

General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable, thoracic and inhalable aerosols

MDHS14/4

Methods for the
Determination of
Hazardous Substances
Health and Safety
Laboratory

Introduction

- 1 This procedure aims to guide those who wish to collect the respirable, thoracic and inhalable aerosol fractions in air for the purpose of monitoring workplace exposure. It also describes analysis of the fractions using the gravimetric technique.
- 2 Materials hazardous to health often occur in the workplace in the form of aerosols. The term 'aerosol' is used to describe any suspension of particles in air, whether they constitute dust, fibres, fume, smoke or liquid droplets. Most aerosols consist of a wide range of particle diameters.
- 3 The behaviour, deposition and fate of any particle after entry into the human respiratory system are determined by the chemical nature and size of the particle. For occupational hygiene purposes it is important to consider the concentration and the size fractions present.
- 4 It is possible to define aerosol size fractions that relate to the region of the respiratory tract where they deposit. The convention for these size fractions are described in ISO 7708¹ or BS EN 481.² These are the inhalable, thoracic and respirable size fractions:
 - (a) **Inhalable fraction** – this approximates to the fraction of airborne material that enters the nose and mouth during breathing, and is therefore available for deposition anywhere in the respiratory tract.
 - (b) **Thoracic fraction** – this is the fraction of inhaled airborne material penetrating beyond the larynx.
 - (c) **Respirable fraction** – this is the inhaled airborne material that penetrates to the lower gas exchange region of the lung.
- 5 Advice on the relevant size fraction to be measured for a particular material hazardous to health may be obtained from *EH40/2005 Workplace exposure limits*³ and the Approved Code of Practice on the COSHH Regulations⁴.

Scope

- 6 The methods described in this MDHS are suitable for the measurement of exposure to the health-related concentrations of most aerosols in the workplace. In some instances alternative methods exist (eg welding fume,⁵ colophony⁶ and isocyanates⁷) and you should refer to these specific methods. For some materials a specific sampler is required (eg IOM sampler is the preferred sampler for cotton dust⁴) to reliably perform the analysis. The use of alternative methods is acceptable provided that the accuracy and reliability appropriate to the application can be demonstrated.

7 This procedure describes the analysis of the collected aerosol using the gravimetric technique. After drawing a measured volume of air through the pre-weighed collection medium (eg filter or foam) mounted in a suitable particle size-selective sampler, the mass concentration can then be determined from the mass of the aerosol collected and the sampled air volume.

8 Where further analysis for specific constituents is required, refer to the appropriate methods to ensure the sampling medium is compatible with the analysis technique.

Recommended sampling

9 Air monitoring should be representative of the working periods of the individuals exposed. General guidance on workplace monitoring is given in *Monitoring strategies for toxic substances* (HSG173).⁸

10 A longer sampling time ensures a heavier deposit and reduces potential weighing inaccuracies. So sampling times should be as long as is reasonably practicable:

- (a) The maximum sampling time should be the entire shift, and 15 minutes for short-term samples. Task-specific sampling should cover the period of the task being performed.
- (b) For an 8-hour time-weighted average (TWA) estimation of exposure, the minimum sampling period should be at least 25% of the shift,⁸ though it is preferable if sampling times are no less than four hours.

11 To avoid sampler overloading where dust concentrations are high, several consecutive samplers should be employed for comparison with workplace exposure limits (WELs), though enough information may be obtained from one sample.

12 When employing fixed-point sampling, the samplers should be positioned at approximately head height, away from obstructions, fresh-air inlets or strong winds. The sampling procedures are otherwise the same as for personal sampling.

Prerequisites

13 Users of this procedure will need to be familiar with the content of Occupational exposure limits (EH40),³ *Monitoring strategies for toxic substances* (HSG173)⁸ and BS ISO 15767.⁹

Safety

14 Users of this procedure should carry out a suitable risk assessment. It is the user's responsibility to establish appropriate health and safety practices and to ensure compliance with regulatory requirements.

Equipment

Aerosol sampling equipment

15 Use a suitable sampler (see the Appendix) capable of performing according to the required size fraction of interest (inhalable, thoracic or respirable).^{1,2} Samplers

should be pre-cleaned, checked for defects and operated according to the manufacturer's instructions.

16 Some samplers are designed to sample multiple size fractions within one sampler and are termed multi-fraction samplers. Commercially available samplers and references to published reports on their performance are given in PD CEN/TR 15230.¹⁰

17 In instances where workers wear face visors, lapel- or collar-mounted samplers are effectively outside the breathing zone of the worker. The face level sampler¹¹ is designed to measure manganese in welding aerosol according to ISO 10882.⁵ It allows exposure measurements to be made close to the worker's mouth and can also be worn comfortably inside face visors. It can also be used for the analysis of other metals in welding aerosol and gravimetric analysis of welding aerosol, but with reduced sampling efficiency for particles larger than 20 µm.

Collection media

18 The choice of collection medium (eg filter, foam or impaction plate) will be dictated by the type of sampler, the sampler flow rate and by analytical considerations.

19 In some sampler designs the collection media are held in cassettes and these can be weighed together (see the Appendix for additional information on plastic cassettes). In other samplers the collection medium may be held within a holder that is not intended to be weighed. The manufacturer's operating instructions should be consulted on which parts of the sampler should be included in the gravimetric procedure.

Filters

20 For gravimetric measurements, glass fibre filters are commonly used, but if further chemical analysis of the collected material is required then this may determine the type of collection medium selected.

21 Fibre loss from glass fibre filters may occur during handling and could be significant if not weighed within a cassette. Consider using membrane filters to alleviate this issue.

22 Some filter materials (eg cellulose nitrate) can show excessive weight change due to moisture absorption, and other types (eg PVC, PTFE) can show excessive static build-up. Filters of mixed esters of cellulose have reduced susceptibility to these factors.

23 For membrane filters, the choice of filter pore size will depend on the size fraction of the aerosol being collected and the sampler flow rate. It is recommended that the largest pore size possible be used to minimise the pressure drop across the filter. Consult the manufacturer or analyst for the optimum filter for the particular application.

Other equipment

24 A balance should be calibrated against a primary standard for weighing the sampling media. The balance should be capable of weighing to a precision of at least 10 µg, and preferably 1 µg. The balance should be checked against a calibrated standard weight traceable to International Standards at the intervals recommended by the manufacturer and immediately before weighing sampling media. Ideally, the balance should be placed on an anti-vibration worktop.

- 25 The balance and sampling media to be weighed should be placed in a room with temperature and humidity controls within the range specified by the balance manufacturer. BS ISO 15767⁹ states that the humidity should be constant within $\pm 5\%$ and the temperature $\pm 2^\circ\text{C}$.
- 26 Use a static eliminator when weighing filters.
- 27 Use flat-tipped forceps for handling filters.
- 28 Use filter tins or sampler cassettes, transport clips and a transport container to safely transport samples from the site to the analytical laboratory.
- 29 Personal sampling pumps that meet the requirements of BS EN ISO 13137¹² should be operated according to the manufacturer's instructions. Sampling pumps should have the following features as a minimum:
- (a) an automatic flow control which keeps the volumetric flow rate within $\pm 0.1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ in case of changing back pressure caused by filter loading;
 - (b) either a malfunction indicator, which following the completion of sampling, indicates that the air flow has been reduced or interrupted during sampling, or an automatic cut-out, which stops the pump flow if it is reduced or interrupted;
 - (c) a facility for adjustment of the flow rate that prevents inadvertent adjustment during use;
 - (d) pulsation damped flow for cyclone samplers.
- 30 Flexible plastic tubing should have a suitable diameter for making a leak proof connection from the sampling head to the pump. For personal sampling, belts or harnesses should allow sampling apparatus to be attached.
- 31 There should be a portable flow meter, calibrated against a primary standard at the flow rates of interest, with a measurement uncertainty less than $\pm 2.5\%$.¹⁰
- 32 A suitable adapter needs to connect the sampling head and the flow meter in order to set the flow rate through the sampler accurately.
- 33 A timer should determine the pump on/off times.

Preparation and sampling

Substrate weighing

Procedure for pre- and post-sampling media (in cassettes where used)

- 34 It is recommended that the weighing procedure be documented to ensure consistency of approach.
- 35 Prior to sampling, sufficient sample collection media should be placed in suitable containers, with lids ajar and left to equilibrate overnight in the balance room. Some substrates or cassettes may take longer to equilibrate. For the majority of air samples and media, overnight conditioning is satisfactory but some substrates or cassettes may take much longer to equilibrate. Further guidance is given in BS ISO 15767.⁹
- 36 As a minimum, one field (site) blank is required for every ten samples collected, with a minimum of three blanks for each batch of samples. Field blanks are used to correct for any weight changes caused by atmospheric conditions and

the handling of the media during sampling. For this reason, it is essential that field blanks are exposed to the same conditions as the samples apart from the period of sampling. In addition to field blanks, the analyst has the option of preparing laboratory blanks which may be used to assess the weighing precision.

37 Similarly, the post-run samples and blanks should be equilibrated in the balance room on receipt. The transport containers (cassettes, clips etc) should be visually checked for signs of disturbance of material from the filters. It may be necessary to develop and document special transport procedures for the aerosol samples to minimise transport losses.¹³ There may be some material on the sampling cassettes which will form part of the sample, so these should be handled carefully to avoid any disturbance of the deposit. Similarly, there may be deposits on the outside of the sampling cassettes which do not form part of the sample and should be removed before weighing.

38 Before weighing any sampling media, confirm satisfactory balance operation using the calibrated standard weight.

39 Pass the media over a static eliminator before weighing to dissipate any electrostatic charge.

40 It is important to ensure the balance has stabilised before recording each weight and that that the balance returns to zero after each weighing.

41 Blanks should be interspersed with samples, before and after sampling, so as to detect systematic variations in weighing or substrate mass (eg due to sorption or evaporation of a contaminant during weighing).

42 The limit of detection (LOD) of the weighing procedure can be determined from three times the standard deviation of the weight changes of all the field blanks.

43 Weight changes of samples that are less than the limit of detection should be reported as less than the LOD.

44 The inhalable convention is undefined for aerosols with aerodynamic diameters above 100 µm. Where these large particles are observed on the sampling media, this should be noted in the analyst's report. Similarly, observations such as unusual particle deposition patterns should be noted in the analyst's report.

Sample collection

45 The type of sampler to be used depends on many factors including the size fraction of interest and the suspected aerosol concentrations. In most cases an accurately measurable mass may be collected for long-term samples (greater than 4 hours) using a sampler that operates in the region of 2 l.min⁻¹. A higher flow rate sampler will provide a lower LOD for any given sampling period and may be preferred for shorter sampling periods or if the aerosol concentration is low.

46 Set up the sampling equipment in an uncontaminated area (ideally within one hour of the start of sampling).

47 Connect with the sampling device and collection medium to a sampling pump (excluding blanks).

48 Remove any protective cover or cap from the sampler, switch on the sampling pump and allow the pump flow to stabilise according to the manufacturer's

instructions. Attach the calibrated flow meter to the inlet of the sampler (using an adaptor if required) so that it measures the flow through the inlet. Set the flow rate of the sampler to within $\pm 0.1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ of the prescribed flow rate.

49 Perform a leak test by covering the sampler's inlet or 'kinking' its tube. If the pump does not stall this could indicate a leak and should be rectified. Once the checks are completed, switch off the pump and recap the sampler.

50 If the temperature, humidity and pressure in the environment where the samplers are to be used differ significantly from where the flow rate was set, the volumetric flow rate may change and need to be readjusted just before sampling.

51 The sampler should be attached to the worker's upper chest or lapel, not more than 30 cm away from the nose-mouth region. Fixed-point sampling may be used to determine background levels of aerosol in the workplace although it is not appropriate to compare background samples with workplace exposure limits.

52 Samplers are not generally sensitive to orientation, but cyclones should, if possible, be attached with the grit-pot at the base as shown in Figure 2 on page 11.

53 Attach the pump to a belt or harness so that it causes minimum inconvenience to the worker, and safely secure any tubing used to connect the sampler to the pump.

54 Ensure, as far as possible, that the position the sampler is mounted in reflects the exposure of the worker. This should include consideration as to the nature of the processes being undertaken and whether these may cause non-uniform aerosol concentrations within the breathing zone.

55 When ready to begin sampling, remove the protective cap. If the pump is fitted with an integral timer, ensure that this is reset to zero. Switch on the pump and record the time.

56 Check the sampler and pump periodically during sampling to ensure that the equipment is still working, and, if appropriate, re-measure the flow rate and record the new values.

57 For each sample, record the sample identity, time on and off (and when flow rates were checked), the volumetric flow rate and other relevant sampling information.

58 At the end of the sampling period measure the flow rate, switch off the pump, record the reading of the pump timer, or record the time and attach the protective cap. Carefully remove the sampling equipment without subjecting it to mechanical shocks. Cyclones must be retained upright when switched off to avoid the contents of the grit pot falling onto the filter.

59 Ideally, in the clean area, at the end of the sampling period the sampling media should be removed from the samplers for transportation.

- (a) For samplers that use an internal cassette (eg the IOM sampler), remove the cassette from each sampler and fasten with the transport clip supplied by the manufacturer.
- (b) For other types of sampling media (eg filters) remove the filter using flat-tipped forceps and place in a labelled filter transport container. Take particular care to prevent dust being dislodged from heavily loaded filters.

- 60 Alternatively, it may be practical to cap the samplers and return to the laboratory for disassembly.
- 61 Transport the samples and blanks to the laboratory in a labelled container suitable to prevent damage or disturbance in transit.
- 62 Calculate the duration of the sampling period and check this against the recorded time on the reading from the pump. Consider the sample to be invalid if the two sampling times differ by more than 5% since this may indicate that the pump did not operate for the entire period.
- 63 For cyclone samplers the sample is invalid if the final flow rate differs by more than 0.1 l.min⁻¹ or 5% (whichever is larger) from the initial flow rate. Where the sample is valid, assume that the mean volumetric flow rate is exactly equal to the recommended flow rate.
- 64 There are various factors that may affect the validity of the collected aerosol sample, such as:
- (a) presence of projectile particles (eg metal fragments from grinding processes) or splashes (eg mineral oil) entering the sampler;
 - (b) large particles entering the sampler that are outside the inhalable definition (ie particles with aerodynamic diameters greater than 100 µm);
 - (c) transportation losses (eg particles falling off the filter).
- 65 In some instances where the aerosol concentrations are unusually high, variable or there are significant projectile particles present, it is reasonable to assume that the sampler may be unrepresentative of the personal exposure. This should be noted during the sampling and either disregard the result, or treat it as a 'worst-case' estimate of personal exposure. If projectile particles are present then an unpumped sampler positioned next to the pumped sampler maybe used to correct for unaspirated particles.
- 66 For samples that may be used for further analysis (eg metals), consider the effect of sample losses (eg wall losses onto the internal walls of the IOM cassette) and mitigate these where possible.

Calculation of airborne aerosol concentration

Volume of air sample

- 67 Calculate the sampled air volume, V_s , in m³, of each air sample by multiplying the mean volumetric flow rate in cubic metres per minute (litres per minute divided by 1000) by the sampling time in minutes.
- 68 Where the flow rate was checked during the sampling period the above calculation may be performed for each time period and V_s determined by summing the sampled volume during each time period.

Aerosol concentration

69 The measured aerosol concentration, C , in $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, can be calculated according to the following equation:

$$C = \frac{(M_2 - M_1 - B)}{V_s}$$

Where:

M_1 = mass of filter (plus cassette where used) before sampling (mg)

M_2 = mass of filter (plus cassette where used) after sampling (mg)

B = average mass change of blanks (mg)

V_s = volume of air sampled (m^3)

Method performance

70 The aerosol sampling methods described in this procedure are suitable for the determination of most types of aerosols in workplace air and have been evaluated in laboratory and field trials^{10,14-23} to demonstrate compliance with the required sampling conventions.²

Limit of detection and limit of quantification

71 Both the limit of detection (LOD) and the limit of quantification (LOQ) of the methods covered in this document depend on the volume of air sampled, the sensitivity of the balance and the weight stability of the sampling media used within the sampling instruments described. Detailed information on the determination of the LOD and LOQ for gravimetric analysis of airborne dust samples can be found in ISO 15767.⁹ In practice, it is convenient for the LOD of the gravimetric analysis to be determined as three times the standard deviation of the weight changes of the blank samples.

Sampling errors

Concentration bias and precision

72 Aerosols are often non-uniform in the workplace and the concentration to which the sampler is exposed is not necessarily the same as the concentration to which the person is exposed. This is particularly the case for larger-sized inhalable particles. It is usually the main source of measurement error, compared to instrument and analytical bias and precision. Sampling errors caused by concentration non-uniformity can be minimised by siting the sampler within the breathing zone of the worker, close to the nose and mouth.

Instrument bias and precision

73 No sampling instrument will exactly match the target specifications defined in ISO 7708¹ under all workplace conditions. The samplers listed in this procedure meet the required specifications over a reasonable range of conditions as laid down in EN 13205.¹³

Analytical bias and precision

74 Compared to sampling errors caused by variability in concentration of the workplace aerosol the analytical bias and precision are generally low. Details are given in ISO 15767⁹ and should be consulted to minimise substrate weighing errors.

Expanded uncertainty

75 Samplers meeting the requirements of EN 13205¹³ will have accuracy better than or equal to 30%.

76 For the complete measurement procedure, the expanded uncertainty combines the uncertainty of:

- (a) the sampled volume;
- (b) the sampled fraction;
- (c) the transportation, storage, sample preparation etc;
- (d) the analytical method employed.²⁴

Appendix: Types of aerosol samplers

Inhalable samplers

1 Suitable samplers and typical operational flow rates are: the Institute of Occupational Medicine sampler (IOM, 2 l.min⁻¹, Figure 1), conical inhalable sampler (CIS, 3.5 l.min⁻¹), the button sampler (4 l.min⁻¹) and the multi-orifice sampler (2 l.min⁻¹).

2 The IOM sampler has been shown to give the best agreement with the inhalable convention¹ under the widest range of workplace conditions, and is the preferred method of sampling the inhalable aerosol. This sampler typically has a sampling bias of less than $\pm 5\%$. Other samplers may exhibit a larger bias under certain workplace conditions.¹⁴⁻¹⁶

3 It should be noted that the inhalable dust may not be determined by weighing the respirable cyclone and grit pot unless this has been demonstrated to be valid.

Thoracic samplers

4 The GK2.69 cyclone sampler (1.6 l.min⁻¹) and the PPI2 (2 l.min⁻¹) impactor are two types of thoracic sampler. The GK2.69 has shown good agreement with the thoracic convention.²⁵

Respirable samplers

5 The cyclone sampler of the generic Higgins-Dewell type (2.2 l.min⁻¹, Figure 2)²⁶ is recommended for use in the UK for optimal agreement with the respirable convention.^{1,2} Other suitable cyclone types that also agree with the respirable convention include the GS-3 cyclone (2.75 l.min⁻¹) and the GK2.69 cyclone (4.2 l.min⁻¹).

6 Higher flow rate samplers are the PGP10 (10.0 l.min⁻¹),²⁷⁻²⁹ the BGI GK4.162 (8.5 to 9.5 l.min⁻¹) cyclone samplers³⁰ and the PPI8 impactor (8.0 l.min⁻¹).

Multi-fraction samplers

7 These samplers allow the concentration of several health-related size fractions to be measured simultaneously.

8 Examples of samplers that directly measure the size fractions are:

- (a) IOM 'multidust' dual-fraction respirable sampler (inhalable and respirable fraction) which operates at 2 l.min⁻¹;
- (b) CIS multi-fraction respirable sampler (inhalable, thoracic and respirable fractions) which operates at 3.5 l.min⁻¹;
- (c) Respicon sampler (inhalable, thoracic and respirable fractions).

9 The IOM and CIS samplers aspirate the inhalable fraction and then use porous polyurethane foam inserts to select the respirable or thoracic fraction.

10 Some samplers determine the aerosol size distribution which is then processed by the application of the appropriate sampling convention (eg respirable) to determine the mass of inhaled aerosol. Examples of these samplers are the Marple and Mini-Moudie personal multistage cascade impactor samplers.

Additional information on samplers

11 The PPI8 impactor sampler removes larger particles by impacting and collecting them onto oiled disks. The respirable-sized particles are collected onto a backup filter. Care should be taken not to overload the disks as they will become less effective at capturing large particles and could result in over sampling as they are collected on the backup filter.

12 When using CIS multi-orifice sampler types, it is essential to handle the loaded samplers with great care before the filters are removed. Ideally, filters should be removed before transport to the laboratory in order to prevent movement of loose material within the sampling heads. If this is not carried out, material can fall from the insides of the sampler onto the filter, causing a positive sampling bias.

13 Some samplers utilise a metal or plastic cassette that is weighed together with the filter. Plastic cassettes may show large weight variations due to moisture absorption. They should therefore be conditioned and weighed in an environment where the temperature and humidity is carefully controlled. They may need to be left to condition for up to several weeks before stable weights are obtained. For the IOM sampler it is recommended that metal filter cassettes are used as these are much more weight stable.

14 The samplers should be regularly maintained and any O-rings checked on a regular basis to ensure they have not perished. Some samplers (eg IOM) have several versions, which may require O-rings in different locations. The location of any O-rings should be checked with the manufacturer's instructions to ensure they are correctly placed.

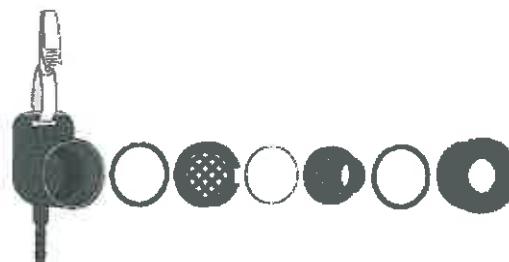


Figure 1 IOM inhalable dust sampler (parts from left to right: sampler body, body o-ring, cassette bottom, filter, cassette top, front plate o-ring, front plate)

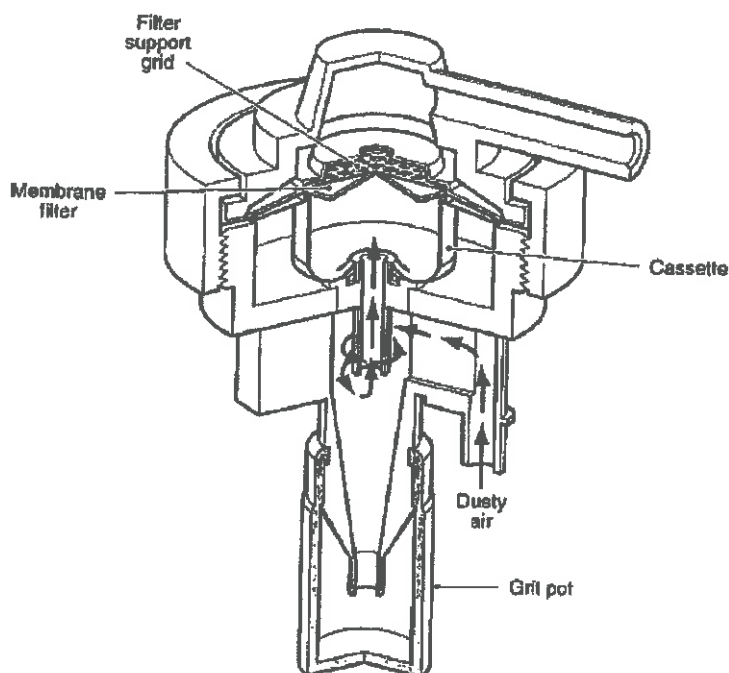


Figure 2 Cyclone respirable dust sampler

References

- 1 ISO 7708:1995 *Air quality: Particle size fraction definitions for health-related sampling* International Standards Organisation
- 2 BS EN 481:1993 *Workplace atmospheres: Size fraction definitions for measurement of airborne particles* British Standards Institution
- 3 EH40/2005 *Workplace exposure limits: Containing the list of workplace exposure limits for use with the Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (as amended)* Environmental Hygiene Guidance Note EH40 (Second edition) HSE Books 2011 ISBN 978 0 7176 6446 7 www.hse.gov.uk/pubns/books/eh40.htm
- 4 *Control of substances hazardous to health (COSHH). The Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (as amended). Approved Code of Practice and guidance L5 (Sixth edition)* HSE Books 2013 ISBN 978 0 7176 6582 2 www.hse.gov.uk/pubns/books/l5.htm
- 5 BS EN ISO 10882-1:2011 *Health and safety in welding and allied processes - Sampling of airborne particles and gases in the operators breathing zone* British Standards Institution
- 6 *Resin acids in rosin (colophony) solder flux fume* MDHS83/3 HSE 2014 www.hse.gov.uk/pubns/mdhs
- 7 *Organic isocyanates in air: Laboratory method with derivatisation in situ either on treated glass fibre filters or in solution using impingers with a treated back up filter in series, followed by high-performance liquid chromatography analysis* MDHS25/4 (Fourth edition) HSE Books 2014 www.hse.gov.uk/pubns/mdhs

- 8 *Monitoring strategies for toxic substances* HSG173 (Second edition) HSE Books 2006 ISBN 978 0 7176 6188 6 www.hse.gov.uk/pubns/books/hsg173.htm
- 9 BS ISO 15767:2009 *Workplace atmospheres: Controlling and characterizing errors in weighing collected aerosols* British Standards Institution
- 10 PD CEN/TR 15230:2005 *Workplace atmospheres: Guidance for sampling of inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions* British Standards Institution
- 11 Liden G, Surakka J 'A headset-mounted mini sampler for measuring exposure to welding aerosol in the breathing zone' *Ann Occup Hyg* 2009 53 99–116
- 12 BS EN ISO 13137:2013 *Workplace atmospheres: Pumps for personal sampling of chemical and biological agents. Requirements and test methods* British Standards Institution
- 13 prEN 13205:2012 *Workplace exposure: Assessment of sampler performance for measurement of airborne particle concentrations – Part 6: Transport and handling tests* British Standards Institution
- 14 Kenny L C et al 'A collaborative 'European study of personal inhalable aerosol sampler performance' *Ann Occup Hyg* 1997 41 135–153
- 15 Kenny L C, Aitken R J, Baldwin P E J, Beaumont G and Maynard A D 'The sampling efficiency of personal inhalable aerosol samplers in very low air movements' *J Aerosol Sci* 1999 30 627–638
- 16 Aizenberg V, Grinshpun S, Willeke K, Smith J, Baron PA 'Performance characteristics of the button personal inhalable aerosol sampler' *Am Ind Hyg Assoc J* 2000 61 398–404
- 17 Maynard A D, Kenny L C 'Performance assessment of three personal cyclone models, using the aerodynamic particle sizer' *J Aerosol Sci* 1995 26 (4) 671–684
- 18 Bartley D L, Chen C-C, Song R and Fischbach T J 'Respirable aerosol sampler performance testing' *Am Ind Hyg Assoc J* 1994 55 1036–1046
- 19 Kenny LC and Thompson J *Overview of findings from workplace comparisons of inhalable samplers* HSL project report 1998 IR/A/98/12
- 20 Vaughan N P, Chalmers C P, Botham R A 'Field comparison of personal samplers for inhalable dust' *Ann Occup Hyg* 1990 34 553–573
- 21 Kenny L C and Gussman R A 'Characterisation and modelling of a family of cyclone aerosol pre-separators' *J Aerosol Sci* 1996 28 677–688
- 22 Görner P and Fabriès J-F 'Industrial dust measurement according to the new sampling conventions' *Occupational Hygiene* 1996 3 361
- 23 Kenny L C, Chung K, Dilworth M, Hammond C, Wynn Jones J, Shreeve Z, Winton J 'Applications of low-cost, dual-fraction dust samplers' *Ann Occup Hyg* 2001 45 (1) 35–42
- 24 BS EN 482:2012 *Workplace exposure: General requirements for the performance of procedures for the measurement of chemical agents* British Standards Institution

- 25 Maynard A D 'Measurement of aerosol penetration through six personal thoracic samplers under calm air conditions' *J Aerosol Sci* 1999 **30** No 9. 1227–1242
- 26 Higgins R J, Dewell P 'A gravimetric size selecting personal dust sampler' The British Cast Iron Research Association *Inhaled particles II* 1967 575–586
ed C N Davies CN
- 27 Cossey J R and Vaughan N P 'A higher flow rate cyclone for determination of respirable dust' *Ann Occup Hyg* 1987 **31** (1) 39–52
- 28 Stacey P and Thorpe A *Testing of high flow rate respirable samplers to assess the technical feasibility of measuring 0.05 mg m⁻³ respirable crystalline silica*
HSE research report 2010 RR825
- 29 Lee T, Lee E G, Kim S W, Chisholm W P, Kashon M, Harper M 'Quartz measurement in coal dust with high-flow rate samplers: Laboratory study' *Ann Occup Hyg* 2011 1–13
- 30 Thorpe A *Evaluation of the penetration characteristics of a high flow rate personal cyclone sampler for NIOSH* Health and Safety Laboratory Report 2011 ECM/2011/03

You should use the most current edition of any standards listed.

Further information

For information about health and safety, or to report inconsistencies or inaccuracies in this guidance, visit www.hse.gov.uk/. You can view HSE guidance online and order priced publications from the website. HSE priced publications are also available from bookshops.

British Standards can be obtained in PDF or hard copy formats from BSI:
<http://shop.bsigroup.com> or by contacting BSI Customer Services for hard copies only Tel: 020 8996 9001 email: cservices@bsigroup.com.

This guidance is issued by the Health and Safety Executive. Following the guidance is not compulsory, unless specifically stated, and you are free to take other action. But if you do follow the guidance you will normally be doing enough to comply with the law. Health and safety inspectors seek to secure compliance with the law and may refer to this guidance.

This MDHS is available at: www.hse.gov.uk/pubns/mdhs

For further information about this method or other MDHS methods, please visit HSL's website: www.hsl.gov.uk or email: hslinfo@hsl.gov.uk

© Crown copyright If you wish to reuse this information visit www.hse.gov.uk/copyright.htm for details. First published 06/14.

TŁUMACZ PRZYSIĘGŁY

Marta Matuszewska

wpisana na listę tłumaczy przysięgłych Ministra Sprawiedliwości pod numerem TP/29/09
ul. Waniliowa 52, 55-300 Środa Śląska; tel. kom.: +48 666 044 561

POŚWIADCZONE TŁUMACZENIE Z JĘZYKA ANGIELSKIEGO

[Do tłumaczenia przedłożono 13-stronicowy tekst niesygnowany. W stopce stron 2-12 następujące informacje: Ogólne metody pobierania próbek oraz analizy grawimetrycznej aerozoli frakcji respirabilnej, torakalnej i wdychalnej; Strona [2-12] z 13.] -/-

[strony 1-13] -/-

[logo HSE] -/-

Health and Safety Executive -/-

MDHS14/4 -/-

Metody oznaczania substancji niebezpiecznych -/-

Laboratorium Bezpieczeństwa i Zdrowia -/-

Ogólne metody pobierania próbek oraz analizy grawimetrycznej frakcji respirabilnej, torakalnej i wdychalnej aerozoli -/-

Wstęp -/-

1 Niniejsza procedura ma na celu zapewnienie wskazówek osobom, które chcą pobierać frakcje respirabilne, torakalne i wdychalne aerozolu w powietrzu w celu monitorowania poziomu narażenia w miejscu pracy. Opisuje również analizę niniejszych frakcji przy użyciu techniki grawimetrycznej. -/-

2 Materiały niebezpieczne dla zdrowia często występują w miejscu pracy w postaci aerozoli. Terminem „aerozol” określa się każdą zawieszoną cząstkę w powietrzu, niezależnie od tego, czy stanowią one pył, włókna, opary, dym czy kropelki cieczy. Większość aerozoli składa się z cząstek o szerokim przedziale średnic. -/-

3 Zachowanie, osadzanie i dalsze zachowanie każdej cząstki po dostaniu się do układu oddechowego człowieka określa się przez charakter chemiczny i wielkość cząstki. Dla celów higieny pracy ważne jest uwzględnienie bieżącego stężenia i składu ziarnowego. -/-

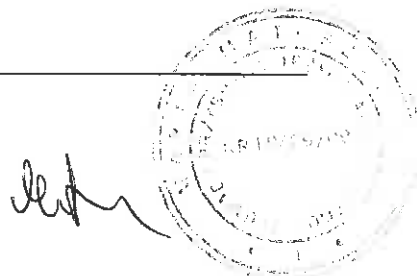
4 Możliwe jest zdefiniowanie składu ziarnowego aerozoli, który odnosi się do obszaru dróg oddechowych, w którym się osadzają. Konwencja dla niniejszych składów ziarnowych opisana jest w ISO 7708¹ lub BS EN 481.² Są to składy ziarnowe frakcji wdychalnej, torakalnej i respirabilnej. -/-

(a) Frakcja wdychalna – jest to w przybliżeniu frakcja materiału zawieszzonego w powietrzu, która dostaje się do nosa i ust podczas oddychania, a zatem może osadzać się w dowolnym miejscu dróg oddechowych. -/-

(b) Frakcja torakalna – jest to frakcja wdychanego materiału zawieszzonego w powietrzu, która przenika poza krtań. -/-

(c) Frakcja respirabilna - jest to frakcja wdychanego materiału zawieszzonego w powietrzu, która przenika do dolnego obszaru wymiany gazowej w płucach. -/-

5 Wskazania dotyczące składu ziarnowego odpowiedniego do pomiaru dla danego materiału niebezpiecznego dla zdrowia, można znaleźć w EH40/2005 „Dopuszczalne granice narażenia w



miejscu pracy³ oraz w zatwierdzonym kodeksie postępowania dotyczącym Przepisów dot. kontroli substancji niebezpiecznych dla zdrowia (COSHH)⁴.-/-

Zakres-/-

6 Metody opisane w niniejszej karcie MDHS są odpowiednie do pomiaru narażenia na stężenia większości aerozoli w miejscu pracy, które są związane ze zdrowiem. W niektórych przypadkach istnieją metody alternatywne (np. dymy spawalnicze,⁵ kalafonia⁶ i izocyjaniany⁷) i należy odnieść się do niniejszych konkretnych metod. Dla niektórych materiałów wymagany jest specjalny próbnik (np. próbnik typu IOM jest preferowanym próbnikiem dla pyłu bawełnianego⁴), aby rzetelnie przeprowadzić analizę. Stosowanie metod alternatywnych jest dopuszczalne pod warunkiem, że można wykazać ich dokładność i wiarygodność odpowiednią dla danego zastosowania.-/-

7 Niniejsza procedura opisuje analizę pobranego aerozolu przy użyciu techniki grawimetrycznej. Po pobraniu zmierzonej objętości powietrza przez uprzednio zważone medium zbierające (np. filtr lub piankę) zamontowane w odpowiednim próbniku z sortowaniem wg wielkości cząstek, stężenie masowe można następnie określić na podstawie masy zebranego aerozolu i objętości pobranej próbki powietrza.-/-

8 W przypadku, gdy wymagana jest dalsza analiza pod kątem określonych składników, należy zapoznać się z odpowiednimi metodami, aby zapewnić, że medium do pobierania próbek jest zgodne z techniką analizy.-/-

Rekomendowane pobieranie próbek-/-

9 Monitoring powietrza powinien być reprezentatywny dla okresów pracy osób narażonych. Ogólne wytyczne dotyczące monitorowania miejsca pracy podano w dokumencie „Strategie monitorowania substancji toksycznych” (HSG173).⁸-/-

10 Dłuższy czas pobierania próbek zapewnia cięższy osad i zmniejsza potencjalne niedokładności wynikające z ważenia. Zatem czas pobierania próbek powinien być tak długi, jak to jest racjonalnie możliwe:-/-

(a) Maksymalny czas pobierania próbek powinien obejmować całą zmianę, a w przypadku próbek krótkoterminowych – 15 minut. Pobieranie próbek w zależności od zadania powinno obejmować okres wykonywania zadania.-/-

(b) W przypadku średniej ważonej czasu (TWA) dla 8-godzinnego szacunkowego narażenia, minimalny okres pobierania próbek powinien wynosić co najmniej 25% zmiany,⁸ chociaż preferowane jest, aby czas pobierania próbek był nie krótszy niż cztery godziny.-/-

11 W celu uniknięcia przeciążenia próbnika w przypadku wysokich stężeń pyłu, należy zastosować kilka kolejnych próbników do porównania z dopuszczalnymi granicami narażenia w miejscu pracy (granice WEL, od ang. *Workplace Exposure Limits*), chociaż wystarczające informacje można uzyskać z jednej próbki.-/-

12 W przypadku stosowania pobierania próbek na zasadzie stałego punktu, próbniaki należy umieszczać mniej więcej na wysokości głowy, z dala od przeszkód, wlotów świeżego powietrza lub silnych powiewów wiatru. Procedury pobierania próbek są poza tym takie same jak w przypadku pobierania próbek osobistych.-/-

Wymagania wstępne-/-

13 Użytkownicy niniejszej procedury muszą być zaznajomieni z treścią dokumentu „Granice narażenia zawodowego” (EH40),³ „Strategie monitorowania substancji toksycznych” (HSG173)⁸ i BS ISO 15767.⁹-/-

Bezpieczeństwo-/-

14 Użytkownicy niniejszej procedury powinni przeprowadzić odpowiednią ocenę ryzyka. Obowiązkiem użytkownika jest ustanowienie odpowiednich praktyk w zakresie zdrowia i bezpieczeństwa oraz zapewnienie zgodności z wymogami prawnymi.-/-

Wyposażenie-/-

Wyposażenie do pobierania próbek aerozoli-/-

15 Należy używać odpowiedniego próbnika (patrz: Załącznik), który ma możliwość działania zgodnie ze składem ziarnowym danej frakcji (wdychalnej, torakalnej lub respirabilnej).^{1,2} Próbniki powinny być wstępnie oczyszczone, sprawdzone pod kątem wad i eksploatowane zgodnie z instrukcjami producenta.-/-

16 Niektóre próbniki są zaprojektowane tak, aby pobierać próbki ze składem ziarnowym różnych frakcji w ramach jednego próbnika i są określane jako próbniki wielofrakcyjne. Dostępne w handlu próbniki i odniesienia do opublikowanych raportów na temat ich działania są podane w PD CEN/TR 15230.¹⁰-/-

17 W przypadkach, gdy pracownicy noszą osłony twarzy, próbniki montowane na klapie lub kołnierzu są efektywnie zlokalizowane poza strefą oddychania pracownika. Próbnik na poziomie twarzy¹¹ jest przeznaczony do pomiaru manganu w aerozolu spawalniczym zgodnie z normą ISO 10882.⁵ Umożliwia on dokonywanie pomiarów narażenia w pobliżu ust pracownika i może być również wygodnie noszony wewnątrz przyłbic. Może być również stosowany do analizy innych metali w aerozolu spawalniczym oraz analizy grawimetrycznej aerozolu spawalniczego, ale z ograniczoną skutecznością pobierania próbek dla cząstek większych niż 20 µm.-/-

Media zbierające-/-

18 Wybór medium zbierającego (np. filtr, pianka lub płytka do metody impaktorowej) będzie podyktowany rodzajem próbnika, natężeniem przepływu próbnika i względami analitycznymi.-/-

19 W niektórych próbnikach media zbierające są przechowywane w kasetach i mogą być ważone razem (dodatkowe informacje na temat kaset z tworzywa sztucznego znajdują się w Załączniku). W innych próbnikach medium zbierające może znajdować się w uchwycie, który nie jest przeznaczony do ważenia. Należy zapoznać się z instrukcją obsługi producenta w celu ustalenia, które części próbnika należy uwzględnić w procedurze grawimetrycznej.-/-

Filtry-/-

20 Do pomiarów grawimetrycznych powszechnie stosuje się filtry z włókna szklanego, ale jeśli wymagana jest dalsza analiza chemiczna zebranego materiału, może to decydować o rodzaju wybranego medium zbierającego.-/-

21 Utrata włókien z filtrów z włókna szklanego może wystąpić podczas przenoszenia i może być znaczna, jeśli nie są ważone w kasecie. Należy rozważyć zastosowanie filtrów membranowych, aby zredukować ten problem.-/-



22 Niektóre materiały filtracyjne (np. nitroceluloza) mogą wykazywać nadmierną zmianę masy w wyniku absorpcji wilgoci, a inne rodzaje (np. PVC, PTFE) mogą wykazywać nadmierne gromadzenie się ładunków statycznych. Filtry z mieszanych estrów celulozy mają mniejszą podatność na te czynniki.-/-

23 W przypadku filtrów membranowych, wybór wielkości porów filtra zależy od składu ziarnowego zbieranego aerozolu i natężenia przepływu próbnika. Zaleca się stosowanie możliwie największego rozmiaru porów, aby zminimalizować spadek ciśnienia na filtrze. W celu dobrania optymalnego filtra do danego zastosowania należy skonsultować się z producentem lub analitykiem.-/-

Inne wyposażenie-/-

24 Waga powinna być skalibrowana względem wzorca pierwotnego do ważenia mediów do pobierania próbek. Waga powinna być zdolna do ważenia z dokładnością co najmniej 10 µg, a najlepiej 1 µg. Waga powinna zostać sprawdzona względem skalibrowanego wzorca masy zgodnego z normami międzynarodowymi w odstępach czasu zalecanych przez producenta i bezpośrednio przed ważeniem mediów do pobierania próbek.-/-

25 Waga i ważone media do pobierania próbek powinny być umieszczone w pomieszczeniu z kontrolą temperatury i wilgotności w zakresie określonym przez producenta wagi. Norma BS ISO 15767⁹ stanowi, że wilgotność powinna być stała w granicach ±5%, a temperatura ±2°C.-/-

26 Podczas ważenia filtrów należy używać urządzenia do usuwania elektryczności statycznej.-/-

27 Do przenoszenia filtrów należy używać szczypec z płaską końcówką.-/-

28 Należy używać pojemników na filtry lub kaset na próbki, klipsów transportowych i pojemnika transportowego, aby bezpiecznie przetransportować próbki z miejsca pobrania do laboratorium analitycznego.-/-

29 Pompy do pobierania próbek osobistych spełniające wymagania normy BS EN ISO 13137¹² należy obsługiwać zgodnie z instrukcją producenta. Pompy do pobierania próbek powinny posiadać co najmniej następujące cechy:-/-

(a) automatyczna regulacja przepływu, która utrzymuje objętościowe natężenie przepływu w granicach $\pm 0,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ w przypadku zmieniającego się ciśnienia wstecznego spowodowanego obciążeniem filtra;-/-

(b) wskaźnik nieprawidłowego działania, który po zakończeniu pobierania próbek wskazuje, że przepływ powietrza został zmniejszony lub zakłócony podczas pobierania próbek, lub automatyczny wyłącznik, który zatrzymuje przepływ pompy w przypadku jego zmniejszenia lub zakłócenia;-/-

(c) urządzenie do regulacji natężenia przepływu, które zapobiega niezamierzonej regulacji podczas użytkowania;-/-

(d) przepływ z tłumieniem pulsacji dla próbników cyklonowych.-/-

30 Elastyczne rurki z tworzywa sztucznego powinny mieć odpowiednią średnicę do wykonania szczelnego połączenia z głowicy do pobierania próbek do pompy. W przypadku pobierania próbek osobistych, pasy lub szelki powinny umożliwiać przymocowanie aparatu do pobierania próbek.-/-

31 Powinien występować przenośny przepływomierz, skalibrowany względem wzorca pierwotnego przy danych wartościach przepływu, z niepewnością pomiaru mniejszą niż $\pm 2,5\%$.¹⁰-/-

32 W celu dokładnego ustawienia natężenia przepływu przez próbnik należy połączyć głowicę do pobierania próbek z przepływomierzem za pomocą odpowiedniego adaptera.-/-

33 Licznik czasu (timer) powinien określać czas włączenia i wyłączenia pompy.-/-

Przygotowanie i pobieranie próbek-/-

Ważenie podłoża-/-

Procedura dla mediów przed i po pobraniu próbek (w kasetach, jeśli są używane)-/-

34 Zaleca się, aby procedura ważenia była udokumentowana w celu zapewnienia spójności podejścia.-/-

35 Przed pobraniem próbek należy umieścić wystarczającą ilość podłoża do pobierania próbek w odpowiednich pojemnikach, z uchylonymi pokrywami i pozostawić do zrównoważenia na noc w pomieszczeniu wagowym. Niektóre podłoża lub kasety mogą potrzebować więcej czasu na zrównoważenie. Dla większości próbek powietrza i mediów, kondycjonowanie przez noc jest zadowalające, ale niektóre podłoża lub kasety mogą potrzebować znacznie więcej czasu na zrównoważenie. Dalsze wytyczne podane są w BS ISO 15767.⁹-/-

36 Jako minimum, wymagana jest jedna ślepa próba terenowa (z miejsca pobierania) na każde dziesięć zebranych próbek, z minimum trzema ślepych próbkami na każdą partię próbek. Ślepa próba terenowa jest używana do korekty wszelkich zmian masy spowodowanych warunkami atmosferycznymi i postępowaniem się mediami podczas pobierania próbek. Z tego powodu istotne jest, aby ślepe próby terenowe były wystawione na działanie tych samych warunków co próbki, poza okresem pobierania próbek. Dodatkowo do ślepych prób terenowych, analityk ma możliwość przygotowania ślepych prób laboratoryjnych, które mogą być wykorzystane do oceny precyzji ważenia.-/-

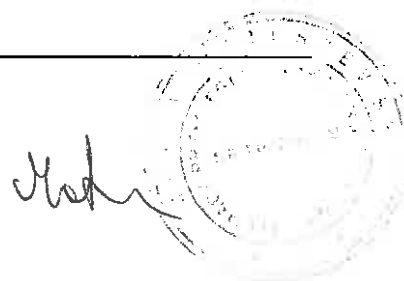
37 Podobnie, próbki pobierane po realizacji i próby ślepe należy zrównoważyć w pomieszczeniu wagowym w momencie odbioru. Pojemniki transportowe (kasety, klipsy, itp.) należy sprawdzić wzrokowo pod kątem śladów naruszenia materiału z filtrów. Konieczne może być opracowanie i udokumentowanie specjalnych procedur transportowych dla próbek aerozolowych w celu zminimalizowania strat podczas transportu.¹³ Na kasetach do pobierania próbek może znajdować się jakiś materiał, który będzie stanowił część próbki, dlatego należy się z nimi obchodzić ostrożnie, aby uniknąć naruszenia osadu. Podobnie, na zewnątrz kaset z próbkami mogą znajdować się osady, które nie stanowią części próbki i powinny być usunięte przed ważeniem.-/-

38 Przed ważeniem jakichkolwiek mediów do pobierania próbek należy potwierdzić zadowalające działanie wagi poprzez zastosowanie skalibrowanego wzorca masy.-/-

39 Przed ważeniem należy przepuścić media przez urządzenie do usuwania elektryczności statycznej, aby rozproszyć wszelkie ładunki elektrostatyczne.-/-

40 Ważne jest, aby upewnić się, że waga ustabilizowała się przed zapisaniem każdej masy i że po każdym ważeniu waga powróciła do stanu zerowego.-/-

41 Próby ślepe należy przeplatać z próbkami, przed i po pobraniu próbek, aby wykryć systematyczne zmiany w ważeniu lub masie podłoża (np. z powodu sorpcji lub odparowania zanieczyszczenia podczas ważenia).-/-



42 Granica wykrywalności (LOD) procedury ważenia może być określona na podstawie trzykrotnego odchylenia standardowego zmian masy wszystkich ślepych prób terenowych.-/-

43 Zmiany masy próbek, które są mniejsze niż granica wykrywalności, powinny być zgłaszane jako mniejsze niż LOD.-/-

44 Konwencja pobierania próbek frakcji wdychalnej jest niezdefiniowana dla aerozoli o średnicach aerodynamicznych powyżej 100 μm . W przypadku gdy takie duże cząstki są obserwowane na mediach do pobierania próbek, należy to odnotować w sprawozdaniu analityka. Podobnie, obserwacje takie jak nietypowe wzory osadzania cząstek powinny być odnotowane w sprawozdaniu analityka.-/-

Pobieranie próbek-/-

45 Rodzaj próbnika, który należy zastosować, zależy od wielu czynników, w tym od danego składu ziarnowego frakcji i podejrzewanych stężeń aerozolu. W większości przypadków dokładnie mierzalna masa może być zebrana dla próbek długoterminowych (ponad 4 godziny) przy użyciu próbnika działającego w zakresie 2 $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$. Próbnyk o wyższym natężeniu przepływu zapewnia niższą wartość LOD dla danego okresu pobierania próbek i może być preferowany w przypadku krótszych okresów pobierania próbek lub gdy stężenie aerozolu jest niskie.-/-

46 Ustawić urządzenie do pobierania próbek w niezanieczyszczonym obszarze (najlepiej w ciągu godziny od rozpoczęcia pobierania próbek).-/-

47 Podłączyć urządzenie do pobierania próbek i medium zbierające do pompy do pobierania próbek (z wyłączeniem ślepych prób).-/-

48 Zdjąć wszelkie osłony lub pokrywy ochronne z próbnika, włączyć pompę do pobierania próbek i pozwolić na ustabilizowanie się przepływu pompy zgodnie z instrukcjami producenta. Przymocować skalibrowany przepływomierz do wlotu próbnika (używając adaptera, jeżeli jest wymagany), tak aby mierzył on przepływ przez wlot. Ustawić natężenie przepływu próbnika w granicach $\pm 0,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ zalecanego natężenia przepływu.-/-

49 Przeprowadzić próbę szczelności poprzez zakrycie wlotu próbnika lub „załamanie” jego przewodu. Jeżeli pompa nie zatrzymuje się, może to oznaczać nieszczelność i należy to naprawić. Po zakończeniu kontroli wyłączyć pompę i ponownie założyć pokrywkę na próbnik.-/-

50 Jeżeli temperatura, wilgotność i ciśnienie w środowisku, w którym próbnyki mają być używane, różnią się znacznie od tego, w którym ustawiono natężenie przepływu, objętościowe natężenie przepływu może ulec zmianie i należy je ponownie wyregulować tuż przed pobraniem próbki.-/-

51 Próbnyk powinien być przymocowany do górnej części klatki piersiowej lub kłapy pracownika, w odległości nie większej niż 30 cm od okolicy nosa i ust. Pobieranie próbek na zasadzie stałego punktu może być stosowane do określenia poziomów tła aerozolu w miejscu pracy, chociaż nie jest właściwe porównywanie próbek tła z granicami narażenia w miejscu pracy.-/-

52 Próbnyki nie są na ogół wrażliwe na orientację, ale cyklony powinny być w miarę możliwości mocowane z pojemnikiem na drobne zanieczyszczenia mechaniczne u podstawy, jak pokazano na Rysunku 2 na stronie 11.-/-

53 Pompę należy przymocować do pasa lub szelek w taki sposób, aby była jak najmniej uciążliwa dla pracownika, oraz bezpiecznie zabezpieczyć wszelkie przewody służące do połączenia próbnika z pompą.-/-

54 Należy upewnić się w możliwie jak największym stopniu, że pozycja, w której zamontowany jest próbnik, odzwierciedla narażenie pracownika. Powinno to obejmować rozważenie charakteru wykonywanych procesów i tego, czy mogą one powodować niejednolite stężenie aerozolu w strefie oddychania.-/-

55 Po przygotowaniu do rozpoczęcia pobierania próbek należy zdjąć pokrywę ochronną. Jeżeli pompa jest wyposażona w zintegrowany licznik czasu (timer), należy upewnić się, że jest on wyzerowany. Włączyć pompę i zapisać czas.-/-

56 Podczas pobierania próbek należy okresowo sprawdzać próbnik i pompę, aby upewnić się, że sprzęt nadal działa, a w razie potrzeby ponownie zmierzyć natężenie przepływu i zapisać nowe wartości.-/-

57 Dla każdej próbki należy zapisać tożsamość próbki, czas włączenia i wyłączenia (oraz kiedy sprawdzano natężenia przepływu), objętościowe natężenie przepływu i inne istotne informacje dotyczące pobierania próbek.-/-

58 Na koniec okresu pobierania próbek należy zmierzyć natężenie przepływu, wyłączyć pompę, zapisać odczyt licznika czasu pracy pompy lub zapisać godzinę i założyć pokrywę ochronną. Ostrożnie usunąć sprzęt do pobierania próbek, nie narażając go na wstrząsy mechaniczne. Cyklony po wyłączeniu należy utrzymywać w pozycji pionowej, aby uniknąć przedostania się zawartości pojemnika na drobne zanieczyszczenia mechaniczne na filtr.-/-

59 Najlepiej w czystym miejscu, na koniec okresu pobierania próbek należy usunąć z próbników media do pobierania próbek w celu ich przetransportowania.-/-

(a) W przypadku próbników wykorzystujących kasetę wewnętrzną (np. próbnik typu IOM) należy wyjąć kasetę z każdego próbnika i zamknąć ją za pomocą klipsa transportowego dostarczonego przez producenta.-/-

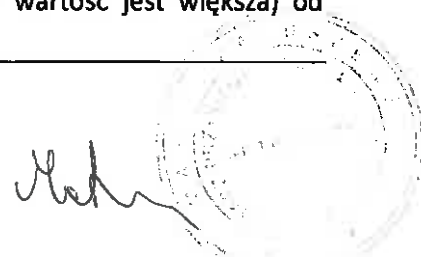
(b) W przypadku innych rodzajów mediów do pobierania próbek (np. filtrów) należy wyjąć filtr przy użyciu szczypec z płaską końcówką i umieścić w oznakowanym pojemniku do transportu filtrów. Należy zachować szczególną ostrożność, aby zapobiec unoszeniu się pyłu z mocno obciążonych filtrów.-/-

60 Alternatywnie, praktycznym rozwiązaniem może być zamknięcie próbników pokrywą i zwrócenie do laboratorium w celu demontażu.-/-

61 Próbkę i ślepe próby należy przewieźć do laboratorium w oznakowanym pojemniku, który jest odpowiedni do zapobieżenia uszkodzeniom lub zakłóceniom podczas transportu.-/-

62 Należy obliczyć czas trwania okresu pobierania próbek i sprawdzić go z czasem zarejestrowanym na odczycie z pompy. Próbkę należy uznać za nieważną, jeżeli oba czasy pobierania próbek różnią się o więcej niż 5%, ponieważ może to wskazywać, że pompa nie pracowała przez cały okres.-/-

63 W przypadku próbników typu cyklon próbka jest nieważna, jeżeli końcowe natężenie przepływu różni się o więcej niż $0,1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ lub 5% (w zależności od tego, która wartość jest większa) od



początkowego natężenia przepływu. W przypadku, gdy próbka jest ważna, należy przyjąć, że średnie objętościowe natężenie przepływu jest dokładnie równe zalecanemu natężeniu przepływu.-/-

64 Istnieją różne czynniki, które mogą wpływać na ważność zebranej próbki aerozolu, takie jak:-/-

(a) obecność wyrzucanych cząstek (np. fragmenty metalu z procesów szlifowania) lub rozprysków (np. olej mineralny) dostających się do próbnika;-/-

(b) duże cząstki dostające się do próbnika, które wykraczają poza definicję frakcji wdychalnej (tj. cząstki o średnicy aerodynamicznej większej niż 100 μm)-/-

(c) straty podczas transportu (np. cząstki wypadające z filtra)-/-

65 W niektórych przypadkach, gdy stężenia aerozolu są niezwykle wysokie, zmienne lub występują znaczne cząstki wyrzucane, uzasadnione jest założenie, że próbnik może być niereprezentatywny dla indywidualnego narażenia. Niniejsze należy odnotować podczas pobierania próbek i albo pominąć wynik, albo potraktować go jako „najgorszy przypadek” oszacowania osobistego narażenia. Jeżeli obecne są cząstki wyrzucane, wówczas w celu dokonania korekty pod kątem cząstek niewdychanych można użyć próbnika bezpompowanego umieszczonego obok próbnika pompowego.-/-

66 W przypadku próbek, które mogą być wykorzystane do dalszej analizy (np. metale), należy rozważyć wpływ strat w próbce (np. straty na wewnętrznych ściankach kasety typu IOM) i w miarę możliwości zredukować je.-/-

Obliczanie stężenia aerozolu w powietrzu-/-

Objętość próbki powietrza-/-

67 Obliczyć objętość pobranej próbki powietrza, V_s , w m^3 , dla każdej próbki powietrza, mnożąc średnie objętościowe natężenie przepływu w metrach sześciennych na minutę (litry na minutę podzielone przez 1000) przez czas pobierania próbek w minutach.-/-

68 W przypadku, gdy natężenie przepływu sprawdzano w okresie pobierania próbek, powyższe obliczenia można przeprowadzić dla każdego okresu czasu, a V_s wyznaczyć przez zsumowanie objętości pobranej próbki w każdym okresie czasu.-/-

Stężenie aerozolu-/-

69 Zmierzone stężenie aerozolu, C , w $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, można obliczyć według następującego równania:

$$C = \frac{(M_2 - M_1 - B)}{V_s}$$

Gdzie:-/-

M_1 = masa filtra (plus kasetka, jeżeli jest używana) przed pobraniem próbki (mg) -/-

M_2 = masa filtra (plus kasetka, jeżeli jest używana) po pobraniu próbki (mg)-/-

B = średnia zmiana masy ślepych prób (mg)-/-

V_s = objętość pobranej próbki powietrza (m^3)-/-

Działanie metody-/-

70 Metody pobierania próbek aerozoli opisane w niniejszej procedurze są odpowiednie do oznaczania większości rodzajów aerozoli w powietrzu w miejscu pracy i zostały ocenione w badaniach laboratoryjnych i terenowych^{10,14-23} w celu wykazania zgodności z wymaganymi konwencjami pobierania próbek.²-/-

Granica wykrywalności i granica oznaczalności-/-

71 Zarówno granica wykrywalności (LOD od ang. *limit of detection*) jak i granica oznaczalności (LOQ od ang. *limit of quantification*) metod objętych niniejszym dokumentem zależy od objętości próbkowanego powietrza, czułości wagi i stabilności wagowej mediów do pobierania próbek stosowanych w opisanych przyrządach do pobierania próbek. Szczegółowe informacje na temat wyznaczania granic LOD i LOQ dla analizy grawimetrycznej próbek pyłu zawieszanego w powietrzu można znaleźć w normie ISO 15767.⁹ W praktyce wygodnie jest wyznaczać granicę LOD analizy grawimetrycznej jako trzykrotność odchylenia standardowego zmian masy prób ślepych.-/-

Błędy pobierania próbek-/-

Obciążenie (błąd systematyczny) i precyzja w zakresie stężenia-/-

72 Aerozole są często niejednolite w miejscu pracy i stężenie, na które narażony jest próbnik, niekoniecznie jest takie samo jak stężenie, na które narażona jest osoba. Dotyczy to w szczególności cząstek wdychalnych o większych rozmiarach. Jest to zazwyczaj główne źródło błędu pomiarowego, w porównaniu do obciążenia (błędu systematycznego) i precyzji w zakresie przyrządu i metod analitycznych. Błędy pobierania próbek spowodowane niejednorodnością stężenia można zminimalizować poprzez umieszczenie próbnika w strefie oddychania pracownika, blisko nosa i ust.-/-

Obciążenie (błąd systematyczny) i precyzja w zakresie przyrządów-/-

73 Żaden przyrząd do pobierania próbek nie będzie dokładnie odpowiadał specyfikacjom docelowym określonym w ISO 7708¹ w każdych warunkach pracy. Próbniki wymienione w niniejszej procedurze spełniają wymagane specyfikacje w rozsądnym zakresie warunków, jak określono w normie EN 13205.¹³-/-

Obciążenie (błąd systematyczny) i precyzja w zakresie metod analitycznych-/-

74 W porównaniu z błędami pobierania próbek spowodowanymi zmiennością stężenia aerozolu w miejscu pracy, błąd systematyczny i precyzja w zakresie metod analitycznych są na ogół niskie. Szczegóły podano w normie ISO 15767⁹, z którą należy się zapoznać, aby zminimalizować błędy ważenia podłoża.-/-

Niepewność rozszerzona-/-

75 Próbniki spełniające wymagania normy EN 13205¹³ będą miały dokładność lepszą lub równą 30%. -/-

76 W przypadku pełnej procedury pomiarowej niepewność rozszerzona łączy niepewność związaną z:-/-

(a) próbkowaną objętością;-/-

(b) próbkowaną frakcją;-/-

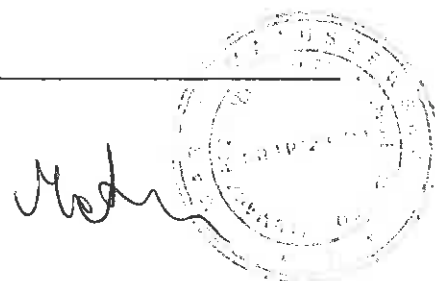
(c) transportem, przechowywaniem, przygotowaniem próbki, itp;-/-

(d) zastosowaną metodą analityczną.²⁴-/-

Załącznik: Rodzaje próbników aerozoli-/-

Próbniki do frakcji wdychalnej-/-

1 Odpowiednimi próbnikami i typowymi przepływami eksploatacyjnymi są: próbnik Instytutu Medycyny Pracy typu IOM (IOM od ang. *Institute of Occupational Medicine*), 2 l.min⁻¹, Rysunek 1),



stożkowy próbnik do frakcji wdychalnej, (CIS od ang. *Conical Inhalabl Sampler*, $3,5 \text{ l.min}^{-1}$), próbnik guzikowy typu *Button Sampler* (4 l.min^{-1}) i próbnik wielootworowy typu *Multi-Orifice* (2 l.min^{-1}).-/-

2 Wykazano, że próbnik typu IOM daje najlepszą zgodność z konwencją pobierania próbek frakcji wdychalnej¹ w najszerszym zakresie warunków miejsca pracy i jest preferowaną metodą pobierania próbek aerozolu frakcji wdychalnej. Próbnik ten ma zazwyczaj błąd systematyczny próbkowania mniejszy niż $\pm 5\%$. Inne próbniiki mogą wykazywać większy błąd systematyczny w pewnych warunkach miejsca pracy.¹⁴⁻¹⁶-/-

3 Należy zauważyć, że nie wolno określać pyłu wdychalnego poprzez ważenie cyklonu do frakcji respirabilnej i pojemnika na drobne zanieczyszczenia mechaniczne, chyba że wykazano, że jest to ważne.-/-

Próbniki do frakcji torakalnej-/-

4 Próbnik cyklonowy GK2.69 ($1,6 \text{ l.min}^{-1}$) i impaktor PPI2 (2 l.min^{-1}) to dwa rodzaje próbników do frakcji torakalnej. GK2.69 wykazał dobrą zgodność z konwencją pobierania próbek frakcji torakalnej.²⁵-/-

Próbniki do frakcji respirabilnej-/-

5 Próbnik cyklonowy typu Higgins-Dewell ($2,2 \text{ l.min}^{-1}$, Rysunek 2)²⁶ jest zalecany do stosowania w Wielkiej Brytanii w celu uzyskania optymalnej zgodności z konwencją pobierania próbek frakcji respirabilnej.^{1,2} Inne odpowiednie typy cyklonów, które również są zgodne z konwencją pobierania próbek frakcji respirabilnej, to cyklon GS-3 ($2,75 \text{ l.min}^{-1}$) i cyklon GK2.69 ($4,2 \text{ l.min}^{-1}$).-/-

6 Próbniki o większym natężeniu przepływu to PGP10 ($10,0 \text{ l.min}^{-1}$),²⁷⁻²⁹ próbniiki cyklonowe BGI GK4.162 ($8,5 \text{ do } 9,5 \text{ l.min}^{-1}$)³⁰ oraz impaktor PPI8 ($8,0 \text{ l.min}^{-1}$).-/-

Próbniki wielofrakcyjne-/-

7 Próbniki te umożliwiają jednoczesny pomiar stężenia składu ziarnowego kilku frakcji związanych z ochroną zdrowia.-/-

8 Przykładami próbników, które bezpośrednio mierzą składy ziarnowe kilku frakcji są:-/-

(a) próbnik do frakcji respirabilnej typu IOM, z wkładką „multidust” do dwóch frakcji (frakcje wdychalna i respirabilna), który pracuje z przepływem 2 l.min^{-1} ;-/-

(a) próbnik do frakcji respirabilnej typu CIS, wielofrakcyjny (frakcje wdychalna, torakalna i respirabilna), który pracuje z przepływem $3,5 \text{ l.min}^{-1}$;-/-

(c) próbnik Respicon (frakcje wdychalna, torakalna i respirabilna).-/-

9 Próbniki typu IOM i CIS zasysają frakcję wdychalną, a następnie wykorzystują wkłady z porowatej pianki poliuretanowej do selekcji frakcji respirabilnej lub torakalnej.-/-

10 Niektóre próbniiki określają rozkład wymiarów cząstek aerozolu, który jest następnie przetwarzany przez zastosowanie odpowiedniej konwencji pobierania próbek (np. frakcji respirabilnej) w celu określenia masy wdychanego aerozolu. Przykładami takich próbników są osobiste wielostopniowe próbniiki kaskadowe Marple i Mini-Moudie.-/-

Dodatkowe informacje na temat próbników-/-

11 Próbnik typu impaktor PPI8 usuwa większe cząstki poprzez zderzenie i zbieranie ich na dyski z nałożonym olejem. Cząstki o wielkości frakcji respirabilnej są zbierane na filtrze zapasowym. Należy uważać, aby nie przeciążyć dysków, ponieważ staną się one mniej skuteczne w przechwytywaniu dużych cząstek i mogą spowodować nadmierne próbkowanie, ponieważ są one zbierane na filtrze zapasowym.-/-

12 W przypadku stosowania próbników wielootworowych typu CIS, należy bardzo ostrożnie obchodzić się z załadowanymi próbnikami przed wyciągnięciem filtrów. Najlepszym rozwiązaniem jest wyciągnięcie filtrów przed transportem do laboratorium, aby zapobiec przemieszczaniu się luźnego materiału w głowicach do pobierania próbek. W razie niedokonania tej czynności, materiał może spaść z wnętrza próbniaka na filtr, powodując błąd systematyczny próbkowania o dodatniej wartości.-/-

13 Niektóre próbniaki wykorzystują kasetę metalową lub z tworzywa sztucznego, która jest ważona razem z filtrem. Kasety z tworzywa sztucznego mogą wykazywać duże wahania wagi z powodu wchłaniania wilgoci. Dlatego należy je kondycjonować i ważyć w środowisku, w którym temperatura i wilgotność są starannie kontrolowane. Może zaistnieć potrzeba pozostawienia ich w celu kondycjonowania do kilku tygodni, aby uzyskać stabilną wagę. W przypadku próbniaka typu IOM zaleca się stosowanie metalowych kaset na filtr, ponieważ są one znacznie bardziej stabilne wagowo.-/-

14 Próbniki powinny być regularnie konserwowane, a wszelkie pierścienie uszczelniające typu „O” regularnie sprawdzane, aby upewnić się, że nie uległy zniszczeniu. Niektóre próbniaki (np. typu IOM) mają kilka wersji, co może wymagać zastosowania pierścieni uszczelniających typu „O” w różnych miejscach. Lokalizacja wszelkich pierścieni uszczelniających typu „O” powinna być sprawdzona z instrukcją producenta, aby upewnić się, że są one prawidłowo umieszczone.-/-

[ilustracja]-/-

Rysunek 1: Próbnik pyłu do frakcji wdychalnej typu IOM (części od lewej do prawej: korpus próbniaka, pierścień uszczelniający typu „O” korpusu, tył kasety, filtr, przód kasety, pierścień uszczelniający typu „O” płytki przedniej, płytka przednia)-/-

[ilustracja]-/-

Filter support grid – Kratka podtrzymująca filtr-/-

Membrane filter – Filtr membranowy-/-

Cassette – Kasety-/-

Dusty air – Zapyłone powietrze-/-

Grit pot – Pojemnik na drobne zanieczyszczenia mechaniczne-/-

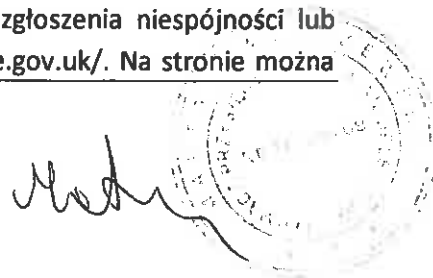
Rysunek 2; Próbnik pyłu do frakcji respirabilnej typu cyklon-/-

[Sekcja “REFERENCES” [Bibliografia] na stronach 11-13 nie została przetłumaczona na życzenie Klienta]-/-

Należy używać najbardziej aktualnych wydań wszelkich wymienionych norm.-/-

Dalsze informacje-/-

W celu uzyskania informacji na temat zdrowia i bezpieczeństwa lub zgłoszenia niespójności lub nieścisłości w niniejszych wytycznych, należy odwiedzić stronę www.hse.gov.uk/. Na stronie można



zapoznać się z wytycznymi HSE online i zamówić płatne publikacje. Płatne publikacje HSE są również dostępne w księgarniach.-/-

Normy Brytyjskie można uzyskać w formacie PDF lub w formie papierowej od BSI: <http://shop.bsigroup.com> lub kontaktując się z Biurem Obsługi Klienta BSI w przypadku wersji papierowej, Tel: 020 8996 9001, adres e-mail: cservices@bsigroup.com.-/-

Niniejsze wytyczne zostały wydane przez Health and Safety Executive. Przestrzeganie niniejszych wytycznych nie jest obowiązkowe, chyba że jest to wyraźnie określone, i można podjąć inne działania. Jednakże, zastosowanie się do niniejszych wytycznych umożliwia podjęcie wystarczających środków, aby zachować zgodność z prawem. Inspektorzy ds. zdrowia i bezpieczeństwa pracy starają się zapewnić zgodność z prawem i mogą odwoływać się do niniejszych wytycznych.-/-

Niniejsza karta MDHS jest dostępna pod adresem: www.hse.gov.uk/pubns/mdhs.-/-

Więcej informacji na temat niniejszej metody lub innych metod oznaczania substancji niebezpiecznych (MDHS) można uzyskać na stronie internetowej HSL: www.hsl.gov.uk lub wysyłając e-mail na adres: hslinfo@hsl.gov.uk.-/-

© Prawo autorskie do publikacji rządowych. Jeśli użytkownik chce ponownie zastosować niniejsze informacje, należy wejść na stronę www.hse.gov.uk/copyright.htm i zapoznać się ze szczegółowymi danymi. Data pierwszej publikacji: czerwiec 2014.-/-

[W stopce strony 13 następujące informacje: Opublikowane przez Health and Safety Executive; MDHS14/4; 06/14; Strona 13 z 13]-/-

Ja, tłumacz przysięgły Marta Matuszewska, poświadczam niniejszym zgodność powyższego tłumaczenia z okazanym mi niesygnowanym tekstem w j. angielskim w formie 13-stronicowego pliku w formacie Adobe Acrobat Document (.pdf) o następujących właściwościach: tytuł: mdhs14-4 (1); Rozmiar: 699 KB (bajtów: 715 925). Środa Śląska, dnia 31 lipca 2022r. Repertorium nr 59/07/2022.



Marta Matuszewska