

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**VLASTNOSTI PRIEMYSELNÝCH FILTRAČNÝCH
MATERIÁLOV**

DIPLOMOVÁ PRÁCA

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Stručka** Jméno: **Marek** Osobní číslo: **443198**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Technika životního prostředí**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Vlastnosti průmyslových filtračních materiálů

Název diplomové práce anglicky:

Properties of Industrial Filter Materials

Pokyny pro vypracování:

Uveďte hlavní rozdíly mezi průmyslovou filtrací plynů a filtrací pro vzduchotechnická zařízení a přehled vlastností, které se u průmyslových filtračních materiálů sledují.
Podle podkladů hlavních výrobců a dodavatelů porovnejte vybrané vlastnosti průmyslových filtračních materiálů - teplotní a chemickou odolnost.
Uveďte hlavní zásady mezinárodních norem (ISO a EN) pro zkoušení průmyslových filtrů (materiálů).

Seznam doporučené literatury:

Hemerka J., Vybíral P.: Ochrana ovzduší. Studijní texty, Vydavatelství ČVUT v Praze, 2010
Hemerka J.: Odlučování tuhých částic. Studijní texty, Vydavatelství ČVUT v Praze, 2000
Webové stránky výrobců průmyslových filtrů

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

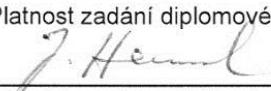
doc. Ing. Jiří Hemerka CSc., ústav techniky prostředí FS

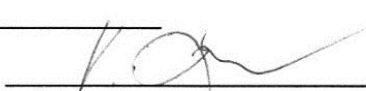
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

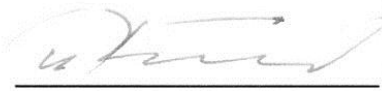
Datum zadání diplomové práce: **20.04.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **30.06.2017**

Platnost zadání diplomové práce:


Podpis vedoucí(ho) práce


Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

20.4.2017

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

Abstrakt

Cieľom tejto diplomovej práce je stručné charakterizovanie rozdielov medzi priemyslovou filtráciou plynov a filtráciou pre vzduchotechnické zariadenia a prehľad vlastností, ktoré sa pri priemyslových filtračných materiáloch sledujú. Práca sa hlbšie zaoberá použitými materiálmi a ich úpravami. Porovnáva teplotnú a chemickú odolnosť filtračných materiálov popredných výrobcov a sumarizuje ISO normy ohľadom priemyselnej plynovej filtrácie.

Kľúčové slová

Priemyselná filtrácia plynov, úprava filtračného materiálu, chemická a teplotná odolnosť materiálu, ISO normy

Abstract

The aim of this thesis is to briefly compare the differences between industrial air filtration and HVAC filtration. To outline the essential properties of materials used for industrial filtration and to take a deeper look into filter media and its treatments. Compares temperature and chemical resistances of the leading manufacturers of filter media and summarizes ISO standards related to industrial air filtration.

Key words

Industrial air filtration, filter media treatments, temperature and chemical resistance of filter media, ISO standards

Prehlasujem, že som diplomovú prácu s názvom: Vlastnosti filtračných materiálov vypracoval samostatne pod vedením doc. Ing. Jiří Hemerka, Csc., s použitím literatúry, uvedenej na konci mojej diplomovej práce v zozname použitej literatúry.

V Prahe 20.06.2017

Bc. Marek Stručka

OBSAH

ÚVOD	9
1. Hlavné rozdiely medzi vzduchotechnickou a priemyselnou filtráciou plynov	10
2. Rozdelenie materiálov	11
2.1. Tkané textílie - tkaniany	11
2.2. Vpichované textílie - plsti	12
3. Prehľad vlastností sledovaných u priemyselných filtračných materiálov	14
3.1. Chemická a teplotná odolnosť vlákien	14
3.2. Úpravy povrchu	15
3.2.1. Teplotná stabilizácia - heat setting	16
3.2.2. Hľadanie (žehlenie) - calendering	16
3.2.3. Napping	16
3.2.4. Opaľovanie - singeing	16
3.2.5. Tepelné lisovanie - glazing	17
3.2.6. Impregnácia	18
3.2.7. Povlakovanie	18
3.2.8. Antistatické úpravy	20
3.2.9. Ohňovzdornosť	21
4. Spôsoby regenerácie filtrov	22
4.1. Mechanická regenerácia - shaking	22
4.2. Spätný preplach - reverse air	23
4.3. Pulzná regenerácia - pulse jet	24
4.4. Akustická regenerácia - sonic	26
5. ISO 16891	28
5.1. Princíp testovania	28

6. ISO 11057.....	38
6.1. Princíp testovania.....	38
7. POROVNÁVANIE TEPLOTNEJ A CHEMICKEJ ODOLNOSTI VYBRANÝCH PRIEMYSELNÝCH FILTRAČNÝCH MATERIÁLOV	50
ZÁVER.....	73

ZOZNAM ILUSTRÁCIÍ

Obr. 1 Multifilament, fibrilated tape, staple fibre (zľava doprava) ^[1]	11
Obr. 2 Tkaná textília ^[2]	12
Obr. 3 Priečny rez vpichovanou textíliou ^[3]	13
Obr. 4 Povrch pred a po hľadání ^[1]	16
Obr. 5 Povrch po opálení ^[1]	17
Obr. 6 Polyester po tepelnom lisovaní ^[4]	17
Obr. 7 Mikroporózne povrchové povlakovanie ^[1]	19
Obr. 8 Povlak z PTFE ^[1]	19
Obr. 9 Povrch laminovanej membrány ^[5]	20
Obr. 10 Antistatická úprava povrchu od spoločnosti Kayser ^[6]	21
Obr. 11 Otriasanie hadicového filtra ^[7]	23
Obr. 12 Typické usporiadanie baghousu s regeneráciou spätným preplachom ^[7]	24
Obr. 13 Princíp pulznej regenerácie ^[8]	25
Obr. 14 Akustická regenerácia ^[7]	27
Obr. 15 Vzťah medzi gradientom pevnosti v ťahu a dobe vystavenia korozívnemu plynu ^[9]	29
Obr. 16 Schématické zloženie testovacieho zariadenia ^[9]	27
Obr. 17 Tvar vzorky testovanej na pevnosť v ťahu ^[9]	31
Obr. 18 Výber vzoriek z filtračného textilu ^[9]	32
Obr. 19 Tendencia experimentálnej degradácie ^[9]	33
Obr. 20 Graf závislosti predĺženia od zaťaženia ^[9]	34
Obr. 21 Schématické zloženie testovacieho zariadenia ^[10]	39
Obr. 22 Závislosť vývoja zbytkovej tlakovej straty na čase pred a po fáze starnutia ^[10]	48
Obr. 23 Závislosť vývoja doby trvania cyklov na čase pred a po fáze starnutia ^[10]	48
Obr. 24 Superpozícia kriviek vývoja tlakovej straty v závislosti na čase vybranej fázy ^[10]	49
Obr. 25 Poškodenie polypropylénových vlákien oxidáciou ^[1]	51

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Bežne používané materiály.....	15
Tab. 2 Prehľad úprav materiálov a ich vlastností	21
Tab. 3 Parametre spätného preplachu ^[7]	24
Tab. 4 Parametre pulznej regenerácie ^[7]	26
Tab. 5 Zloženie testovacieho plynu ^[9]	33
Tab. 6 Príčiny a následky degradácie materiálov ^[9]	37
Tab. 7 Parametre a tolerancie primárneho testovania ^[10]	42
Tab. 8 Fázy štandardizovaného testu ^[10]	43
Tab. 9 Podmienky ekvivalencie ^[10]	45

ZOZNAM SKRATIEK A ZNAČIEK

A	plocha	m^2
$F(A)$	konštanta súvisiaca s celkovou plochou	$N*m^{-1}$
K	konštanta účinnej reakcie	s^{-1}
L_1	dĺžka vzorky	mm
L_2	vzdialenosť medzi držiakmi	mm
L_3	dĺžka držiaka	mm
MD	pozdĺžny smer	-
P	zaťaženie	N
P_{max}	maximálne zaťaženie	N
TD	priečny smer	-
t	doba testu	s; h
w	šírka držiaka	mm
γ	koncentrácia prachu	$g*m^3$
δ	predĺženie	mm
ε	pomer predĺženia	%
ε_{max}	maximálny pomer predĺženia	%
τ	pevnosť v ťahu	$N*mm^{-1}$
τ_0	pevnosť v ťahu nového média	$N*mm^{-1}$
$\Delta\tau$	rozdiel pevnosti v ťahu	$N*mm^{-1}$
Δm	zmena hmotnosti	g
ΔV	objemový prietok	m^3*h^{-1}

ÚVOD

Oddelenie častíc od kvapalí alebo plynov filtračným médiom je nevyhnutnou súčasťou nespočetných priemyselných procesov, ktoré prispievajú k čistote výrobkov, úsporám energie, zlepšeniu účinnosti procesov, spätnému získaniu drahých kovov a všeobecným zlepšeniam v oblasti kontroly znečisťovania. Počet a rozmanitosť materiálov zahrnutých definíciou filtračného média je skutočne obrovská. Od kovových platní s centimetrovými otvormi do mikroporóznych membrán a od tkaných štruktúr až po pieskové rohože. Pri plnení svojich úloh sa od filtračných médií očakáva dlhodobá prevádzka, často v ťažkých fyzikálnych a chemických podmienkach.

Finálne produkty procesov zahŕňajúcich filtráciu si nachádzajú cestu do nášho každodenného života vo formách ako napríklad: cukor, múka, pivo, tuky, hliník, cement, meď a v podobe veľkého množstva ďalších produktov. Okrem pomoci pri zdokonaľovaní týchto produktov sú filtračné média taktiež zapojené do čistenia priemyselných a domácich odpadov, čím prispievajú k čistejšiemu prostrediu okolo nás.

Úlohou tejto diplomovej práce je poskytnutie základných informácií ohľadom rozdelenia filtračných médií, ich úpravách, regenerácií a hlavne chemickým a teplotným odolnostiam materiálov využívaných na výrobu filtračných médií používaných v priemyselnej filtrácii plynov.

1. HLAVNÉ ROZDIELY MEDZI VZDUCHOTECHNICKOU A PRIEMYSLENOU FILTRÁCIU PLYNOV

Filtračné médium je akýkoľvek materiál, ktorý je pri prevádzkových podmienkach priepustný pre jednu alebo viacero zložiek zmesi, roztoku alebo suspenzie a nepriepustný pre ostávajúce zložky.

Vo filtrácií rozpoznávame dva hlavné účely:

- odstránenie nečistôt
- oddelenie hodnotných materiálov.

Filtre pre vzduchotechnické zariadenia sú navrhované pre nízke koncentrácie kontaminantov vo vzduchu a majú pomerne vážne obmedzenia z hľadiska odstraňovania jemných častíc. Od týchto zariadení sa očakáva odstránenie nežiadúcich látok na veľmi nízke hodnoty. Primárne fungujú na princípe hĺbkovej filtrácie a z tohto dôvodu je ich regenerácia veľmi obtiažna až nemožná. Pri dosiahnutí stanovenej pohltivosti (tlakovej straty) sú takéto filtre nahradené novými.

Naopak, filtre používané v priemyselných aplikáciách čelia odlišnému problému – reálne veľkým množstvám a koncentráciám nečistôt v chemicky agresívnom prúde plynu. Priemyselné filtre často pracujú s objemovými prietokmi vzduchu v rádoch tisícok metrov kubických vzduchu za hodinu pri filtračných rýchlostiach okolo 2 až 3 $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, z čoho vyplýva nutnosť veľkých povrchov filtračných médií. Primárne pracujú na princípe povrchovej filtrácie a často je množstvo zachytených nečistôt tak veľké, že je v pravidelných intervaloch nutné ich odstránenie (regenerácia filtračného média). Vďaka možnosti regenerácie môžu zostať v prevádzke dlhú dobu.

2. ROZDELENIE MATERIÁLOV

Filtračné materiály sú textilie vyrobené zo syntetických, minerálnych a prírodných vlákien. Tieto filtračné materiály sú väčšinou dostupné vo forme tkanín alebo vpichovaných plstí.

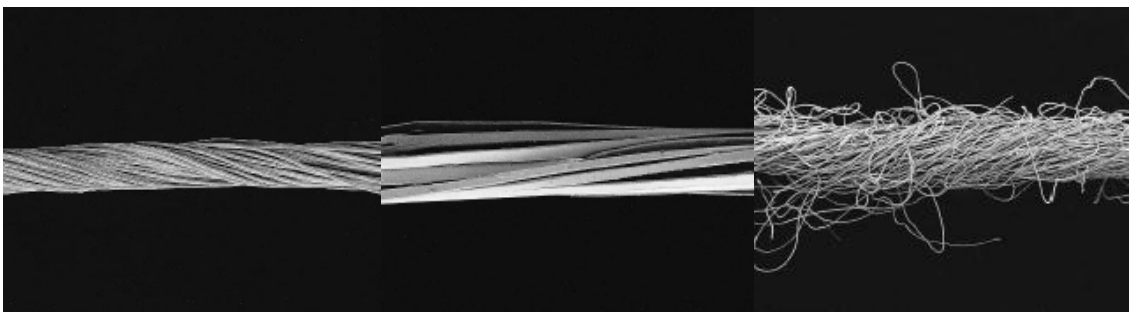
2.1. Tkané textilie - tkaniany

Tkané textilie v zásade pozostávajú z dvoch kolmo na seba prekladaných priadzí. Takéto textilie sa dizajnujú na základe ich zmýšľaného použitia. Ich pevnosť, hrúbka, rozťažnosť, pórovitosť a trvanlivosť sa môže meniť v závislosti na použitom type prepletania, medzerami medzi vláknami, použitom materiáli, štruktúre (filament/staple) atď. ^[1]

Kľúčová vlastnosť tkaných textílií pochádza z geometrickej pravidelnosti jej častí, pretože tieto časti nie sú držané žiadnym pevným spojením ale len trením na miestach dotyku.

Na výber sú v zásade štyri typy priadzí. Menovite sú to:

- monofilament
- multifilament
- fibrillated tape
- staple fibre



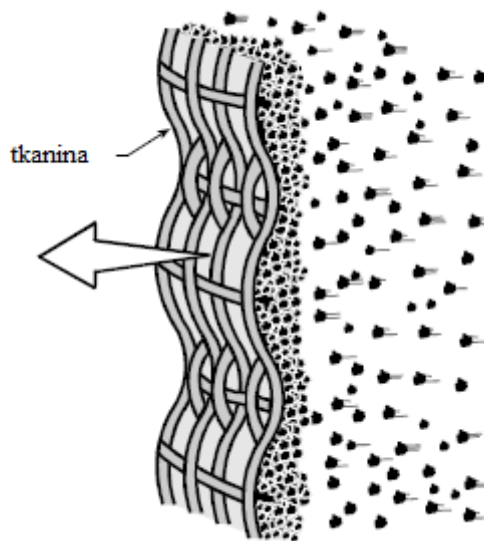
Obr. 1 Multifilament, fibrillated tape, staple fibre (zľava doprava) ^[1]

Systém väzby vlákien je základným faktorm ktorý určuje charakter tkaniny. Existuje niekoľko typov väzby:

- plain
- twill
- satin
- duplex a semiduplex

- link fabrics

S *plain* väzbou sa dá dosiahnúť najvyššia hustota vlákien a taktiež najvyššia účinnosť filtrácie. Základnou črtou *twill* väzby je jej pravidelnosť vedúca k diagonálnemu vzoru a lepšia ohybnosť. Textil s *twill* väzbou ďalej rozvíja koncept *satín*, ktorý má väčšiu medzeru medzi uzlami prekladania. Takáto väzba nemá vzájomné pravidelné prekladanie vlákien čoho výsledkom je nepravidelný vzhľad. Z tohto dôvodu je väčšia možnosť vzájomného pohybu vlákien a tým pádom sa znižuje pravdepodobnosť zachytenia častíc v štruktúre – nedosiahnutie vysokej účinnosti filtrácie. ^[1]



Obr. 2 Tkaná textília ^[2]

2.2. Vpichované textílie - plsti

Škála produktov sa neustále rozširuje ako producenti prichádzajú s novými spôsobmi ich výroby. Každopádne, je možné definovať dve širšie klasifikácie týchto materiálov. Do nich sa dajú zahrnúť takmer všetky a môžu slúžiť na ich opis. ^[3]

Tieto dve triedy sú rozdelené na základe spôsobu akým vlákna držia pohromade:

- Plst', ktorá používa základnú charakteristiku vlákna na poskytnutie mechanickej súdržnosti alebo mechanické procesy na vytvorenie štruktúry.
- Viazané materiály, ktoré využívajú dodatočný príľnavý matriál na udržanie vlákien. Častejšie sa však spolieha na termoplastickú vlastnosť polyméru na poskytnutie príľnavosti. ^[3]



Obr. 3 Priečny rez vpichovanou textíliou ^[3]

Vhodným opisom vpichovaných textílií je vlastne netkaný textilný materiál vyrobený z vláknitých sietí spevnený mechanickým procesom – vpichovaním. Táto technika výroby sa stala pre filtráciu významnou až začatím používania syntetických materiálov v priemyselných procesoch.

Vpichované textílie sú považované za „trojdimenzionálne“ materiály s aktívnym povrchom a vnútrom. Objem pórov materiálu dosahuje 60 - 90 %. Sú veľmi používané na výrobu vrecových filtrov na filtráciu prachov a plynov. Medzi populárne aplikácie patrí priemysel cementový, oceliarsky, potravinársky, mletie uhlia a filtrácia horúcich plynov (plsti vyrobené z kovových a keramických vlákien).

3. PREHLAD VLASTNOSTÍ SLEDOVANÝCH U PRIEMYSELNÝCH FILTRAČNÝCH MATERIÁLOV

Mnoho technologických procesov vyžaduje použitie efektívnej a veľmi účinnej metódy čistenia vznikajúcich plynov, spalín či zaprášeného vzduchu. V palete rôznorodých filtrov sa presahuje účinnosť filtrácie 99,9 %. Treba si však uvedomiť, že požadovaného efektu v podobe vysokej účinnosti filtrácie je možné dosiahnuť len v prípade kedy bude splnená rada technických podmienok týkajúcich sa prevádzky filtra. Prvou etapou výberu filtra optimálneho pre konkrétne účely by malo byť spracovanie predpokladov charakterizujúcich zdroj a druh nečistôt, množstvo čisteného plynu prestupujúceho filtrom, jeho teplotu, chemické zloženie, vlhkosť atď. Tieto údaje sú základom pre správnu voľbu filtračného materiálu, vhodnú konštrukciu filtra a stanovenie princípu jeho fungovania.

Od úspešného filtračného média sa očakáva kombinácia mnohých vlastností, siahajúcich od filtračných vlastností, chemickej odolnosti, mechanickej pevnosti až do rozmerov atď. V skutočnosti bolo identifikovaných okolo 20 vlastností slúžiacich na vhodné určenie použitia daného média v špecifickej aplikácii. ^[3]

Tieto vlastnosti môžu byť prakticky rozčlenené do troch hlavných kategórií:

- Strojovo orientované vlastnosti, ktoré obmedzujú použitie do špecifických typov filtrov, tak ako aj tuhosť, pevnosť, možnosti zhotovenia atď.
- Aplikácie orientované vlastnosti, ktoré dohliadajú na kompatibilitu filtračného média s prostredím použitia. Napríklad chemická a teplotná stabilita.
- Filtračne špecifické vlastnosti, ktoré určujú schopnosť média dosiahnuť špecifickú úlohu filtrácie. Účinnosť zadržania častíc istej veľkosti atď. ^[3]

3.1. Chemická a teplotná odolnosť vlákien

Výber použitých vlákien závisí na mnohých faktoroch:

- prevádzková/maximálna teplota
- chemické zloženie čisteného plynu
- chemické zloženie prachu
- množstvo prachu
- filtračná rýchlosť

Pri výbere správneho materiálu sa na prevádzkové a krátkodobé maximálne teploty prihliada medzi prvými. Na výber existuje mnoho základných materiálov, z ktorých je väčšina polymerickej štruktúry a vykazuje rôzne teplotné odolnosti. Ich chemická odolnosť veľmi často závisí od prevádzkovej teploty.

Najčastejšie bežne používané materiály v priemyselnej filtrácii plynov sú uvedené v Tab.1

Tab. 1 Bežne používané materiály

Chemický názov	Skratka	Obchodný názov
Akryl (homopolymer)	hom. PAC	Dralon T
Akryl (copolymer)	cop. PAC	Acrylican, Courtelle
Polyester	PE	Dacron, Trevira
Polyolefin	POF(RO)	Trol
Polyvinylchlorid	PVC	Movil, Leavil
Polypropylen	PP	Meraklon, Courlene
Polyacrilnitril (homopolymer)	hom. PAN, DT	Dralom, Ricem, Dolanit
Polyetylentetraftalat	PET	
Polyacrilnitril (copolymer)	cop. PAN, AC	Orlon, Dolan
Polyfenylsulfid	PPS	Procon, Ryton
Meta-Aramid	AR, PMIA, NO, NX	Nomex, Conex
Para-Aramid	PA arom.	Kevlar, Twaron
Polyimid	PI, PIC	P84
Polyamid	PA	Nylon, Perlon
Polyamid-imid	PA-PI, PAI	Kermel
Polytetrafluoretylen	PTFE, TFL	Teflon, Toyoflon, Tyflon, Profilen, Rastex
Sklené vlákna	GL, GF	

3.2. Úpravy povrchu

Všetky druhy textilov musia byť po vyrobení ošetrené. Najbežnejšie ošetrenie bude istý druh čistenia. Napríklad bielenie pre odstránenie nechceného prírodného zafarbenia. V prípade tkaných materiálov to bude hlavne kontrola nedokonalostí povrchu a ich oprava.

V prípade filtračných médií to budú tri hlavné dôvody:

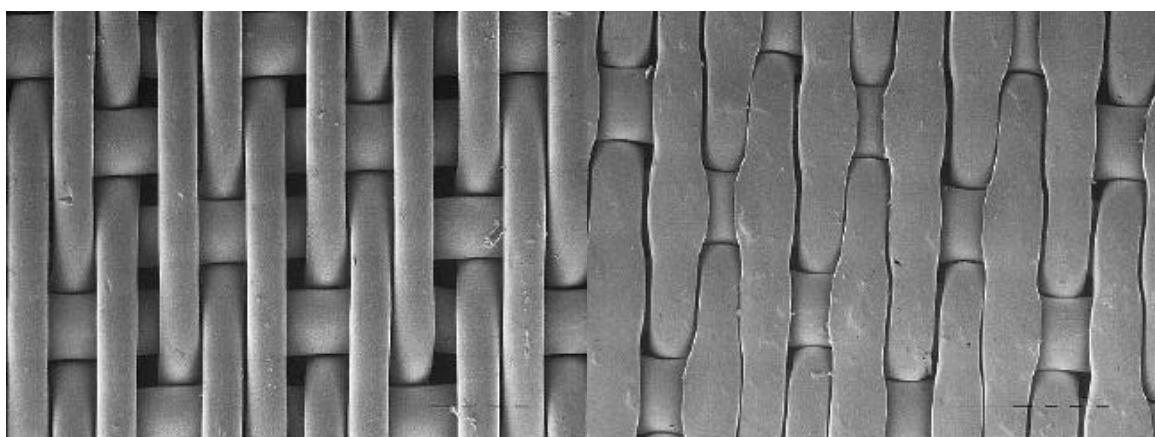
- zabezpečiť teplotnú stabilitu
- modifikovať charakteristiku povrchu
- regulovať permeabilitu materiálu

3.2.1. Teplotná stabilizácia - heat setting

Vyrobené vlákna vystavené vyššej teplote majú v podstate vždy sklon zmršťovať sa. Po transformácii súrového materiálu na filtračný textil musia byť tepelne stabilizované, aby sa pri zvýšenej teplote minimalizovalo zmršťovanie materiálu. Existuje mnoho spôsobov, avšak v základe všetky vychádzajú zo zahriatia textilu nad teplotu na ktorej je zamýšľané jeho použitie. Následné udržanie na tejto teplote zabezpečí uvoľnenie vnútorného napätia. Výsledkom procesu je tepelne stabilizovaný filtračný materiál.

3.2.2. Hľadenie (žehlenie) - calendering

Hľadenie je najčastejšie používaný proces úpravy povrchu. Textil sa pohybuje pomedzi vyhrievanými valcami, ktoré ho zároveň stláčajú. Úlohou procesu je úprava drsnosti povrchu a jeho permeability (zlepšenie oddelenia filtračného koláča a zvýšenie účinnosti filtrácie)



Obr. 4 Povrch pred a po hľadení ^[1]

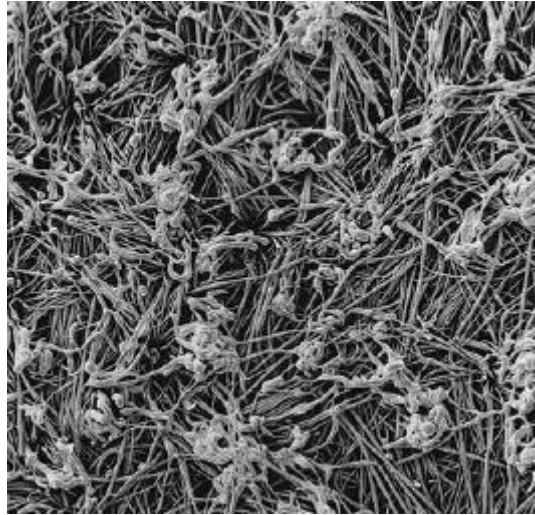
3.2.3. Napping

Použitím kvalitného oceľového hrebeňa sa zdvyhnú vlákna za účelom vytvorenia jemných chlpkov na povrchu (jeda/obe strany). Často nasleduje zastrihnutie vlákien na rovnakú dĺžku. Úprava dokáže zlepšiť schopnosť materiálu zadržať malé častice a taktiež zvýšiť množstvo zadržaných častíc, avšak za cenu zhoršenia oddelenia filtračného koláča. Táto úprava sa často používa u textílií na zachytávanie prachu. ^[2]

3.2.4. Opaľovanie - singeing

Vpichované textílie majú po výrobe prirodzene chlpatý povrch. V niektorých aplikáciách to spôsobuje problém narastania/zhlukovania prachu na vláknach a jeho následom zložitejšom

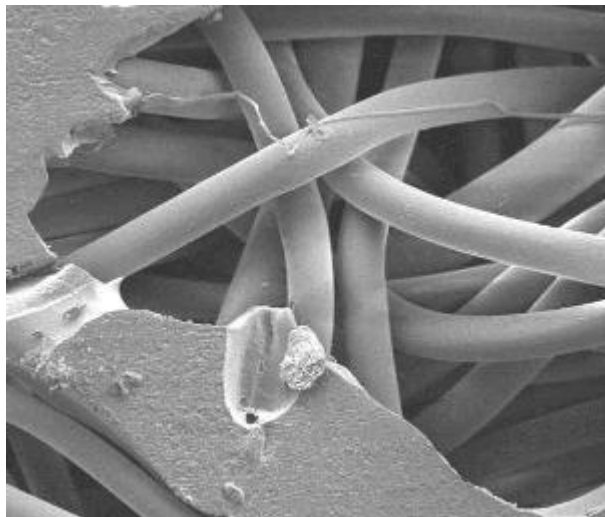
odstránení pri čistiacom procese. Tento problém sa dá odstrániť opálením povrchu materiálu. Proces ošetrenia spočíva v rýchlom pohybe cez plameň, ktorý vlákna buď spáli alebo zmrští do malých guľôčok.



Obr. 5 Povrch po opálení ^[1]

4.2.5. Tepelné lisovanie - glazing

Glazing je vysokotlaké lisovanie vlákna pri zvýšených teplotách. Vlákna sú pritavené k povrchu filtračného média a tým sa redukuje abrazívny povrch bežného opaľovania. Tepelné lisovanie zlepšuje mechnanickú stabilitu filtra a pomáha znižovať zmršťovanie materiálu, ku ktorému ochádza pri dlhodobom používaní. ^[2]



Obr. 6 Polyester po tepelnom lisovaní ^[4]

3.2.6. Impregnácia

- **Odpudzovanie vody a olejov**

Hydrofóbnosť je pre filtračné médium veľmi dôležitá predovšetkým pri filtrácií plynov. Zabráňuje navlhnutiu a zničeniu filtračného materiálu. Hydrofóbnosť sa docieli aplikáciou chemikálií na povrch vlákien formou chemického kúpeľa s následným sušením a úpravou. Týmto spôsobom sa garantuje, že každé vlákno bude pokryté plášťom ochranej chemikálie, ktorá zabezpečí vysokú a trvajúcu úroveň odpudzovania. Táto forma ošetrenia je vhodná pre celú škálu produktov a je často použitá v súčinnosti s ďalšími úpravami. Odpudivosť vody môže byť taktiež docielená použitím hydrofóbného materiálu na povrchovej vrstve. Prírodzene odpudivými vláknami sú napríklad polyester a polyolefin.

- **Odolnosť voči navlhaniu**

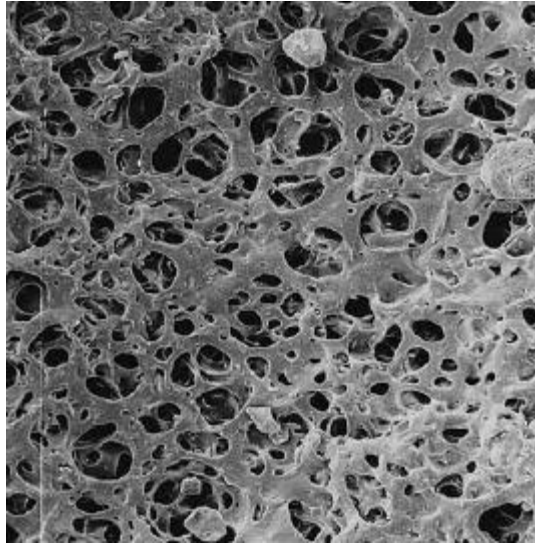
Jedná sa o chemické ošetrenie za účelom zlepšenia odolnosti voči bežnej hydrolyze vlákien. Hydrolyza síce nemôže byť zastavená v niektorých náchylných vláknach, avšak toto ošetrenie oddiali jej efekt.

3.2.7. Povlakovanie

Povlakovaný filtračný materiál môže byť považovaný za kompozit, pretože sa skladá z dvoch rôznych materiálov, v jednej štruktúre. Povlakovanie alebo ošetrenie živicom spočíva v ponorení filtračného materiálu do prírodnej alebo syntetickej živice, akou je napríklad polyvinylchlorid, acetát celulózy a močovino formaldehyd. Povlaky môžu zvýšiť tuhosť, pevnosť v ťahu/šmyku, hydrofóbnosť atď. Tento proces sa vykonáva na lubrikovanie tkaných vlákien na zabezpečenie vysokej teplotnej a chemickej odolnosti rôznych materiálov.

- **Mikroporózne penové povrchové povlakovanie**

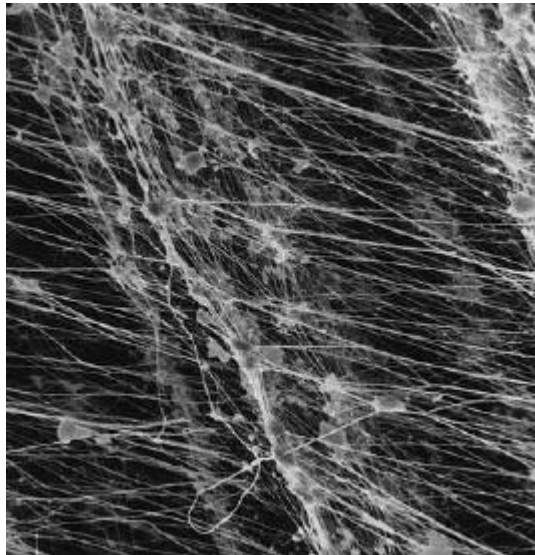
Toto zlepšenie pracuje na princípe zmenšenia veľkosti pórov na povrchu vpichovanej textílie a tým znižuje pravdepodobnosť penetrácie a pomáha pri zadržiavaní prachu na povrchu.



Obr. 7 Mikroporózne povrchové povlakovanie ^[1]

- **PTFE ošetrenie**

Ošetrenie spočíva v odolnom PTFE (polytetrafluoretylénovom) mikroporéznom polymérovom povlaku na vláknach, ktorý poskytuje dodatočnú chemickú a teplotnú odolnosť. Sklené vlákna bývajú potiahnuté teflónom za účelom zabránenia abrázie povrchu počas regenerácie a zlepšenia odolnosti voči kyselinám. Taktiež pomáha pri laminovaní na ePTFE membrány vpichovaných textílí zložitých na laminovanie.



Obr. 8 Povlak z PTFE ^[1]

- **Membránové laminovanie**

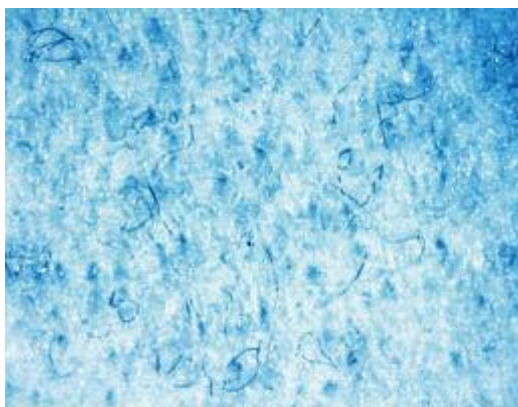
Membránová laminácia je proces spájania membrány z ePTFE s povrchom rôznych materiálov na poskytnutie benefitov ako napríklad redukcia emisií, zlepšenie oddelenia filtračného koláča a zníženie tlakovej straty.



Obr. 9 Povrch laminovanej membrány ^[5]

3.2.8. Antistatické úpravy

Použitie antistatickej úpravy povrchu má vo filtrácií mnoho benefitov. Podstatná časť filtračných médií je vyrobená zo syntetických materiálov, ktoré majú nízku konduktivitu a navlhavosť. Úpravou povrchu sa dosiahne vyššia konduktivita. Tenká vrstva antistatického materiálu priťahuje vlhkosť a taktiež udržiava opačný náboj ako majú vlákna. Tým sa statický náboj medzi nimi neutralizuje. Odolné antistatické úpravy povrchu pozostávajú napríklad z naparenia kovov na povrch (napr. hliník) alebo primiešaním vlákien z ušľachtilej ocele, uhlíkových polyamidov a epitropických vlákien.



Obr. 10 Antistatická úprava povrchu od spoločnosti Kayser [6]

3.2.9. Ohňovzdornosť

Špeciálna úprava povrchu zabraňuje žeravým časticiam dostať sa do priameho kontaktu s povrchom textílie. Vďaka tomu častice vychladnú bez poškodenia povrchu. Na základe charakteru a intenzity iskier sú dostupné rôzne typy ochrany.

Redukcia vzplanutia textilu sa dá dosiahnuť tromi spôsobmi. Použitím anorganických materiálov (sklo), chemickým ošetrením spomaľovačmi horenia a modifikáciou polyméru.

Tab. 2 Prehľad úprav materiálov a ich vlastností

Forma ošetrenia	Metóda	Výsledok	Dôvod použitia
Žehlenie	Vysokotlaké stláčanie ohrievanými valcami	Vyrovnanie a zjemnenie povrchu	Predĺženie životnosti povrchu a zlepšenie rozmerovej stability
Napping	Česanie hrebeňmi	Nadzdvynutie povrchových vlákien	Zväčšenie plochy na záchyt častíc
Opalovanie	Opálenie povrchu	Odstránenie chlpatých vlákien	Poskytnutie rovnomerného povrchu
Tepelné lisovanie	Vysokotlaké lisovanie pri zvýšených teplotách	Pritavenie vlákien k povrchu	Zlepšenie mechanickej stability
Povlakovanie	Kúpeľ v prírodných/syntetických živiciach	Lubrikovanie vlákien	Poskytnutie vysokej teplotnej a chemickej odolnosti materiálu

4. SPÔSOBY REGENERÁCIE FILTROV

Počas prevádzky filtra prechádza znečistený plyn priepustným textilom. Pri prechádzaní plynu textilom sú častice zachytávané a formujú na povrchu vrstvu prachu. Po uplynutí istého času naakumulovaný prach vedie k redukcii priepustnosti textilu a zvýšeniu tlakovej straty. Následne musí byť textília vo vhodných intervaloch regenerovaná aby sa tlaková strata znížila na prijateľnú úroveň. Prach sa potom opäť hromadí a filter pokračuje cyklami akumulácie a regenerácie.

Bežne sa používajú dva spôsoby regenerácie filtrov. Prerušovaný (periodický) a nepretržitý.

Baghousy (baghouse = priestor s inštalovanými filterami) s prerušovanou regeneráciou pozostávajú z niekoľkých sekcií. Jedna zo sekcií sa odpojí z prevádzky a regeneruje sa na základe intervalu. Znečistený plyn je odklonený zo sekcie a regeneruje sa v druhej, takže nie je nutné prerušiť celkový proces filtrácie. Niekedy je baghouse veľmi malý a pozostáva len z jedného sekcie. V týchto prípadoch sa tok znečisteného plynu z dôvodu regenerácie preruší. Malé, jednokomorové baghousy sa používajú na dávkové procesy, ktoré sa pri regenerácií môžu vypnúť.

Baghousy s nepreerušovanou regeneráciou sú plne automatické a môžu zostať v prevádzke nepretržite. Proces filtrácie je krátkodobo prerušovaný rázom stlačeného plynu, ktorý vrecia očistí. Tento spôsob čistenia sa nazýva pulzná regenerácia. Výhodou nepreerušovaného čistenia je, že nie je nutné v rámci čistenia prerušiť prevádzku baghousu či celej sekcie. Malé, nepretržite čistené baghousy, pozostávajú len z jednej sekcie a sú regenerované metódou pulznej regenerácie. Veľké, nepretržite čistené baghousy, pozostávajú z viacerých sekcií. Takéto usporiadanie má výhodu, že pre čistenie a celkovú údržbu nie je potrebné celý proces filtrácie odstaviť.

Využíva sa niekoľko mechanizmov oddelenia filtračného koláča. Medzi štyri najbežnejšie patrí otriasanie, spätný preplach, pulzná regenerácia a sonický spôsob.

4.1. Mechanická regenerácia - shaking

Najstarším a najjednoduchším príkladom regenerácie priemyslových filtrov je regenerácia mechanická. Otriasanie môže byť vykonané manuálne alebo mechanicky. Pri manuálnej

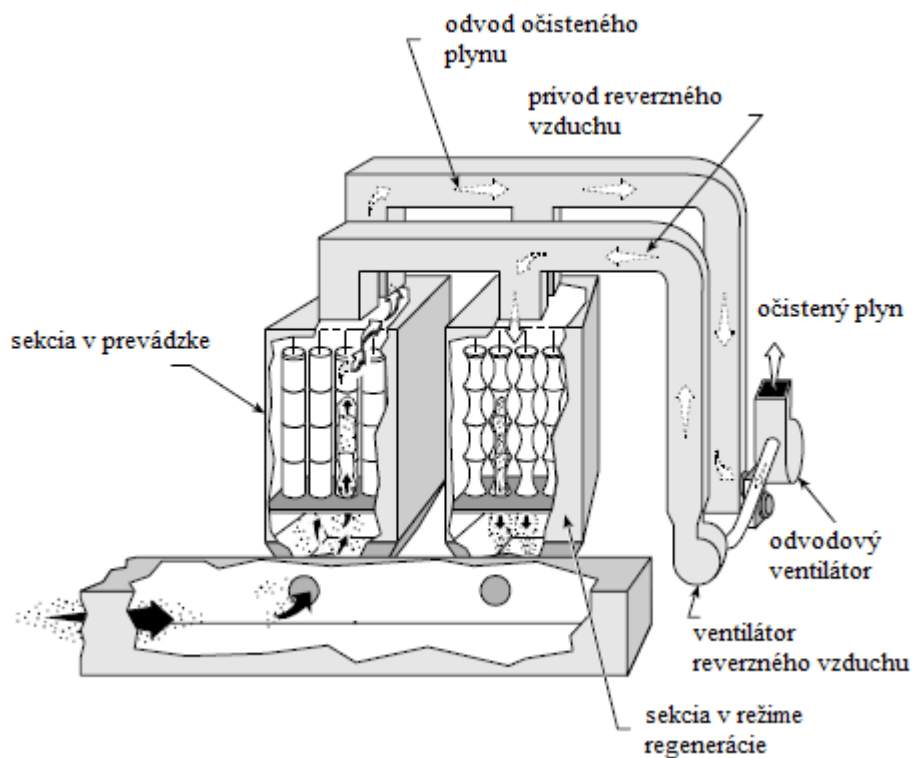
regenerácií sa otrasmi uvoľňuje filtračný koláč zo zaneseného filtra, ktorý následne padá do násypky. Proces sa vykonáva buď priamo v jednotke pri jej odstavení, alebo sa filtračné vložky očistia mimo filtračnej jednotky. Manuálne otriasanie však nie je vhodné pre väčšie priemyselné aplikácie. Mechanické otriasanie je dosiahnuté použitím motora, ktorý poháňa odklepávacie zariadenie. Je to nízkoenergetický a spoľahlivý proces, ktorý sa dá plne automatizovať. Pohyb a rýchlosť závisí od dizajnu výrobcu a zloženia uchytených častíc. Niekedy sa otriasanie požíva v súčinnosti s reverzným tokom. Od použitia mechanickej regenerácie sa postupne ustupuje z dôvodu nutnosti celkového odstavenia procesu filtrácie v danej sekcii. [7]



Obr. 11 Otriasanie hadicového filtra [7]

4.2. Spätný preplach - reverse air

Baghousy s čistením spätným preplachom sú navrhované s možnosťou odstavenia jednej zo sekcii. Pri tomto spôsobe čistenia sa prúd znečisteného plynu zastaví a sekcia je spätne premytá nízkotlakovým vzduchom. Odstránenie funguje na princípe jemného zmrštenia vriec/hadic vplyvom čoho sa filtračný koláč poláme a spadne do násypky. Proces čistenia je veľmi jemný a dovoľuje použitie menej abrazív odolných filtračných materiálov ako napríklad sklené vlákna. [7]



Obr. 12 Typické usporiadanie baghousu s regeneráciou spätným preplachom ^[7]

Pri filtrácii sú prírodná aj odvodná klapka sekcie otvorené. Keď sa začne čistenie, prírodná klapka sa uzavrie a zastaví prívod znečisteného plynu. Filtre sa na chvíľu uvoľnia a klapka reverzného vzduchu sa otvorí na privedenie čistého vzduchu. Čistý vzduch je privádzaný oddeleným ventilátorom. Frekvencia čistenia sa pohybuje od 30 minút až po niekoľko hodín v závislosti na koncentrácií plynu a tlakovej strate baghousu.

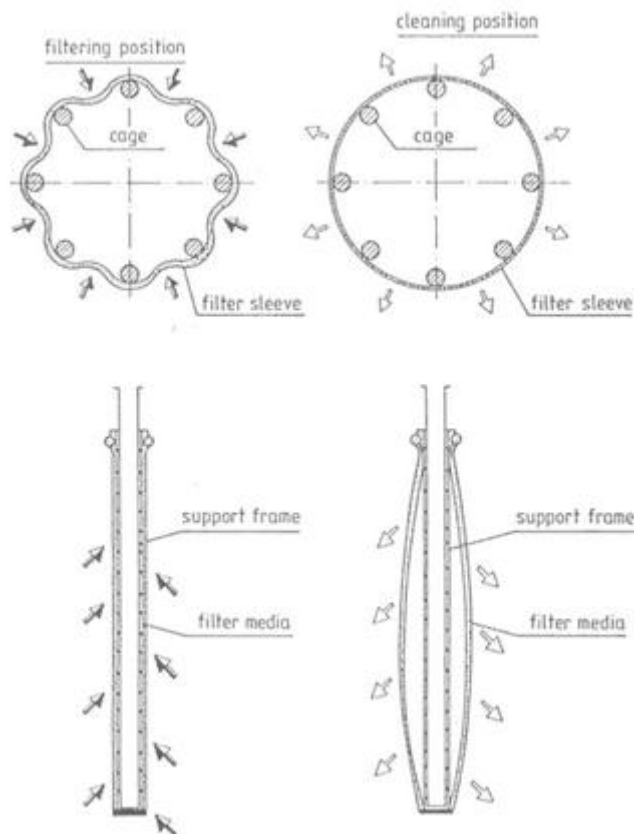
Tab. 3 Parametre spätného preplachu ^[7]

Frekvencia	Čistená jedna sekcia; spúšťanie kontinuálne alebo tlakovou stratou.
Pohyb	Jemné zmrštenie vriec/hadíc.
Prevádzka	Sekcia mimo prevádzky.
Doba trvania	1 až 2 minúty vrátane otvárania/zatvárania klapiek a usádzania prachu; reverzný tok zvyčajne 10 až 30 sekúnd.

4.3. Pulzná regenerácia - pulse jet

Najbežnejšie používanou metódou čistenia je pulse-jet alebo pressure-jet. Pri tomto mechanizme regenerácie sa využíva prúd stlačeného vzduchu. Filtračné vrecia/hadice sú vystužené prstencami alebo kliečkami. Znečistený plyn prechádza hadicou a usádza sa na

vonkajšom povrchu. Prach je z vreca/hadice odstránený tlakovou vlnou stlačeného vzduchu. Táto tlaková vlna zastaví normálne prúdenie vo filtre, avšak prúd zčisteného plynu do baghousu nie je prerušený. Tlaková vlna sa premení na stojatú vlnu ktorá počas cestovania spôsobuje ohýbanie a rozpínanie filtra. Ako sa vreca/hadica rozpína, filtračný koláč sa láme a uvoľnené častice vypadávajú. Tlaková vlna cestuje tam a späť za približne za 0,5 sekundy. Filtre sú zvyčajne často čistené, aby sa zabránilo tvorbe hrubšej vrstvy a veľkej tlakovej strate. [7]



Obr. 13 Princíp pulznej regenerácie [8]

Tlaková vlna musí mať dostatočnú silu aby vzniknuté vlnenie precestovalo celú dĺžku hadice a rozlámalo filtračný koláč. Jednotky pulse-jet majú prívod vzduchu do rozvodovej hlavy ktorá zabezpečí prívod stlačného vzduchu do jednotlivých trysiek, ktoré sú umiestnené nad každým radom hadíc v sekcii. V niektorých dizajnoch je na vrchu hadice umiestnená venturiho trubica, ktorá premení pohybovú energiu pulzu na tlakovú a taktiež spôsobí prisatie okolného vzduchu. Kritickým faktorom pre správne čistenie je správne osové zarovnanie trysky a hadice. [7]

Regenerácia pozostáva z troch fáz:

1. Akcelerácia filtračného média smerom von (prudkosť nárastu tlaku).
2. Decelerácia filtračného média po dosiahnutí hruhového tvaru.
3. Akcelerácia filtračného média smerom späť na opornú klietku po dokončení čistiaceho cyklu a opadnutí sily pulzu.

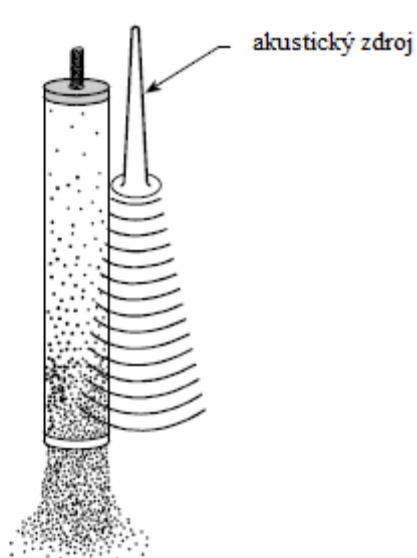
Tab. 4 Parametre pulznej regenerácie ^[7]

Frekvencia	Zvyčajne rada vriec/hadíc; spúšťanie kontinuálne, tlakovou stratou, časovačom.
Pohyb	Tlaková vlna cestuje vrecom/hadicou a oddelí ho/ju od podpornej konštrukcie.
Prevádzka	Može byť vykonané pri zapnutej aj vypnutej prevádzke.
Doba trvania	Stlačený vzduch s tlakom 60 – 100 psi pri zapnutej prevádzke a 40 – 100 pri vypnutej, doba trvania pulzu 0,1 s.

4.4. Akustická regenerácia - sonic

Sonické čistenie je zvyčajne používané s ďalšou technikou čistenia pre dôkladnejšie očistenie vriec/hadíc. Princíp akustickej regenerácie je podobný ako pri mechanickej, vibráciami. Akustické čistiace zariadenie je tvorené voľne uloženou kovovou membránou, ktorá je rozkmitaná pomocou krátkych dáviek stlačeného vzduchu. Membrána generuje silné nízkofrekvenčné akustické vlnenie, ktoré sa následne zosilní. Vznikajúci hluk je mimo baghousu len ťažko zaznamenateľný. ^[7]

Akustické vlny vytvárajú v okolnej vzdušnine rapídne zmeny tlaku, následkom čoho vznikajú vibrácie, ktoré sa prenášajú aj do usadených častíc. Vplyvom tlakových výkyvov dochádza k rezonancii prachových častíc a k ich odpadávaniu z povrchu filtra. Veľkou nevýhodou je zlé odlučovanie väčších množstiev usadenín, predovšetkým pri priemyselných filtroch s vysokým objemovým prietokom plynu. Z tohto dôvodu je nutné akustické čistenie prevádzkovať častejšie. Akustické čistenie je možné použiť vo všetkých aplikáciách, ktoré používajú mechanicú, pulznú regeneráciu či spätný preplach. V prípade použitia akustickej regenerácie v kombinácii s ďalším spôsobom je možné dosiahnuť omnoho lepšie parametre čistenia. Pribežné akustické čistenie predĺži intervaly medzi regeneračnými procesmi, zníži spotrebu stlačeného plynu pre pulznú regeneráciu a zaisťuje rovnomerné zanášanie filtrov.



Vďaka šetrnému spôsobu odstraňovania usadených častíc z povrchu sa predlžuje životnosť filtrov.

Obr. 14 Akustická regenerácia ^[7]

5. ISO 16891

Zmeny fyzických a chemických vlastností filtračných médií sú spôsobené mnohými faktormi, ako napríklad teplom, korozívnymi plynmi či mechanickým upchávaním atď. Vo väčšine prípadov sú to nepriaznivé vplyvy. Degradácia materiálu vzniká veľmi pomaly a teda trvá veľmi dlho, pokým nastanú viditeľné a merateľné zmeny. Okrem toho vznik zmien závisí na kombinácií pôsobenia a materiálu vlákna. Toto sú dôvody prečo dosiaľ nebolo úplne porozumenému mechanizmu zmeny vlastností. Charakterizácia alebo vyhodnotenie metód zatiaľ nebolo ustanovené. ^[9]

Existujú požiadavky na vytvorenie návodu pre systematické charakterizovanie a vyhodnotenie zmeny vlastností média s rešpektom na ich dlhotrvajúce použitie nielen od výrobcov filtračného média, ale taktiež od užívateľov filtračných zariadení. ^[9]

V tomto medzinárodnom štandarde boli štandardizované testovacie metódy na vyhodnotenie teplotných a korozívnych degradačných charakteristík netkaných filtračných materiálov so syntetickými vláknami. Hlavnou úlohou tohto medzinárodného štandardu je špecifikácia testovacej metódy na posúdenie relatívnych zmien fyzických vlastností nového a použitého filtračného média v priemyselných aplikáciach vystavením podmienkam vysokej teploty a/alebo korozívnym plynom. ^[9]

Táto ISO norma platí pre všetky netkané filtračné média zo syntetických vlákien.

5.1. Princíp testovania

Fyzické vlastnosti filtračného média degradujú s časom z dôvodu dlhotrvajúceho vystavenia ťažkým podmienkam ako napríklad horúci a korozívny plyn. Keď je filtračný materiál vystavený prostrediu s obsahom zlúčenín ako NO_x, SO_x, HCl a vlhosti, tieto zlúčeniny pôsobia na vlákna a tým pádom menia kryštalitu a spojenie molekúl vo vláknach. Tieto podmienky vyústia do nenávratného poškodenia média a oslabenia fyzických vlastností ako sú pevnosť v ťahu, predĺženie atď. ^[9]

Pevnosť v ťahu filtračného média po vystavení podmienkam horúceho/korozívneho prostredia je možné vyjadriť rovnicou (1), za predpokladu že reakcia degradácie medzi vláknom a prostredím je pseudolineárna. ^[9]

$$\tau(0) - \tau(t) = \Delta\tau = F(A)[1 - \exp(-Kt)] \quad (1)$$

Kde:

$\tau(t)$ - pevnosť v ťahu filtračného média

$F(A)$ - nepoznaná konštanta súvisiaca s celkovou plochou filtračného média

K - konštanta účinnej reakcie súvisiaca s degradáciou média

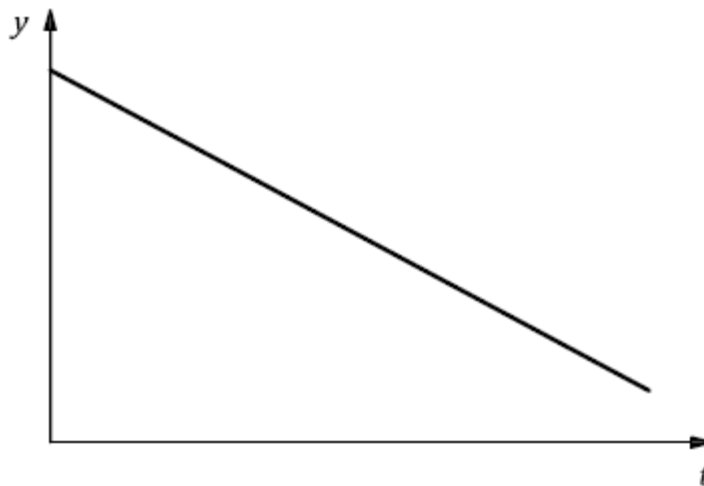
Prvá derivácia rovnice (1):

$$\frac{d\Delta\tau}{dt} = -\frac{d\tau}{dt} = K \cdot F(A) \exp(-K \cdot t) \quad (2)$$

Podobnú rovnicu dostaneme použitím Hookovho zákona na pevnosť v ťahu a predĺženie.

$$\frac{d\Delta\delta}{dt} \cong K \cdot F(A) \exp(-K \cdot t) \quad (3)$$

Na základe rovnice (2) a (3) zistíme, že výsledkom logaritmu prvej derivácie pevnosti v ťahu v súvislosti s dobou vystavenia t je priamka.



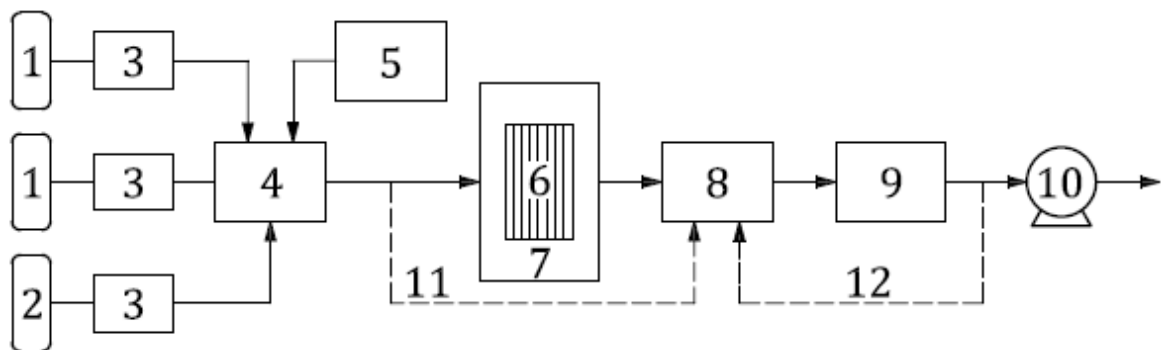
Obr. 15 Vzťah medzi gradientom pevnosti v ťahu a dobe vystavenia korozívnemu plynu [9]

t - doba vystavenia

y - $\lg(-d\tau/dt)$

Proces degradácie je zväčajne veľmi pomalý. Merateľné zmeny fyzických vlastností sa prejavajú až po veľmi dlhom čase. V tejto ISO norme je proces degradácie urýchlený vyššou koncentráciou a teplotou korozívneho plynu. ^[9]

Testovacia vzorka, zariadenie a procedúra má byť zvolená v každom kroku tak, aby sa zaistila dobrá reprodukovateľnosť a opakovateľnosť testu. Zariadenie na skúšanie pozostáva z nasledujúcich komponentov: dodávka plynu, testovacia komora, ohrievací systém, jednotka na čistenie plynu, vákuová pumpa a analyzátor plynu. ^[9]



Obr. 16 Schématické zloženie testovacieho zariadenia ^[9]

- | | |
|-----------------------|---|
| 1- testovací plyn | 8- analyzátor plynu |
| 2- balančný plyn | 9- zariadenie na čistenie plynu |
| 3- regulátor prietoku | 10- pumpa |
| 4- zmiešavač | 11- zariadenie na meranie koncentrácie plynu na vstupe |
| 5- generátor vlhkosti | 12- zariadenie na meranie koncentrácie plynu na výstupe |
| 6- testovacia komora | |
| 7- ohrievací systém | |

Súčasti štandardizovaného zariadenia

Testovacia komora

Komora by mala byť vzduchotesná, zhotovená z materiálov s výbornou odolnosťou voči testovacím plynom, vybavená prívodnými a odvodnými potrubiami a senzormi teploty. ^[9]

Ohrievací systém

Teplota by mala byť udržiavaná s presnosťou $\pm 1 \%$. ^[9]

Dávkovač testovacieho plynu

Môže byť použité akékoľvek zariadenie, spĺňajúce požiadavky prietoku a zloženia testovacieho plynu počas testovania. ^[9]

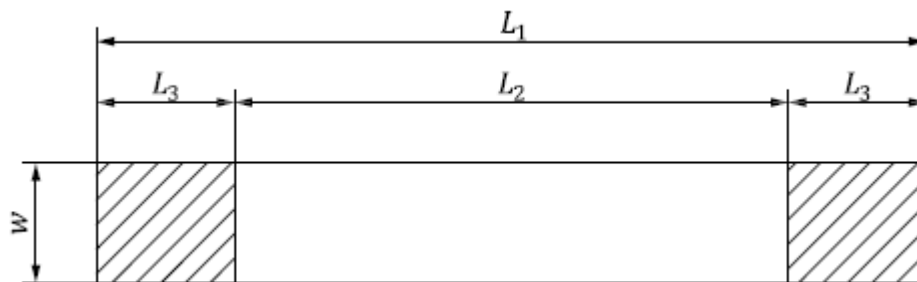
Analyzátor plynu

Koncentrácia plynu sa merá buď nepretržite, alebo prerušovane vhodným zariadením pre správne určenie a udržanie konštantnej koncentrácie plynu počas celej doby testovania. ^[9]

Samotný test by mal pozostávať z nasledujúcich troch krokov:

5.2. Príprava vzorky

Pre obdržanie spoľahlivých výsledkov by permabilita vzoriek filtračného materiálu mala byť podobná. Tvar vzorky na testovanie by mal byť ako na Obr.17 z dôvodu dostatočnej veľkosti na získanie správnych a reprodukovateľných dát. ^[9]



Obr. 17 Tvar vzorky testovanej na pevnosť v ťahu ^[9]

L_1 - dĺžka vzorky (200 mm)

L_2 - dĺžka medzi držiakmi (100 mm)

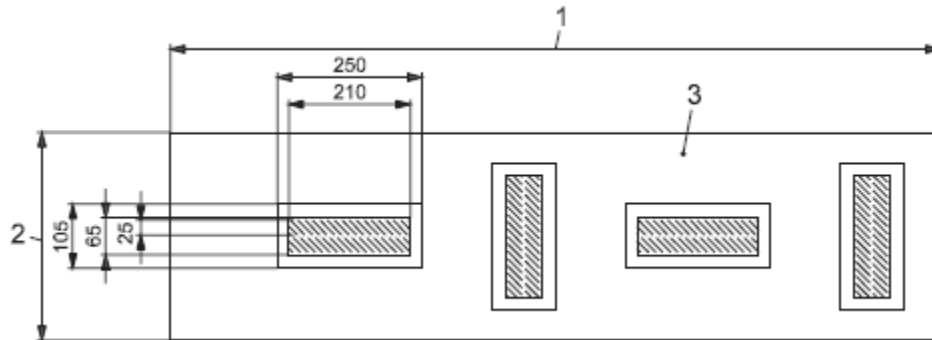
L_3 - dĺžka držiaka (50 mm)

w - šírka držiaka (25 mm)

Vzorky na testovanie:

Pre rovnaké narušenie filtračných vzoriek by sa mal testovací plyn dostať do kontaktu so všetkými vláknami počas celej doby trvania testu. Z tohto dôvodu sa odporúča metóda kontinuálneho prúdenia. Rozmer testovacej vzorky bol stanovený na 105 mm x 250 mm, v ktorej testovací plyn prechádza stredovou časťou s rozmermi 65 mm x 210 mm. Takáto plocha by mala byť dostatočne veľká na dve vzorky pre skúšku pevnosti v ťahu. Podrobnejší náhľad je vyobrazený na Obr.18. Pevnosť v ťahu testovanej vzorky je závislá od jej

štruktúry. Z tohto dôvodu by testované vzorky mali byť vybrané na základe ich vzduchovej permeability. Permeabilita by sa nemala líšiť o viac ako $\pm 10\%$ hodnoty udávanej výrobcom. Vzorky sú vyrezané z centrálnej časti filtračného textilu a to aspoň v štyroch kusoch pre každý smer. ^[9]



Obr. 18 Výber vzoriek z filtračného textilu ^[9]

- 1- pozdĺžny smer
- 2- priečny smer
- 3- filtračný textil

5.3. Vystavenie vzorky testovaciemu plynu

5.3.1. Porcedúra jednotlivých krokov štandardizovaného testu

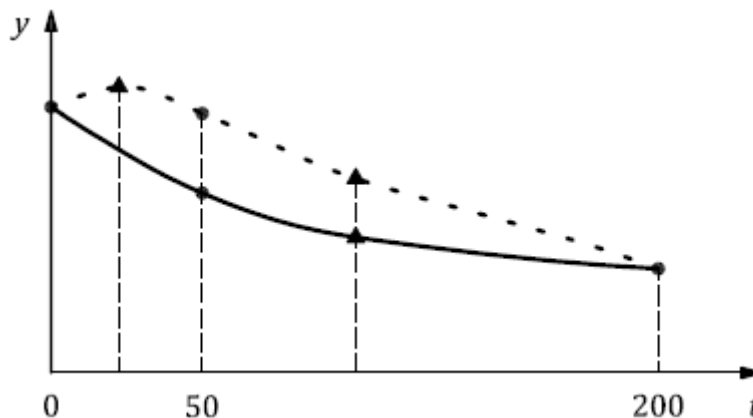
1. Zloženie zariadenia: Vloženie testovacej komory do ohrievacieho systému a pripojenie všetkých zariadení.
2. Nastavenie zloženia testovacieho plynu na základe Tab.5.
3. Kompletné nahradenie zbytkového plynu v zariadení dusíkom.
4. Kontrola prípadných netesností a predhriatie komory. Prívod testovacieho plynu s prietokom $1 \pm 0,1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Nepretržitá kontrola výstupného plynu.
5. Ukončenie testovania: Vypnutie ohrievania a prívodu testovacieho plynu. Ochladenie testovacej komory na teplotu okolia a následné vybratie testovaných vzoriek. ^[9]

Tab. 5 Zloženie testovacieho plynu ^[9]

Testovací plyn	Zloženie plynu
N ₂	N ₂ : 100 % (len pre tepelné vystavenie)
NO _x	NO ₂ : 0,1 %; O ₂ : 10 %; N ₂ : balans
SO _x	SO ₂ : 0,1 %; N ₂ : balans
	SO ₂ : 0,1 %; vlhkosť: 20 %; N ₂ : balans
HCl	HCl: 0,2 %; N ₂ : balans
	HCl: 0,2 %; vlhkosť: 20 %; N ₂ : balans
Mix 1	NO ₂ : 0,1 %; SO ₂ : 0,1 %; HCl: 0,2 %; O ₂ : 10 %; N ₂ : balans
Mix 2	NO ₂ : 0,1 %; SO ₂ : 0,1 %; HCl: 0,2 %; O ₂ : 10 %; vlhkosť: 20 %; N ₂ : balans

Teplota testovacieho plynu by mala byť približne 10 % vyššia ako prevádzková teplota filtračného materiálu.

Na základe rovnice (1), sa pevnosť mení exponenciálne s dobou vystavenia plynu, avšak je empiricky dokázané že pevnosť v ťahu má na začiatku testu krátke maximum a následne sa s časom znižuje. Z tohto dôvodu sa vykonávajú tri skúšky. Doby trvania sú 50 h, 200 h a jedna doba menej ako 50 h, alebo medzi 50 h a 200 h. ^[9]



Obr. 19 Tendencia experimentálnej degradácie ^[9]

- Požadovaný bod merania

t - doba vystavenia plynu

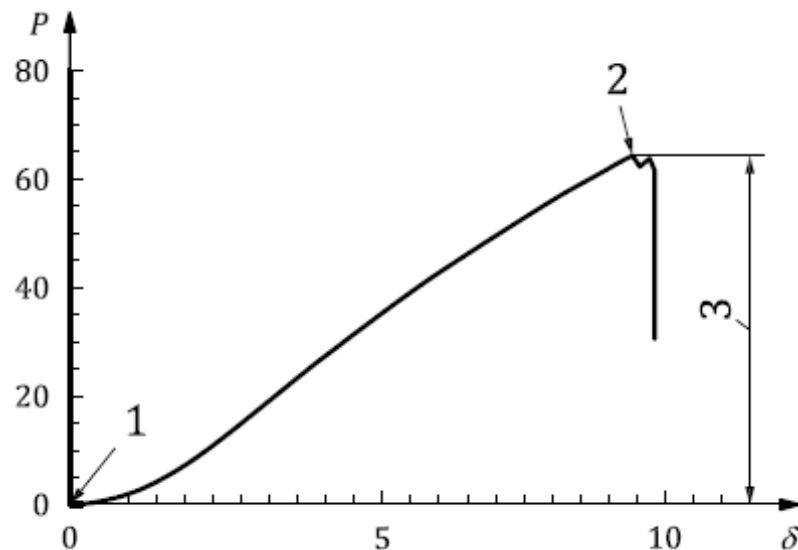
y - $\tau(t)$ alebo $\delta_{max}(t)$

5.4. Test pevnosti v ťahu:

Test by mal byť vykonaný metódou na základe ISO 4606 a ISO 13934-1.

Porcedúra testovania pevnosti v ťahu

1. Upevnenie vzorky do držiakov bez poškodenia.
2. Smer vzorky MD a TD.
3. Minimálne 4 vzorky pre MD a TD.
4. Teplota testovaných vzoriek je teplota okolia.
5. Vzďialenosť medzi držiakmi je 100 mm.
6. Rýchlosť napínania je pre netkané textílie 100 mm*min⁻¹.
7. Vytavenie vyššie spomenutým podmienkam do zlyhania.
8. Meranie pevnosti v ťahu a predĺženia len v prípade zlyhania v strede testovanej vzorky.
(zlyhanie v blízkosti držiakov = opakovanie testu).
9. Stanovenie ťahových charakteristík. ^[9]



Obr. 20 Graf závislosti predĺženia od zaťaženia ^[9]

δ – predĺženie

P – zaťaženie

1 – začiatok predĺženia

2 – maximálne zaťaženie P_{max}

3 – predĺženie pri maximálnom zaťažení δ_{max}

Pevnosť v ťahu je vypočítaná z maximálneho zaťaženia.

$$\tau = \frac{P_{max}}{w} \quad (4)$$

Retenčná pevnosť v ťahu je daná ako pomer pevnosti pred a po vystavení plynu.

$$ret. pevnosť = \frac{\tau}{\tau_0} \quad (5)$$

Pomer predĺženia.

$$\varepsilon_{max} = \frac{\delta_{max}}{L_2} \quad (6)$$

Príklad správy z testovania ^[9]

a) References

Test reference number: 1	Date of issue: ****/**/**
Location and name of laboratory: *****	
Name of operator: *****	

b) Filter media

Name of filter:***	lot number: ***	Manufacture: ****
Type of media: ***	material (web: PPS scrim: PPS)	
Properties of filter media given from manufacture		
Mass per unit area of media 552 (g·m ⁻²)	Thickness: 1,8 (mm)	
Air permeability: 14,0 (cm ³ ·cm ⁻² ·s ⁻¹)		

c) Selection of sample sheets for gas exposure

Sheet no.	1	2	3	4	5	6	7	8
Measured permeability (cm ³ ·cm ⁻² ·s ⁻¹)	14,0	15,5	13,7	14,0	13,9	14,3	14,3	14,1
Exposed sheet no.	0M1-2	x	0T1-2	50M1	50M2	50M3	50M4	50T1
Sheet no.	9	10	11	12	13	14	15	16
Measured permeability (cm ³ ·cm ⁻² ·s ⁻¹)	13,9	14,2	14,1	12,5	14,0	14,3	13,7	14,0
Exposed sheet no.	50T2	50T3	50T4	x	100M1	100M2	100M3	100M4
Sheet no.	17	18	19	20	21	22	23	24
Measured permeability (cm ³ ·cm ⁻² ·s ⁻¹)	14,0	12,4	14,0	14,0	14,0	13,9	14,3	14,1
Exposed sheet no.	100T1	x	100T2	100T3	100T4	150M1	150M2	150M3
Sheet no.	25	26	27	28	29	30	31	32
Measured permeability (cm ³ ·cm ⁻² ·s ⁻¹)	13,8	14,0	13,9	13,9	14,1	14,3	13,7	14,0
Exposed sheet no.	150M4	150T1	150T2	150T3	150T4	200M1	200M2	200M3
Sheet no.	33	34	35	36	37	38	39	40
Measured permeability (cm ³ ·cm ⁻² ·s ⁻¹)	14,1	14,0	15,6	13,9	14,1	14,0		
Exposed sheet no.	200M4	200T1	x	200T2	200T3	200T4		

d) Gas exposure

Experimental conditions (exposure)
Gas composition: NO ₂ : 0,1 %, O ₂ : 10 %, N ₂ : Balance gas flow rate: 1,0 l/min
Exposure temperature: 200 °C
Exposure time: 0 h, 50 h, 100 h, 200 h

e) Results

Exposure time (h)	Direction MD or TD	Specimen ID	Tensile strength (N·mm ⁻²)	Ratio (%)	Elongation (mm)	Ratio (%)
0	MD	0M1-1	22,74	/	30,95	/
		0M2-2	22,17		31,74	
		Average	22,45		100,0	
	TD	0T1-1	34,56	/	38,70	/
		0T2-1	34,90		39,23	
		Average	34,73		100,0	
50	MD	50M1-2	16,67	/	20,26	/
		50M2-1	16,56		20,28	
		50M3-1	16,85		19,03	
		50M4-1	16,69		19,86	
		Average	16,69		74,3	
	TD	50T1-1	27,97	/	18,56	/
		50T2-1	28,84		17,06	
		50T3-1	28,23		17,65	
		50T4-2	27,88		17,32	
		Average	28,23		81,3	
100	MD	100M1-1	15,96	/	17,69	/
		100M2-2	15,90		18,10	
		100M3-2	15,38		18,03	
		100M4-1	16,38		18,57	
		Average	15,90		70,8	
	TD	100T1-1	26,86	/	16,12	/
		100T2-1	25,46		16,26	
		100T3-1	23,57		16,34	
		100T4-1	25,94		16,32	
		Average	25,46		73,3	
200	MD	200M1-2	12,81	/	16,35	/
		200M2-2	13,24		16,47	
		200M3-1	13,66		15,98	
		200M4-1	12,68		14,46	
		Average	13,10		58,3	
	TD	200T1-1	18,69	/	15,83	/
		200T2-1	21,09		15,83	
		200T3-1	20,30		14,87	
		200T4-1	19,89		15,42	
		Average	19,99		57,6	

Tab. 6 Príčiny a následky degradácie materiálov ^[9]

1 tepelná degradácia		
<i>príčina</i>	<i>výsledok</i>	<i>poznámka</i>
Roztopenie alebo vyhorenie	Náhle porušenie média	Rýchle zníženie tlaku
Zmena kvality materiálu	Roztrhnutie pri veľkej externej sile	Pomalá degradácia pevnosti
Tvorenie mikrotrhlín		
Zmršťovanie materiálu	Roztrhnutie obráziou	Kontakt s držiakom
Natiahnutie materiálu		Vytváranie záhybov
2 chemická degradácia		
<i>príčina</i>	<i>výsledok</i>	<i>poznámka</i>
Korózia pôsobením kyselín a zásad hydrolyza	Roztrhnutie pri veľkej externej sile	Pomalá degradácia
3 mechanická degradácia		
<i>príčina</i>	<i>výsledok</i>	<i>poznámka</i>
Abrázia s držiakom	Roztrhnutie pri veľkej externej sile	Strata hmoty abráziou
Abrázia s prachom		
Vzájomný oder filt. materiálu		Rýchla a lokálna abrázia
4 upchávanie medzier medzi vláknami		
<i>príčina</i>	<i>výsledok</i>	<i>poznámka</i>
Vlhnutie	Vypnutie systému	Rýchly nárast tlaku
Penikanie častíc	Porušenie média	Pomalý nárast tlaku
5 zväčšovanie medzier medzi prekladaním vlákien		
<i>príčina</i>	<i>výsledok</i>	<i>poznámka</i>
Vysoký pulzný tlak Nárast hmotnosti prachu Nárast hmotnosti média	Vypnutie systému Porušenie média	Nárast ťahovej sily s rýchlosťou filtrácie Zvýšená penetrácia prachu

6. ISO 11057

Filtre s možnosťou čistenia sa používajú na oddelenie častíc z plynu obsahujúceho koncentrácie častíc od niekoľkých miligramov na meter kubický, až po niekoľko stoviek gramov na meter kubický. V závislosti na koncentrácií prachu sa skôr či neskôr na povrchu média vytvorí filtračný koláč, ktorý sa periodicky odstraňuje. V období vzniku tejto bublikácie sa regenerácia filtra prevádzkuje formou vstreknutia čistého stlačeného vzduchu. Projektovaná životnosť takýchto filtrov je zvyčajne 2 až 4 roky. ^[10]

Prevádzkové podmienky, dizajn filtrov, systémy čistenia ale aj výber filtračného média sa aj cez veľmi intenzívny výzkum stále určujú na základe empiricky získaných dát z pilotných projektov a priemyselných zariadení. ^[10]

Systematická charakterizácia a vyhodnotenie filtračných médií s ohľadom na ich dlhodobé prevádzkové vlastnosti (filtrácia, regenerácia) a emisie, je stále hlavným problémom nie len pre vývojárov v výrobcov filtračných médií, ale aj pre ich užívateľov. Z tohto dôvodu je dopyt pre vylepšené metódy charakterizácie a vyhodnotenia filtračných médií s možnosťou regenerácie. Jedná sa o informácie z dlhodobejšej prevádzky ako ponúkajú výrobcovia. ^[10]

Tento medzinárodný štandard špecifikuje a štandardizuje testovanciu metódu pre porovnávaciu charakterizáciu médií regenerovaných pulznou regeneráciou v štandardizovaných skúšobných podmienkach. Hlavným účelom testovania je získanie informácií o prevádzkových vlastnostiach a emisiach častíc filtračného média. ^[10]

6.1. Princíp testovania

Pri výbere správnej testovacej metódy sa prihliadalo na praktickosť a flexibilitu testovania filtrov. Použitá testovacia metóda filtračných médií berie v úvahu spôsob ich použitia (vrecové filtre, kartridžové filtre atď.). Zaťaženie filtračnej vzorky testovacím plynom je vykonané konštantným a reprodukovateľným spôsobom. Test sa vykonáva na plochých okrúhlych vzorkách filtračného média na laboratórnych prístrojoch. Počas testu je vzorka vystavená konštantnému prúdeniu plynu s konštantnou koncentráciou prachu. Pri dosiahnutí vopred určenej tlakovej straty média sa aktivuje pulzná regenerácia. Testovacie vzorky sú porovnávané a ohodnotené na základe vývoja takzvanej charakteristiky dát filtrácie, ktoré sú: tvar kriviek tlakovej straty, vývoj zvyškového poklesu tlaku, cyklus času

filtrácie/regenerácie, zvyšková hmotnosť usadeného prachu a prienik prachu cez testovanú vzorku. [10]

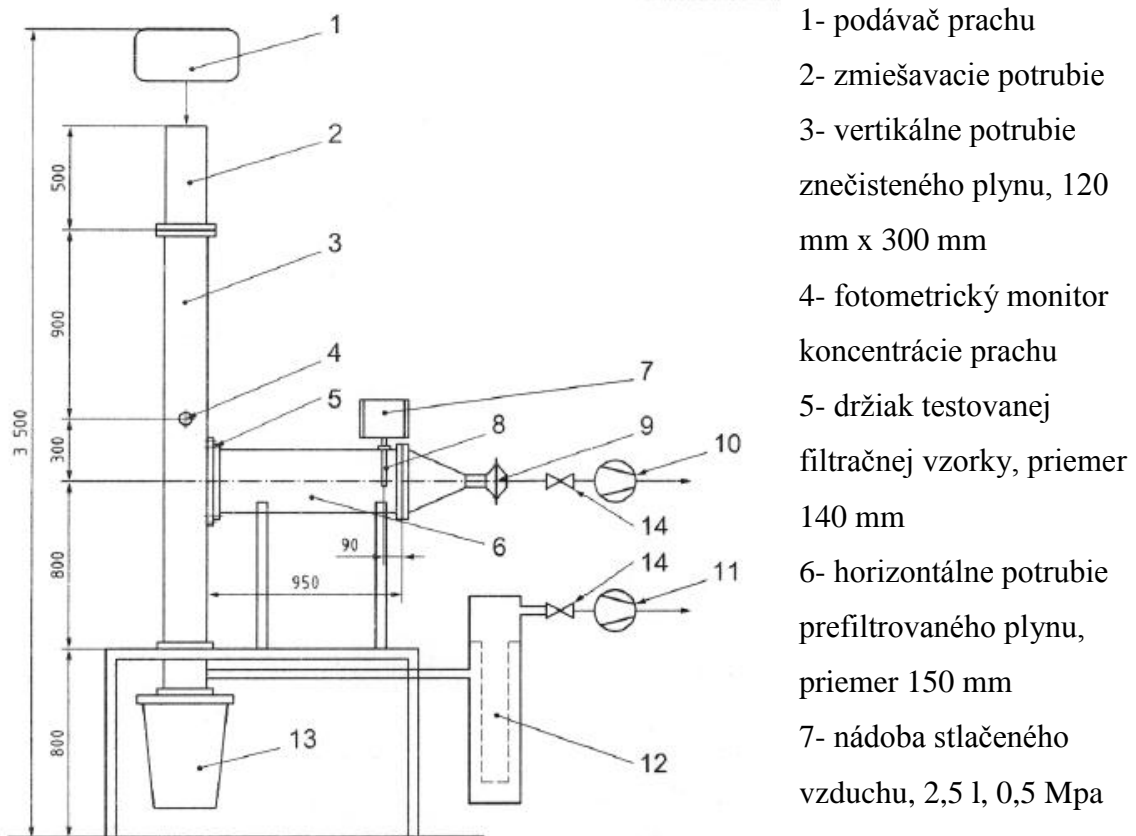
Plyny a materiály

Stlačený vzduch-stlačený vzduch by mal byť suchý a bez oleja.

Filtračný materiál stlačeného vzduchu - odvlhčený stlačný vzduch by mal byť následne čistený dvojstupňovým filtrom pozostávajúcim z predfiltra s veľkosťou pórov 0,3 μm a jemným filtrom s pórmí veľkosti 0,01 μm .

Skúšobný prach - Pural NF

Koncový filter - Filtračné médium pre gravimetrické meranie čistého plynu (použitie filtrov zo sklenených vlákien na zmeranie hmotnosti častíc v prefiltrovanom plyne). [10]



Obr. 21 Schématické zloženie testovacieho zariadenia [10]

8- potrubie stlačeného vzduchu

9- koncový filter pre gravimetrické meranie prefiltrovaného plynu

10- pumpa prefiltrovaného plynu

11- pumpa z vertikálneho potrubia znečisteného plynu

12- záložný filter znečisteného plynu

13- nádoba na prach

14- merač hmotnostného prietoku

Súčasti štandardizovaného zariadenia

Podávač prachu

Zariadenie by malo zaistiť priemernú hmotnostnú koncentráciu prachu na úrovni $5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ s maximálnou odchýlkou $\pm 7 \%$. Táto koncentrácia je určená vážením hmotnosti prachu uloženého na testovanej vzorke počas fixného časového úseku a relatívne k objemu prefiltrovaného plynu. ^[10]

Zariadenie na monitorovanie koncentrácie prachu

Zariadenie nepretržite monitoruje rovnomernosť rozptylu častíc a koncentráciu prachu znečisteného plynu pred testovanou filtračnou vzorkou. ^[10]

Držiak testovanej filtračnej vzorky

Držiak predstavuje kruhový výrez s priemerom 140 mm vystavený znečistenému plynu. Na čistej strane držiaka sú umiestnené tri paralelné tyče, ktoré simulujú klieťku hadicových filtrov. Maximálna dovolená vzdialenosť medzi rovinou vzorky a tyčí je 2 mm. ^[10]

Kalibrácia tlakovej straty štandardizovaného testovacieho zariadenia

Je doporučené aby povrch filtračného média (membrána alebo mikrovlákna) vytváral lineárnu krivku tlakovej straty pri tlaku minimálne 1000 Pa. Použitím testovacieho prachu Pural NF, rýchlosti plynu $2 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ a koncentrácie prachu $5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ by mal byť gradient tlakovej straty 180 Pa/100 s, s maximálnou odchýlkou $\pm 7 \%$. Zmena troch po sebe idúcich meraní v rámci jedného testovania by nemala navzájom presiahnuť 5 %. ^[10]

Potrubie prefiltrovaného plynu

Potrubie by malo mať rovnaký priemer ako testovaná vzorka (140 mm). Po obvode potrubia sa v smere prúdenia nachádzajú minimálne 4 otvory s priemerom 4 mm pre meranie tlakovej straty. Za nimi sa nachádza príruha na upevnenie koncového filtra. ^[10]

Regeneračný systém

Testovaná vzorka je čistená pulzom stlačeného vzduchu. Systém pozostáva z tlakovej nádoby s minimálnym objemom 2,5 l, časovacím ventilom a potrubím stlačeného vzduchu. Vzdialenosť potrubia stlačeného vzduchu a vzorky je $6\cdot D \pm 0,5\cdot D$ ($D = 140 \text{ mm}$). Tlak

v nádobe je konštantný, udržiavaný regulátorom tlaku na hodnote 0,5 MPa. Potrubie stlačeného vzduchu má dĺžku 210 mm s minimálnym vnútorným priemerom 28 mm a tryska s priemerom 3 mm smeruje kolmo na rovinu testovanej vzorky. ^[10]

Gravimetrické meracie zariadenie koncového filtra

Za účelom merania koncentrácie prachu za testovanou filtračnou vzorkou (prefiltrovaný plyn) sa za ňou nachádza príruha pre upevnenie koncového filtra. Koncový filter má mať priemer minimálne 40 mm. ^[10]

Meranie rozdielu tlaku

Použitý je senzor rozdielu tlaku s analógovým a digitálnym výstupom pre meranie a zaznamenávanie rozdielu statických tlakov naprieč testovanou vzorkou. Rozsah prístroja by mal byť od 0 Pa do aspoň 2000 Pa s presnosťou merania 0,5 % celkovej hodnoty. ^[10]

Teplota a tlak znečisteného plynu

Teplota a statický tlak by mal byť meraný v potrubí znečisteného plynu pre nastavenie správnej rýchlosti plynu. ^[10]

Zariadenia na meranie a kontrolu prúdenia plynu

Odporúča sa použitie zariadení na meranie a kontrolu objemových prietokov. Zariadenia na to určené pracujú nezávisle na prevádzkových parametroch a zaisťujú rýchlu a presnú kontrolu prednastavených hodnôt. ^[10]

6.2. Parametre prevádzky testu

Vzorka je testovaná pri konštantnej rýchlosti $2 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ počas celého testu. Meracie zariadenie rýchlosti prúdenia musí byť schopné reakcií na zmeny tlaku, avšak nemalo by byť zarušené regeneračným pulzom. Pri štandardizovanom teste sa používa skúšobný prach Pural NF s koncentráciou $5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$. Pulzná regenerácia je vykonaná stlačeným vzduchom s tlakom 0,5 MPa a elektricky ovládaným ventilom s časovačom nastaveným na 60 ms, ktorý je spustený pri prekročení tlakovej straty 1000 Pa. Relatívna vlhkosť by nemala prekročiť 50 %. ^[10]

Tab. 7 Parametre a tolerancie primárneho testovania ^[10]

Parameter	Jednotka	Hodnota	Tolerancia
Rýchlosť plynu	m*min ⁻¹	2	± 3 %
Koncentrácia prachu	g*m ⁻³	5	± 7 %
Testovací prach		Pural NF	
Tlaková strata na spustenie regenerácie	Pa	1000	± 1 %
Tlak vzduchu na regeneráciu	MPa	0,5	± 3 %
Doba otvorenia ventilu	ms	60	Môže byť prestavené na správnu hodnotu pulzu

Merané parametre

Pred každým testom musí byť určená koncentrácia čisteného plynu gravimetrickou metódou a následne udržiavaná na konštantnej hodnote počas celej doby testu.

Počas testu sa merajú a zaznamenávajú hodnoty tlaku, teploty, objemového prietoku znečisteného plynu a tlaková strata filtračnej vzorky. Zostatková tlaková strata by sa mala zaznamenávať osobitne. ^[10]

6.3. Fázy testovania

Počas štandardného testu je vzorka vytavená testovaciemu prachu pri už predtým predtým špecifikovaných podmienkach. Pri každom presiahnutí tlakovej straty 1000 Pa sa aktivuje pulzná regenerácia. Štyri sekundy po tridsiatom pulze sa preruší dávkovanie plynu testovacím prachom a tým je ukončená prvá fáza testu. ^[10]

Prvá fáza je nasledovaná fázou starnutia. Filter je vystavený 2500 regeneračným cyklom s intervalom každých 20 s. ^[10]

Medzi fázou starnutia a druhou fázou merania je vykonaná stabilizačná fáza (10 cyklov regenerácie s riadenou tlakovou stratou) za účelom stabilizácie podmienok prevádzky a chovania filtračnej vzorky. ^[10]

Po fáze starnutia a stabilizácie nasleduje opäť aspoň 30 cyklov regenerácie s riadenou tlakovou stratou. Počas tejto fázy sa druhýkrát vykoná gravimetrické vyhodnotenie koncentrácie prachu v prefiltrovanom plyne. Táto posledná fáza testu by mala trvať

minimálne 2 h z dôvodu dosiahnutia akceptovateľnej hmotnosti prachu na koncovom filtri pre určenie koncentrácie prachu na strane prefiltrovaného plynu. ^[10]

Piata fáza merania môže byť pridaná, ak cyklus filtrácie počas štvrtej fáze dosiahol veľmi krátke doby (30 s) a vývoj krivky tlakovej straty už nie je lineárny (krivka má značný konvexný tvar). V tomto prípade sa navrhuje zaradenie piatej fázy merania so spustením regenerácie na hodnote tlakovej straty 1800 Pa. ^[10]

Tab. 8 Fázy štandardizovaného testu ^[10]

Fáza merania	Podmienky	Stanovenie koncentrácie prachu na strane prefiltrovaného plynu
Fáza 1	30 cyklov pulznej regenerácie spustených tlakovou stratou 1000 Pa.	Áno
Fáza 2	2500 cyklov pulznej regenerácie s intervalom každých 20 sekúnd.	Nie
Fáza 3	10 cyklov pulznej regenerácie spustených tlakovou stratou.	Nie
Fáza 4	30 cyklov, ale spoň 2 hodiny merania s pulznou regeneráciou spúšťanou tlakovou stratou.	Áno
Fáza 5	2 h cyklov pulznej regenerácie spustených tlakovou stratou 1800 Pa.	Áno

Stanovenie koncentrácie prachu znečisteného plynu:

Vloženie vzorky filtra do držiaka pre gravimetrické stanovenie koncentrácie prachu, zváženie a namontovanie do zariadenia (navrhuje sa použitie netkanej textílie s neupraveným povrchom). Vystavenie filtra prevádzke po dobu minimálne 6 minút. Následné odstránenie vzorky filtra z držiaka a jej zváženie. ^[10]

Výpočet koncentrácie prachu znečisteného plynu:

$$\gamma = \frac{\Delta m}{\Delta V} \quad (7)$$

Kontroly funkčnosti štandardizovaného zariadenia na testovanie:

Skúška tesnosti - skúšku tesnosti zariadenia sa odporúča vykonávať aspoň raz za tri mesiace.

Gradient krivky nárastu tlakovej straty - rýchly test ukáže či všetky súčasti, kontrola prúdenia a rozptyl podávača prachu fungujú správne.

Skúška regeneračného pulzu - overenie prevádzkových parametrov spomenutých vyššie. ^[10]

6.3.1. Porcedúra jednotlivých krokov štandardizovaného testu

1. Zápis okolitých podmienok testovacej miestnosti (atmosférický tlak, teplota, relatívna vlhkosť).
2. Nastavenie parametrov testovacieho zariadenia (objemový prietok plynu, podávač prachu, časovač otvárania ventilu, tlak v zásobníku vzduchu atď.).
3. Kontrola koncentrácie prachu znečisteného plynu.
4. Vloženie držiaka s novou vzorkou filtra do zariadenia.
5. Zváženie konečného filtra.
6. Stanovenie počiatočnej tlakovej straty (bez prachu v plyne).
7. Začatie prvej fázy testovania
 - Vypnutie podávača prachu na konci prvej meracej fázy. Čakanie kým je plyn bez prachu a následné zmeranie zbytkovej tlakovej straty vzorky (pred samotným meraním vykonanie jedného dodatočného regeneračného pulzu).
 - Vybratie držiaka so vzorkou a jej zváženie na určenie zbytkovej hmotnosti prachu testovanej vzorky po regenerácií.
8. Vybratie koncového filtra a jeho zváženie (určenie koncentrácie prachu prefiltrovaného plynu).
9. Opätovné vloženie testovanej vzorky do zariadenia a výmena koncového filtra. Zahájenie fázy starnutia.
10. Zahájenie stabilizačnej fázy.
11. Zmeranie zbytkovej hmotnosti prachu a zbytkovej tlakovej straty vzorky.
12. Vykonanie čistiacej procedúry zariadenia.
13. Opätovné vloženie testovanej vzorky do zariadenia a stanovenie hmotnosti nového koncového filtra.
14. Zahájenie štvrtej fázy.
15. Po vypnutí podávača prachu a ukončení štvrtej fázy sa pokračuje ako po prvej meranej fáze popísanej vyššie.
16. Zahájenie piatej fázy (ak je nutné)

17. Po vypnutí podávača prachu a ukončení piatej fázy sa pokračuje ako po prvej meranej fáze popísanej vyššie.
18. Zápis okolitých podmienok testovacej miestnosti na konci testovania (atmosférický tlak, teplota, relatívna vlhkosť). ^[10]

Postup a filtračné média pre testovanie zariadenia ekvivalentného so štandardizovaným

Pre výber ekvivalentného zariadenia treba vykonať porovnávacie skúšanie. Tri filtračné média by mali byť simultánne testované (rovnaké miesto a rovnaká doba) s rovnakou várkou testovacieho prachu.

- Polyesterová plst' s ePTFE membránou ($550 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ a $50 \text{ l}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$).
- Hladená polyesterová plst' ($550 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ a $150 \text{ l}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$).
- Opalovaná polyesterová plst' ($500 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ a $200 \text{ l}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$). ^[10]

Z týchto materiálov sa vyberú vzorky ktorých plošná hmotnosť má odchýlku maximálne $\pm 1 \%$ a vzduchová permeabilita $\pm 2 \%$ priemerných hodnôt. Z každého média sa na štandardizovanom a ekvivalentnom zariadení raz testujú všetky tri vzorky (podmienky ako v Tab.7). ^[10]

Aby sa zariadenie stalo ekvivalentným tomu štandardizovanému, musí spĺňať podmienky a tolerancie ktoré sú špecifikované v Tab. 9.

Tab. 9 Podmienky ekvivalencie ^[10]

Testovací parameter	Akceptovateľné odchýlky
Zbytková tlaková trata	$\pm 10 \%$
Čas čistiaceho cyklu	$\pm 10 \%$
Zbytková hmotnosť prachu	$\pm 10 \%$
Koncentrácia prachu prefiltrovaného plynu	$\pm 10 \%$

Spracovanie dát a prezentácia výsledkov:

Spracovanie dát

Spracovanie dát z testovania sa delí do dvoch podskupín. Sú to dáta pravidelne zaznamenávané prístrojmi (tlaková strata, doba cyklu) a ručne získané (zmena hmotnosti testovanej vzorky a konečného filtra). Smerovanie tlakovej straty je možné určiť z údajov

z prístrojov. Zbytková tlaková strata je zaznamenávaná vo vopred určených intervaloch po každom regeneračnom cykle a je prezentovaná na grafe v závislosti na počte cyklov, alebo dĺžky trvania testu. Z nárastu hmotnosti testovanej vzorky podelenej jej plochou sa vypočíta plošná hmotnosť prachu usadeného na povrchu a vo vnútri ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). Vývoj tejto hodnoty slúži ako kritérium na vyhodnotenie schopností filtračného média obnoviť si svoje prevádzkové charakteristiky. Táto hodnota sa stanovuje opakovane po každej testovacej fáze. Koncentrácia prachu prefiltrovaného vzuchu sa vyjadruje ako priemerná hodnota každej fázy (1, 4, 5) v jednotke $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. ^[10]

Prezentácia výsledkov

Výsledky testovania sú zaznamenané v správe z testovania s prehľadom nameraných hodnôt a dodatočných grafických vyhotoveniach. ^[10]

Príklad správy z testovania ^[10]

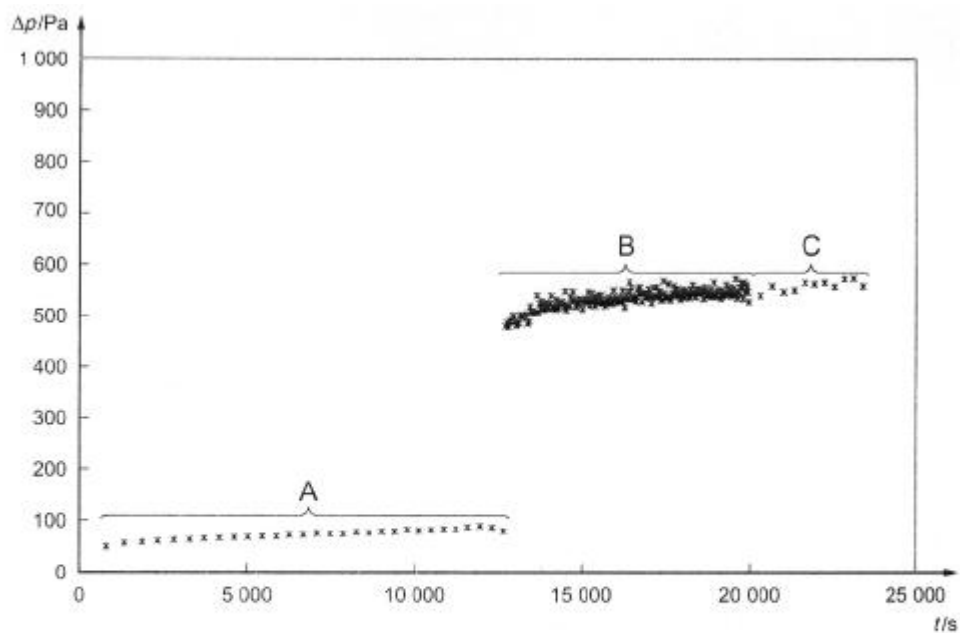
Test report number		
Customer:		Testing lab:
Project:		Tester:
Test reference number:		Date:

Test parameters		
Test dust: Pural NF		Cycle time during ageing [s]: 5
Dust concentration [g/m ³]: 5,1		Cleaning air pressure [MPa]: 0,5
Filter face velocity [m/h]: 120		Valve opening time [ms]: 60
Cleaning set-point pressure/Pa: 1 000 and 1 800		Humidity start/end of test [%]: 38/40
Sample area [m ²]: 0,017 7		Air temp. start/end of test [°C]: 22/24
Exposed sample area [m ²]: 0,015 4		Air pressure start/end of test [hPa]: 1 008/ 1 003
Test phases: 30 cycles + ageing 2 500 cycles + 10 cycles stabilization + 2 h (1 000 Pa) + 2 h (1 800 Pa)		

Filter medium		
Manufacturer:		Equipment:
Type:		Lot number:
Filter description:		Condition:
Fibre description:		Air permeability at 200 Pa; L_d [l/dm ² ·min]:
Areal mass [g/m ²]: 497,4		Thickness; δ [mm]:
Mass filter [g]: 8,79		

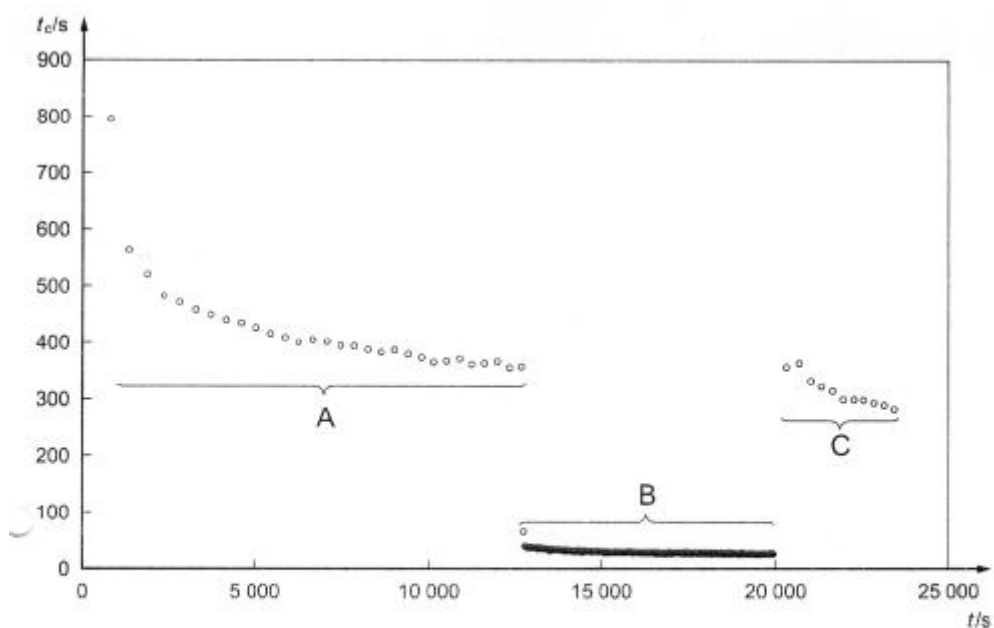
Test results					
	Start	After 30th cycle	Ageing	Measuring	Measuring
Mass filter holder + filter [g]:	533,07	533,94	534,82	534,88	534,93
Mass gain of filter [g]:	—	0,87	1,75	1,81	1,86

	Cleaning at	1 000 Pa	Every 20 s	1 000 Pa	1 800 Pa
State of test/cycles	0	30	Ageing: 2 500 cleaning pulses	241	25
(Residual) pressure drop; Δp_{Res} [Pa]:	47	91		610	620
Residual dust mass; Δm_{Res} [g/m ²]:	0	56,5		117,6	120,8
Cycle time; t_{Cycle} [s]:	—	355		28	289
Test phase:	First 30 cycles			2 h	2 h
Dust penetration; m_{Abs} [mg]:	21,58			6,02	0,50
Measuring time; t_m [s]:	12 642			7 200	7 200
Clean-gas concentration; γ_2 [mg/m ³]:	3,32			1,60	0,13



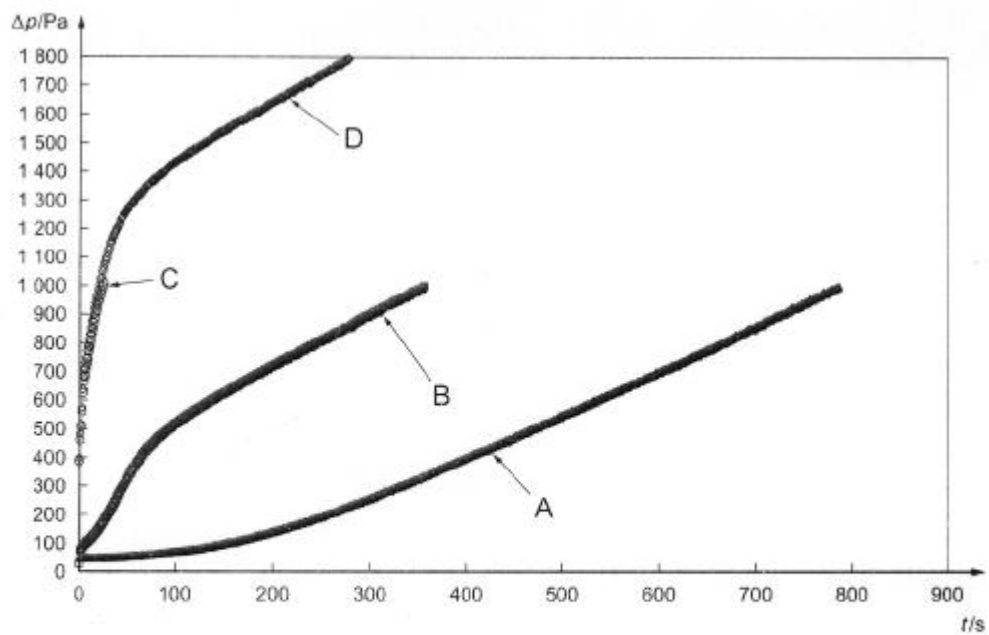
Key		Test conditions	
Δp	residual pressure drop	Temperature:	25 °C
t	time	Dust:	Pural NF
A	prior to ageing, first 30 cycles, cleaning at 1 000 Pa	Tank pressure:	0,5 MPa
B	after ageing, first 30 cycles, cleaning at 1 000 Pa	Velocity:	2 m/min
C	after ageing, first 30 cycles, cleaning at 1 800 Pa	Cleaning at:	1 000 Pa and 1 800 Pa

Obr. 22 Závislosť vývoja zbytkovej tlakovej straty na čase pred a po fáze starnutia [10]



Key		Test conditions	
t_c	cleaning cycle time	Temperature:	25 °C
t	time	Dust:	Pural NF
A	prior to ageing, first 30 cycles, cleaning at 1 000 Pa	Tank pressure:	0,5 MPa
B	after ageing, first 30 cycles, cleaning at 1 000 Pa	Velocity:	2 m/min
C	after ageing, first 30 cycles, cleaning at 1 800 Pa	Cleaning at:	1 000 Pa and 1 800 Pa

Obr. 23 Závislosť vývoja doby trvania cyklov na čase pred a po fáze starnutia [10]



Key		Test conditions	
Δp	pressure drop	Temperature:	25 °C
t	time	Dust:	Pural NF
A	first cycle	Tank pressure:	0,5 MPa
B	30th cycle	Velocity:	2 m/min
C	after ageing, cleaning at 1 000 Pa	Cleaning at:	1 000 Pa and 1 800 Pa
D	after ageing, cleaning at 1 800 Pa		

Obr. 24 Superpozícia kriviek vývoja tlakovej straty v závislosti na čase vybranej fázy ^[10]

7. POROVNÁVANIE TEPLOTNEJ A CHEMICKEJ ODOLNOSTI VYBRANÝCH PRIEMYSELNÝCH FILTRAČNÝCH MATERIÁLOV

Tepelná a chemická povaha prúdiaceho plynu efektívne určuje ktorý typ materiálu by sa mal v danej aplikácii použiť. V závislosti na dobe expozície môžu mať vysoké teploty vážne nepriaznivé účinky na vlákna. Najočividnejšie z nich sú strata húževnatosti v dôsledku oxidácie a menej efektívne filtrovanie v dôsledku zmršťovania textilu. Maximálne teploty použitia pre vlákna sa môžu zdať v porovnaní s ich teplotami topenia celkom nízke. Kým vlákna dokážu vydržať teploty o 20 – 30 °C vyššie ako je ich prevádzková teplota, skúsenosti ukázali že prevádzka na týchto teplotách vedie k postupnému zníženiu húževnatosti.

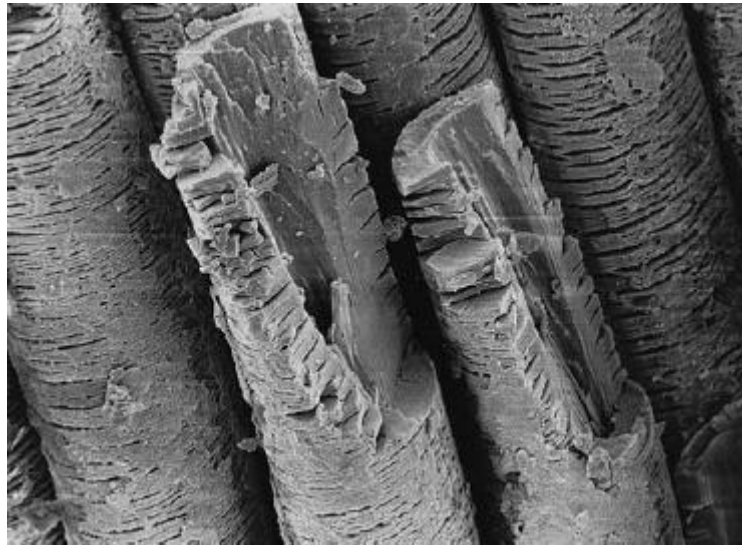
Prítomnosť vlhkosti v prúde plynu, ktorá bude pri teplote nad 100 °C vo forme prehriatej pary spôsobí prostredníctvom hydrolyzy rýchlu degradáciu mnohých vlákien, rýchlosť ktorej závisí od teploty plynu a obsahu vlhkosti. Podobne môžu pre filtračný textil predstavovať v prúde plynu riziká stopy kyselín. Možno najtypickejším príkladom je možné nájsť pri spaľovaní fosílnych palív.

Napríklad, Polyester dokáže zniesť dlhotrvajúcu teplotu 135 °C. Avšak táto teplota sa predpokladá v chemicky neagresívnom prostredí. Vlákna môžu byť ľahko poškodené rozpadom molekulárneho reťazca z dôvodu vyskytujúcej sa vlhkosti. Polyester môže trpieť hydrolyzou v prítomnosti vlhkosti a/alebo kyselín a jeho chemická odolnosť sa znižuje s narastajúcou teplotou. Odolnosť sa výrazne znižuje pri teplote presahujúcej 90 °C. Polyacrilnitrilový reťazec nie je až tak citlivý na hydrolyzu, pretože základom polyméru je polyetylén. Polypropylén, PVC a PTFE nehydrolyzujú, pretože v chemickej štruktúre nemajú časti napadnuteľné vodou.

Polyimid a PPS obdobne trpí na oxidáciu v prítomnosti oxidovadiel. Ako približný príklad platí, že miera degradácie rastie druhou mocninou s každým navýšením teploty o 10 °C. Z tohto vyplýva, že pri posudzovaní chemickej odolnosti materiálu musíme veľmi často brať v úvahu teplotu, ktorej bude materiál vystavený.

Odolnosť proti kyselinám sa u mnohých vlákien zhoršuje s výskytom kondenzácie. Kondenzujúce kyseliny môžu dlhšie pôsobiť na vlákno a tým spôsobovať väčšiu mieru

degradácie materiálu. V prípade kondenzácie vody a prítomnosti chemických zlúčenín SO_x sa môže tvoriť riedená kyselina sírova. Bod varu tejto kyseliny predstavuje teplota vyššia ako 250 °C, takže v prípade vyparenia vody sa tvorí koncentrovaná kyselina sírová, ktorá agresívne napáda vlákna ako napríklad Polyester, m-Aramid a Polyimid. Aramidové vlákna sú obzvlášť citlivé na prítomnosť kyselín, v prípadoch kedy by takáto situácia mohla nastať radšej zvolíme vlákna vyrobené z polyfenylsulfidu (PPS). Na ruhej strane však tieto vlákna nemôžu vydržať dlhodobé teploty nad 190 °C. Pri zvážení týchto hlavných obmedzení je vhodné zamyslieť sa nad drahším materiálom akým je napríklad PTFE.



Obr. 25 Poškodenie polypropylénových vlákien oxidáciou ^[1]

V nasledujúcich tabuľkách sú zobrazené vlastnosti médií vybraných výrobcov. Zbytok sa nachádza v prílohe. Niektorí výrobcovia odmietli zdieľať tieto údaje (TTL, Fulda, Coral, Nordic air filtration, Affco, Sioen, Fuchs ... atď.)

Donaldson ^[11]

Vláknno	Teplotná odolnosť prevádzková (maximálna) [°C]	Teplota tania [°C]	Navlhavosť [%] (20°C, 60% RV)	Hustota vlákien [g/cm ³]	Odolnosť proti hydrolyze	Odolnosť proti kyselinám	Odolnosť proti zásadám	Odolnosť proti oxidovadlám	Odolnosť proti organickým rozpúšťadlám	Odolnosť proti abrázii	Relatívna cena [Polyester]
Celulóza	80 (90)	148	8,5	1,5	-	5	3	4	3	4	x1
Polypropylen MERAKLON, COURLENE	90 (110)	160	0	0,91	1	1	1	4	3	2	x2- 2,5
Polyester DACRON, TREVIRA	135 (180)	250	0,4	1,38	5	3	3	2	2	1	x1
Polyacrylnitril (homopolymer) DRALON, RICEM	130 (150)	250	1	1,17	3	3	2	2	2	3	x2,5- 3
Aramid NOMEX, CONEX	190 (250)	400	5	1,38	3	2	2	2	1	1	x5
Polyphenylsulfid PROCON, RYTON	180 (230)	285	0,6	1,37	1	1	2	5	1	3	x7
Polyimid P84	180 (300)	450	3	1,41	2	2	2	2	2	2	x10
Polytetrafluorethylen TEFLON, TOYFLON	240 (280)	290	0	2,3	1	1	1	1	1	4	x25
Spun bonded polyester	60 (80)	240	-	-	5	2	3	2	2	4	x0,85
Sintered polyethylen SINTAMATIC	60 (70)	-	-	-	1	2	2	3	3	1	x4

1 = výborná

2 = veľmi dobrá

3 = dobrá

4 = priemerná

5 = zlá

Vlákno	Označenie (skratka)	Teplotná odolnosť prevádzková (maximálna) [°C]	Teplota tania (samovznietenia) [°C]	Odolnosť proti hydrolyze	Odolnosť proti kyselinám	Odolnosť proti zásadám	Odolnosť proti oxidovadlám	Odolnosť proti rozpúšťadlám
Polypropylen	PP	90 (100)	160-170 (495)	1	1	1	4	2
Polyolefin TROL	POF (RO)	125 (130)		1	1	1	4	2
Polyester TREVIRA	PE	150 (150)	250-260 (508)	4	3	3-4	2	3
Polyacrylnitril (homopolymer) DOLANIT, RICEM	hom. PAN	125 (140)		2	2	3	2	2
Polyacrylnitril (copolymer)	cop. PAN	110 (115)		2	3	3	2	2
M-aramid NOMEX	AR	200 (220)	od 370 (675)	2-3	3	3	2	1
Polyphenylsulfid PROCON, RYTON	PPS	190 (200)	280-290 (500)	1	1	1	3	1
Polyimid P84	PI	240 (260)		2	3	3	2	2
Polyamid-imid KERMEL	PA-PI	180 (190)		2	3	3	2	2
Polytetrafluorethylen TEFLON, PROFILEN, RASTEX	PTFE	250 (280)		1	1	1	1	1
Sklené vlákna	GLS	250 (280)		2	3	3	1	1

1 = výborná
2 = dobrá
3 = priemerná
4 = zlá

Vláknó	Tepelná odolnosť prevádzková (maximálna) [°C]	Hustota vlákien [g/cm ³]	Odolnosť proti hydrolyze	Odolnosť proti silným kyselinám	Odolnosť proti slabým kyselinám	Odolnosť proti silným zásadám	Odolnosť proti slabým a zásadám	Odolnosť proti oxidovadlám	Odolnosť proti rozpúšťadlám
Polyester DACRON, TREVIRA	145 (150)	1,38	4	2	2	4	3	1	2
Polypropylen MERAKLON, COURLENE	90 (100)	0,91	1	1	1	1	1	2	1
Polyamid NYLON, PERLON	110 (120)	1,14	3	4	2	2	2	2	2
Aramid NOMEX, CONEX	200 (220)	1,38	3	3	2	2	2	1	2
Acrylic (homopolymer) DRALON T	120 (135)	1,15	2	2	2	2	2	2	2
Acrylic (copolymer) ACRILIAN, COURTELLE	105 (115)	1,15	2	4	3	4	4	4	3
Polyphenylsulfid RYTON	180 (190)	1,37	3	2	2	3	3	4	2
Polytetrafluorethylen TEFLON, TOYOFLON	2250 (270)	2,3	1	1	1	1	1	1	1
Sklenené vlákna s PTFE	260 (280)	2,54	1	1	1	1	1	1	1
Co-Polyimid P84	235 (245)	1,41	2	2	2	4	3	3	2

1 = výborná
2 = dobrá
3 = priemerná
4 = zlá

Porovnávanie chemickej odolnosti jednotlivých materiálov od výrobcov je grafickou formou. Výsledná hodnota „**Priemer**“ určuje priemernú odolnosť na päťstupňovej stupnici, kde 1 = najlepšie a 5 = najhoršie.

Polypropylén (PP) –odolnosť proti hydrolýze

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Donaldson								
Kayser								
Gutsche								
Lydall								
Gore								
Testori								
BWF Envirotec								
Priemer								

Minimum 1; maximum 3,75

Polypropylén (PP) –odolnosť proti kyselinám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Donaldson								
Kayser								
Gutsche								
Lydall								
Gore								
Testori								
BWF Envirotec								
Priemer								

Minimum 1; maximum 1,66

Polypropylén (PP) –odolnosť proti zásadám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca					
Donaldson					
Kayser					
Gutsche					
Lydall					
Gore					
Testori					
BWF Envirotec					
Priemer					

Minimum 1; maximum 1,66

Polypropylén (PP) –odolnosť proti oxidovadlám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca					
Donaldson					
Kayser					
Gutsche					
Lydall					
Gore					
Testori					
BWF Envirotec					
Priemer					

Minimum 1,25; maximum 5

Pri hodnotení daného materiálu sa výrobcovia relatívne zhodujú. Testori výrazne zaostáva v odolnosti proti hydrolyze. Lydall najlepší v odolnosti proti oxidovadlám.

Polyester (PE) –odolnosť proti hydrolýze

Hodnotenie	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	
	1	2	3		

Výrobca					
Donaldson					
Kayser					
Gutsche					
Lydall					
Gore					
BWF Envirotec					
Priemer	5				

Minimum 3,33; maximum 5

Polyester (PE) –odolnosť proti kyselinám

Hodnotenie	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	
	1	2	3		

Výrobca					
Donaldson					
Kayser					
Gutsche					
Lydall					
Gore					
BWF Envirotec					
Priemer	3,2				

Minimum 1,25; maximum 4

Polyester (PE) –odolnosť proti zásadám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca									
Donaldson									
Kayser									
Gutsche									
Lydall									
Gore									
BWF Envirotec									
Priemer	4,2								

Minimum 3; maximum 5

Polyester (PE) –odolnosť proti oxidovadlám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca									
Donaldson									
Kayser									
Gutsche									
Lydall									
Gore									
BWF Envirotec									
Priemer	2,4								

Minimum 1; maximum 3,33

Pri hodnotení daného materiálu sa výrobcovia relatívne zhodujú.

Aramid (AR, NO, NX) –odolnosť proti hydrolýze

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Donaldson								
Kayser								
Gutsche								
Lydall								
Gore								
Testori								
BWF Envirotec								
Priemer	3,8							

Minimum 1,25; maximum 5

Aramid (AR, NO, NX) –odolnosť proti kyselinám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Donaldson								
Kayser								
Gutsche								
Lydall								
Gore								
Testori								
BWF Envirotec								
Priemer	3,7							

Minimum 1,25; maximum 5

Aramid (AR, NO, NX) –odolnosť proti zásadám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca					
Donaldson					
Kayser					
Gutsche					
Lydall					
Gore					
Testori					
BWF Envirotec					
Priemer	3				

Minimum 1,25; maximum 5

Aramid (AR, NO, NX) –odolnosť proti oxidovadlám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca					
Donaldson					
Kayser					
Gutsche					
Lydall					
Gore					
Testori					
BWF Envirotec					
Priemer	2,6				

Minimum 1; maximum 3,75

Pri hodnotení daného materiálu sa výrobcovia relatívne zhodujú. BWF Envirotec používa len trojstupňové hodnotenie a z tohto dôvodu môžu nastávať výrazné prechody medzi hodnoteniami.

Polyphenylsulfid (PPS) –odolnosť proti hydrolýze

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Donaldson								
Kayser								
Gutsche								
Lydall								
Gore								
Testori								
BWF Envirotec								
Priemer								

Minimum 1; maximum 3,75

Polyphenylsulfid (PPS) –odolnosť proti kyselinám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Donaldson								
Kayser								
Gutsche								
Lydall								
Gore								
Testori								
BWF Envirotec								
Priemer								

Minimum 1; maximum 2,5

Polyphenylsulfid (PPS) –odolnosť proti zásadám

Hodnotenie	1	2	3	4	5	
	1		2		3	4
	1		2		3	

Výrobca					
Donaldson					
Kayser					
Gutsche					
Lydall					
Gore					
Testori					
BWF Envirotec					
Priemer	1,7				

Minimum 1; maximum 2,5

Polyphenylsulfid (PPS) –odolnosť proti oxidovadlám

Hodnotenie	1	2	3	4	5	
	1		2		3	4
	1		2		3	

Výrobca					
Donaldson					
Kayser					
Gutsche					
Lydall					
Gore					
Testori					
BWF Envirotec					
Priemer	4,5				

Minimum 3,75; maximum 5

Pri hodnotení daného materiálu sa výrobcovia relatívne zhodujú. Lydall zaostáva v odolnosti proti hydrolýze a kyselinám.

Polytetrafluoretylen (PTFE) –odolnosť proti hydrolyze

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Donaldson								
Kayser								
Gutsche								
Lydall								
Gore								
Testori								
BWF Envirotec								
Priemer								

Minimum 1; maximum 1,66

Polytetrafluoretylen (PTFE) –odolnosť proti kyselinám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Donaldson								
Kayser								
Gutsche								
Lydall								
Gore								
Testori								
BWF Envirotec								
Priemer								

Minimum 1; maximum 1,66

Polytetrafluoretylen (PTFE) –odolnosť proti zásadám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Donaldson								
Kayser								
Gutsche								
Lydall								
Gore								
Testori								
BWF Envirotec								
Priemer								

Minimum 1; maximum 1,66

Polytetrafluoretylen (PTFE) –odolnosť proti oxidovadlám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Donaldson								
Kayser								
Gutsche								
Lydall								
Gore								
Testori								
BWF Envirotec								
Priemer								

Minimum 1; maximum 1,66

Pri hodnotení daného materiálu sa výrobcovia zhodujú a udávajú najlepšie možné hodnotenia.

Polyacrylnitril (PAN) –odolnosť proti hydrolýze

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca									
Donaldson									
Kayser									
Gutsche									
Gore									
Testori									
BWF Envirotec									
Priemer	2,6								

Minimum 1,25; maximum 3,33

Polyacrylnitril (PAN) –odolnosť proti kyselinám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca									
Donaldson									
Kayser									
Gutsche									
Gore									
Testori									
BWF Envirotec									
Priemer	2,8								

Minimum 2,5; maximum 3,33

Polyacrylnitril (PAN) –odolnosť proti zásadám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca									
Donaldson									
Kayser									
Gutsche									
Gore									
Testori									
BWF Envirotec									
Priemer	3,2								

Minimum 2,5; maximum 4

Polyacrylnitril (PAN) –odolnosť proti oxidovadlám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca									
Donaldson									
Kayser									
Gutsche									
Gore									
Testori									
BWF Envirotec									
Priemer	2,6								

Minimum 2,5; maximum 3,33

Pri hodnotení daného materiálu sa výrobcovia relatívne zhodujú. Testori najlepšie v odolnosti proti hydrolýze.

Polyamid (PA) –odolnosť proti hydrolýze

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca					
Lydall					
Testori					
BWF Envirotec					
Priemer	4,2				

Minimum 3,75; maximum 5

Polyamid (PA) –odolnosť proti kyselinám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca					
Lydall					
Testori					
BWF Envirotec					
Priemer	5				

Minimum 3,75; maximum 5

Polyamid (PA) –odolnosť proti zásadám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca					
Lydall					
Testori					
BWF Envirotec					
Priemer	2,8				

Minimum 1,25; maximum 3,33

Polyamid (PA) –odolnosť proti oxidovadlám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca					
Lydall					
Testori					
BWF Envirotec					
Priemer	3,8				

Minimum 1,25; maximum 5

Pri hodnotení daného materiálu sa až na odolnosť voči oxiovadlám výrobcovia relatívne zhodujú. BWF Envirotec používa len trojstupňové hodnotenie a z tohto dôvodu môžu nastávať výrazné prechody medzi hodnoteniami.

Polyimid (PI) –odolnosť proti hydrolýze

Hodnotenie	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	
	1	2	3		

Výrobca					
Donaldson					
Kayser					
Gutsche					
Lydall					
Gore					
BWF Envirotec					
Priemer	3,4				

Minimum 1,25; maximum 4

Polyimid (PI) –odolnosť proti kyselinám

Hodnotenie	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	
	1	2	3		

Výrobca					
Donaldson					
Kayser					
Gutsche					
Lydall					
Gore					
BWF Envirotec					
Priemer	3,5				

Minimum 1,25; maximum 5

Polyimid (PI) –odolnosť proti zásadám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Donaldson		/						
Kayser				/				
Gutsche			/					
Lydall					/			
Gore			/					
BWF Envirotec		/						
Priemer	3,9							

Minimum 1,25; maximum 5

Polyimid (PI) –odolnosť proti oxidovadlám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Donaldson		/						
Kayser				/				
Gutsche		/						
Lydall					/			
Gore		/						
BWF Envirotec		/						
Priemer	3							

Minimum 1,25; maximum 4

Pri hodnotení daného materiálu sa výrobcovia relatívne zhodujú. BWF Envirotec používa len trojstupňové hodnotenie a z tohto dôvodu môžu nastávať výrazné prechody medzi hodnoteniami. Donaldson udáva celkovo najlepšie hodnotenie.

Sklené vlákna (GL, GLS, GF) –odolnosť proti hydrolyze

Hodnotenie	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	
	1	2	3		

Výrobca					
Kayser					
Gutsche					
Lydall (s PTFE)					
Gore					
Testori					
Priemer	2,6				

Minimum 1,25; maximum 3

Sklené vlákna (GL, GLS, GF) –odolnosť proti kyselinám

Hodnotenie	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	
	1	2	3		

Výrobca					
Kayser					
Gutsche					
Lydall (s PTFE)					
Gore					
Testori					
Priemer	2,8				

Minimum 1,25; maximum 4

Sklené vlákna (GL, GLS, GF) –odolnosť zásadám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Kayser								
Gutsche								
Lydall (s PTFE)								
Gore								
Testori								
Priemer	3,3							

Minimum 1,25; maximum 4

Sklené vlákna (GL, GLS, GF) –odolnosť proti oxidovadlám

Hodnotenie	1	2	3	4	5			
	1		2		3		4	
	1			2			3	

Výrobca								
Kayser								
Gutsche								
Lydall (s PTFE)								
Gore								
Testori								
Priemer	1,6							

Minimum 1,25; maximum 3

Spoločnosť Lydall hodnotí odolnosti svojho produktu celkovo lepšie, avšak to môže byť spôsobené pridaním PTFE do materiálu. Kayser celkovo najhoršie hodnotenia.

ZÁVER

Hlavným cieľom tejto práce bolo získanie informácií ohľadom tepelnej a chemickej odolnosti vlákien používaných v priemyselnej filtrácii plynov. Niektoré spoločnosti boli pri tvorbe tejto práce veľmi nápomocné, niektoré pre zmenu zas odmietli poskytnúť akékoľvek informácie, prípadne ani neodpovedali.

Zo získaných informácií od výrobcov sa dá určiť, že najlepšie vlastnosti ohľadom chemickej odolnosti majú vlákna z polypropylénu a polytertrafluoretylénu (PTFE). Veľkou nevýhodou PTFE je však jeho výrazne vyššia cena oproti ostatným materiálom. Udávané chemické odolnosti ako také sú len orientačné, pretože nezohľadňujú dodatočné úpravy materiálu a prevádzkovú teplotu. Tieto faktory majú na odolnosť materiálu veľký vplyv.

Všeobecne sa dá povedať, že správna funkcia filtra závisí na voľbe filtračného materiálu – na tom, ako sú jeho technické parametre prispôbené abluhovanému technickému procesu. Typ použitého materiálu závisí na veľkosti, tvare častíc a fyzikálno-chemickým vlastnostiam čisteného plynu. V závislosti na technologickom procese by filtračný materiál s vysokou schopnosťou zadržiavania častíc mal byť odolný voči korozívnemu a abrazívnemu pôsobeniu prúdu plynu, vplyvu teploty a mechanickému pôsobeniu spojenému s regeneráciou. Nesprávne zvolený filtračný materiál alebo nesprávna metóda regenerácie filtra môže spôsobiť, že pomerne drahé a v princípe veľmi účinné zariadenie nesplní očakávania ktoré do neho vkladáme.

Zoznam citovanej literatúry:

1. A.Richard Horrocks, Subhash C. Anand. *Handbook of Technical Textiles*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2000. ISBN 978-1-85573-385-5.
2. *Fabric Filter Material* [online]. NEUNDORFER Inc., [vid. 10.03.2017]. Dostupné z: <http://www.neundorfer.com/knowledgebase-posts/fabric-filter-material/>
3. Derek Purchas and Ken Sutherland. *Handbook of Filter Media*. 2nd ed. Oxford: Elsevier Science & Technology Books, 2002. ISBN 978-1-85617-375-9.
4. Polyester po tepelnom lisovaní. In: *Glazed polyester bag filters* [online]. Donaldson Company Inc., © 2015. [vid. 19.03.2017]. Dostupné z: <http://www2.donaldson.com/torit/en-us/product%20literature/productdatasheets/glazedpolyester.pdf>
5. Povrch laminovanej membrány. In: *Tetratex PTFE membrane bag filters* [online]. Donaldson Company Inc., © 2017. [vid. 10.04.2017]. Dostupné z: <http://www2.donaldson.com/torit/en-us/product%20literature/productdatasheets/tetratexptfe.pdf>
6. Antistatická úprava od spoločnosti Kayser. In: *Antistatic constructions* [online]. Kayser filtertech GmbH, © 2015. [vid. 7.05.2017]. Dostupné z: https://www.google.cz/search?q=GMBH&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b&gfe_rd=cr&ei=QiM0WZ6pLsXR8gf1_ppA
7. *Bag Cleaning* [online]. NEUNDORFER Inc., [vid. 19.05.2017]. Dostupné z: <http://www.neundorfer.com/knowledgebase-posts/fabric-filter-bag-cleaning/>
8. Friedrich Loeffler, Hans Dietrich, Werner Flatt. *Dust Collection With Bag Filters and Envelope Filters*. Springer Fachmedien Wiesbaden, 1988. ISBN 978-3-663-07901-9.
9. ISO 16891. *Test method for evaluating degradation of characteristics of cleanable filter media*. ISO 16891:2016(E). 1st ed. January 2016. International Standard Organization.

10. ISO 11057. *Air quality – Test method for filtration characterization of cleanable filter media*. ISO 11057:2011(E). 1st ed. May 2011. International Standard Organization.
11. *Donaldson Filter Media*. Donaldson.
12. *Klíčové faktory výběru filtračního média*. Gutsche.
13. *Guide to Fibre Properties*. In: *Base Fiber Options* [online]. Lydall Inc., 2017. [vid. 00.00.0000]. Dostupné z: <http://www.lydallif.com/regional-businesses/emea/products/bag-fabrication/base-fiber-options/>
14. *Performance of fiber material in comparison to gas and steamful chemicals*. GORE
15. *Choice of the Optimal Filter Medium*. BWF Envirotec.
16. *Kayser filtertech* [online] Kayser filtertech GmbH, [vid. 25.03.2017]. Dostupné z: <http://www.kayser-filtertech.com/en/products/dry-filtration/filter-media.html>
17. *Choosing Testori filter media*. Testori.

Zoznam použitej literatúry:

Irwin Hutten. *Handbook of Nonwoven Filter Media*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2015. ISBN 978-0-08-098301-1.

A.Richard Horrocks, Subhash C. Anand. *Handbook of Technical Textiles, Volume 1*. 2nd ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2015. ISBN 978-1-78242-458-1.

R. Senthil Kumar. *Textiles for Industrial Applications*. Boca Raton: CRC Press, 2013. ISBN 978-1-4665-6649-1.

A.Richard Horrocks, Subhash C. Anand. *Handbook of Technical Textiles*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2000. ISBN 978-1-85573-385.

Prílohy:

GORE [14]

Vláknno	Teplotná odolnosť prevádzková (maximálna) [°C]	Odolnosť proti hydrolyze	Odolnosť proti organickým kyselinám	Odolnosť proti minerálnym kyselinám	Odolnosť proti zásadám	Odolnosť proti oxidovadlám	Odolnosť proti rozpúšťadlám
Polyester	113	4	1	2	3	2	1
Polypropylen	71 (88)	1	1	1	1	4	3
Aramid	204 (218)	3	3	3	2	3	2
Polyacrylnitril		2	1	2	3	2	1
Sklené vlákna SUPERFLEX	260 (274)	1	1	2	3	1	1
Polytetrafluorethylen	260 (274)	1	1	1	1	1	1
Polyimid		2	2	3	3	2	1
Polyphenylsulfid RYTON		1	1	1	2	4	2

- 1 = výborná
 2 = dobrá
 3 = priemerná
 4 = zlá

BWF Envirotec ^[15]

Vláknno	Označnie (skratka)	Teplotná odolnosť prevádzková (maximálna) [°C]	Odolnosť proti hydrolyze	Odolnosť proti zásadám	Odolnosť proti zásadám	Odolnosť proti oxidovadlám
Polypropylen	PP	90 (95)	1	1	1	3
Polyamid	PA	110 (115)	3	3	2	3
Polyacrylnitril (copolymer)	AC	115 (120)	3	3	2	2
Olefin	RO	125 (135)	1	1	1	1
Polyacrilnitril (homopolymer)	DT	125 (14)	2	2	2	2
Polyester	PE	150 (150)	3	2	3	2
Polyphenylsulfid	PPS	190 (200)	1	1	1	3
m-Aramid	NO, NX	200 (220)	3	3	3	2
Polyimid	PI	240 (260)	2	3	3	2
Polytetrafluorethylen	PTFE, TFL	250 (280)	1	1	1	1

1 = výborná

2 = dobrá

3 = obmedzená

Kayser ^[16]

Vláknó	Označie (skratka)	Teplotná odolnosť prevádzková (maximálna) [°C]	Teplota tania [°C]	Navlhavosť [%] (20 °C, 65% RV)	Hustota vlákien [g/cm ³]	Odolnosť proti hydrolyze	Odolnosť proti kyselinám	Odolnosť proti zásadám	Odolnosť proti oxidovadlám	Odolnosť proti rozpúšťadlám
Polypropylen	PP	90 (100)	160- 170	0	0,9	1	1	1	5	3
Polyacrylnitil (homopolymer)	PAN	125 (140)	240	1	1,18	3	3	4	3	3
Polyester	PES	140 (150)	250- 260	0,2-0,5	1,38	5	4	5	3	4
Polyphenylsulfid	PPS	180 (200)	280- 290	0,65	1,37	1	1	1	4	1
m-Aramid	m-AR	200 (240)	370	5	1,38	4	4	3	3	1
Polyimid	PI	240 (260)		3	1,41	4	4	4	4	4
Polytetrafluorethylen	PTFE	260 (280)		0		1	1	1	1	1
Sklené vlákna	GL	250 (300)	900- 1300	1		3	4	4	3	2

1 = výborná

2 = veľmi dobrá

3 = dobrá

4 = priemerná

5 = zlá

Testori ^[17]

Vláknó	Označie (skratka)	Teplotná odolnosť prevádzková (maximálna)[°C]	Navlhavosť [%] (20 °C, 65% RV)	Hustota vlákien [g/cm ³]	Odolnosť proti hydrolyze	Odolnosť proti silným kyselinám	Odolnosť proti slabým kyselinám	Odolnosť proti silným zásadám	Odolnosť proti slabým zásadám	Odolnosť proti oxidovadlám
Polyetylen	PE	80 (90)	0,05	0,95	4	1	1	1	1	4
Polyvinylchlorid	PVC	80-90 (90-100)	0,05	1,35	2	1	1	2	1	1
Polypropylen	PP	80-100 (90-110)	0,05	0,91	3	1	1	1	1	4
Celulóza	COTT ON	90-100 (110)	7-8	1,52	2	4	3	2	1	3
Polyamid	PA	100-110 (120)	0,5-4	1,01-1,14	3	4	3	2	1	3
Polyvinylidenfluorid	PVDF	110 (130)	0,04	1,78	1	1	1	1	1	1
Polyacrylnitril	PAN	130 (135-145)	1-2	1,15-1,18	1	2	1	2	2	2
Polyethylentertrahthalat	PES	150 (160)	0,4	1,38	4	2	1	4	3	1
Ethylenchlorotrifluorethylen HALAR	ECTFE	150 (180)	0,03	1,68	1	1	1	1	1	1
Polyphenylsulfid	PPS	180-190 (200-220)	0,6	1,38	2	1	1	1	1	4
Meta-aramid NOMEX	PMIA	200 (220-240)	5-6	1,38	3	3	2	2	2	2
Copolymid P84	PIC	260 (280)	3	1,41	3	3	2	3	2	2
Polyamid-imid KERMEL	PAI	200-220 (250)	3-5	1,34	3	2	2	3	2	2
Polytetrafluorethylen	PTFE	240-260 (280)	0,015	2,1	1	1	1	1	1	1
Polyether keton ZYEX	PEEK	250 (290)	0,1	1,32	1	2	1	1	1	1
Sklené vlákna	GF	280-300 (320)	0	2,5	2	2	2	3	2	1

1 = výborná 3 = priemerná

2 = dobrá 4 = zlá

