

レーザー加工粉塵の高効率捕集に関する研究

東京農工大学大学院共生科学技術研究院
准教授 夏 恒
(平成 18 年度研究開発助成 AF-2006001)

キーワード：レーザー加工粉塵，湿式集塵機，捕集率，不織布フィルタ，コーティングフィルタ

1. まえがき

板金の分野では、レーザー加工機による切断加工が広く行われている。レーザー加工機による切断加工では、発生する大量の金属粉塵やヒュームが作業環境を悪化させるため、これらを集塵機で捕集する必要がある。また、集塵機の吸引効率や作業性、利便性の点から、集塵機は加工機の近くに設置することが望ましい。集塵機の排気口から屋外までダクトを使って排気した場合、そのダクトが長くなると吸引効率が低下する。このため、屋内排気ができるように集塵機の捕集率を高めることが望まれている。しかし、ヒュームのような微小粉塵を捕集することは難しく、屋内排気を行うことができないのが現状である。

そこで、本研究では、従来の集塵機では捕集が難しかったヒュームのような微小粉塵の捕集率を向上する方法について検討し、屋内排気できる集塵機を開発すること目的とする。具体的には、湿式集塵機に、不織布などの種々の濾材を併用して微小粉塵を捕集する方法について検討した。

2. 実験装置および方法

本研究で使用した湿式集塵機の概要を図1に示す。粉塵を

含んだ気流は吸気口から吸引され、水タンクや慣性衝突フィルタを通過して外部に排出される。粉塵は水タンク内を気流が通過するときの一部が水によって捕集される。また、残りの一部は慣性衝突フィルタで捕集される。また、水タンクや慣性衝突フィルタで捕集されなかった粉塵は排気口から排出される。本研究では、図2に示すように、慣性衝突フィルタに不織布などのフィルタを取り付けた場合について捕集率を測定し、その効果について実験的に調べた。使用したフィルタは、不織布（直径 $20\mu\text{m}$ の粒子を 80% 捕集できるもの。以後、不織布フィルタと呼ぶ）と不織布の表面にフッ素樹脂をコーティングしたフィルタ（以後、コーティングフィルタと呼ぶ）の 2 種類である。なお実験では、吸気口入口の流速をプロペラ式流速計で測定した。また、集塵機内部の慣性衝突フィルタ前後の圧力 P_1 と P_2 を水柱マンメータで測定した。

本研究ではフィルタ単独での捕集率も測定した。具体的には、図3に示すように、内径約 30mm の円管先端に、先ず不織布フィルタを取り付け、先端から約 320mm の位置にコーティングフィルタを取り付けた。円管は掃除機に接続して吸引できるようにしてある。実験では、鉛管の先端から粉塵を吸引

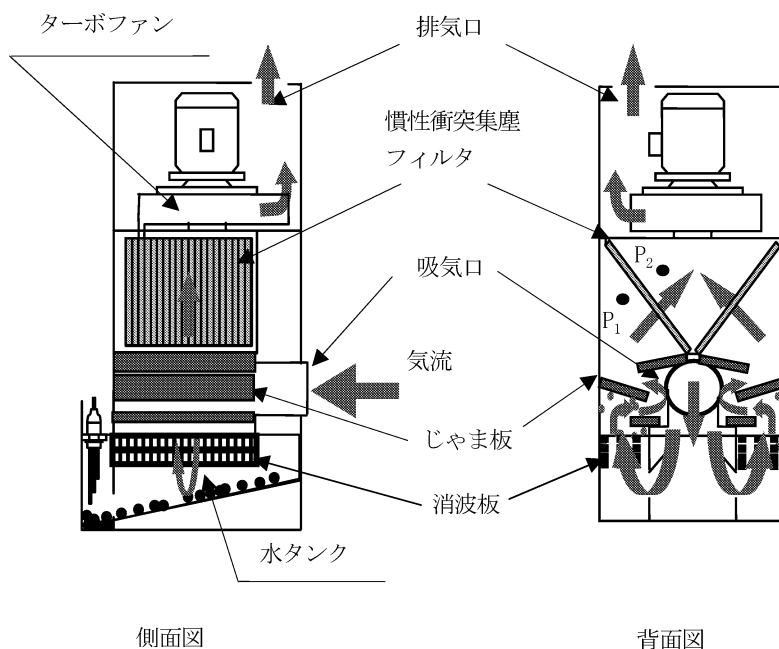


図1 湿式集塵機概略

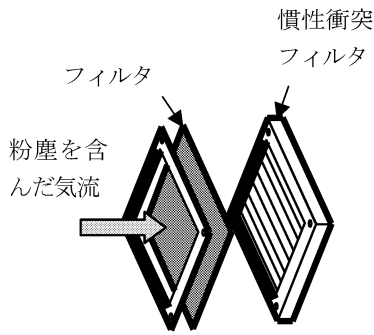


図2 フィルタ取り付け概略

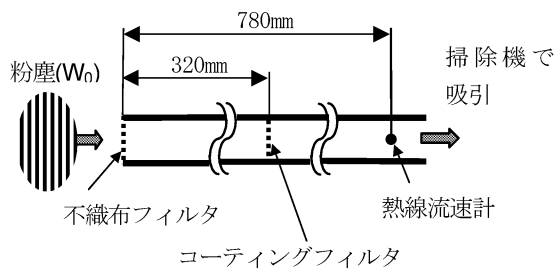


図3 フィルタの捕集率測定概略

し、そのときに不織布フィルターやコーティングフィルターに付着した粉塵の重量を測定し、吸引させた粉塵の重量から次式で捕集率を算出した。

$$\text{不織布フィルターの捕集率 } C_f = W_f / W_0 \quad (1)$$

C_f は不織布フィルターの捕集率、 W_f は不織布フィルターに付着した粉塵の重量、 W_0 は吸引させた粉塵の重量である。

$$\text{コーティングフィルターの捕集率 } C_c = (W_f + W_c) / W_0 \quad (2)$$

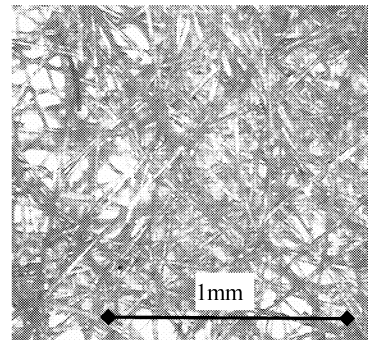
C_c はコーティングフィルターの捕集率、 W_c はコーティングフィルターに付着した粉塵の重量である。

なお、本実験では円管内の流速を、円管先端から約 780mm の位置に取り付けた熱線流速計で測定した。また、粉塵としては、関東ローム層 11 種粉塵 (中位径範囲 $1.6 \mu\text{m} \sim 2.3 \mu\text{m}$) を使用した。

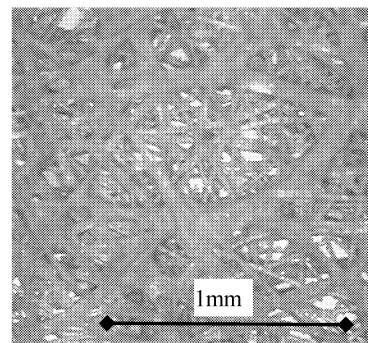
3. 実験結果および考察

図4に円管に各濾材を取り付けて粉塵を吸引したときの濾材表面の写真を示す。同図(a)は不織布フィルター、(b)はコーティングフィルターである。なお、吸引させた粉塵の重量は約 0.02g で、吸引流速は約 10.5m/s である。粉塵吸引前の写

真に示すように、不織布フィルターでは繊維同士の間の隙間をはっきりと見ることができる。しかし、コーティングフィルターの場合には、樹脂でコーティングされているため、所々に

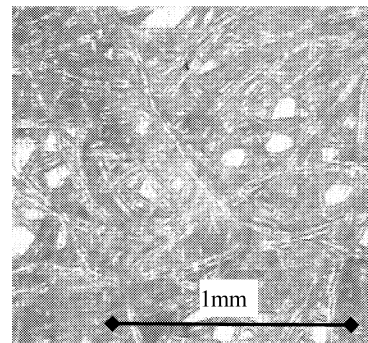


粉塵吸引前

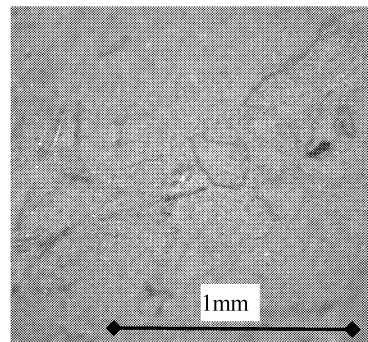


粉塵吸引後

(b) 不織布フィルター



粉塵吸引前



粉塵吸引後

(a) コーティングフィルター

図4 濾材表面写真

穴のような隙間が見えるだけである。粉塵吸引後の写真を見ると、不織布フィルタの場合には繊維に粉塵が付着していることがわかる。それに対して、コーティングフィルタの場合には、コーティングフィルタの表面に粉塵が付着していることがわかる。これは、不織布フィルタは繊維を束ねただけであるために不織布フィルタ内部の繊維にまで粉塵が付着したのに対して、コーティングフィルタはその表面にフッ素樹脂がコーティングされているために表面に粉塵が付着し、内部まで侵入しなかったためである。この時の捕集率を図5に示す。同図に示されるように、不織布フィルタの捕集率が約47.2%であるのに対して、コーティングフィルタの場合には約99.5%となり、コーティングフィルタを使用すると高い捕集率が得られることがわかった。そこで、これらのフィルタを図2に示すように慣性衝突フィルタに取り付けた。図6に慣性衝突フィルタを通過する気流の平均流速Uと、その圧力損失

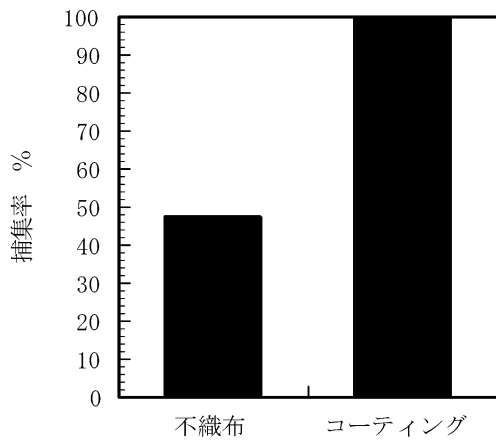


図5 濾材の捕集率

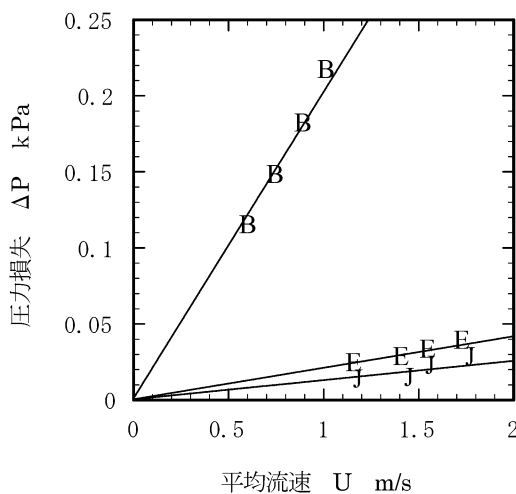


図6 通過する気流の平均流速と圧力損失

$\Delta P (=P_1 - P_2)$ の関係を示す。横軸は気流の平均流速U、縦軸は圧力損失 ΔP である。同図に示されるように、流速Uが増すと圧力損失 ΔP はほぼ直線的に増加する。また、慣性衝突フィルタだけの場合に比べ、不織布フィルタやコーティングフィルタを取り付けた場合の方がその傾きは大きくなることがわかった。

図7に、気流が通過するフィルタの面積(通過面積)と圧力損失の関係調べた結果に示す。横軸は面積比 R_s で、通常の慣性衝突フィルタの通過面積を1とした。縦軸は圧力損失 ΔP である。同図に示されるように、面積比 R_s が増加すると圧力損失 ΔP は減少する。この結果から推定すると、面積比 R_s が約4になるとコーティングフィルタの場合でも慣性衝突フィルタの場合と同程度の圧力損失になることが分かった。

しかし、コーティングフィルタを取り付けた場合には、図4に示したように、表面に層状に粉塵が付着して目詰まりを起こすため、長時間使用するためには、目詰まりを解消する方法が必要である。そこで、各フィルタを通過する気流を逆流させて目詰まりの解消を試みた。逆流させた場合の各フィルタ表面の写真を図8に示す。なお、比較のために粉塵吸引後のフィルタの写真も示した。同図に示されるように、不織布フィルタの場合には逆流しても繊維に粉塵が付着しており、フィルタに付着した粉塵を除去できていないことがわかる。しかし、コーティングフィルタの場合には粉塵がほとんど除去されていることがわかる。そこで、逆流したときの粉塵の除去率を測定した。結果を図9に示す。除去率は以下のように算出した。

$$\text{除去率} = 1 - \frac{\text{逆流後にフィルタに付着している粉塵重量}}{\text{逆流前にフィルタに付着していた粉塵重量}}$$

同図に示されるように、不織布フィルタでは約30%しか付

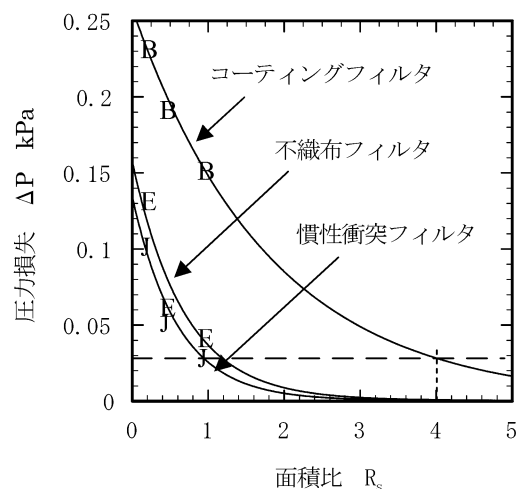
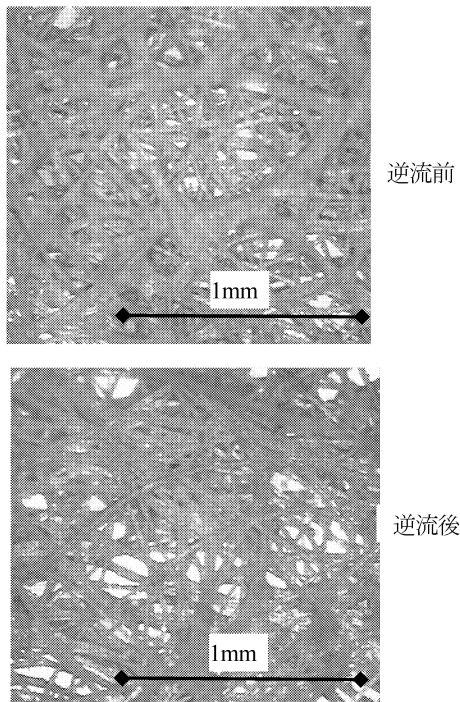
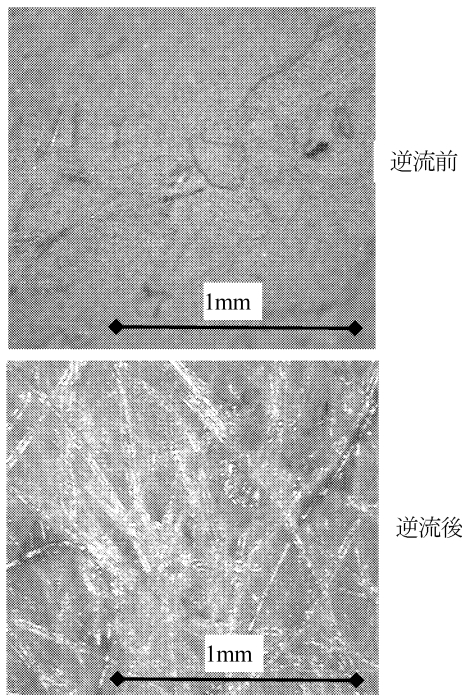


図7 気流の通過面積比と圧力損失

着した粉塵を除去できないのに対して、コーティングフィルタでは約82%の付着した粉塵を除去できることがわかった。



(b) 不織布フィルタ



(a) コーティングフィルタ

図7 逆流後の濾材表面写真

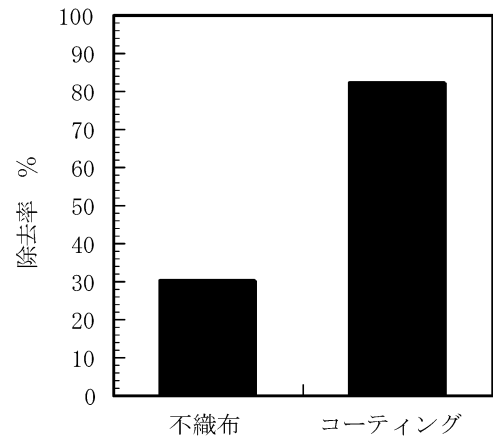


図8 逆流による付着粉塵の除去

4. まとめ

本研究を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) モデル実験より、コーティングフィルタを使用すると、関東ローム11種粉塵を約99.5%捕集することができる。
- (2) コーティングフィルタの表面積を慣性衝突フィルタの面積の約4倍にすると、慣性衝突フィルタ単独の場合と同じ圧力損失になる。
- (3) 気流を逆流させることにより、コーティングフィルタに付着した粉塵の約82%を除去することができる。

謝辞

本研究は財団法人天田金属加工機械技術振興財団から助成を受けてなされた研究であることを付記し、心から深甚なる謝意を表します。また、湿式集塵機などをご提供下さいました株式会社ニコテックに深謝いたします。

参考文献

- (1) 除塵装置ハンドブック, 大気汚染研究全国協議会第五委員会, 1967, 株式会社コロナ社
- (2) 集塵装置(新版), 井伊谷鋼一, 1966, 日刊工業新聞社