

レーザー加工粉塵捕集時の目詰まり改善に関する研究

東京農工大学大学院共生科学技術研究院

教授 夏 恒

(平成 19 年度一般研究開発助成 AF-2007018)

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

1. まえがき

板金加工の分野では、レーザー加工による金属板の切断が広く行われている。この切断加工では高温の金属粉塵が大量に排出され、作業環境が悪化するため、それら粉塵を捕集することが求められている。これらの高温の粉塵の捕集には、発火を防ぐために水を利用した湿式集塵機が一般的に使用されている⁽¹⁾⁽²⁾。湿式集塵機は、粉塵を含んだ気流が水中を通過することで粉塵が水に捕集され、集塵するものである。捕集率を高めるために、慣性衝突集塵フィルタを併用した湿式集塵機が開発・実用化されてきている。しかし、その捕集率はまだ十分ではなく、作業環境保全の観点からも捕集率の向上が望まれている。

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し、排気ダクトを使わない屋内排気が望まれている。しかし、ヒュームのような微小な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、集塵機の捕集率を向上させて、ヒュームのような微小粉塵まで捕集できる方法について検討し、屋内排気できる湿式集塵機を開発すること目的とする。具体

的には、湿式集塵機に濾材を併用して高い捕集率を得ることを目的とする。

従来の研究で、湿式集塵機に不織布などの濾材を併用すると高い捕集率が得られることが明らかとされてきた⁽³⁾。しかし、濾材を取り付けると圧力損失が高くなり、濾材が目詰まりするといった問題点が明らかとなっている。そこで、濾材を蛇腹状にして表面積を大きくすることによって圧力損失を少なくし、粉塵が付着した濾材を水で洗浄して目詰まりを解消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。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に示す蛇腹状にした不織布フィルタ(以下、不織布フィルタをフィルタと、蛇腹状にした不織布フィルタを蛇腹状フィルタと呼ぶ)を慣性衝突フィルタに取り付けた

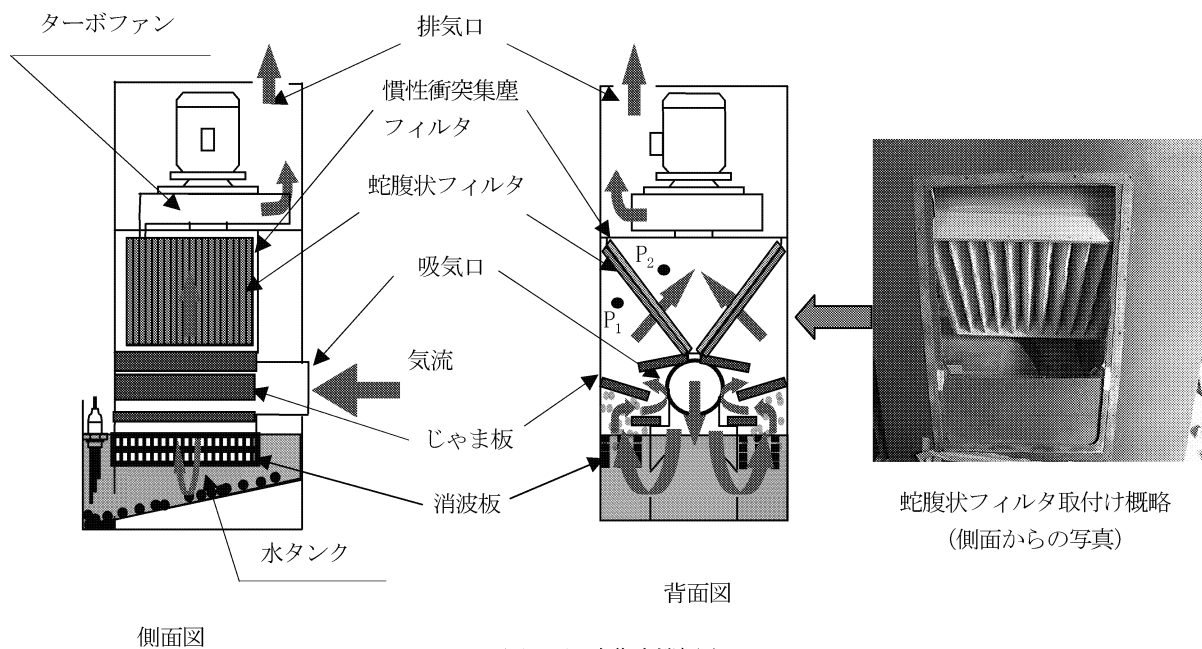
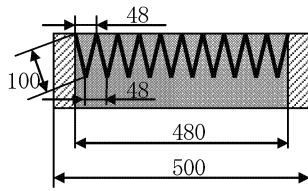
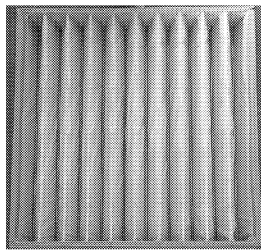


図1 湿式集塵機概略

場合について実験を行った。取付の概略を図1に示す。なお、蛇腹状フィルタは、その裏面に金網を付けて集塵中に変形しないようにした。水タンクを通過した気流は、先ず蛇腹状フィルタを通過して集塵され、その後、慣性衝突フィルタを通過する。使用したフィルタは、不織布の表面にフッ素樹脂をコーティングしたものである。慣性衝突フィルタの面積は

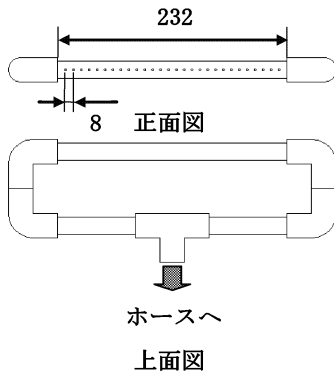


(b) フィルタ断面

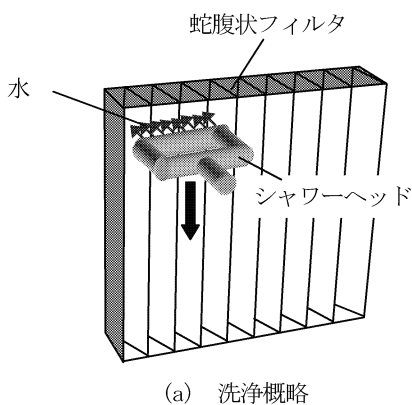


(a) フィルタの写真

図2 蛇腹状フィルタ詳細



(b) シャワーヘッド概略



(a) 洗浄概略

図3 シャワーヘッドによる洗浄概略

0.25m²であるが、フィルタを蛇腹状にすることによって、その表面積を約0.86m²とした。また、蛇腹状フィルタが目詰まりした際に、表面に付着した粉塵を水で洗い流して圧力損失や吸引流速の変化を測定した。

実験では、①粉塵を投入し、蛇腹状フィルタ前後の圧力P₁とP₂および吸気口入口の吸引流速をプロペラ式流速計で測定した。②蛇腹状フィルタ表面に粉塵付着後、図3に示すようなシャワーヘッドを使って表面を水で洗浄した。なお、湿式集塵機は稼働状態である。③洗浄してから湿式集塵機を稼働した状態で約80分後に蛇腹状フィルタ前後の圧力および吸引流速を測定した。④測定後、さらに粉塵を投入し、実験を繰り返した。

シャワーヘッドは、図3に示すように、長さ約230mm、内径約20mmのパイプに直径2mmの穴が8mm間隔で28個あり、その穴から約1.6m/sの流速で水を噴き出し、蛇腹状フィルタに吹き付けて洗浄した。洗浄は、フィルタの上部から下部に約10秒かけてシャワーヘッドを手動で動かして行った。また、幅方向へ順次移動して同様にして全体を洗浄した。

捕集率は、排気口に取り付けた測定用不織布フィルタの乾燥重量を測定して次式から求めた。

$$\text{捕集率 } C = 1 - \{(W_f - W_{f_0}) / W_0\} \quad (1)$$

Cは捕集率、W_fは実験後の測定用不織布フィルタの乾燥重量、W_{f0}は実験前の重量、W₀は吸引させた粉塵の重量である。

なお、粉塵としては、関東ローム層11種粉塵(中位径範囲1.6μm~2.3μm)を使用し、#70番のふるいにかけてながら吸引させた。

3. 実験結果及び考察

使用したフィルタに粉塵が付着した際に、どの程度洗浄できるかを確認するために、吸引用ブロアーを使ったモデル実験を行った。ブロアーの吸い込み口にフィルタを取り付けて粉塵を吸引しながら約25mlの水を5回吹き付けて洗浄した。

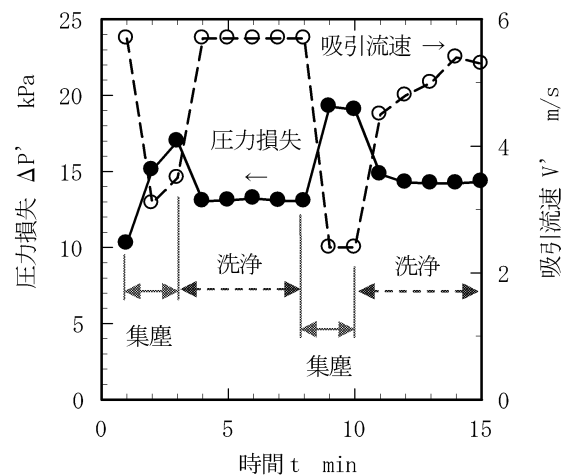


図4 集塵と洗浄を繰り返した場合(モデル実験)

そのときの圧力損失 $\Delta P'$ と吸引流速 V' の変化を図4に示す。同図に示すように、水を吹き付けただけでも圧力損失 $\Delta P'$ や吸引流速 V' が粉塵吸引前の値にほぼ戻ることが分かった。そこで、集塵後のフィルタを外して水を掛けながら表面を軽く手で拭いて洗浄した。フィルタ表面の写真を図5に示す。同図に示されるように集塵後にフィルタ表面に付着している茶色の部分が粉塵である。集塵すると粉塵がフィルタ表面のほぼ全面に付着した。このフィルタを洗浄した結果、洗浄後の写真に示されるように、表面の粉塵がほぼ除去され、集塵前とほぼ同じ状態に戻ることが分かった。これは、使用したフィルタの表面にフッ素樹脂がコーティングされているため、粉塵が除去されやすいためである。なお、水を掛けながら表面を軽く手で拭いて洗浄した結果、約99.1%の粉塵を除去することができた。

そこで、実際の湿式集塵機に蛇腹状フィルタを取り付けて実験を行った。図6に蛇腹状フィルタ前後の圧力損失 ΔP と吸引流速 V を示す。圧力損失 ΔP は、蛇腹状フィルタ前後の圧力 P_1 と P_2 の差($\Delta P = P_1 - P_2$)である。なお、横軸はターボファンのモーターへ供給する交流電流の周波数 F である。周

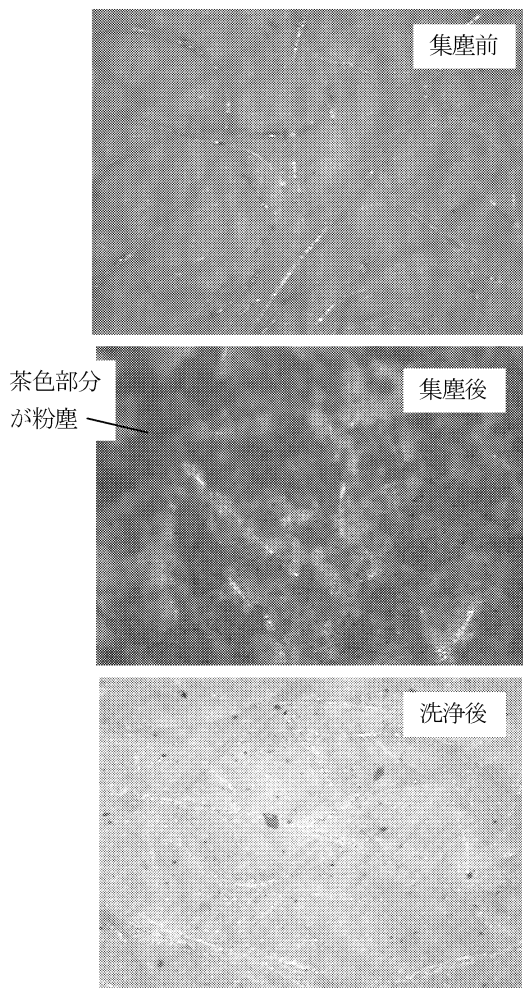


図4 フィルタ表面

波数 F を高くすると、圧力損失 ΔP 、吸引流速 V は共に増加する。しかし、慣性衝突フィルタに蛇腹状フィルタを取り付けると、周波数50Hzでは、吸引流速 V が約16m/sから約10m/sに低下し、圧力損失 ΔP は約0.2kPaから約1.7kPaに増加した。フィルタを蛇腹状にして表面積を約3.4倍に増したが十分ではなく、圧力損失 ΔP が増したため、吸引流速 V が低下したと考えられる。しかし、圧力損失 ΔP の増加分は約1.5kPaで、これは空気が直径250mm、長さ0.2mのダクトを流速16m/sで流れるときの圧力損失と同じである。つまり、集塵機から屋外までダクトを使って排気した場合に比べると、蛇腹状フィルタを付けて屋内に直接排気した方が圧力損失は極めて小さいと考えられる。また、交流電流の周波数 F を約70Hzに上げる、つまりターボファンの回転数を高くすれば吸引流速 V は16m/sにできると推定される。

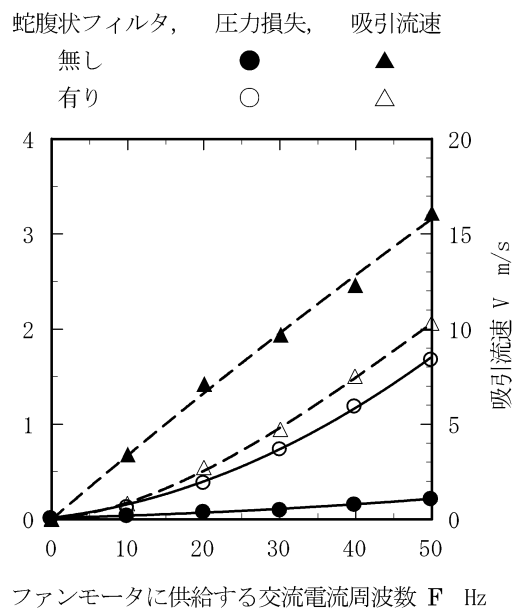


図6 圧力損失と吸引流速

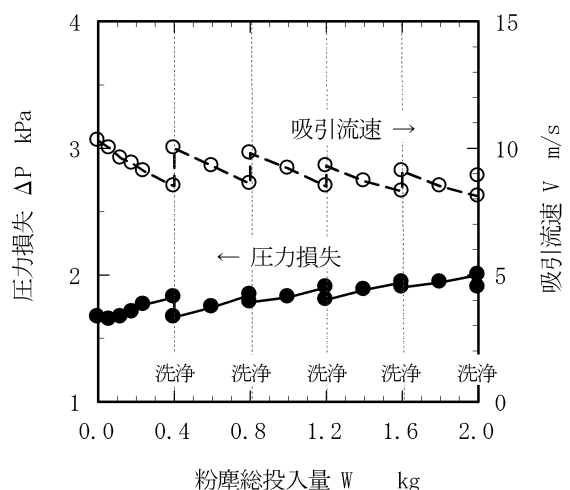


図7 粉塵投入と洗浄を繰り返したときの圧力損失と吸引流速

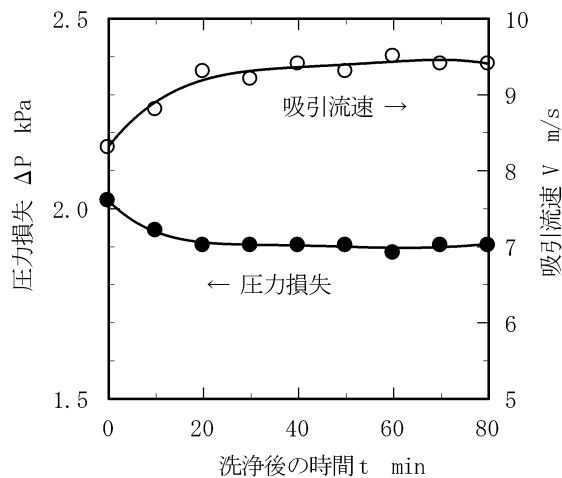


図8 洗浄後の圧力損失と吸引流速の時間変化

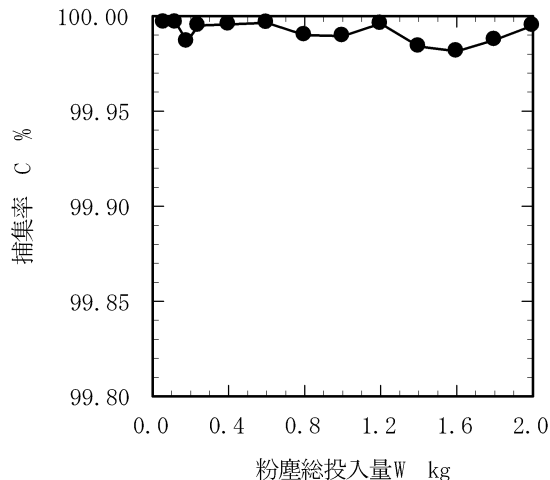


図9 捕集率

周波数 50Hz の交流電流でターボファンを駆動し、集塵したときの吸引流速 V と蛇腹状フィルタ前後の圧力損失 ΔP の変化を図7に示す。横軸は粉塵総投入量 W である。400gの粉塵を投入する毎にシャワーヘッドで蛇腹状フィルタを洗浄した。同図に示されるように、粉塵を投入すると蛇腹状フィルタに粉塵が付着して圧力損失 ΔP は大きくなり、吸引流速 V は低下する。しかし、洗浄すると圧力損失 ΔP は小さくなり、吸引流速 V もほぼ粉塵投入前の値に戻ることが分かった。本研究では、吸引流速 V は洗浄前の値の約98%まで回復した。

フィルタを洗浄すると、水がフィルタ表面に付着して一時的に圧力損失 ΔP が増し、吸引流速 V が低下する。そこで、吸引した状態における洗浄後の時間と圧力損失 ΔP と吸引流速 V の変化を図8に示す。同図に示されるように、洗浄後約20分で圧力損失 ΔP や吸引流速 V は一定の値に回復することが分かった。

図9に図7の実験を行ったときの捕集率 C を示す。横軸は粉塵の総投入量 W 、縦軸は捕集率 C で式(1)から算出した値である。同図に示されるように、粉塵総投入量 W によらず、捕集率 C はほぼ100%となることが分かった。

4. まとめ

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を蛇腹状にして、その表面積を慣性衝突フィルタの面積の約3.4倍にし、実際の湿式集塵機に取り付けて実験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 関東ローム11種粉塵をほぼ100%捕集することができた。
- (2) 蛇腹状フィルタを取り付けることによる吸引流速や圧力損失の減少は少ない。
- (3) 蛇腹状フィルタ表面を水で洗浄するとフィルタ表面に付着した粉塵の約98%を除去することができた。また、モデル実験により、水で洗浄しながらフィルタ表面を軽く拭くと、約99.1%の粉塵を除去することができた。

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
- (3) 夏, 天田金属加工機械技術振興財団研究概要報告書(20), (2007), 101-104