

短 報

電気グラインダによる金属研磨作業時の粉じん曝露と対策

Worker's Exposure and Dust Control in Metal Grinding Operations

小嶋 純

独立行政法人 産業医学総合研究所

Jun OJIMA

National Institute of Industrial Health

キーワード：Dust control, Metal grinding

はじめに

近年、じん肺新規有所見者発生数に占める金属研磨作業従事者の割合が目立つことから、平成15年度に始まる第6次粉じん障害防止総合対策（～19年度）では「金属等研ま作業に係る粉じん障害防止対策」を重要項目の1つに加えている¹⁾。しかし、金属研磨粉じんに関する国内の研究報告は少なく、その飛散、曝露および対策法に関してなお解明不十分な点は多い。そこで本報では、一般的な金属研磨作業の一例として電気グラインダ（両頭グラインダ）による研磨作業を取り上げ、同作業を実験室内に再現して研磨粉じんの発生および飛散を観察し、さらに曝露濃度（ここでは、呼吸域で測定した短時間の粉じん濃度とする。）の測定を行って、現在粉じん則で指定されている3種の排気方法（グラインダ全体を囲う方式、粉じんの飛散方向をフード開口で覆う方式、砥石部分のみを囲う方式）の効果について比較検証を試みた。

装置および実験方法

実験では、軽作業台（W60 cm × D45 cm × H82 cm）上もしくは囲い式フード（開口面80 cm × 100 cm）内にRYOBI（株）製両頭グラインダTG-151型（100 V, 300 W, 平砥石 A60 PVP, 同外径150 mm, 同穴径12.7 mm, 同厚19 mm, 同回転数3,000 rpm）を置き、これと等身大ダミー作業者²⁾を前傾姿勢で向き合わせ

てグラインダによる金属研磨作業の再現とした。グラインダの砥石の回転が惹起する気流（＝研磨粉じんを随伴させて周囲に飛散させる気流³⁾）の観察および測定には、スモークテスター、ビデオカメラおよび熱線式風速計（日本カノマックス（株）製クリモマスター Model 6511）を用いた。研磨粉じんの発生源には試験用鉄板（一般構造用圧延鋼材、75 mm × 100 mm × 8 mm）を用い、これを幅38 mmのスプリング付バンドでグラインダのワークレスト（加工物支持台）上に水平固定して、研磨中も常時一定の力（300 gw）で砥石に押し当たるように据えた。1回の研磨時間は連続5分間とし、研磨時間中のダミー作業者呼吸域における粉じん曝露濃度を測定した。なお曝露濃度の測定には（株）柴田科学製デジタル粉じん計LD-1H₂型を用いてダミー作業者の右襟元のサンプリング位置で5分間の計測を行い、得られた相対濃度に予め求めた質量濃度変換係数を乗じて、曝露濃度の質量濃度値を求めた。外付け式フード（矩形開口10 cm × 11 cm, ステンレス製）および砥石カバーからの吸引には、吸引仕事率350 Wの集塵機（業務用電気掃除機 ナショナル MC-G220型を流用）を利用した。

研磨粉じんの曝露濃度測定は以下の4条件で行った。

- (a) 排気なし：粉じんの工学的な曝露対策を全く行わない場合。
- (b) 囲い式フードで排気：粉じん則で定める「回転体を有する機械（グラインダ）全体を囲う方式」に該当する（Fig. 1-1）。
- (c) 外付け式フードで排気：粉じん則の「回転体（砥石）の回転により生じる粉じんの飛散方向をフードの開口面で覆う方式」に該当（Fig. 1-2）。砥石カバーの隙間から吹き出る気流は微粒の研磨粉じんを飛散させるものなので³⁾、本実験ではフード開口面が砥石の回転風を受ける位置（作業者とグラインダの中間、スモークテスターとビデオ撮影で予め位置を確認。）に置いた。



Fig. 1-1. The grinding machine in the enclosure type hood.

2004年11月18日受付；2005年3月9日受理

連絡先：小嶋 純 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾6-21-1 独立行政法人産業医学総合研究所。Correspondence to: J. Ojima, National Institute of Industrial Health, 6-21-1 Nagao, Tama-ku, Kawasaki 214-8585, Japan (e-mail : ojima@niih.go.jp)

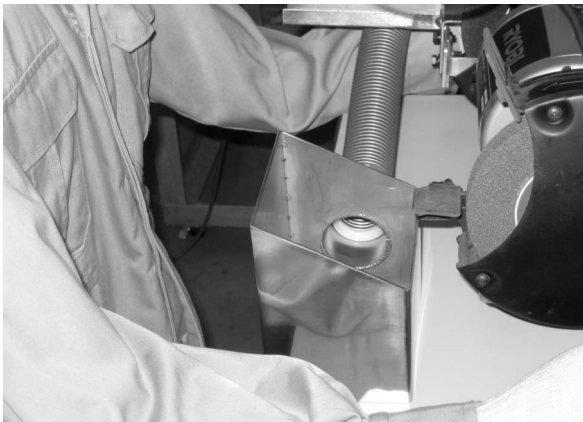


Fig. 1-2. Exhaustion by the exterior type hood.

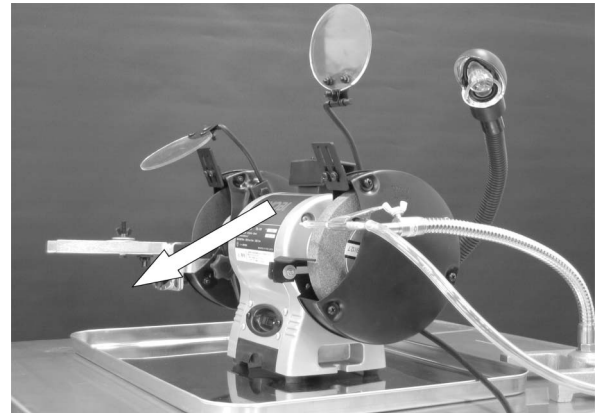


Fig. 2. Airflow due to the grinding wheel rotation.



Fig. 1-3. Direct exhaustion from the grinding wheel shroud.

(d) 砥石カバーから排気：粉じん則の「回転体のみを囲う方式」に該当 (Fig. 1-3). グラインダの砥石には安全のため鋼板製カバーが取り付けられている。このカバーに作孔 (47 mm ϕ) して排気ダクトを繋ぎ、集塵機の吸引によってカバー内の空気を排出した。

結果および考察

1. 風速の測定

グラインダの砥石回転により、砥石カバーの隙間からは Fig. 2 中の矢印方向に気流が吹き出し、無負荷時のグラインダ前面における風速は、砥石研磨面から 2 cm の距離で 4.1 m/s、10 cm の距離では 2.1 m/s であった。次に、グラインダを囲い式フード内に置き、規定の制御風速 (0.5 m/s) を与えた上で砥石を回転させ同様の測定をしたところ、砥石から 2 cm 距離で 3.5 m/s、フード開口面位置では作業者手前方向に 0.6 m/s の風速が記録された。これは、粉じん則が「機械全体を囲う方式」で規定する制御風速では砥石回転による気流を制御し得ず、

作業者に向けて研磨粉じんを含んだ気流が吹き付けることを示唆する。なお、フードの制御風速を 0.8 m/s ないし 1.0 m/s に上げて同様の実験を行ったところ、回転による気流は完全に制御され、フード開口面における風速は、フードの吸引方向に各々 0.7 m/s、0.9 m/s となった。外付け式フードの開口面における吸引風速は 3.1 m/s で規定値 (5 m/s) に満たなかったが、スモークの流跡観察により、砥石回転で生じた気流を確実に捕捉する様子が視認された。砥石カバーから排気を行った場合は、カバーの上部隙間部分で、砥石静止時に 4.9 m/s、回転時では 2.1 m/s の吸引風速が測定され、ほぼ規定値 (回転体の停止時に 5 m/s) に達することが確認された。

2. 粉じん曝露濃度の測定

ダミー作業者呼吸域における研磨粉じん濃度の測定結果 (5 分間連続測定による値から BG を差し引き 1 分間値に換算した相対濃度値に質量濃度変換係数を乗じて質量濃度とした値) を Table 1 に示す。これより、

- ① 排気を行わない場合、作業者はグラインダから吹き付ける気流を体躯前面に受ける。この気流は研磨粉じんを随伴するため、ダミー作業者の胸部～腹部にかけて顕著な粉じんの付着が認められた。曝露濃度は 4 条件中で最も高い 2.37 mg/m³ (吸入性粉じん) であった。なお、今回使用の砥石は JIS で最小のものであるため、一般的なグラインダ作業における曝露量はこれを上回る場合が多いと予想される。
- ② 囲い式フードで排気を行った場合、規定の制御風速 (排风量約 24 m³/min に相当) では砥石回転による気流が制御されず、曝露を十分に抑制出来ない事実が確認された。測定された曝露濃度は、排気を行わない場合の約 54% であった。
- ③ 囲い式フードで排気を行った場合、制御風速を規定値以上にすることで、曝露濃度を大幅に低減させることが出来る。実験では、規定値の 2 倍の制御風速

Table 1. Comparison of exposures to grinding dust

Hood type	Face velocity [m/s]	Dust conc. [mg/m ³] ^{*1}	
		Respirable	Total
No ventilation	—	2.37 ± 0.43	38.73 ± 7.06
Enclosure	0.5	1.28 ± 0.12	20.83 ± 1.98
	0.8	0.35 ± 0.06	5.69 ± 0.97
	1.0	0.05 ± 0.03	0.84 ± 0.52
Exterior	3.1	0.05 ± 0.01	0.87 ± 0.10
Direct ^{*2}	4.9	0.00 ± 0.00	0.07 ± 0.06

^{*1} : Values are the mean ± S.D. (n=10)

^{*2} : Direct exhaust from the grinding wheel shroud

(排風量約 48 m³/min に相当) で曝露をほぼ完全に抑制することが確認された。

- ④ 外付け式フードの場合、規定の 60% 程度の風速 (排風量約 2 m³/min に相当) でも十分に研磨粉じんの捕集は可能であることが示された。ただし、フード設置の際は「粉じんの飛散方向」を「砥石の回転が起こす気流の方向」と見なして開口面位置を決定する必要がある。
- ⑤ 砥石カバーから排気を行った場合、規定の風速 (排風量約 2 m³/min に相当) を与えることにより、ほぼ完全に曝露を抑制できることが示された。また、作業者の着衣にも粉じん汚れは全く認められなかった。測定された曝露濃度は 4 条件中で最低となった。等の結果を得た。

3. まとめ

グラインダ作業から発する研磨粉じんは (粒子自体もしくは粒子の飛跡が視認できる様な粗大粒子を除き) 砥石の回転が起こす気流により飛散するので、この気流を制御することで曝露を抑制出来る。その際の制御方法には、外付け式フードの使用ないし砥石を囲う方式が処理

風量の面で有利である。一方、制御風速を 0.5 m/s とした囲い式フードでは、砥石回転で生じる気流 (多くの場合、風速 1 m/s を越える³⁾) の制御が困難なため、より大きな風速を与える必要があると思われる。ただし砥石の半径、表面粗度、回転数、負荷加重等の条件により回転で生じる気流風速は異なるため⁴⁾、グラインダ作業全般に適用できる制御風速を一律に設定するのは困難と思われる。曝露防止を確実にするには、スモークテスター等を用いて、使用するグラインダの砥石回転気流が作業者に吹き付けないことを逐次確認する必要がある。

文 献

- 1) www.mhlw.go.jp/topics/2003/11/tp1105-1.html (Accessed Oct 1, 2004)
- 2) 小嶋 純. 局所排気フードによって作業者の体躯周辺に惹起される逆流現象の実験室的検証. 産衛誌 2003; 45: 125-132.
- 3) 小嶋 純. 金属研磨作業による粉じん曝露とその対策. セイフティダイジェスト 2004; 50(11): 17-24.
- 4) Fetcher B. The design of local exhaust ventilation hoods for grinding wheels. Ann. occup. Hyg. 1995; 39(5): 535-543.