

産業安全研究所安全ガイド

SAFETY GUIDE

OF

THE NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

NIIS - SG - NO.2 (2004)

圧縮空気駆動式小型研磨器の静電気対策

—電撃及び可燃性物質への着火防止方法—

圧縮空気駆動式小型研磨器の静電気対策
—電撃及び可燃性物質への着火防止方法—
NIIS - SG - NO.2 (2004)



ま え が き

携帯電話・端末等の電子機器のケース，自動車の軽量ホイール，樹脂パテ等のバリ取り，つや出し又は整形の目的で，圧縮空気を駆動源とした小型の据付式又は手持ち式の研磨器が広く使用されている。これらは，機能的に優れた面があるとともに，電気を使用しないので感電や電気火花による発熱・発火の危険性がない等，その限りにおいては労働安全上も好ましい器械である。

しかし，研磨作業においては，原理上，静電気の発生が避けられない。この静電気が器械又は作業者に蓄積すれば，静電スパークによる電撃を受けて作業性が悪化することは勿論であるが，研磨に伴い発生した軽合金等の粉じん又は可燃性ガス・蒸気による爆発性混合気が近傍に存在すれば，これらへ引火して爆発・火災を引き起こす可能性があり，実際に，平成13年に静電スパークに起因すると推定される爆発災害が発生した。

本ガイドは，このような研磨器のメーカー及びユーザーを対象に，静電気の危険性を認識し，適切に対策を行うことを目的として作成したものである。そのために，静電気の発生機構及び危険性を実験データを用いて平易かつ詳細に解説するとともに，具体的かつ実践的な帯電防止対策を提示している。本書を活用することによって，安全な労働環境が構築されることを念願するものである。

平成16年2月12日

独立行政法人産業安全研究所

理 事 長 尾 添 博

本ガイドの概要

一般的に使用されている圧縮空気駆動式小型研磨器を対象にして、研磨作業における静電気の発生機構及び帯電量に関する知見を紹介するとともに、静電気に起因する弊害である電撃と可燃性物質への引火・爆発の危険性について解説した後、研磨工程における帯電防止方法及び可燃性物質の管理方法について具体的に説明している。

目 次

1. 本ガイドの適用範囲－対象とする研磨器及び研磨作業	1
2. 研磨作業における静電気	1
2.1 帯電機構	1
2.2 帯電量の実際	2
3. 研磨器の帯電に基づく障害及び災害	5
3.1 電撃	5
3.2 可燃性物質への引火危険性	5
3.2.1 ガス・蒸気への着火	5
3.2.2 軽合金粉じんへの着火	7
4. 静電気対策	9
4.1 研磨器の静電気対策	10
4.2 作業者の静電気対策	12
4.3 被研磨物の静電気対策	13
5. 可燃性物質の管理	13
6. おわりに	14
参考文献	

1. 本ガイドの適用範囲－対象とする研磨器及び研磨作業

本ガイドで対象とする研磨器は、図1に示すような、据付又は手持ち式のものである。（ここでは、便宜上、これらを研磨業界での通称であるベルトサンダー、ダブルアクションサンダー、及びシングルアクションサンダーと呼称することにする。）これらの器械は、外部から圧縮空気（通常、約0.5 MPa）の供給を受け、タービンを駆動して回転力を得ている。研磨布紙は、ベルト又は円形のものを用いられる。据付式は、携帯電話のケースのように比較的小さな部品の研磨に用いられる器械であり、作業者が被研磨物を手に持って、高速回転している研磨布紙に当てて研磨する。一方、手持ち式は、自動車のボディやホイール、建築物の壁等、固定された大きな物体の研磨に用いられる。

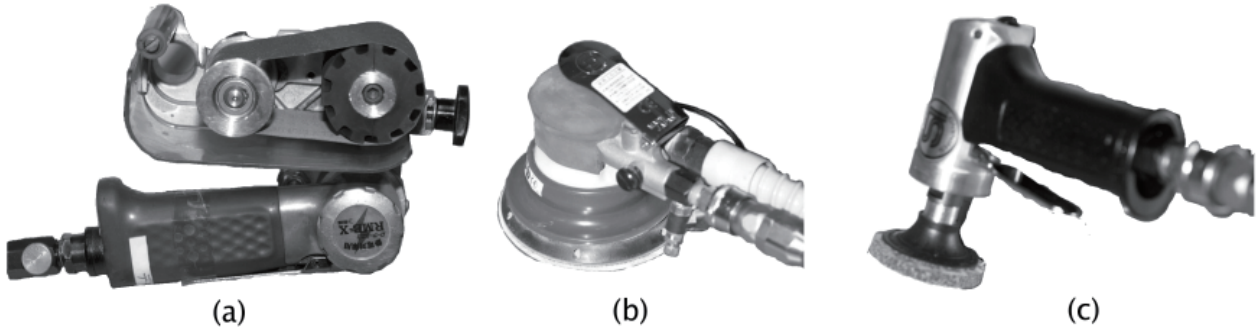


図1 代表的な圧縮空気駆動型小型研磨器

(a)ベルトサンダー（据付・手持ち兼用）、(b)ダブルアクションサンダー（手持ち）、(c)シングルアクションサンダー（手持ち）

2. 研磨作業における静電気

研磨作業における静電気の発生及び帯電機構を解説し、実験データに基づく知見を紹介する。

2.1 帯電機構

この種の研磨器における静電気の主たる発生機構は物体間の摩擦である。これは、図2に示すように、異種の物体が接触と分離を繰り返す際に静電気を生じるものであり、少なくとも一方の物体が電氣的に絶縁性が高い（電気を通しにくい）場合に顕著に電荷が発生する。また、摩擦による電荷の発生量は材質の影響も受けるので、部品や研磨対象物を変更すると予想外に発生量が増えることがある。

研磨器では、主として以下の部位で発生する。

- (1) サンドベルトを用いる研磨器では、駆動ローラ及びプーリと研磨布紙の摩擦面並びに被研磨物と研磨布紙の研磨面（図3 (a)）
- (2) 円形サンドペーパーを用いる手持ち型研磨器では、研磨布紙と被研磨物の研磨面（図3 (b)）

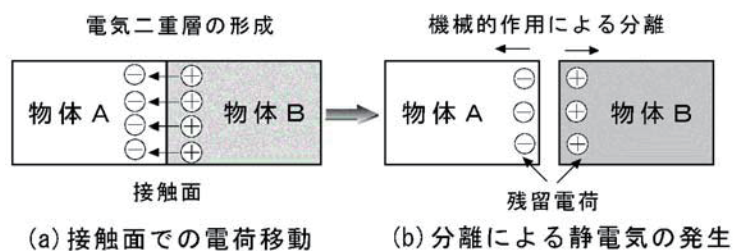


図2 摩擦（接触と分離）による静電気の発生機構

（二つの物体を接触させると、電子を引き留めておくエネルギー（仕事関数）の小さい物体から大きな物体へ電子が移動する(a)、外から力を与えて引き離すと電子の一部が残る。電子を得た物体はマイナスに、失った物体はプラスに帯電する(b)。)

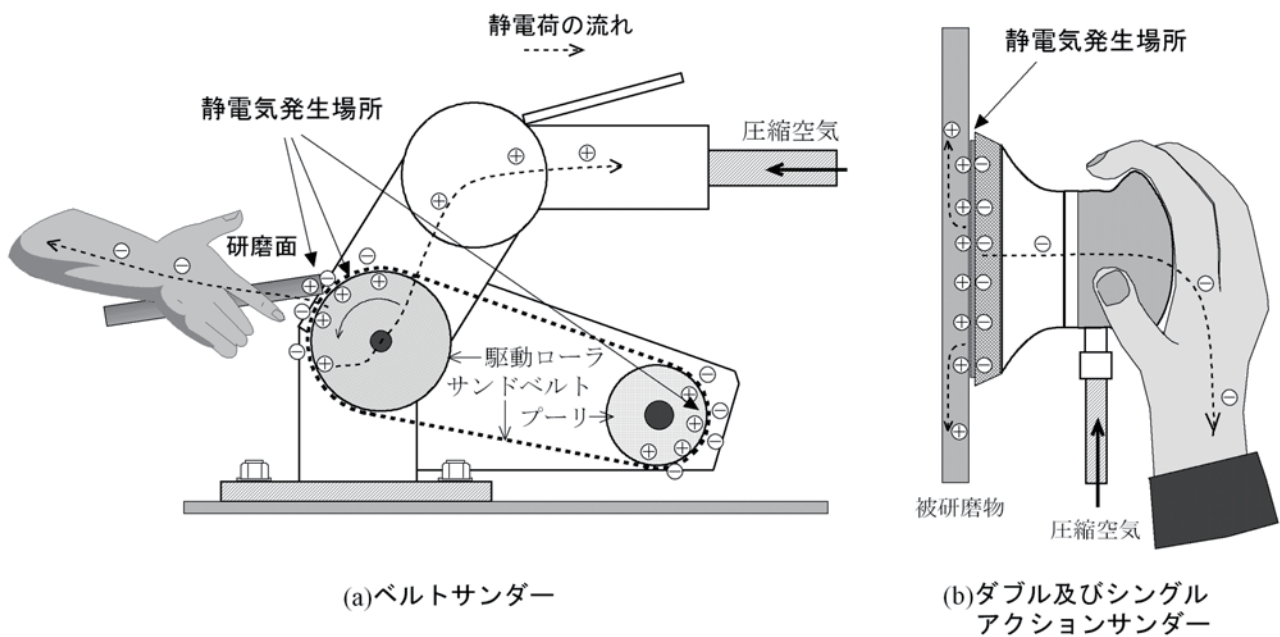


図3 研磨作業での静電気の発生及び帯電場所

((a)作業者及び本体が帯電, (b)作業者及び被研磨物が帯電)

以上の場所で発生した静電気が研磨器本体、作業者及び被研磨物に流れ込むことにより、これらの物体が帯電する。人体については、最終的に到達しうる電位 V は、オームの法則に従い、発生電流 I と人体の漏洩抵抗（靴と床の抵抗の和） R の積によって決まる。例えば、 $I=100\text{nA}=100\times 10^{-9}\text{A}$ とすると、 $R=1\times 10^8\ \Omega$ （帯電防止したとき）では、最大でも $V=I\times R=10^{-7}\times 10^8=10\text{V}$ にしかならないが、 $R=1\times 10^{12}\ \Omega$ （帯電防止が不十分なとき）では 100 kV に達することになる。ただし、現実には電位が高くなると発生電流が小さくなり、かつ、漏洩抵抗も低下するので、 12 kV 以下で飽和することが多い。

2.2 帯電量の実際

作業現場及び実験室で実施した静電気に関する実験結果を紹介する。静電気の発生量は、摩擦に関係する物質（ローラ、研磨布紙、被研磨物）の種類、回転数、作業室内の温度及び湿度等によって大きく異なることに留意する必要がある。

(1) 据付研磨器（ベルトサンダー）の場合

ローラ、プーリ及びサンドベルト（図4）の材質・種類を変化させて、マグナリウム（マグネシウムとアルミニウムの合金）製携帯電話ケースを研磨したときに、被研磨物に流れる静電気の電流を測定した結果を図5に示す。

絶縁性の高い天然ゴムローラでは、静電気の発生量が非常に大きかった。一方、導電性ローラを使用した場合は、逆に、顕著（約 $1/1000$ ）に小さくなった。これは、一般に、サンドベルトの裏布は導電性を有する（表面抵抗率 $1\times 10^{10}\ \Omega$ オーダー）ので、導電性ローラ

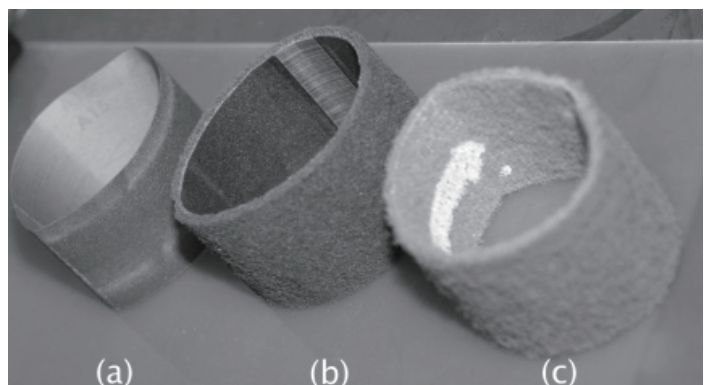


図4 ベルトサンダー用サンドベルト

((a)標準（アルミナ。裏布あり），(b)ナイロン（裏布あり），(c)ナイロン（裏布なし））

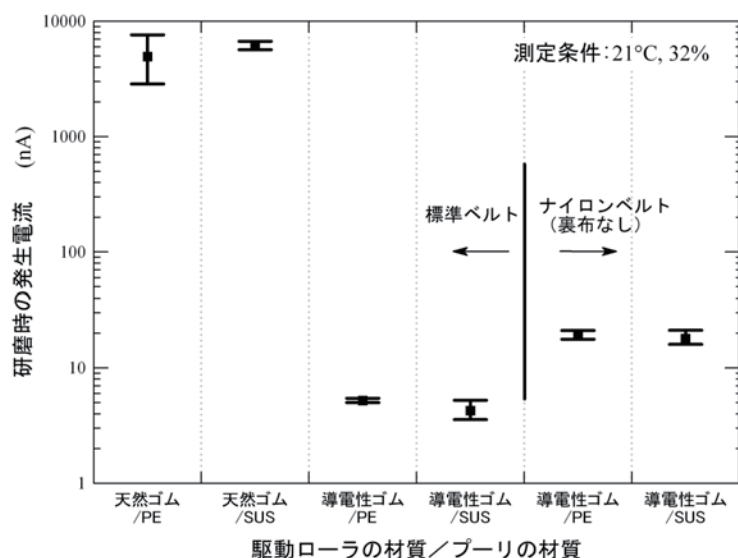


図5 ベルトサンダーで携帯電話ケースを研磨したときの静電気の発生を示す電流 (天然ゴムローラは極めて発生量が多い。導電性ゴムの場合でもナイロンベルトを使用すると注意すべき値となる。)

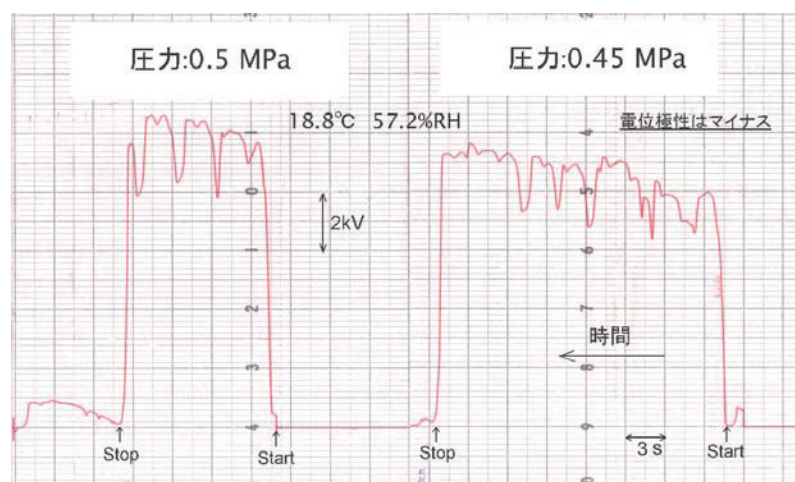


図6 天然ゴム製ローラのベルトサンダーで携帯電話ケースを研磨したときの作業者の電位変化 (空気圧を上げると回転数が増大し、それに伴い人体電位も上昇する。)

との接触・分離を繰り返しても電荷の分離を生じにくいからである。また、プーリの材質は、電流にはさほど影響しなかった。これは、研磨時には、ベルトとローラが強く密着するため、そこでの静電気発生量が支配的だからである。一方、ナイロンベルト（裏布なし）の場合には、導電性ローラを用いた場合でも、やや大きな電流が生じた。この場合、ナイロンの絶縁性が高いために、ローラが導電性でも静電気を発生するためである。導電性を持つ裏布のあるナイロンベルトでは、ほとんど静電気は発生しない。

作業者が、電気抵抗の大きな合成ゴムやウレタン樹脂製の靴底を有する履物を着用していた場合、静電気の電流は人体に蓄積し、電位が急速に上昇する。図6は、実際の作業現場において、天然ゴム製ローラのベルトサンダーで研磨中の人体の電位を測定したものである。研磨を開始したと同時に電位が急激に上昇し、特に、空気圧0.5 MPaの場合には10 kV以上に達していることわかる。

導電性ローラに対して導電性のある裏布付きサンドベルトを用いた場合は人体電位はほぼゼロであったが、裏布のないナイロンベルトを用いた場合は3 kVに達した。このように、導電性ローラを用いても、ベルトの選択次第では帯電防止が不十分となる場合があるので注意を要する。

(2) 手持ち研磨器（ベルトサンダー）の場合

研磨器を手を持って作業する場合、静電気の電流は、駆動ローラ→研磨器本体→手→胴体→足→アースという経路で流れる。実験では、絶縁ローラを取り付けたベルトサンダーで鉄板を研磨した場合、150 nA以上の電流が発生し、作業者は4 kV以上になった。このような場合は、被研磨物にも逆極性で等量の電流が流れているので、帯電防止していないと高い電位となり得る。導電性ローラを取り付けたベルトサンダーでは、被研磨物が金属の場合はほとんど静電気は発生しないが、FRP（繊維強化プラスチック）等の合成樹脂を研磨した場合、又は厚手のサンドベルトを取り付けた場合はやや大きな帯電を示した。

(3) 手持ち研磨器（ダブル及びシングルアクションサンダー）の場合

通常、ダブルアクションサンダーでは円形の研磨布紙をマジックテープで回転部に取り付ける。シングルアクションサンダーにはディスク型砥石が取り付けられる。いずれのサンダーを用いても、金属等の導電性物体を研磨する場合には静電気はほとんど発生しない。しかし、FRP製部品、樹脂パテ等の絶縁物を研磨すると静電気の発生量が増加し、作業者も危険な電位に達する可能性がある。実験では、ダブルアクションサンダーを用いてFRP板を研磨した場合は70 nA以上の電流が発生し、人体電位が5 kVに達した。

以上の実験結果をもとに、研磨作業と帯電性の目安を表1にまとめた。

表1 研磨作業と帯電性の目安（帯電防止対策を行っていない場合）

（○：ほとんど帯電しない， △：帯電する， ×：極めて強く帯電する）

(a) ベルトサンダー（据付）による金属部品の研磨

サンドベルトの種類	ローラの材質	
	絶縁性	導電性
裏布あり	×	○
裏布なし	×	△

絶縁性ローラの材質：天然ゴム，ウレタン樹脂等

導電性ローラの材質：カーボンブラックを配合し、抵抗を1 MW (=1×10⁶Ω)以下としたもの。

(b) ベルトサンダー（手持ち）による研磨

サンドベルトの種類	絶縁性ローラ		導電性ローラ	
	研磨対象物		研磨対象物	
	導体	絶縁物	導体	絶縁物
裏布あり	×	×	○	△
裏布なし	×	×	△	△

導体：金属，木材，竹，紙等

絶縁物：合成樹脂，ガラス等

(c) ダブル及びシングルアクションサンダー（手持ち）による研磨

サンダーの種類	研磨対象物	
	導体	絶縁物
ダブル	○	×
シングル	○	△

3. 研磨器の帯電に基づく障害及び災害

前章において、研磨の条件によっては、研磨器、被研磨物及び作業者の体が帯電することを説明した。本章では、これらの帯電によって生じる労働安全上の危険（電撃及び着火）について解説する。

3.1 電撃

人体が帯電し、接地体に接近すると図7に示すように、火花のような静電スパークが発生する。研磨作業で発生し得る静電スパークによる人体への電撃は、放電の持続時間が極めて短時間であり、放電エネルギーも小さいために、皮膚に痕跡を残したり、長期にわたる生理的な症状を引き起こすおそれはない。しかし、筋肉が反射的に動いたり、一時的に硬直したりするために、転倒や巻き込まれ等の二次的な災害をもたらす懸念がある。また、作業者に不安感を与えることにより、作業効率を悪化させる要因ともなり得る。人体の帯電電位と電撃の強度及び静電エネルギーとの関係をまとめたものが表2である。電撃を確実に抑止するためには、電位を1 kV以下に押さえる必要がある。

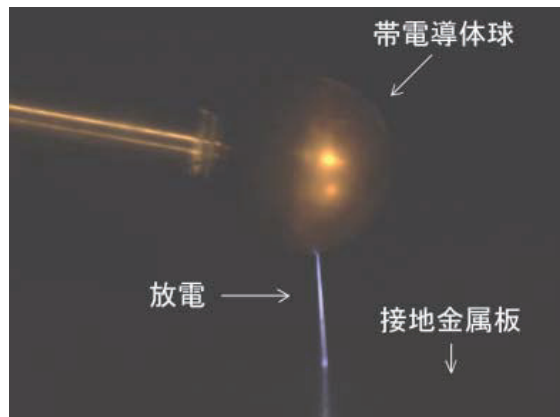


図7 静電スパークの一例
(帯電した球体（指先に相当）から金属板への放電)

表2 人体の帯電電位と電撃の強さの関係(1)

人体電位 (kV)	電荷量 (μC)	静電エネルギー (mJ)	体感的な電撃の強さ
1	0.1	0.05	全く感じない
2	0.2	0.20	指の外側に感じるが痛まない
3	0.3	0.45	針で刺された感じを受け、ちくりと痛む
4	0.4	0.80	針で深く刺された感じを受け、指がかすかに痛む
5	0.5	1.3	手のひらから前腕まで痛む
6	0.6	1.8	指が強く痛み、二の腕が重く感じる
7	0.7	2.5	指、手のひらに強い痛みとしびれた感じを受ける
8	0.8	3.2	手のひらから前腕までしびれた感じを受ける
9	0.9	4.1	手首が強く痛み、手がしびれた重みを受ける
10	1.0	5.0	手全体に痛みと電気が流れた感じを受ける
11	1.1	6.1	指が強くしびれ、手全体に強い電撃を受ける
12	1.2	7.2	手全体を強打された感じを受ける

(注) 人体の静電容量を 100 pF とする。

3.2 可燃性物質への引火危険性

3.2.1 ガス・蒸気への着火

ブタン、プロパン等の可燃性ガス、ガソリン、トルエン、イソプロピルアルコール等の揮発性有機溶剤の蒸気は、空気と適当な濃度で混ざることにより、爆発性混合気となる。また、引火点が気温より低い場合には、液面近傍は極めて引火性が高くなる。これらの状態が存在する場所で静電スパークが発生すると、爆発又は火災となる危険性がある。一般的なガス・蒸気について、空気との混合気の着火に必要な最小の

静電エネルギー（最小着火エネルギー）を、主な物性値とともに表3に示す。例えば、ガソリンの主成分の一つであるペンタンの蒸気は、空気と1.4～7.8%の範囲で混合すると爆発性となり、0.28mJの静電スパークで着火する可能性がある。これは、人体が2 kVに帯電した場合の静電エネルギーにほぼ等しい。つまり、少しでも痛みを感じるような放電があれば、これによってガス・蒸気への着火の可能性があるとの認識を持つべきである。実際に、静電スパークでガソリンが発火の様子を図8に示す。このように引火点の低い液体が研磨器近傍に存在すると極めて危険である。

表3 爆発危険性の高い液化ガス及び引火性液体の主な物性値(1)

物質名	化学式	分子量	融点 (°C)	沸点 (°C)	引火点 (°C)	発火点 (°C)	最小着火エネルギー (mJ)	爆発限界 (vol. %)		蒸気密度 (空気=1)
								下限	上限	
ジメチルエーテル	CH ₃ OCH ₃	46.07	-141.5	-24.82	-41	240	0.29	2.0	27	1.59
プロパン	C ₃ H ₈	44.10	-187.7	-42.07	-104	432	0.25	2.1	9.5	1.52
ノルマルブタン	n-C ₄ H ₁₀	58.12	-138.3	-0.50	-72	365	0.25	1.5	8.5	2.00
ノルマルヘプタン	n-C ₅ H ₁₂	72.15	-129.7	36.07	-49	260	0.28	1.4	7.8	2.49
ノルマルペンタン	n-C ₇ H ₁₆	100.2	-90.61	98.43	-4	204	0.24	1.0	6.7	3.46
トルエン	C ₆ H ₅ CH ₃	92.14	-94.99	110.6	4	480	<0.4*	1.2	7.1	3.18
エタノール	CH ₂ CH ₃ OH	46.07	-114.5	78.32	12	363	-	3.3	19	1.59
イソプロピルアルコール	(CH ₃) ₂ CHOH	60.10	-90	83	11.7	455	-	2.0	12.7	2.1

(注) ジメチルエーテル、プロパン及びブタンはスプレー缶の噴射剤の成分。他は有機溶剤の成分。
記号*は産業安全研究所における実測値（他は全て文献値）

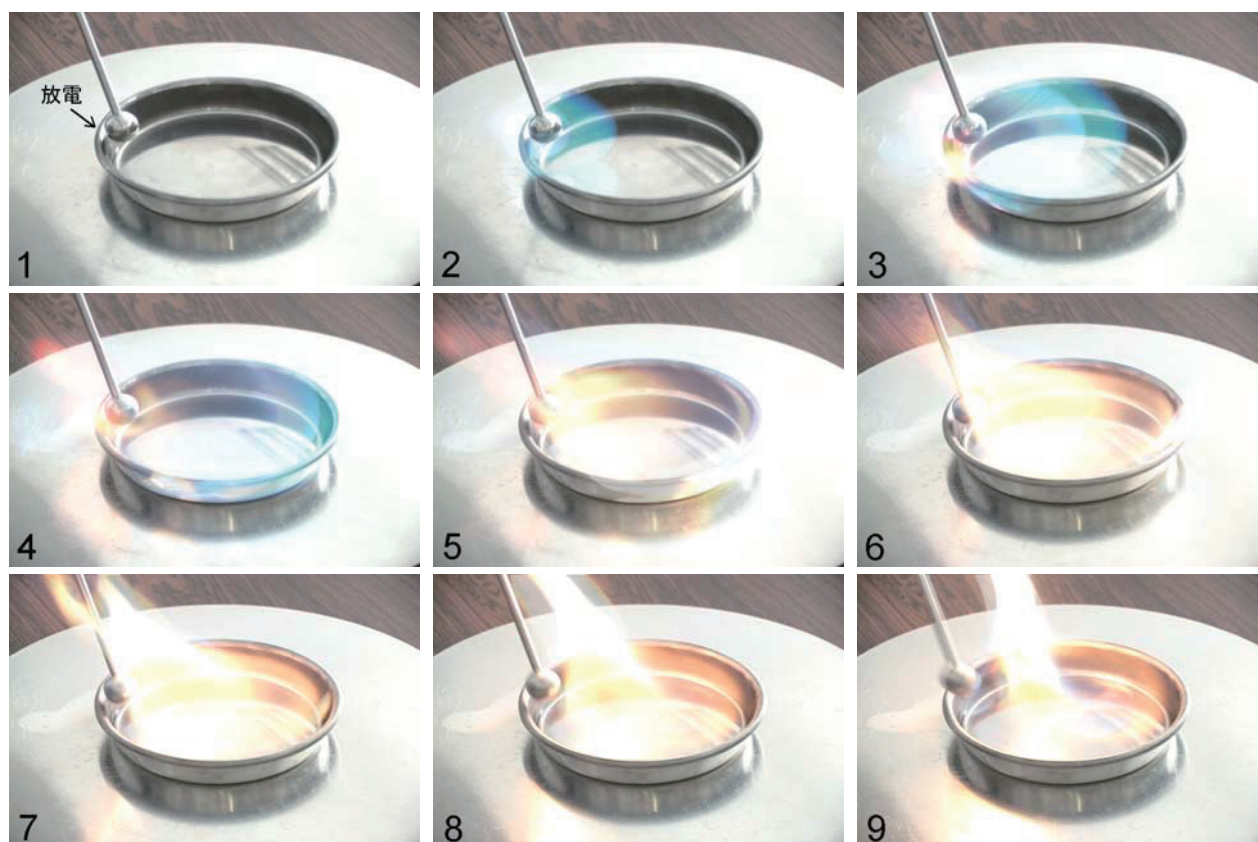
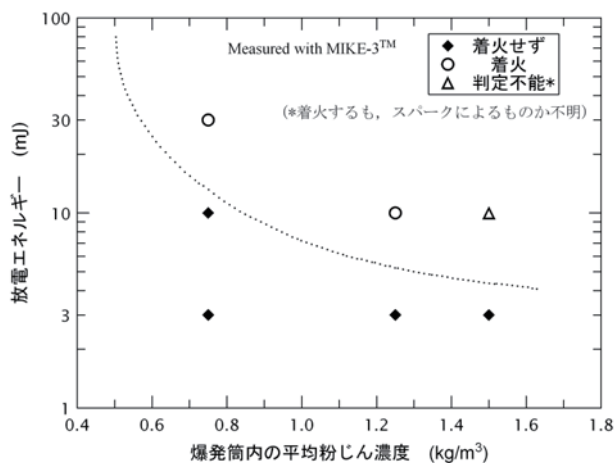
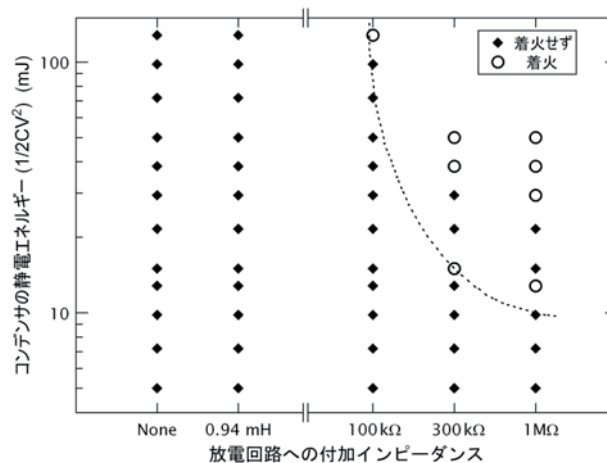


図8 静電スパークによるガソリンへの着火のビデオ画像
(放電エネルギー約1.5mJ。フレーム間1/30秒)



(a) 浮遊粉じん



(b) 堆積粉じん

図9 静電スパークによるマグナリウム粉じんの着火エネルギー測定結果
(浮遊粉じんでは3~10 mJ, 堆積粉じんでは10~12 mJであったが、粒径、成分によってはこれ以下のエネルギーで着火することもあり得る。)

3.2.2 軽合金粉じんへの着火

固体の可燃性物質が微細化され、粒径が100 μm 程度以下になると、空气中に分散した場合（浮遊粉じん）に爆発性となることがある。また、層状に降り積もった場合（堆積粉じん）でも、着火して燃え広がることがある。一般に、合成樹脂や木材の粉じんは、浮遊状態で20 mJ以上、堆積状態では100 mJ以上の静電スパークが与えられないと発火しないので、これらを対象とした研磨作業においては、静電気に起因する発火を危惧する必要はない。しかし、軽合金、特に、携帯電子機器のケース、ホイール等に用いられるマグナリウムは、例外的に発火しやすく、しかも、爆発圧力及び発熱量が極めて大きいので細心の注意を払わなければならない。実際に、研磨作業が着火要因となったと考えられる災害事例があるので、以下に、マグナリウムの発火危険性を示す実験結果を紹介する。

携帯電話ケースの研磨作業によって発生したマグナリウム粉じん粒子の平均径は約40 μm であった。この粉じんの浮遊状態及び堆積状態の最小着火エネルギーは、図9に示すように、ともに10 mJ程度であった。したがって、確率的には低いですが、人体の電位が10 kV程度を超えると着火が可能と予測された。図10は、実際の研磨作業中に被研磨物と研磨器本体の間での放電を観測したものである。また、同じ作業での発火の再現実験の様子を図11に示す。予測通り、堆積したマグナリウム粉じんが、通常の研磨作業で発生しうる静電スパークで発火することが確認された。



図10 研磨中に発生した静電スパーク
(ローラとサンドベルトで発生した静電気が人体に蓄積し、およそ6kV以上となったとき、放電する。人体は約100pFのコンデンサとして機能している。)

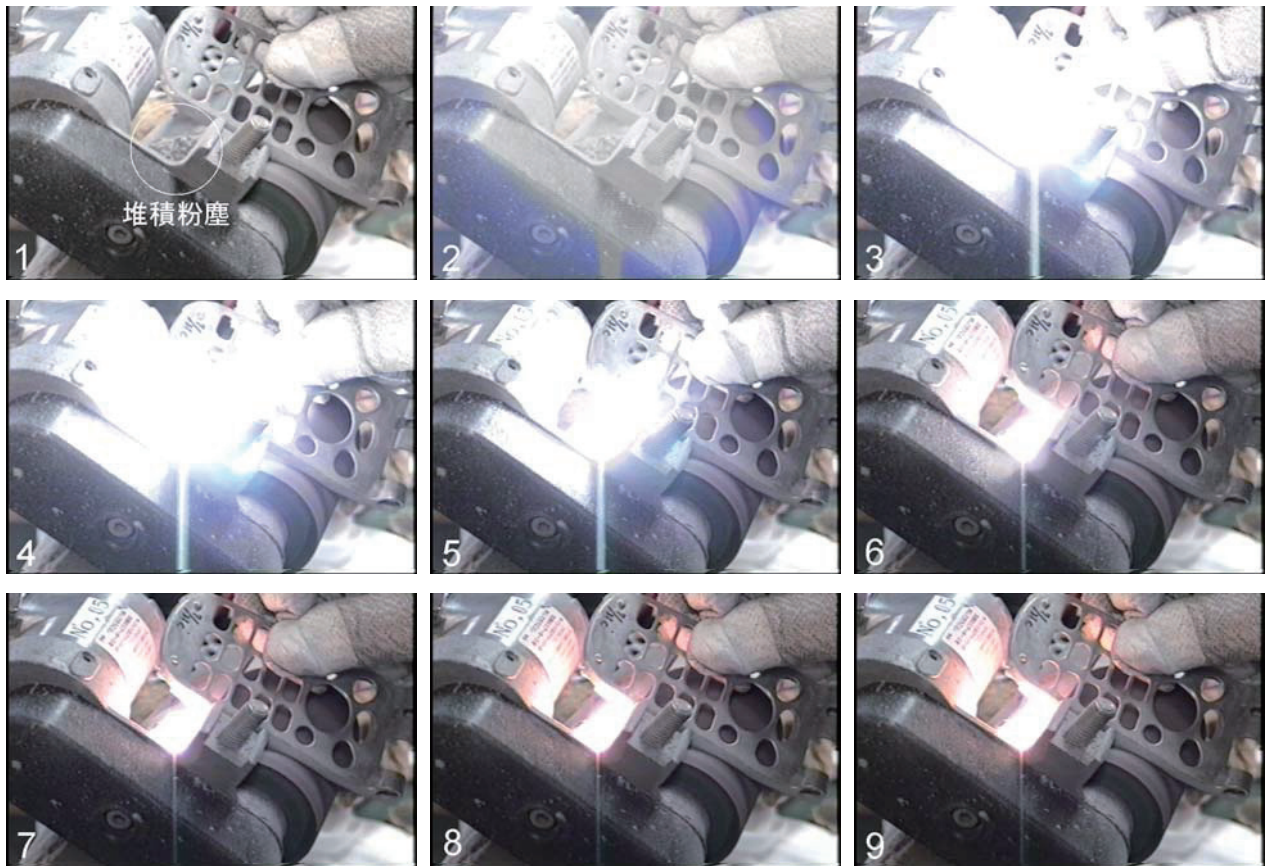
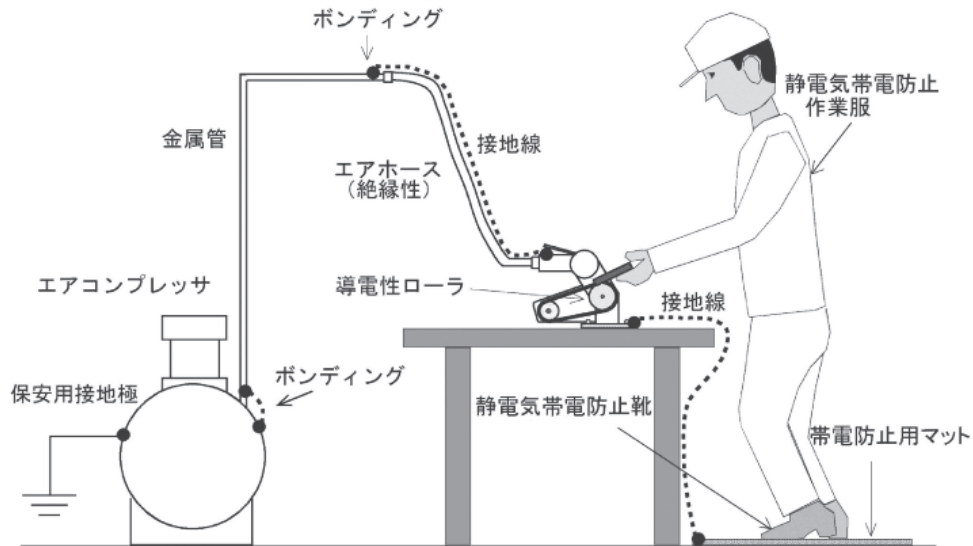


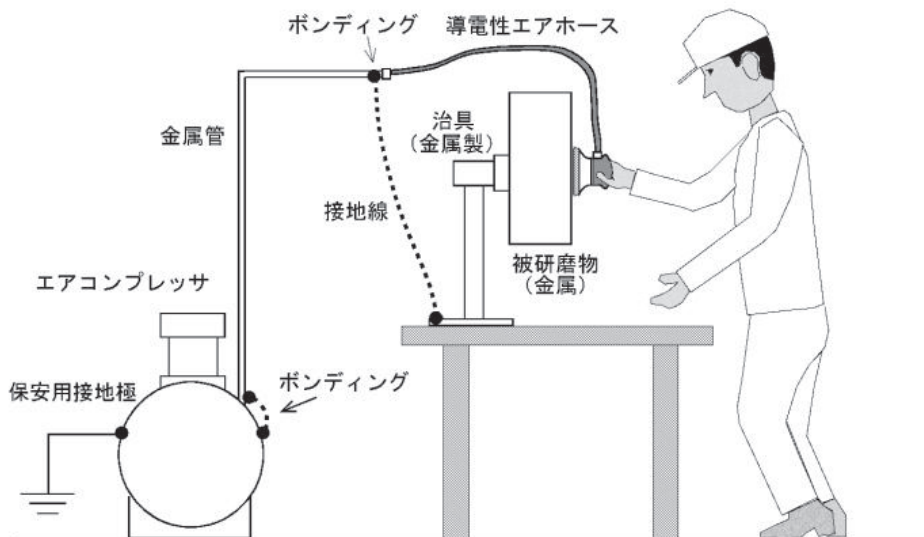
図11 研磨作業中の静電スパークによるマグナリウム粉じんの発火のビデオ画像
(放電エネルギー約6 mJ。フレーム間1/30秒)

4. 静電気対策

帯電防止の要諦は、静電気の発生量（電流）を抑制すること及び対象物体と大地間の抵抗（漏洩抵抗）を小さくして電荷の減衰速度を高めることである。電流は一般に予測しにくく、また、抑制することも技術的に困難な場合が多いので、通常は抵抗の管理（具体的には接地）を中心に静電気対策を講じることが多い。研磨作業における静電気対策は、研磨器、被研磨物及び作業者の三者に対して同時に行わなければ十分な効果は期待できない。図12は、標準的な研磨作業における帯電防止方法を示したものである。以下に、その実施方法を具体的に解説する。



(a) 据付式研磨器の場合



(b) 手持式研磨器の場合

図12 標準的研磨作業における帯電防止方法
(b)では、作業者に電流が流れず、したがって帯電しないので、人体の帯電防止を省略してもよい。ただし、他の工程が混在する場合は(a)と同様の対策が必要である。)

4.1 研磨器の静電気対策

(1) 導電性ローラの使用（ベルトサンダー）

2.2節（帯電量の実際）で示したように、ベルトサンダーに対しては、サンドベルト駆動用のローラを導電性とすることにより、静電気の発生量を大幅に減少させることが可能である。ただし、サンドベルトの種類によっては十分な効果が得られないこともある（例えば、ナイロン製で導電性裏布のないものを使用した場合）ので、他の対策を併用することが望ましい。導電性ローラに要求される電气的性能としては、図13に示すように、円周に沿って同幅の金属箔を巻き付けた上で、これと軸の間を絶縁抵抗計（メガー）で測定した抵抗が1MΩ以下でなければならない。一部の機種については、天然ゴムにカーボンブラックを配合したものが実用化されている。



図13 導電性ローラの抵抗測定方法
（外周と軸間の抵抗を測定する。）

(2) 研磨器の接地

接地（アース）とは、対象となる導電性の物体と接地極の間を導線で接続することであり、これによって、物体に発生した静電気を大地へ流して消滅させる。研磨器を接地することによって、研磨器本体の帯電を防止できることはもちろんであるが、手持ち式の場合には人体の帯電防止も同時に可能となる。

帯電防止を目的とした接地極は、その接地抵抗が1,000 Ω以下となるように施工しなければならない。帯電防止専用の接地極を設けることが困難な場合は、以下のものを利用してよい。

(a) 「電気設備の技術基準の解釈」に定められた接地工事(C及びD種)に適合する接地設備の接地極

同解釈の規定によれば、エアコンプレッサ等の電気機器の保安用接地極は使用電圧によってC種又はD種であり、いずれも接地抵抗は500Ω以下であるから、帯電防止用として共用することができる。

(b) 地中に深く埋設された金属部材

金属製の水道管、建物の鉄骨等で地中に深く埋設されたものは、通常、100 Ω以下の接地抵抗を有するので、これらを接地極として利用することができる。ただし、硬質ビニール製水道管等、絶縁性のものがあるので、事前に水道局や施工業者等へ問い合わせ確認する。

(c) 簡易接地棒

上記(a)又は(b)を利用することができない場合は、市販の簡易接地棒を地面に打ち込んで接地極とすることができる。打ち込む場所は、年間を通して湿潤な土壌のある所とし、打ち込み後に接地抵抗を測定し1,000 Ω以下であることを確認しておくことが望ましい。

(d) ボンディング

既に(a)～(c)に対して接続された金属製の機器、配管等があれば、これに接地線を接続してもよい。こ

のような接続方法をボンディングという。

以上の接地極に対して、研磨器を次のいずれかの方法で接続する。

(A) 接地線を用いる方法

接地線は、柔軟性があり、かつ、容易に断線しない太さを有する導線（例えば、1.25mm²以上の平編スズメッキ銅線）とする。断線の有無を容易に目視確認できるように、被覆の無いもの又は透明な被覆を有するものが望ましい。ただし、腐食、錆等の化学変化又は著しい摩擦等の物理的作用を受けて損傷を受ける可能性がある場合には、柔軟で丈夫な被覆を持つ導線（例えばキャプタイヤケーブル）とする。接地線の末端は丸形端子で処理し、これを研磨器本体又はジョイント金具（研磨器本体と電氣的に導通のある場合に限る）へネジ止めする。また、手持ち式に取り付ける場合には、エアホースに沿わせて粘着テープ等で固定して一体化させ、作業性の確保と接地線の保護を行う。接続例を図14に示す。

(B) 導電性エアホースを用いる方法

導電性エアホースは、図15に示すように、エアホースの素材に導電性加工を施したものであり、両端のジョイント金具間の電気抵抗が1MW以下であるものをいう（電気抵抗は、製造業者が発行した性能表により確認するか、又は絶縁抵抗計（メガー）を用いて実測する）。

エアコンプレッサの筐体が保安接地されておれば、このホースを取り付けることにより圧縮空気の供給と接地を同時に行うことができる。(A)の接地線を用いた場合と比較して、断線による接地不良のおそれがなく、かつ、作業性にもほとんど影響を与えないので、手持ち式に対しては特に推奨される方法である。エアコンプレッサの接地が確認できない場合は、付属の接地線を用いて接地極へ接続する。

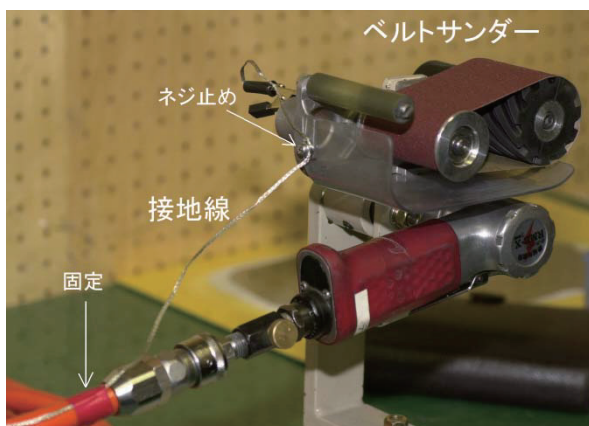


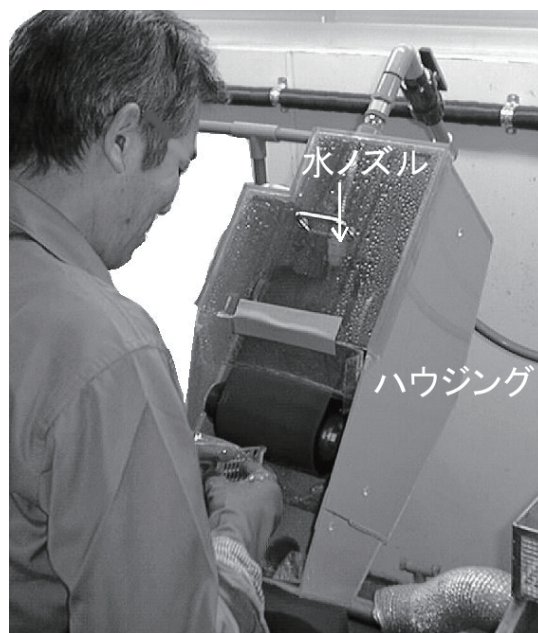
図14 接地線の接続例
(ネジ止め等で確実に接続し、混線しないように束ねておく。)



図15 導電性エアホースの例
(ジョイント間の抵抗が1 MW以下であること。接地線が不要なので、手持ち式研磨器に最適である。)

(3) 研磨器の湿式化

据付式の場合には、図16に示すように、研磨器全体をハウジングに入れ、サンドベルトへ常時水を供給することにより、帯電防止と研磨粉じんの除去を同時に行うことができる。軽金属合金を研磨する工程に推奨される方法である。



4.2 作業者の静電気対策

作業者の帯電防止は、作業者の衣服及び履物並びに作業床へ対策を行うことによって達成される。具体的には、次に述べる方法で実施する。

(1) 静電気帯電防止作業服及び静電気帯電防止靴の着用

作業者には、静電気帯電防止作業服（JIS T8118適合品）及び静電気帯電防止靴（JIS T8103適合品。以下、静電靴。）を着用させなければならない。静電靴には、安全靴、スニーカータイプ等様々な機能及び意匠のものが市販されているので、作業条件に相応しいものを選択する。静電靴に対して、靴ひもを黄色にしたり、ラベルを貼る等、他の履物と明瞭に区別がつくように措置しておくべきである。静電靴は、靴底に導電性を付与したものであるから、プラスチック製の中敷等、導通を阻害するものを併用してはならない。靴下の着用に関しては特に制限はないが、厳冬期に厚手の靴下を着用した場合は、発汗によって繊維が十分湿気を帯びるまで時間(10分程度)を置くことが望ましい。

図16 湿式研磨器の一例
(帯電防止と粉じんの除去が同時に実現できる。)

なお、素足又は靴底が極端にすり減った履物の着用は、低圧電線路や漏電した機器に触れたときに感電するおそれがあるので、絶対に避けなければならない。

(2) 作業床の導電化（帯電防止作業床）

帯電防止作業床は、人体の静電気を速やかに消滅させるために、100 MW以下の漏洩抵抗を有するものでなければならない。専門の業者により施工し、しかるべき方法で性能を検査しておくことが望ましい。帯電防止性能を維持するために、定期的に保守を行う必要がある。

あるいは、このような作業床に代えて以下のものを利用することができる。

(a) 土、木板又はコンクリートの床

これらは、床面に絶縁性の塗膜、シート等が存在しなければ、十分な帯電防止性能を有する。ただし、厳冬期の低湿度時には性能が不十分となるおそれがあるので、一日に1～2回程度、散水、水噴霧等により床の表面に湿気を与えることが望ましい。

(b) 帯電防止用マット又は金属板

帯電防止用マットは、カーボンブラック等を配合して導電性を持たせたゴム製のマットである。静電気用品構造基準（産業安全研究所技術指針RIIS-TR-84-1）適合品を選定することが望ましい。絶縁性塗膜の

ない鉄，アルミ等の金属板（例えば，滑り止めを施した縞板）も利用することができる。使用に当たっては，カシメ，ネジ止め等の方法で接地線を取り付け，接地極へ接続するか，ボンディングしなければならない。

(3) リストストラップの装着

椅子に着座する等，履物と床の接触が十分でない場合，又は一時的に絶縁性の物体上で研磨作業をする場合は，図17に示すようなリストストラップを手首に取付け，これを接地又は研磨器にボンディングすることにより，人体の帯電防止を行う。リストストラップは，感電を防止するために，1MΩの抵抗が含まれたものを選択する。



図17 帯電防止用リストストラップ
(感電防止のため，必ず1MΩの抵抗入りのものを選択する。)

4.3 被研磨物の静電気対策

手持ち式研磨器にナイロン等の樹脂製の研磨布紙を取り付けて，金属部品等を研磨する場合には，被研磨物も帯電するおそれがあるので，これを接地することが望ましい。予め治具を接地しておくか，被研磨物に図18に示すようなクリップを取り付けて接地する。

被研磨物がプラスチック等の絶縁物である場合は，接地しても効果は期待できない。一般に，絶縁物が帯電しても着火性の静電スパークを発生する可能性は低い，著しく塵埃が付着したり，微弱でも電撃を生じる場合は，適宜，被研磨物の表面を水で湿らせた布で拭くか，霧吹器で水を噴霧して拭き取ることにより除電すべきである。ただし，シンナー，アルコール等の引火性液体を除電目的で使用してはならない。

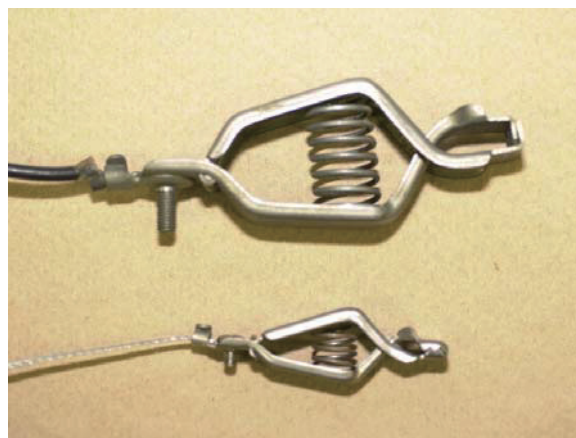


図18 被研磨物の接地に用いるクリップ
(製品にキズがつく場合には，導電性ゴムシート又はアルミ箔をはさむとよい。)

5. 可燃性物質の管理

研磨作業場所に存在する可能性のある可燃性物質を挙げ，その管理方法について説明する。

(1) 引火性液体・ガス

ガソリン，シンナー，アルコール等引火性の高い液体を研磨作業中に使用してはならない。また，これらの液体を使用後は，研磨作業場所の近傍に放置してはならない。

スプレー缶には，ブタン及びプロパンの混合物である液化石油ガス(LPG)，又はジメチルエーテル(DME)といった可燃性ガスが大量に含まれているので，研磨作業中に使用してはならない。

これらのガス・蒸気は空気よりも比重が大きいので床面付近に滞留しやすいから，作業環境の通風をよくしておくことが望ましい。

(2) 軽金属粉じん

マグネシウム、アルミニウム等の軽金属製品を研磨する場合は、十分な吸引能力を有する除塵装置を備え、かつ、湿式集じん機を用いなければならない。また、研磨器周辺に粉じんが大量に落下する場合は、堆積しないように、時機を見て、固くしぼった雑巾・紙等で拭き取らなければならない。電気掃除機は、軽金属粉じんを吸い込むとダストボックス内で粉じん爆発を起こすおそれがあるので、絶対に使用してはならない(4-③)。なお、鉄、チタン等他の金属粉じんに対しても、これら軽金属と同様に細心の注意を払うことが望ましい。

6. おわりに

かつて、研磨作業の従事者から、静電気の電撃は避けられないものと諦めているという声が寄せられたことがあった。また、しばしば発火の事例もあったと聞く。しかし、本ガイドに記したように、静電気の性質を知れば、対策は決して困難ではない。現時点では、費用はそれなりに必要となるが、投資に見合う効果は必ずあるはずである。また、今後、需要が増加すれば対策用品も高品質・低価格のものが市場に供給されてくるであろう。本書を活用して、安全で快適な職場環境を構築されることを念願する。

参考文献

一層の知識及び関連情報を得るために、以下の文献等を参照いただきたい。

(1) 静電気対策一般について

「静電気安全指針」，産業安全研究所技術指針(RIIS-TR-87-1)，産業安全技術協会

(2) マグネシウムの取扱について

「マグネシウムの安全対策」，日本マグネシウム協会

(3) 粉じん爆発一般について

① “Dust Explosion in the process industries”，Rolf K Eckhoff, Butterworth Heinemann (1997)

② 「粉じん爆発－危険性評価と防止対策－」，榎本兵治編著，オーム社(1991)

(4) 関係法令等について

① 労働安全衛生法 … 特に、第20条（事業者の講ずべき措置等）

② 労働安全衛生規則… 特に、第3章（爆発、火災等の防止）第4節（火気等の管理）

③ 通達… 「携帯電話筐体等の仕上げ加工に係わるマグネシウム合金粉じんによる爆発火災災害の防止について」（平成14年3月29日付厚生労働省基安発第0329001号）

産業安全研究所安全ガイド NIIS-SG-N0.2 (2004)

発行日 平成 16 年 3 月 31 日
発行所 独立行政法人産業安全研究所
〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1 丁目 4 番 6 号
電話 0424-91-4512 (代)

印刷所 株式会社 アトミ

SAFETY GUIDE
OF
THE NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

NIIS - SG - NO.2 (2004)

Guidelines for Prevention of Electrostatic Hazards
Associated with Pneumatic Grinders
- Electrostatic Shocks and Ignition of
Combustible Substances -



THE NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1-4-6, Umezono, Kiyose, Tokyo 204-0024, JAPAN