

山浦逸雄

目的別テーマ：繊維系材料によるバイオミメティックス機能開発

17 年度研究テーマ

15-3-5：活性炭素繊維の高効率通電加熱再生法

ABSTRACT

It is required to develop a high performance solvent recovery system without using water for desorption and regeneration of the activated carbon fiber sheet (ACFS). This system will be realized by direct heating of ACFS. The highest performance is obtained when the direct heating is made by electric current. Though an important problem is involved in this method. That is the electrode impedance lying between electrodes and the sheet, which lowers heating efficiency. Hence, electrode impedance must be made extremely lower than of the sheet. The pressure on the part of electrode sandwiching the sheet decreases electrode impedance, and also increase of electrode plate's area decreases the impedance. However, there are limitations on the increase of the pressure and the area. Newly developed methods for connecting electrodes to ACFS is using electric conducting adhesive for the connection. The adhesive, epoxy resin with Ag particles as fillers, commercially available, is applied to the interface between metal electrodes and the edge of ACFS sheet. The edge area is $2 \times 50 \text{ mm}^2$. The former is the thickness of the sheet. This method makes it possible to be no electrodes on the sheet surface. Removal of electrodes from the surface makes the effective heating volume of ACFS up to 100%. Conditions of hardening the adhesive are made under $150^\circ\text{C} \times 30 \text{ min}$. This temperature is close to the maximum temperature of regeneration of ACFS. After hardening electric impedance is measured and the value obtained from the experiment is 1.28Ω . This value is the lowest in the series of this kind of studies done before. In conclusion, the high performance regeneration of ACFS is available using the presented method.

研究目的

大気保全、環境浄化の目的から溶剤や VOC の大気への排出を抑え、それら物質を回収し再利用することが望まれている。活性炭素繊維 (ACF) は溶剤等の吸着能力に極めて優れることから、溶剤回収装置の吸着エレメントとして広く使われている。吸着物質を脱着させ回収するためには、一般に 100°C 以上にエレメントを加熱しなければならない。この加熱には現在主として水蒸気が用いられている。しかし、水の使用は、ボイラ等スチーム設備が必要で、初期投資およびランニングコストが高い、さらに水の中に回収物質が混入することから厳しい水管理が要請される。したがって、水を用いないエレメント加熱法の出現が期待されていた。本研究は、炭素が電気伝導性を有することから、ACF を直接通電加熱することによって、吸着物質の脱着をはかり、ACF を再生し、再び吸着に用いようとするものである。ところが、ACF と通電電極の接触抵抗 (電極抵抗) は ACF に比べると極めて高く、この抵抗の低減を図らないと実用化できないレベルのものであることが分り、従来から電極抵抗を低減する方法の開発を行ってきた。一般に電極板と ACF シートとの間に高い圧力を掛ければ抵抗は低くなるが、ある程度以上の圧力になると、余り抵抗は低くならないこと、および余り圧力をかけると ACF は脆いので機械的にダメージを受ける。また、電極面積を広くすれば抵抗は下がるが、ACF の未使用部分が増えるばかりでなく、ある程度以上になると、抵抗はほとんど変化せず効率はよくない。そこで、本研究ではいままでに明らかにされた上の事実を考慮し、ACF の高効率通電加熱再生を可能とする方法についての開発を行うことを目的とする。

一年間の研究内容と成果

電極抵抗低減のために電極板と ACF シートとの間に高い圧力を掛ければ抵抗は低くなるが、ACF にダメージを与えないためには限度がある。それ以上電極抵抗を低くするためには、今度は電極面積を広くするしかない。無制限に広くして抵抗を下げ得たとしても、ACF シートの未使用部分を増加させるだけで得策ではない。実際に、電極面積を広くすればそれに合った分だけ抵抗が低くなるかどうか実験を行った。電極面積を増やしても、ある程度以上になると余り抵抗は変化しないという結果を得た。

この理由については、次のように考えられた。すなわち、電流の電極への流出入は電極のエッジ部分でほとんど行われ、サンドイッチ構造の内部奥深くまではほとんど流れ込まないためである。すなわち内部にはほとんど電位勾配が生ぜず等電位となっている。とすると、電極長さがある程度になるとそれ以上はいくら長くしてもほとんど意味ないことが理解できる。以上の考察から、電極面積を広くするにも限度のあることがあった。これは、電極長さをむやみに長くして ACF の未使用部分を増やすことはにはならないので好都合であるが、さらに電極抵抗を低くするためにはサンドイッチ構造では望めないことになる。この状況を打開するため、サンドイッチ構造を取り外し、電流がすべて ACF シートの端面まで流れるようにしたらどうかと考えた。シートの厚さは約 2 mm あり、電極との接触面積はかろうじて確保できる大きさである。単に電極板と接触させただけでは、大きな抵抗をもつので、導電性接着剤で両者を接続する必要がある。また、この接着剤の抵抗は低い必要がある。さらに、目的から最低でも 150℃ の温度環境に絶えなければならない。そのようなことから市販の導電性接着剤を探索し、硬化剤がエポキシ樹脂で、フィラーは Ag、体積抵抗率 $5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ の炭素と同じオーダの導電性をもつものを見出した。接着剤の硬化条件は 150℃ × 30 分であり、とりあえず本研究の条件に合うことから、これによって電極とシートの接合を行った。この様子をモデルで図 1 に示す。実測を行ったサンプルの写真を図 2 に示す。電極には厚さ 2 mm、幅 5 cm のシンチュウ板を用いた。図 1 のようにとった長さ l に対する抵抗をプロットした結果を図 3 に示す。抵抗の測定は、長さ l における測定針の、ACF シートとの接触抵抗の影響が入らない 3 電極法にて行った。距離 l の増加とともに抵抗の増加が直線的に伸びており、これは ACF シートの材質が結構一様であることを物語っている。一様電流による均一加熱が充分可能であることがわかる。グラフの切片をみると 1.28 Ω である。これが電極とシート端面の接合部における抵抗のギャップ、すなわち電極抵抗である。この値は、従来の方法では得られなかった極めて低い値である。抵抗値だけからみれば、高効率加熱再生が十分実用になる結果を得たということができる。

展望

高性能な導電性接着剤を使用することにより、従来の電極板と ACF シートのサンドイッチ構造からは得られない低い抵抗値を得ることができた。このことは従来克服できなかった問題に対し明るい見通しを与えるものである。しかし、エポキシ系接着剤ではまだ耐熱性の点で十分とはいえない。さらに高温まで使える接着剤が望まれる。次のステップとしてはポリイミド系、300℃ レベルを狙う。耐熱性の他には化学的安定性が問題となる。溶剤が高温で分解すると、種類によっても異なるが塩素などが発生しこれによって接着剤がおかされるという問題があるので、今後の調査が必要である。

抵抗の低減という点では、ほぼ満足できそうなところまでできているがさらなる低減も考える。これは、ACF シートの長さを短くして使用する場合、電極抵抗はさらに低くしなければならない要求が発生するからである。単に大型の溶剤回収装置に使うというのではなく、小型の分析装置などに応用する場合は特に重要である。接着剤のフィラーに CNT を用いれば、同じ炭素同士と言うことで、電極抵抗の低減にはさらに発展が見られるかもしれない。このような要求に応えられるならば、本研究による ACF 加熱再生法は ACF のいろいろな分野への応用に大変役立つものと考えられ、さらなる発展が期待される。

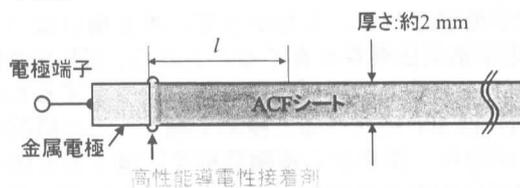


図 1 導電性接着剤による電極と ACF の接続

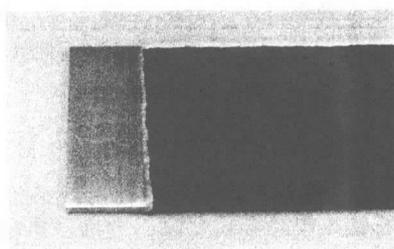


図 2 測定試料の写真

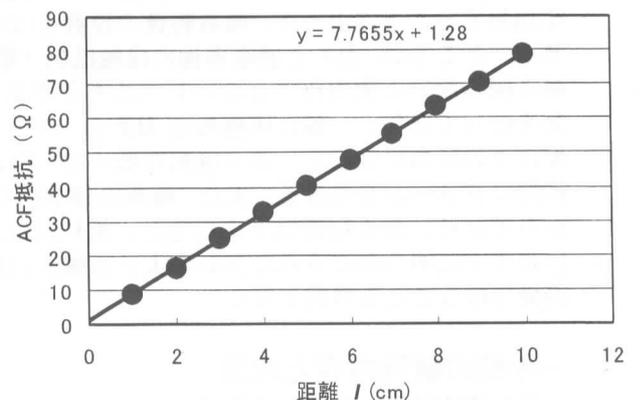


図 3 電極と ACF 間の抵抗