

**Referencelaboratoriet for måling af emissioner til luften****Titel** **Dokumentation for kravet om 99% rensning for svejserøgfiltere****Undertitel****Forfatter(e)** **Ole Schleicher****Arbejdet udført, år** **2019****Udgivelsesdato** **Januar 2020****Revideret, dato** **-****Indholdsfortegnelse**

1	Indledning	2
1.1	Baggrund.....	2
1.2	Formål.....	2
2	Historik.....	2
3	Svejs- og skærerøg.....	3
3.1	Filtrering af svejs- og skærerøg	4
4	Standarder for test af filtre og filtermaterialer	5
4.1	DS/EN 60335-2-69:2012 Elektriske apparater til husholdningsbrug	5
4.2	DS/EN ISO 15012-1:2013	6
4.3	DS/EN 1822-1:2019 Højeffektive luftfiltre (EPA, HEPA og ULPA).....	6
4.4	DS/EN ISO 16890:2016 Luftfiltre til generel ventilation	7
4.5	Filterleverandørernes oplysninger om filterklasser.....	8
5	Diskussion og anbefaling.....	8

1 Indledning

1.1 Baggrund

I maskinværkstedsbekendtgørelsen /1/, standardvilkårsbekendtgørelsen /2/ og i svejserøgsvejledningen /3/ stilles der krav om at anvende et filter der kan tilbageholde mindst 99% af svejse- eller skærerøgen.

Der foreligger ingen dansk information eller anvisninger for, hvordan kravet om 99% rensning skal eller kan dokumenteres, hvilket giver problemer for både tilsynsmyndigheder, filterleverandører og virksomheder.

1.2 Formål

Formålet med denne rapport er at gennemgå eksisterende viden og at udarbejde et konkret forslag og vejledning til hvordan, det kan testes og dokumenteres, at kravet om 99% rensning opfyldes.

2 Historik

Kravet om 99% rensning for svejserøg stammer fra Svejserøgsvejledningen /3/. Her er der i tabel 1 på side 12 og tabel 4 på side 15 angivet vejledende regler for rensning og afkasthøjder for angivne svejsemetoder, som omfatter kravet om "Rensning med et filter, der er i stand til at tilbageholde mindst 99% af svejserøgen".

Baggrunden for kravet om 99% rensning for svejserøg er angivet i afsnit 5.2 om "Rensning og afkasthøjder" på side 10, hvor der står følgende:

Opdelingen i kolonnerne i tabel 1 er foretaget på baggrund af resultaterne af en afprøvning foretaget under produktionsforhold af FORCE INSTITUTTET.

De vejledende regler i tabellerne 1 og 4 gælder uanset om svejserøgen udledes gennem et eller flere afkast på virksomheden.

Afprøvningen viste, at tre forskellige filtersystemer alle havde en effektivitet, der var større end 99%. Endvidere viste afprøvningen, at massestrømmen ved alle tre afprøvninger var 0,9 mg svejserøg/s pr. svejsested ved svejsemetoderne MMA, FCA og MIG/MAG.

Det fremgår ikke eksplicit, at rensningsgraden er baseret på masse, men det antages at være tilfældet, da der omtales massestrøm, og måling af partikelantal ikke var almindeligt i 1997.

De tre filtersystemer der blev afprøvet var tre standardindustrifiltre til udsugning af svejserøg /13/. Prøvningen blev udført i november og december 1996 ved succesiv montage i det samme ventilationssystem på Odense Stålskibsværft A/S. Efter ca. 14 dages almindelig drift blev filtrenes rensningseffektivitet målt, og de viste følgende effektiviteter:

Filter	Effektivitet	Filtertype	Filtermedie
V.Å. Gram prøvefilter	99,86% ± 0,07%	Jetfiltersystem JF 77	Mikromelt NA 220 PES
Nordfab 1 prøvefilter	99,76% ± 0,07%	Kassettefilter FK25	NF142 med kalkstøv precoat
Nordfab 2 prøvefilter	99,19% ± 0,08%	Kassettefilter FK25	NF100 uden precoat

Rapport nr. 90

Dokumentation for kravet om 99% rensning for svejserøgfiltere

Målingerne viste en partikel koncentration (svejserøg) i tilgangen til filterene på mellem 13 og 15 mg/normal m³ og efter filterene på 0,02 til 0,13 mg/normal m³. For at opsamle nok støv ved prøvetagningen efter filterene, blev der suget mellem 4 og 5 m³ luft gennem prøvefilterene.

Med tilgangskoncentrationen på 13 til 15 mg/normal m³ svarer kravet om 99% rensning på de tre filtre reelt til, at de skal overholde en grænseværdi på mellem 0,13 og 0,15 mg/normal m³. Det er i samme størrelsesorden som detektionsgrænsen for almindelige, akkrediterede partikelemissionsmålinger. Der kan dog opnås lavere detektionsgrænser ved at øge den udsugede prøvemængde, som det også er gjort ved testen af de tre filtre.

Baggrunden for at fastsætte kravet om 99% rensning for svejse- og skærerøg har tilsyneladende udelukkende været testene på de tre filtre, for der omtales ikke nogen andre overvejelser, og der er heller ikke nogen anvisninger for, hvordan 99% rensning skal eller kan dokumenteres.

På etablerede filtre kan man naturligvis måle rensningseffektiviteten ved samtidige akkrediterede emissionsmålinger før og efter filteret. En filterleverandør har oplyst, at der typisk er en koncentration af svejse- og skærerøg på mellem 8 og 20 mg/normal m³ i udsugningen til filteret. Der skal derfor måles en emission efter filteret, som er i samme størrelsesorden som eller mindre end støvmålingens normale detektionsgrænse ved 1 times målinger. Det er således vanskeligt at benytte denne test, og den kan også være relativt dyr.

3 Svejse- og skærerøg

Svejse- og skærerøg kan komme fra mange forskellige svejse- og skæremetoder, som giver forskellige typer røg, med meget varierende partikelstørrelsesfordeling, og varierende koncentration i udsugningsluften. Fælles for alle er dog, at røgen hovedsageligt består af små og meget små partikler, hvilket er årsagen til at det kaldes røg.

Svejsning og skæring sker med en lokalt meget høj temperatur, hvor metallet, tilsatsmaterialer og evt. olie fordampes og/eller brænder, og efterfølgende kondenserer til hovedsageligt fine partikler, som kun i ringe grad når at vokse til større partikler ved yderligere kondensering på partiklerne og/eller agglomeration.

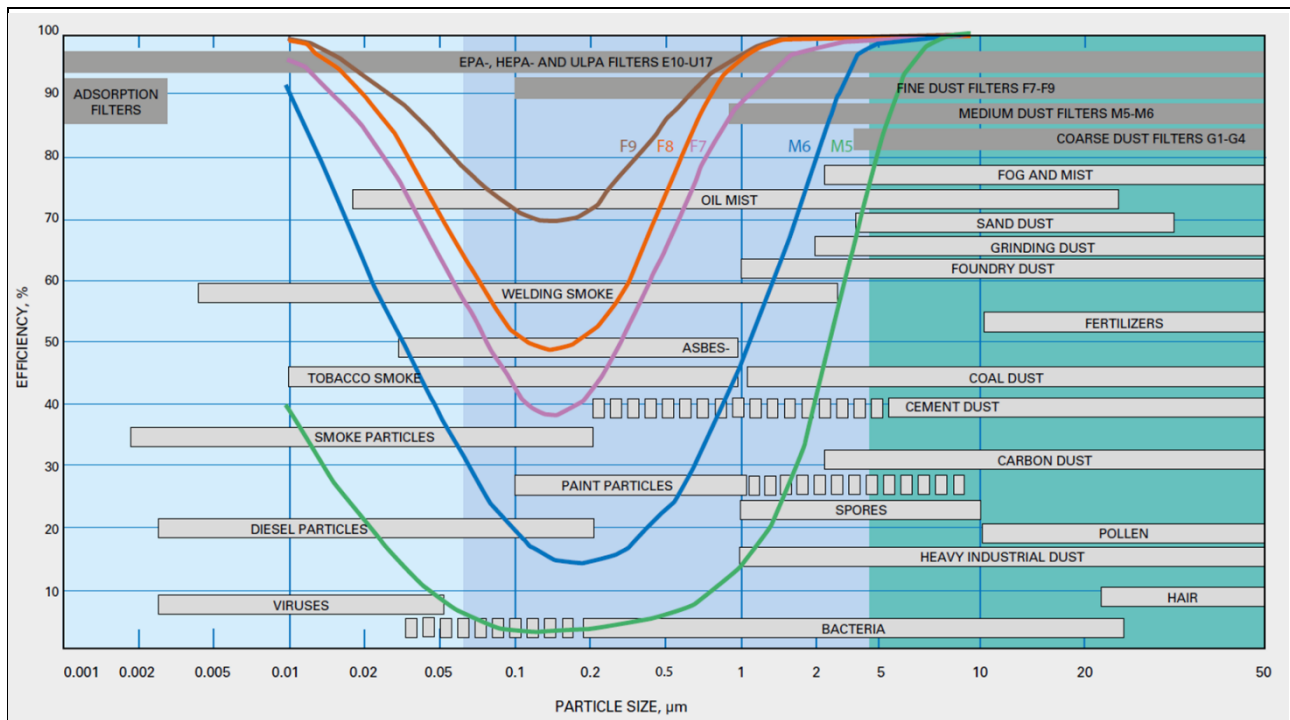
Mellem 47 og 85 % af partikelantallet i svejserøg er målt til at være mindre end 0,4 µm /11/. Vægtforholdet mellem to partikler med diameterforholdet 1:2 er 1:8, og de små partikler vejer således væsentlig mindre end de store. Vægtandelen af partikler mindre end 0,4 µm vil derfor være betydeligt mindre end 47-85%.

Ifølge N. T. Jenkins et. al udgør vægtandelen af partikler større end 1 µm i svejserøg fra mindre end 10% og op til 30% /11/.

Ud fra disse oplysninger vurderes det, at hovedvægten af partikler i svejserøg er mellem 0,4 µm og 1 µm.

Figur 1 viser typiske partikelstørrelsesområder for forskellige støvtyper, herunder svejserøg (welding smoke), som omfatter partikler fra omkring 0,004 µm og op til omkring 3 µm.

Figur 1. Partikelstørrelsesområdet for forskellige støvtyper /14/



De farvede kurver med minimum ved omkring 0,2 µm er forskellige filters filtreringseffektivitet afhængigt af partikelstørrelsen, hvor det er helt almindeligt at partikler i størrelsesområdet mellem 0,1 µm og 0,5 µm er de vanskeligste at frafiltrere.

Partikelstørrelsesfordelingen er vigtig for den samlede filtreringseffektivitet, og for svejse- og skærerøg er det også meget væsentligt, om partiklerne er fedtede og, om der er olie i røgen. Svejsning i oliebehandlede metaller og rustfrit stål og plasmaskæring giver typisk fedtet røg, hvilket har betydning for holdbarhed og valg af filtre, som bør være tefloncoatede, så partiklerne ikke hænger fast på filteroverfladen og kan blæses af ved regenerering af filteret.

3.1 Filtrering af svejse- og skærerøg

Da svejse- og skærerøg hovedsageligt består af små og meget små partikler, som tillige kan være fedtede og samtidigt indeholde olieaerosoler fra beskyttelse af metaloverfladerne, skal filtermaterialerne kunne håndtere den slags partikler.

En række danske leverandører af filtre til svejse- og skærerøg er kontaktet og spurgt om, hvilke filtertyper og -materialer de anvender i deres filtre.

Svarene er, at de generelt anvender filteranlæg med trykluftregenerering og filtre i flammehæmmet celluloseacetat eller polyester. Patronfiltre er det mest udbredte, men et par leverandører anvender også almindelige posefiltre. For at kunne håndtere olieaerosoler og fedtede partikler, som bl.a. altid forekommer ved svejsning i rustfrit stål, anvender de alle filtre med nanocoating eller teflonbelægning, så partiklerne ikke hænger fast på filteroverfladen ved regenerering af filteret. Nogle anvender også precoating af filtrene med kalk, hvilket neutraliserer eventuelle syrer, hvilket kan forbedre filtreringen og måske beskytte filtermaterialet bedre mod olieaerosoler og fedtede partikler, så levetiden forlænges.

4 Standarder for test af filtre og filtermaterialer

Der findes en række CEN standarder for test af filtre og filtermaterialer, som er mere eller mindre aktuelle og anvendelige til test af overholdelse af 99% rensning overfor svejse- og skærerøg med et højt indhold af meget små partikler.

Test af filtre i standarderne udføres ved anvendelse af forskellige typer teststøv eller aerosoler med veldefinerede partikelstørrelsesfordelinger, så det er væsentligt for vurdering af standardernes anvendelighed til svejse- og skærerøg, om teststøvet/aerosolen har en partikelstørrelsesfordeling, der nogenlunde svarer til den for svejse- og skærerøg. Der er identificeret fire standarder, som vurderes at kunne være relevante at anvende.

1. DS/EN 60335-2-69:2012 Elektriske apparater til husholdningsbrug o.l./4/:
2. DS/EN ISO 15012-1:2013 Arbejdsmiljø og sikkerhed ved svejsning og tilsvarende processer /5/
3. DS/EN 1822-1:2019 Højeffektive luftfiltre (EPA, HEPA og ULPA) /6/
4. DS/EN ISO 16890:2016 Luftfiltre til generel ventilation /7/, /8/, /9/ og /10/

4.1 DS/EN 60335-2-69:2012 Elektriske apparater til husholdningsbrug

Standarden er særligt rettet mod filtrene i støvsugere, som er specificeret i standardens Annex AA: Particular requirements for vacuum cleaners and dust extractors for the collection of hazardous dust.

Standarden anvendes dog til mange andre typer filtre end dem, der anvendes i støvsugere, hvilket også er rimeligt, da store filteranlæg fungerer som store støvsugere.

Standarden angiver tre klasser for filternes tilbageholdelseseffektivitet, som er fastsat i forhold til støvets farlighed, fordi luften fra støvsugere normalt udledes i arbejdsrummet. Klasserne og kravene til tilbageholdelse af støvet er:

Figur 2. Støv klasser i DS/EN 60335-2-69:2012

Støvklasse	Renseeffektivitet	Velegnet til støv med grænseværdi i arbejdsmiljøet på:
L	> 99 %	> 1 mg/normal m ³
M	> 99,9 %	> 0,1 mg/normal m ³
H	> 99,995 %	< 0,1 mg/normal m ³ (inklusive karcinogene og patogene stoffer)

Klasserne L og M testes med en støvkonzentration på 200 mg/normal m³ (± 20 mg/normal m³), hvor mindst 90% af partiklerne er mellem 0,2 μ m og 2 μ m. Partikelkonzentrationen før og efter testfilteret måles med et photometer eller andet partikelmålesystem, og filtereffektiviteten beregnes ud fra de to koncentrationer. Det er således ikke partiklernes masse, der måles, men en lysstråles spredning og refleksion fra partiklernes overflade, som ikke direkte korrelerer med massen. En partikel, der har den dobbelte diameter, har en overflade der er fire gange større men vejer otte gange så meget. Det betyder groft sagt, at en dobbelt så stor refleksion svarer til en fire gange så stor masse. Renseeffektiviteten målt i masse underestimeres derfor.

Selvom teststøvet partikelstørrelsesfordeling ikke helt svarer til den for svejse- og skærerøg, og op til 10% af teststøvet er større end 2 μ m, så kan det med rimelighed antages, at der kan opnås 99% rensning af svejse- og skærerøg med støvklasse M filtre, som har en rensningseffektivitet overfor teststøvet på mindst 99,9%.

Rapport nr. 90

Dokumentation for kravet om 99% rensning for svejserøgfiltere

Til gengæld er det for tvivlsomt om der kan opnås 99% rensning af svejse- og skærerøg med støvklasse L filtre, selvom det har en rensnings effektivitet på 99% overfor teststøvet, fordi det indeholder en større vægtandel af større partikel end svejse- og skærerøg.

Klasse H testes med en olieaerosol med en koncentration på mellem 10 og 200 mg/normal m³, hvor mindst 90% af partiklerne er mindre end 1 µm. Partikelantallet måles med en partikeltæller før og efter testfilteret, og filtereffektiviteten beregnes ud fra de to målte partikelantal.

Her svarer teststøvet partikelstørrelsesfordeling bedre til den for svejse- og skærerøg, så der kan helt sikkert opnås 99% rensning af svejse- og skærerøg med støv klasse H filtre

Indtil 1997 blev der anvendt kategorierne U, S, G, C og K1. En støvsuger i anvendelseskategori C skulle f.eks. tilbageholde 99,9% af det opsugede støv, hvilket svarer til klasse M.

4.2 DS/EN ISO 15012-1:2013

Standarden beskriver test af komplette filtre til svejserøg, hvor luften tilbageføres til arbejdsrummet, hvilket er tilladt i bl.a. Tyskland, hvor standarden er udviklet. Filtrene testes med svejserøg, der genereres ved kontinuert MAG svejsning på en roterende ståltromle i testopstillingen. Massekoncentrationen af svejserøg måles ved opsamling på filter, som tørres og vejes, så koncentration og filterets tilbageholdelseeffektivitet beregnes for massen af svejserøg.

Ved en tilbageholdelseeffektivitet på mindst 99% kan filteret mærkes med "W3".

Testen er derfor direkte anvendelig til dokumentation for opfyldelse af de danske krav om 99% rensning på massebasis for svejserøg¹, men i standarden står der specifikt, at metoden ikke kan anvendes til test af filterelementer:

"Denne del af ISO 15012 specificerer en metode til test af udstyr til udskillelse af svejserøg for at bestemme, om udskillelseeffektiviteten opfylder de specificerede krav. Den angivne metode kan derfor ikke anvendes til test af filterelementer, uafhængigt af det filteranlæg de er beregnet til at blive brugt i."

Testen kan også kun udføres af et testinstitut i Tyskland, og den er relativt dyr. Desuden er det kun muligt at teste mindre filtre, som kan stilles op i testanlægget.

Denne test har for nogle år siden været foreslået som krav i Danmark, men forslaget er frafaldet igen, da kun få filtre i Danmark er testet efter standarden. Årsagerne formodes at være, at testen kun har været relevant for filtre, der sælges i lande, der tillader recirkulation, og betydelige omkostninger forbundet med testen.

4.3 DS/EN 1822-1:2019 Højeffektive luftfiltre (EPA, HEPA og ULPA)

EPA, HEPA og ULPA filtre er normalt engangsfiltre, som monteres efter et almindeligt filter, så belastningen på dem bliver meget lille og levetiden forlænges og dermed reducerer udskiftningshyppigheden.

¹ Testen udføres kun med svejserøg fra MAG svejsning, så effektiviteten kan afvige for andre svejsetyper og for skæreprocesser, som kan give en anden partikelstørrelses fordeling i røgen end fra MAG svejsning.

Rapport nr. 90

Dokumentation for kravet om 99% rensning for svejserøgfiltere

Selvom testen er beregnet til engangsfiltre, så kan den også udføres på filtre, der anvendes med regenerering, men den lidt forhøjede emission, der altid forekommer kortvarigt i forbindelse med regenereringen, kommer ikke med i testresultatet.

Filtrene testes med en flydende eller fast testaerosol, hvor mindst 90% af partiklerne er mellem 0,1 µm og 1 µm. Filterets tilbageholdelse af partiklerne bestemmes med en partikeltæller.

På baggrund af testresultatet placeres filteret i en af følgende klasser:

Figur 3. Filterklasser i DS/EN 1822-1:2019

Filter klasse	Type	Effektivitet
E10	EPA	85 %
E11		95 %
E12		99,5 %
H13	HEPA	99,95 %
H14		99,995 %
U15	ULPA	99,999 5 %
U16		99,999 95 %
U17		99,999 995 %

Ved testen måles partikelantallet før og efter filteret som funktion af partikeldiameteren, med fokus på området omkring 0,04 µm til 0,5 µm, som er det partikelstørrelsesområde, det generelt er vanskeligst at tilbageholde i et filter. Tilbageholdelseeffektiviteten beregnes for hver af 6 delpartikelstørrelsesområder i intervallet, og den mindste effektivitet er bestemmende for filterklassen. Det betyder, at filteret reelt er langt mere effektivt end klassen angiver til at tilbageholde masse, fordi alle partikler med større diameter, som betyder mest for massen af partiklerne, tilbageholdes med større effektivitet.

Det vurderes, at filterklasse E11 og højere har en effektivitet overfor svejse- og skærerøg, som er mindst 99% baseret på massekoncentration.

4.4 DS/EN ISO 16890:2016 Luftfiltre til generel ventilation

Standarden giver et effektivitetsklassificeringssystem for luftfiltre til generel ventilation baseret på partikler, hvilket typisk er éngangsfiltre på indsugget og/eller recirkuleret og konditioneret luft. Den giver også en oversigt over testprocedurerne og specificerer generelle krav til vurdering og mærkning af filtre samt til dokumentation af testresultaterne. Standarden er ikke beregnet til test af filtre til anlæg med regenerering.

Figur 4. Filterklasser DS/EN ISO 16890

Filterklasse	Partikelstørrelse område for testaerosol
ISO ePM ₁₀	0,3 µm - 10 µm
ISO ePM _{2,5}	0,3 µm - 2,5 µm
ISO ePM ₁	0,3 µm - 1 µm

Testen kan udføres ved måling af antallet af partikler med en OPC partikeltæller før og efter det filter, der testes efter standardens del 2 /8/ eller ved bestemmelse af massen før og efter det filter, der skal testes,

Rapport nr. 90

Dokumentation for kravet om 99% rensning for svejserøgfiltere

efter standardens del 3 /9/. I forhold til kravet om 99% rensning for svejse- og skærerøg, så anses testen ifølge del 3 med vejning at være den mest relevante testmetode i forhold til de danske krav på massebasis.

Renseeffektivitet beregnes og kan afrundes nedad til et helt tal deleligt med 5, og filtereffektiviteten kan angives med filterklassen efterfulgt af effektiviteten, fx: ISO $ePM_{2,5}$ 80%, hvilket betyder, at filterets effektivitet er minimum 80%.

Da teststøvet partikelstørrelsesfordeling nogenlunde svarer til den for svejse- og skærerøg ved ePM_1 test, anses testen for en mulig dokumentation for 99% rensning for svejse- og skærerøg, ved et testresultat på ISO ePM_1 99%. Det er dog i standardens øvre testområde, idet testen oplyses at kunne dokumentere fra 20% til 99%.

Da testen er rettet mod engangsfiltre til ventilationsluft, og kravet til svejse- og skærerøg er i standardens øvre testområde, kan metoden ikke anbefales til dokumentation for 99% rensning. Det anses også for tvivlsomt, om der er nogle filterleverandører, der vil anvende den standard til test af de filtre, de normalt anvender til svejse- og skærerøg.

4.5 Filterleverandørernes oplysninger om filterklasser

Ikke alle de kontaktede filterleverandørerne kunne redegøre for, om filtrene er testet efter en standard, og hvilken filterklasse de tilhører, men de fleste kunne finde det frem.

De anvendte filtre er generelt filterklasse M efter standarden DS/EN 60335-2-69:2012 Elektriske apparater til husholdningsbrug.

Et par leverandører oplyste, at de har W3 godkendte filtre i henhold til DS/EN ISO 15012-1.

En af leverandørerne foreslår, at kravet om 99% rensning bedst dokumenteres ved test efter DS/EN 1822-1, da det teststøv der anvendes bedst, svarer til den partikelstørrelsesfordeling der er i svejserøg.

5 Diskussion og anbefaling

Kravet om 99% rensning for svejse- og skærerøg er baseret på måling af massekoncentrationen før og efter tre filtre opstillet på Odense Stålskibsværft A/S, som blev udført i 1997. I de udførte test svarer kravet om 99% rensning reelt til overholdelse af en grænseværdi på mellem 0,13 og 0,15 mg/normal m^3 , hvilket er i samme størrelsesorden som detektionsgrænsen for almindelige emissionsmålinger.

Det betyder, at det vil være meget vanskeligt og bekosteligt at dokumentere overholdelse af 99% rensning ved målinger af masse før og efter filtre, fordi man reelt skal dokumentere en koncentration, der kan være meget mindre end måle metodens detektionsgrænse. Anvendelse af en sådan måling vanskeliggøres af, at man ikke på forhånd ved, hvor stor tilgangskoncentrationen er.

Alternative metoder til at dokumentere kravet om 99% rensning er test af filtre efter en af de nævnte standarder.

Mærkning med W3 i henhold til DS/EN ISO 15012-1 er mest målrettet svejserøg og dermed særligt interessant. Den kan imidlertid ikke anbefales, fordi det er en test af hele filteranlæg og ikke kun filtermaterialerne, og det er desuden en dyr test, der kun kan udføres på små filtre af et test institut i Tyskland.

Rapport nr. 90

Dokumentation for kravet om 99% rensning for svejserøgfiltere

Test efter DS/EN ISO 1822-1 Højeffektive luftfiltre vil effektivt kunne dokumentere 99% rensning af svejse- og skærerøg for filterklasserne E12 og højere, da der testes med støv der har nogenlunde samme partikelstørrelsesfordeling som svejse- og skærerøg. Det er dog umiddelbart problematisk, at testen anvender måling af partikelantal og ikke masse, som det danske krav om 99% rensning er baseret på. Desuden sker klassificeringen efter den lavest opnåede tilbageholdelse af partikler i små intervaller i området mellem 0,04 µm til 0,5 µm, som er det partikelstørrelsesområde det generelt er vanskeligt at tilbageholde i et filter. Testresultatet bestemt på basis af partikelantal yder derfor ikke filterets effektivitet baseret på masse fuld retfærdighed. Partikler med større diameter tilbageholdes med større effektivitet, og testen kan derfor anvendes, hvis det accepteres, at alle filterklasserne fra E11 er nok til at opfylde kravet om 99% rensning på massebasis.

Et krav om test efter DS/EN 1822-1 vil dog medføre, at mange filterproducenter skal genteste de filtre, de i forvejen har testet til klasse M efter DS/EN 60335-2-69, hvilket vil give dem ekstra omkostninger.

Støv klasse M efter DS/EN 60335-2-69 dokumenterer 99,9% rensning med teststøv, som har en lidt anden partikelstørrelsesfordeling end svejse- og skærerøg, idet det har lidt flere større partikler i området 1 – 2 µm end svejse- og skærerøg. Da målingen foretages med et photometer, som ikke måler partiklerne masse, men nærmere partiklernes samlede overflade, underestimeres massen sandsynligvis, og filterets effektivitet vil være højere end testresultatet. På den baggrund vurderes det, at støv klasse M testen er en tilfredsstillende dokumentation for at give 99% rensning på massebasis for svejse og skærerøg.

Da støv klasse H efter DS/EN 60335-2-69 dokumenter 99,995% rensning på antalsbasis, vurderes det ligeledes at denne støv klasse er en tilfredsstillende dokumentation for at give 99% rensning på massebasis for svejse og skærerøg.

Samlet anbefaling

På baggrund af den noget vage baggrund for fastsættelse af kravet om 99% rensning, som reelt svarer til en emission der er mindre end 0,2 mg/normal m³, og det faktum at store (og dermed tunge) partikler tilbageholdes effektivt i filtrene, anbefales det at acceptere følgende filter/støv klasser og test, som dokumentation for overholdelse af kravet om 99% rensning på massebasis for svejse- og skærerøg:

- Støv klasse M eller H efter DS/EN 60335-2-69
- Filterklasse E11 eller højere efter DS/EN 1822-1
- W3 mærkning efter DS/EN ISO 15012-1

Hovedparten eller alle de filtre til svejse- og skærerøg der er på markedet i Danmark vil umiddelbart kunne dokumentere, at deres filtre lever op til mindst en af de foreslåede filter/støv klasser.

Referencer

- /1/ Maskinværkstedsbekendtgørelsen, Bekendtgørelse nr. 1477 af 12.12.2017
- /2/ Standardvilkårsbekendtgørelsen, Bekendtgørelse nr. 1474 af 12.12.2017
- /3/ Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 13, 1997: Begrænsning af luftforurening fra virksomheder, der udsender svejserøg
- /4/ DS/EN 60335-2-69:2012 Elektriske apparater til husholdningsbrug o.l. – Sikkerhed – Del 2-69: Særlige krav til våd- og tørstøvsugere, inklusive motordrevne børster til kommerciel brug. Annex AA: Particular requirements for vacuum cleaners and dust extractors for the collection of hazardous dust.
- /5/ DS/EN ISO 15012-1:2013 Arbejdsmiljø og sikkerhed ved svejsning og tilsvarende processer – Udstyr til opsamling og filtrering af svejserøg – Del 1: Krav til prøvning og mærkning af filtreringseffektivitet.
- /6/ DS/EN 1822-1:2019 Højeffektive luftfiltre (EPA, HEPA og ULPA) – Del 1: Klassifikation, ydeevneprøvnings, mærkning.
- /7/ DS/EN ISO 16890:2016 Luftfiltre til generel ventilation. Del 1: Tekniske specifikationer, krav og effektivitetsklassifikationssystem baseret på partikler (PM).
- /8/ DS/EN ISO 16890:2016 Luftfiltre til generel ventilation. Del 2: Måling af filtereffektivitet og luftmodstand.
- /9/ DS/EN ISO 16890:2016 Luftfiltre til generel ventilation. Del 3: Bestemmelse af den gravimetrisk effektivitet og luftmodstanden versus massen af det opfangede støv.
- /10/ DS/EN ISO 16890:2016 Luftfiltre til generel ventilation. Del 4: Konditioneringsmetode til bestemmelse af mindste filtereffektivitet.
- /11/ Particle Size Distribution of Gas Metal and Flux Cored Arc Welding Fumes. Welding Research. October 20015, page 156 ff. N. T. Jenkins, W. M.-G. Pierce, T. W. Eagar.
- /12/ Begrænsning af luftforurening fra virksomheder der udleder svejserøg. Miljøstyrelsens vejledning nr. 13, 1997.
- /13/ Afprøvning af filtreringseffektiviteten for tre filtersystemer ved filtrering af svejserøg. Miljøstyrelsen kontrakt nr. M 4042-0010. FORCE Institutet, februar 1997.
- /14/ Halton Product Catalogue of Air Filtration. http://www.halton.fi/ip/HCA2014_09E/Halton_Product_catalogue_of_air_filtration_09_2014.pdf