環使用するか、洗浄用等の溶剤として再利用することができる。しかしながら、廃溶剤の再生を行わず、大量の廃溶剤が産業廃棄物として廃棄されているのが現状である。廃溶剤の多くは、燃焼して焼却処分されている。燃焼処分すれば、二酸化炭素を排出し温暖化対策で問題となるばかりか、エネルギー・コスト面でも問題となる。3R (リデュース・リユース・リサイクル) の観点から、廃溶剤量を減らすには、廃溶剤を再生し再利用することが必要不可欠である。従来、廃溶剤の再生には加熱蒸留方式が用いられてきたが、廃溶剤の再生処理能力、エネルギー・コスト面で充分とは言えず、特に、高沸点の溶剤の場合、加熱温度が高くなり引火等の安全面でも問題であり、廃溶剤の再生は一部に限定されていた。

開発された廃溶剤再生処理装置のランニングコストは、加熱蒸留法による防爆タイプの従来装置の 1/2 以下と大幅に削減できた。また、装置コストは、試作装置からの概算で 500 万円程度であり、加熱蒸留法による防爆タイプの従来装置では 500 万以上の価格であることから、「空気流動真空蒸発法」を用いた廃溶剤再生処理装置は、価格、ランニングコストの点で有利である。

2015 年 1 月に、企業、研究機関を対象としたグリーンイノベーション新技術説明会 (JST 東京本部別館ホール) で「排気ガス中揮発性有機塩素化合物の循環効率的な除去処理技術」の発表を行い、企業の本研究開発の関心の高さを実感した。また、化学工業日報の 2015 年 1 月 29 日朝刊に紹介記事として掲載された。以上の結果から、本開発研究により多くの新規性の高い研究成果が得られ、関連する企業の関心も高く、社会への貢献は高いと言える。また、本研究開発は、極め

て独創的かつ有用な技術であり、今後、様々な分野で本開発技術の応用が期待できる。

3. 委員の指摘及び提言概要

VOC 排出削減対策技術としての一定の有用性を示した。しかし現場の状況やコスト等への対応の検討がまだ不十分である。たとえば、TCE の排ガスからの回収については活性炭吸着・脱着による回収システムが広く実用化されており、除去液による吸収を行ってから回収が実用化される可能性は低いと考えられる。対象となる事業者は中小の事業者が多く、これらのシステムが技術的に可能としても採用される可能性は低いと思われる。

4. 評点

総合評点： B