

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

**ODĚVY POUŽÍVANÉ V EXTRÉMNÍCH
PODMÍNKÁCH**

CLOTHES UNDER EXTREME CONDITIONS

LIBEREC 2006

PAVLÍNA TVRDÁ

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová (bakalářská) práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové (bakalářské) práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové (bakalářské) práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové (bakalářské) práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užit své diplomové (bakalářské) práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 10. 5. 2006

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucí bakalářské práce Ing. Petře Komárkové, Ph.D., za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování bakalářské práce.

V Liberci dne 12.května 2006

.....

Abstrakt

Ochranné oděvy zajišťují ochranu před nepříznivými vlivy okolního prostředí. Oděv vytváří tzv. ochrannou bariéru mezi vnějším prostředím a kůží člověka. Zabraňuje pronikání škodlivých látek do lidského těla. Ochranný oděv pro hasiče je jedním z nejdůležitějších vybavení při zásazích proti žaru a plameni. Oděv musí být vytvořen z materiálů, které odolávají těmto extrémním podmínkám. Tato sestava materiálů zajišťuje nositeli ochranu před účinky plamene. Testování těchto oděvů se provádí ve speciálních komorách, na testovacích figurínách nebo na speciálních stojanech s plynovým hořákem. Protichemický ochranný oblek zajišťuje svým nositelům ochranu proti nejrůznějším chemikáliím nebo biologickému znečištění. Protichemický oblek využívají hasičské záchranné sbory, Armáda ČR. Testy těchto obleků se provádějí v uzavřených místnostech na zkušební osobě či figuríně. Oděvy do čistých prostor se využívají zejména ve zdravotnictví, při výrobě čipů nebo v optoelektronice. Materiál musí zajistit minimální úlet prachových částic, antistaticnost a kde je potřeba i bakteriální nezávadnost. Funkce oděvu do čistých prostor zamezuje úniku částic z těla i oděvu nositele do okolního prostoru. Na testování antistaticnosti se používá soustava elektrod.

V této práci jsou prodiskutovány ochranné oděvy pro hasiče, protichemické obleky a oděvy do čistých prostor. Také jsou rozebrány možnosti jejich testování a rovněž používané materiály.

Klíčová slova:

ochranné oděvy, protichemické oděvy, oděvy pro hasiče, oděvy do čistých prostor, testování.

Abstract

Protective clothing ensures protection against adverse effects of the ambient environment. Clothing make protective barrier between outer environment and human skin. It prevents intrusion of unhealthful stuff into human body. The firemen protective clothing is one of the most important equipment at fire actions against heat and flame. The clothing must be made from materials robust to these extreme conditions. The flame protection of the bearer is kept by this set of the materials. The testing of these clothes is performed in special chambers, on test mannequins or special stands with gas burner. The bearer's protection against chemical and biological poison is kept by anticontamination clothing. The anticontamination clothing is exploited by fire rescue, and Czech army. Tests of these clothing is performed in closed rooms on testing person or mannequin. The cleanroom clothing is used mainly in health service, chip production and in the optoelectronics. The material must have minimal flue dust particles, antistaticity and bacterial wholesomeness, where needed. Flue dust of the human body and clothes particles into ambient environment is prohibited by the cleanroom clothing. The set of the electrodes is used for testing the antistaticity.

The firemen protective clothing, anticontamination clothing and cleanroom clothing are discussed in this work. Also their testing possibilities together with used materials are examined.

Key words:

protective clothing, anticontamination clothing, firemen protective clothing, cleanroom clothing, testing.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Charakteristika extrémního prostředí.....	2
3	Popis konkrétního prostředí	3
3.1	Prostředí pro hasiče.....	3
3.2	Prostředí, v němž se používají protichemické obleky	3
3.3	Čisté prostory	4
4	Ochranné oděvy – všeobecné požadavky	5
4.1	Ergonomie.....	5
4.2	Velikosti.....	5
4.3	Značení.....	6
5	Požadavky na ochranný oděv pro hasiče	7
5.1	Výrobce ochranného oděvu pro hasiče.....	9
5.2	Ochranné hasičské oděvy vyráběné firmou Deva F-M. s.r.o.....	9
5.2.1	Hasičský ochranný oděv FIREMAN III	9
5.2.2	Ochranný oděv FIREMAN V	10
5.2.3	Ochranný oděv PRACOVNÍ STEJNOKROJ II	10
5.2.4	Ochranný oděv FIREMAN TIGER	11
6	Nejdůležitější kritéria protichemického obleku	13
6.1	Výrobce speciálního protichemického ochranného obleku a jeho použití ...	14
6.2	Protichemické ochranné obleky vyráběné firmou ECOPROTECT, spol. s r.o.	15
6.2.1	Protichemický oděv OPCH – 90 PO.....	15
6.2.2	Protichemický oděv OPCH – 90 POC – CVIČNÁ VERZE.....	17
7	Obecné požadavky na oděvy do čistých prostor.....	19
7.1	Výrobce ochranných oděvů pro čisté prostory	22
7.2	Ochranné oděvy do čistých prostor vyráběné firmou Cleantex a.s.	23
7.2.1	Oděvy pro čisté prostory vyráběné firmou Cleantex a.s.....	23

7.2.2	Antistatický oděv zajišťující ochranu elektrostaticky citlivých součástek pro čisté prostory	23
7.2.3	Bezprašný operační plášť	24
8	Používaný materiál k výrobě ochranných oděvů	26
8.1	Používaný materiál pro ochranný oblek hasiče	27
8.2	Používaný materiál na protichemické obleky	29
8.3	Používaný materiál na oděvy do čistých provozů	30
9	Testovací zařízení proti plameni	32
9.1	Thermo-Man [®]	32
9.2	Test tepelně ochranných vlastností (TPP)	34
9.3	Arc-Man	35
9.4	Zkouška tepelné odolnosti	36
9.5	Metoda stanovení prostupu tepla při vystavení účinku plamene	36
10	Testování protichemických obleků	39
10.1	Stanovení odolnosti vůči penetraci při postřiku (Spray test)	39
10.2	Stanovení odolnosti pronikání proudu kapaliny (Jet test)	39
11	Testování obleků pro čisté prostory	41
11.1	Elektrostatické vlastnosti: Zkušební metoda pro měření vnitřního odporu ..	41
12	Návrh zkušební laboratoře pro testování ochranných oděvů	43
13	Závěr	44
	Literatura	45

Seznam obrázků

Obr. 1. Příklad označování velikostí ochranných oděvů (minimální požadavky pro obleky, saka a pláště).....	6
Obr. 2. Třívrstvá sestava materiálů proti ohni firmy Deva F-M. s.r.o.....	8
Obr. 3. FIREMAN III.	10
Obr. 4. FIREMAN V.....	10
Obr. 5. PRACOVNÍ STEJNOKROJ II.....	11
Obr. 6. FIREMAN TIGER.....	12
Obr. 7. OPCH – 90 PO.....	17
Obr. 8. OPCH - 90 POC.....	18
Obr. 9. Antistatický oděv pro čisté prostory.	24
Obr. 10. Bezprašný chirurgický plášť.....	24
Obr. 11. Vlákno P-140 v materiálu NOMEX®	29
Obr. 12. Úroveň odolnosti proti žáru a plameni u běžně nabízených ochranných oděvů (Thermo-Man®).	33
Obr. 13. Znárodnění popálenin na testovacím zařízení Thermo-Man®	34
Obr. 14. Schéma TPP.....	35
Obr. 15. Zkušební zařízení s plynovým hořákem.	38
Obr. 16. Zařízení pro určení odolnosti proti průniku rozstříknuté kapaliny.	39
Obr. 17. Tvar trysky na zkušebním zařízení.	40
Obr. 18. Sestava elektrod pro měření vnitřního odporu.....	42

Seznam tabulek

Tabulka 1. Odolnost proti pronikání kapalných a plyných chemikálií.....	14
Tabulka 2. Přehled ochranného protichemického oděvu OPCH – 90 PO proti vybraným chemikáliím.	16
Tabulka 3. Klasifikace odolnosti proti chemikáliím dle ČSN EN 465, 466 (doba, za kterou nedojde k průniku nebezpečné látky).	17
Tabulka 4. Maximální přípustný počet částic.	19
Tabulka 5. Vlastnosti vybraných textilních vláken.....	26
Tabulka 6. Mechanické charakteristiky aramidů.	29
Tabulka 7. Test tepelně ochranných vlastností (TPP).....	34

Seznam použitých zkratek

COCOON	Komplexní systém ochrany hasiče
CRC	Cleanroom clothing (Oděvy do čistých prostor)
ČSN	Česká státní norma
ČSN EN 1149-2	Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti - Část 2: Zkušební metoda pro měření vnitřního odporu
ČSN EN 13795-1	Operační roušky, pláště a operační oděvy do čistých prostor, používané jako zdravotnické prostředky pro pacienty, nemocniční personál a zařízení. Část 1: Všeobecné požadavky na výrobce, zpracovatele a výrobky
ČSN EN 340	Ochranné oděvy. Všeobecné požadavky
ČSN EN 367	Ochranné oděvy. Ochrana proti teplu a ohni. Metoda stanovení prostupu tepla při vystavení účinku plamene
ČSN EN 463	Ochranné oděvy. Ochrana proti kapalným chemikáliím. Zkušební metoda. Stanovení odolnosti proti pronikání proudu kapaliny (Jet test).
ČSN EN 468	Ochranné oděvy. Ochrana proti kapalným chemikáliím. Zkušební metoda. Stanovení odolnosti vůči penetraci při postřiku (Spray test)
ČSN EN 469	Ochranné oděvy pro hasiče. Požadavky a zkušební metody pro ochranné oděvy pro hasiče
EN	Evropská norma
FTZÚ	Fyzikálně technický zkušební ústav
HTI	Heat transfer index (Index prostupu tepla)
IFT	Institute of Food Technologists (Institut potravinových technologií)
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní standardizační organizace)
KEVLAR	p-aramidové vlákno
MO	Ministersvto obrany
NFPA	National Fire Protection Association (Národní asociace protipožární ochrany)
NOMEX	m-aramidové vlákno
OČP	Oděvy do čistých prostor
OOH	Ochranný oděv pro hasiče
OSN	Organizace spojených národů
PES	Polyester
PESh	Polyesterové hedvábí
PS	Pracovní stejnokroj
TECHNORA	p-aramidové vlákno
TPP	Test tepelně ochranných vlastností
TWARON	m-aramidové vlákno
TZÚ	Textilní zkušební ústav
VFDB	Bezpečnostní směrnice pro nasazení u hasičů

1 Úvod

V této práci jsou analyzovány požadavky na ochranné oděvy, možnosti jejich testování a materiálová skladba. Ochranný oděv je určen k ochraně těla proti nepříznivým vnějším vlivům prostředí. Nepříznivým vnějším prostředím může být potřísnění při práci s chemickými látkami, práce hasičů při zdolávání požárů, pracovníků v ropném či petrochemickém průmyslu. V případě proniknutí nebezpečných látek do lidského organismu při kontaktu s pokožkou je ohroženo zdraví člověka. Důsledkem je možné poškození zdraví, od podráždění kůže, poleptání, popálení až po dlouhodobá závažná poškození organismu, jakým je například vznik rakoviny. Na ochranné oděvy jsou kladeny čím dál vyšší nároky z hlediska technologického, konstrukčního i materiálového řešení.

V kapitole 2 je definována charakteristika extrémního prostředí a v jakých extrémních situacích lze ochranný oděv použít. V kapitole 3 jsou charakterizována vybraná prostředí pro ochranný oděv hasiče, protichemický oblek a oděvy do čistých prostor. Také je zde popisována definice vybraného extrémního prostředí. Všeobecné požadavky na ochranné oděvy dle ČSN EN 340 jsou shrnuty v kapitole 4.

V kapitole 5 jsou uvedeny požadavky na ochranný oděv hasiče, jaká se používá sestava materiálu proti účinku plamene. Výrobce těchto oděvů v České republice a dostupný přehled hasičských oděvů. Nejdůležitější kritéria protichemického obleku a jeho odolnost proti chemikáliím jsou rozebrána v kapitole 6. Rovněž je uveden výrobce a je zde popis jednotlivých vyráběných protichemických oděvů. V kapitole 7 jsou představeny požadavky na oděvy do čistých prostor a určení oděvů do jednotlivých tříd čistoty. Opět je zde uveden výrobce a popis jednotlivých oděvů do čistých prostor.

V kapitole 8 jsou materiály používané k výrobě obleků do extrémních prostředí a v následujících kapitolách 9 až 11 jsou představena zařízení k testování těchto oděvů. Návrh laboratoře pro provádění testů je v kapitole 12. Kapitola 13 celkově hodnotí tuto práci.

2 Charakteristika extrémního prostředí

Extrémní prostředí lze charakterizovat vybranými parametry, které určují vhodné použití ochranného oděvu, resp. dalších ochranných pomůcek [1], [3]. Jsou to např.:

- vysoká teplota vnějšího prostředí (pracovníci ve slévárnách, hutích, sklárnách, ...)
- extrémně nízké teploty prostředí (pobyt v mrazivém prostředí polárních oblastí a v kosmu, pracovní prostředí mrazíren, výstupy do vysokohorských oblastí)
- kontakt s otevřeným ohněm, plamenem (pracovní prostředí hasičů, záchranářů, vojáků, dělníků pracujících v petrochemickém a ropném průmyslu)
- záření tepelné, sluneční, rentgenové (pracovní prostředí výzkumu, nemocnic)
- prostředí na dotek s nebezpečnou látkou (práce pod vysokým napětím, s chemikáliemi, s ostrými předměty, balistické střely, řezné nástroje, ...)
- pracovní činnosti pod hladinou (skafandry, neoprenové obleky, potápění a lov v moři)
- bakteriální, toxické a zamořené prostředí (záchranáři, chemické vojsko, ...)
- pracovní činnosti v čistých prostorech (farmaceutika, mikroelektronika, optoelektronika, ...)

Podle těchto faktorů je nutno konstruovat ochranné oděvy a ochranné prostředky. Bezpečnost a kvalita provedení ochranných oděvů musí mít daleko vyšší koeficient bezpečnosti, než jaké jsou známé u klasických oděvních výrobků. Tyto ochranné oděvy se řadí do technické konfekce. Technické konfekce jsou výrobky z textilních materiálů sloužící ke speciálním účelům. Uplatňují se v mnoha odvětvích – slouží jako ochrana před vnějším prostředím, obalují či nahrazují předměty, umožňují manipulaci s předměty apod. Patří sem i výrobky, které neodpovídají obvyklému používání, jakou jsou například ochranné a pracovní oděvy. Textilní materiály používané k jejich výrobě jsou klasifikovány jako technické textilie. U technických konfekcí jsou prioritní charakteristiky funkčnosti, bezpečnosti a trvanlivosti, příp. fyziologické (na rozdíl od oděvních konfekcí, kde vyžadujeme módnost, estetičnost, snadnost údržby apod.).

3 Popis konkrétního prostředí

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, existuje celá řada ochranných oděvů do různých extrémních situací. Tato práce se zabývá především ochrannými oděvy pro hasiče, protichemickými obleky a oděvy do čistých prostor. Výběr těchto oděvů spočíval v dobré dostupnosti firem v místě bydliště, ale také dovědět se o této zajímavé problematice více. Neboť všechny tyto ochranné oděvy mohou zachránit lidský život. Zachraňují jak nositele těchto oděvů, tak i zachraňované, či jinak zúčastněné osoby.

3.1 Prostředí pro hasiče

Práce hasiče-záchranáře patří bezesporu mezi ty nejrizikovější a skrývá mnohá nebezpečí, z nichž řadu lze jen těžko předvídat. Tito lidé často obětavě nasazují vlastní život k záchraně životů jiných. Mají za sebou tvrdý výcvik, vynikající fyzickou kondici, pracují v týmu. Pomáhají nejen při hašení požárů, ale také při autonehodách, utonutích, otvírání zabouchnutých dveří či sundávání kočky ze střechy. Oprávněně mají hasiči v Anglii na autech napsáno: „Jedeme tam, odkud ostatní utíkají.“, toto je určitě nejvýstižnější charakteristika práce hasiče. Avšak při zdolávání požáru hrozí velké nebezpečí zasahujícím hasičům. Ochranný oděv pro hasiče má zajistit ochranu před popáleninami na těle, krom hlavy, rukou a chodidel. Výroba ochranných oděvů pro hasiče je velmi důležitá, neboť musí odolávat mnohem více překážkám a nepříznivým podmínkám. Svého nositele chrání před vzniklým nebezpečím a ohrožením na životě. Stále je trend použité materiály na výrobu ochranných oděvů zlepšovat včetně technologie a konstrukčního řešení.

3.2 Prostředí, v němž se používají protichemické obleky

Proto, aby mohl být proveden zásah jednotkou požární ochrany, je nutné vybavit hasiče nejvyšším stupněm ochrany. Tím je přetlakový protichemický ochranný oděv s izolačním dýchacím přístrojem. Tyto ochranné prostředky však mají při používání nevýhodu v krátké ochranné době. Pro některé zásahy je tato krátká doba ochrany nedostatečná, například zásahy v rozsáhlých objektech nebo v podzemí. Bohužel na trhu v současné době nejsou izolační dýchací přístroje s ochrannou dobou alespoň 2 - 3 hodiny a s dostatečnou kapacitou pro proplach ochranného oděvu vzduchem. Protichemický oblek chrání před různými typy chemikálií i před biologickými haváriemi či teroristickými útoky.

Hlavním úkolem požární ochrany je dekontaminovat ohrožené prostředí. Problematice dekontaminace (dřívější název speciální očista) je věnována řadu let trvalá pozornost, zejména v Armádě ČR. V požární ochraně, v důsledku narůstajícího počtu zásahů jednotek požární ochrany na nebezpečné látky, byla dekontaminace řešena zejména v letech 1992 až 1994 se zaměřením na dekontaminaci od průmyslových

škodlivin a radioaktivních látek. Zvýšení technické a organizační úrovně při provádění dekontaminace lze dávat do souvislosti až s provedenými útoky v USA v roce 2001 a teroristickou hrozbou útoků biologickými látkami.

3.3 Čisté prostory

Čisté prostory jsou takové prostory, ve kterých je definován maximální počet prachových částic určité velikosti v jednotce objemu [2]. Potřeba oděvů pro čisté prostory (OČP) a tedy i jejich vznik souvisí se vznikem a rozvojem mikroelektroniky (miniaturizace, výroba čipů), jaderné techniky, optoelektroniky. Oděvy pro čisté prostory se uplatňují všude tam, kde je přítomnost člověka nezbytná a zároveň je třeba v tomto prostoru snížit výskyt prachových částic. Výskyt prachových částic např. při výrobě čipů znamená znehodnocení bezporuchové funkce vyráběného produktu. Člověk prachové částice uvolňuje z povrchu těla, ale přináší je i na svém oděvu, nástrojích nebo pracovních pomůckách.

Postupně se oblast použití OČP rozšířila do farmaceutických výrob, výrob farmaceutických produktů, do výroby cévních a kloubních náhrad, ale i do operačních sálů, do pracovišť, kde se připravují tkáně k transplantacím. Funkce OČP znamená omezit únik částic z těla i oděvu nositele do okolního prostoru, tj. oddělit obsluhu od čistého prostoru – vytvořit bariéru. Mluví se tedy často o bariérové funkci oděvu. Funkce OČP je tedy opačná než u běžných pracovních nebo ochranných oděvů. Ty obvykle chrání člověka před nepříznivými vnějším prostředím, kdežto OČP chrání čisté prostory před vlivem člověka. Výroba sterilních léčivých přípravků je podřízena speciálním požadavkům k minimalizaci rizika mikrobiální a částicové kontaminace¹ a kontaminace pyrogenními látkami [4]. Jištění jakosti zde má mimořádnou důležitost a při tomto typu výroby musí být důsledně dodržovány pečlivě stanovené a validací ověřené pracovní postupy.

¹ Tyto pokyny neuvádějí podrobné postupy pro stanovení mikrobiální a částicové čistoty vzduchu, povrchů apod. uvádějí odkazy na jiné předpisy např. EN/ISO normy.

4 Ochranné oděvy – všeobecné požadavky

Ochranný oděv je překrývající nebo nahrazující osobní oděv, který je navržen tak, aby poskytoval ochranu proti jednomu nebo více nebezpečí. Nebezpečí je situace, která může být příčinou škody nebo poškození zdraví člověka.

4.1 Ergonomie

Ochranné oděvy by měly být navrhovány a vyráběny takto [5]:

- materiály a součásti ochranných oděvů by neměly nepříznivě působit na osobu, která je nosí,
- měly by osobě, která je nosí, poskytovat při náležité ochraně co největší stupeň pohodlí,
- části ochranných oděvů přicházejí do styku s uživatelem by neměly být drsné, neměly by mít ostré hrany a výstupky, které by mohly způsobit nadměrné dráždění nebo poranění,
- jejich design (provedení) by měl usnadňovat správné umístění na uživateli a měl by zajišťovat, že oděv zůstane na místě po předpokládanou dobu používání, přičemž je třeba brát v úvahu činitele prostředí spolu s pohyby a pozicemi, které může nositel v průběhu práce zaujímat. K tomuto účelu mají být náležité prostředky, jako je odpovídající systém k úpravě nebo odpovídající rozsah velikostí, aby bylo možné ochranný oděv přizpůsobit morfologii uživatele,
- má být co nejlehčí, aniž by tím byla poškozena navrhovaná pevnost a účinnost.

V podmínkách extrémně vysokých teplot se tělo intenzivně potí. Je proto důležité zajistit odvod potu od pokožky a tím dosáhnout vyšší komfort oděvů při nošení. Komfort [6] je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu, a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody. Nepřevládají-li pocity tepla ani chladu, je možné v tomto stavu setrvat a pracovat. Komfort je vnímán všemi lidskými smysly kromě chuti, v následujícím pořadí důležitosti: hmat, zrak, sluch, čich. Jestliže není z důvodu požadované ochrany propustnost vodní páry možná, měl by ochranný oděv co nejvíce snižovat fyziologickou námahu, např. ventilací.

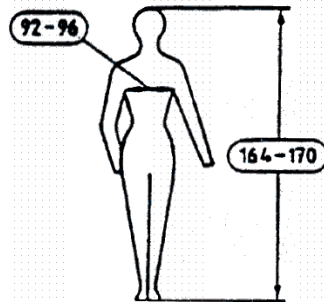
4.2 Velikosti

Při určování velikosti ochranného oděvu musejí být míry předepsány tak, aby odpovídaly rozměrům lidského těla, viz. Obr. 1. Velikosti jsou na oděvu označeny např. na štítku v dostatečné velikosti, přišité či jinak upevněné na dobře viditelném místě (průkrčníku, v bočním švu). Kontrolní rozměry u ochranných oděvů jsou výška postavy,

obvod hrudníku nebo obvod prsou, obvod pasu [5]. Označení velikosti každé části oděvu má obsahovat alespoň dva kontrolní rozměry uvedené v centimetrech. Tyto dva kontrolní rozměry jsou buď:

- výška postavy a obvod hrudníku nebo obvod prsou,
- výška postavy a obvod pasu.

Výrobce může rovněž určovat dodatkové míry, např. délku paže, vnitřní délku nohy. Hodnota musí odpovídat skutečné délce vyjádřené v centimetrech.



Obr. 1. Příklad označování velikostí ochranných oděvů (minimální požadavky pro obleky, saka a pláště).

4.3 Značení

Každý kus oděvu musí být označen. Označení musí být [5]:

- upevněné na samotném výrobku nebo na štítcích na výrobku,
- připojeno, aby bylo viditelné a čitelné,
- jeho trvanlivost musí odpovídat příslušnému počtu čistících procesů.

Jestliže označení výrobku snižuje funkční úroveň ochranného oděvu nebo vadí jeho ochraně nebo při jeho použití, má se uvádět na nejmenší jednotce obchodního balení. Označení a piktogramy musí být dostatečně veliké, aby byly okamžitě pochopitelné a umožňovaly pohotově použití podle čitelných čísel. Doporučuje se nepoužívat čísel menších než 2mm a piktogramů ne menších než 10mm (včetně rámečků).

Konkrétní značení obsahuje:

- název, ochrannou známku nebo jiné prostředky identifikace výrobce nebo jeho autorizovaného zástupce,
- označení typu výrobku, obchodní název nebo kód,
- označení velikosti,
- číslo předmětové evropské normy (EN...),
- piktogramy a případně funkční úrovně,
- štítky k označování způsobů ošetřování.

5 Požadavky na ochranný oděv pro hasiče

Ochranný oděv pro hasiče (dále jen OOH) musí zajišťovat ochranu horní a spodní části trupu hasiče, krku, paží a nohou s výjimkou hlavy, rukou a chodidel [7]. Musí být tvořen:

- Jednou vnější oděvní součástí,
- Dvoudílným vnějším oděvem, skládajícím se z kabátu a kalhot, které se překrývají minimálně o 30cm,
- Skupinou vnějších a vnitřních oděvních součástí, určených ke společnému nošení.

Oděv musí být vyroben tak, aby minimálně omezoval pohyb. Musí být slučitelný s jinými ochrannými prostředky, které jsou nezbytné, např. obuví, přilbou, rukavicemi a dýchacím přístrojem. Švy musí být upraveny tak, aby způsobovaly minimální ztrátu pevnosti a ochranných vlastností a zajišťovaly celistvost oděvní součástí. Oděv musí mít odrazné (reflexní) součásti podle požadavků uživatele, které neovlivní vlastnosti oděvu. Konce rukávů jsou upraveny tak, aby chránily zápěstí a zabraňovaly vniknutí hořících částic. Nesmí překážet při svlékání oděvní součástí a musí být slučitelné s nošenými ochrannými rukavicemi. Oděv musí chránit uživateleův krk, měl by být co nejlehčí a umožňoval snadné čištění. K ochraně hlavy, rukou a chodidel jsou zapotřebí další osobní ochranné prostředky a v řadě případů požárních zásahů je nezbytný dýchací přístroj.

Základní požadavky a vlastnosti OOH:

- musí chránit trup, paže a nohy,
- musí být z jednoho kusu (kombinéza), nebo mohou být dvoudílné (kabát, kalhoty) a s dostatečným vzájemným překrytím k ochraně střední části trupu,
- materiály musí být odolné vůči roztržení, zátrhu a oděru vzhledem k fyzikálnímu prostředí,
- musí být zesíleny na loktech a kolenech,
- pevnost švů a uzávěrů musí být stejná jako pevnost materiálu,
- musí poskytovat vysokou viditelnost v noci,
- materiál musí být prodyšný a komfortní při nošení po delší dobu,
- materiály musí odolávat popálení při působení a kontaktu s plamenem,
- při působení tepla prouděním nebo sáláním musí materiály odolávat přestupu a vedení tepla, které by mohlo popálit kůži nositele oděvu,
- v horkém prostředí se materiály nesmí srážet,

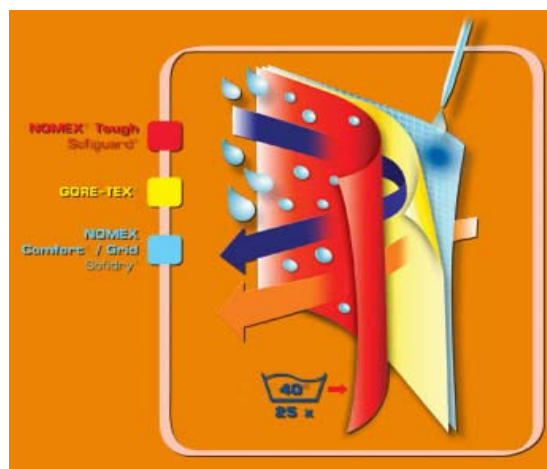
- musí udržovat původní velikost a rozměry po opakovaném praní,
- materiály musí brzdit kumulaci elektrostatického náboje,
- doplňkové vložky musí být zajištěny k zabránění penetrace chemických látek, tělesných a biologických tekutin, které se při požáru běžně vyskytují.

Ochrany proti teple je dosaženo použitím vícevrstvého uspořádání oděvu, které může obsahovat vícevrstvý materiál, kombinaci materiálů, sestavy součástí nebo sady jednotlivých oděvních součástí. Dodatečná tepelná ochrana může být zajištěna použitím mezivrstvy nebo vyjímatelné vnitřní vložky nebo určitou vrchní nebo spodní oděvní součástí. Oděv nesmí uživateli bránit v pohybu a musí být lehký a skládat se z vícero vrstev. Na Obr. 2. je znázornění třívrstvé sestavy materiálů proti ohni, které využívá výrobce hasičských ochranných oděvů [8]. OOH je sestaven z kvalitních a moderních vrstev materiálu.

Vnější vrstva: NOMEX® Tough DIAMOND - 200 g/m² poskytuje první ochranu proti teple, plameni a potřísnění vodou a chemickými látkami. Chrání též před oděrem, říznutím a poskytuje ochranu vnitřních složek. Materiál, který se používá na vnější vrstvu je meta-aramidové vlákno NOMEX®, které je velmi odolné proti žáru a plameni (viz. kapitola 8.1.). Tento materiál by měl být lehký, ohebný s relativně dobrými tepelně ochrannými vlastnostmi.

Vlhkostní bariéra: GORE-TEX® Fireblocker N - 140 g/m² chrání před proniknutím vody, vodní páry a jiných kapalin do tepelné vložky. Leží pod vnější vrstvou. Měla by především umožňovat průchod vodních par po celou dobu životnosti oděvní součásti, při čemž nesmí bránit odpařování potu.

Tepelná vložka (bariéra): NOMEX® Comfort / Aramid Grid - 200 g/m² je umístěna pod vlhkostní bariérou. Má obvykle objemnou formu k zajištění tepelně izolačních účinků. Mívá přiřítou podšívku ke zvýšené pevnosti vrstvy tepelné vložky.



Obr. 2: Třívrstvá sestava materiálů proti ohni firmy Deva F-M. s.r.o.

5.1 Výrobce ochranného oděvu pro hasiče

Výrobci OOH v České republice: Jetex® - Červený Kostelec, TOFI CZ, s.r.o. – Valašské Klobouky, Deva F-M. s.r.o. – Frýdek Místek. Výběr firmy spočíval v dobré dostupnosti od místa bydliště a také ochota firmy spolupracovat při zpracovávání daného tématu. Proto se v práci pojednává o výrobcích firmy Deva F-M. s.r.o.

Ochranný oděv pro hasiče je určen k ochraně těla hasiče, s výjimkou hlavy, rukou a chodidel, před účinky tepla a plamene. Vnější materiál zajišťuje ochranu proti vzplanutí samotného oděvu při styku s plamenem [8]. Takového ochranné oděvy pro hasiče zpracovává firma Deva F-M. s.r.o., která vznikla v roce 1993 jako specializovaný výrobce ochranných oděvů. Jejich produkce je určena všem profesím, které vyžadují mimořádnou ochranu v extrémních situacích, například před plameny, sálavým teplem, vodou, chemikáliemi, postříkem roztaveným kovem atd. Oděvy, které mohou v některých případech rozhodnout o životě a smrti, musí být zároveň pohodlné a jednoduché na údržbu.

Jedná se o oděvy z vlákna NOMEX® firmy DuPont a z materiálu GORE-TEX® firmy W.L.GORE, které již zná řada hasičů, záchranářů, pracujících v petrochemickém průmyslu, jednotek civilní ochrany. Dále je mohou využívat také příslušníci armády, policie nebo celníci. Všechny výrobky jsou testovány podle evropských norem EN 469 (Ochranné oděvy pro hasiče. Požadavky a zkušební metody pro ochranné oděvy.) a EN 531 (Ochranné oděvy pro pracující v průmyslu vystavené teplu s výjimkou oděvů pro hasiče a svářeče.). Společnost také obdržela od firmy DuPont visačku „Kvalifikovaný oblek z materiálu NOMEX®“ pro hasiče a průmyslové dělníky, kde součástí zkoušek byl také THERMO-MAN® - test v Ženevě. V roce 1996 získala firma certifikát ISO 9001 – systému řízení jakosti.

5.2 Ochranné hasičské oděvy vyráběné firmou Deva F-M. s.r.o.

5.2.1 Hasičský ochranný oděv FIREMAN III

Ochranný oděv Fireman III je dvojdielný, skládá se z kabátu a kalhot [8]. Kabát je vyráběný jako dvouvrstvý s odepínatelnou vnitřní vložkou. Odepínání jednotlivých vrstev je uskutečněno pomocí druků. Provedení oděvu je v barvě tmavě modré, takzvaná námořnická modř. Vnější vrstva je z NOMEXU® Delta T. Vyjímatelná vnitřní vložka se skládá ze dvou vrstev, jednu tvoří vodoodpudivá prodyšná membrána Porelle® a druhou vrstvu tvoří tepelná bariéra s podšívkou v materiálovém provedení – Aramid regenerát, podšívka Nomex®/VS FR. Membrána Porelle® byla později výrobcem nahrazena materiálem Sympatex® a v současné době se od dubna 2004 používá jako vlhkostní bariéra membrána H825. Spodní okraj kabátu, konce rukávů a léga chránící uzávěr kabátu jsou opatřeny protivzlínavým pásem. Jednořadé zapínání oděvu je řešeno zdrhovadlem krytým légou se suchým zipem. Rukávy jsou vsazované,

opatřené palečnicí zabraňující jejich shrnování. Rukávy jsou zevnitř ukončeny nesnadno hořlavým úpletem. Oranžový reflexní pás našitý na spodním okraji kabátu v jeho zadní části signalizuje odepnutou vnitřní vložku. Límec je rovněž opatřený légou se stuhovým uzávěrem k ochraně přední části krku. Kabát je opatřen kapsou pro umístění radiostanice a dvěma vakovitými kapsami s patkou na stuhový uzávěr. Kalhoty jsou s vyvýšeným rovným pasem na šle. Zapínání je řešeno stuhovým uzávěrem a pojistným drukem v horní části kalhot. Kolena jsou opatřena zesílenou výztuhou. Oděv FIREMAN III je znázorněn na Obr. 3.



Obr. 3. FIREMAN III.

5.2.2 Ochranný oděv FIREMAN V

Speciální zásahový oblek zajišťuje spolehlivou ochranu trupu a končetin při likvidaci požárů v budovách a na otevřených prostranstvích. Oblek Fireman V je odvozen od obleku Fireman III, skládá se ze tří ochranných vrstev, avšak liší se použitými materiály. Vlhkostní bariéra je vyrobená z materiálu Gore-tex® Fireblocker,



Obr. 4. FIREMAN V.

která se skládá z materiálu 15% p-aramid a 85% m-aramid. Díky nízké hmotnosti je vysoký komfort nošení. Fireman V je součástí systému kompletní ochrany COCOON® firmy DEVA, který doporučuje celkové řešení ochrany hasiče a vzniklo na základě nejnovějších praktických poznatků hasičů a výrobce pro různé typy zásahů. Střih oděvu „ACTION” zvyšuje pohyblivost a komfort nošení, redukuje stres a poskytuje výjimečnou ochranu proti plamenům. Spodní rukáv minimalizuje zvedání kabátu, loket poskytuje přirozený ohyb v rukávu, koleno je dostatečně volné pro přirozený pohyb v ohýbání a rozkrok redukuje tahání v rozkroku při zvedání

kolen. Na kalhotách jsou našity dvě kapsy. Hasič oblečený v obleku Fireman V je na Obr. 4.

5.2.3 Ochranný oděv PRACOVNÍ STEJNOKROJ II

Pracovní stejnokroj (PS) II – Nomex® Delta C je vyobrazen na Obr. 5. Je určen pro práci na požární stanici a ve spojení se spodním prádlem pro lehčí zásahy při venkovních požárech nebo pod oblek Fireman III a Fireman V při velkých požárech. Je součástí systému komplexní ochrany COCOON® firmy DEVA. Splňuje normu EN 531. Oděv se skládá z jedné vrstvy textilního materiálu Nomex® Delta C, je vhodný pro přímý styk s pokožkou, je permanentně nehořlavý a antistatický, má dobrý odvod vlhkosti a dobrou prodyšnost. Není určen pro použití při větších požárech jako oděv Fireman III nebo Fireman V.

Dále se pro výrobu PS II používá přírodní materiál 100% bavlna nebo směsový materiál PES/bavlna (65/35%). Tyto materiály však nejsou určeny k zásahům u požárů, pouze pro práci na požární stanici nebo školení a výcvik, kdy se hasič nevystavuje účinkům tepla nebo dalších rizik.



Obr. 5. PRACOVNÍ STEJNOKROJ II.

5.2.4 Ochranný oděv FIREMAN TIGER

Zásahový oblek s mimořádným komfortem. Mimořádná materiálová konstrukce zajišťuje redukci hmotnosti a objemu, minimální absorpci vlhkosti, výbornou prodyšnost, vysokou pohyblivost, zvýšení výkonnosti a redukci tepelného stresu [8]. Vrchní vrstva obleku FIREMAN TIGER je zhotovena z NOMEX® TOUGH DIAMOND. Je zde použita vazba Micro Rip Stop, která zvyšuje pevnost v trhu o 100%. Vrchní vrstva je upravena úpravou Sofiguard®. Úprava tkaniny splňující EN 368 (Ochrana proti kapalným chemikáliím) po 25 praních a chemických cyklech při 40°C

bez další reimpregnace tkaniny. Membrána je složena z Gore-tex® Fireblocker N, která zajišťuje vysokou ochranu proti chemikáliím a vodě, mimořádnou prodyšnost, tepelnou a mechanickou odolnost. Podšívka je zhotovena z Nomex® Comfort / Aramid Grid. Je to vetkaná mřížka ze silnější příze vytváří izolační vzduchový polštář. Tím je dána vysoká úroveň tepelné izolace bez nárůstu objemu tepelné vrstvy. Oblek je zajištěn úpravou Sofidry®, což je technologie přenosu a odvodu vlhkosti. Tato permanentní úprava, která pomocí rychlého odvodu vlhkosti od uživatele a z obleku zvyšuje jak komfort nošení a výkonnost, tak i ochranné vlastnosti obleku. Konstrukce se skládá z kratšího kabátu a kalhot s vyvýšeným pasem. Hmotnost obleku je 2,85 kg (vel. 182/52). Hasičský oděv FIREMAN TIGER je vyobrazený na Obr. 6.



Obr. 6. FIREMAN TIGER.

6 Nejdůležitější kritéria protichemického obleku

Se stoupající pozorností, zaměřenou na oblast bezpečnosti práce, se zvyšuje trvale i zájem o ochranné protichemické obleky. Stále více uživatelů dochází k poznatku, že nejen u ochrany hlavy, obličeje a dýchacích orgánů je třeba dbát na správný druh výrobku. Nedostatečný, nebo nesprávný ochranný oděv může způsobit akutní zdravotní problémy, někdy i s vážnými následky, proto je důležité věnovat potřebnou pozornost kvalitě protichemického ochranného obleku. Na trhu existuje celá řada ochranných protichemických obleků, které splňují nejrůznější požadavky jak na ochranu, tak na kvalitu. Jeho hlavní funkce je chránit lidské tělo (pokožku). Jeho úkolem je vytvořit neprůchodnou bariéru mezi pokožkou a škodlivou látkou zvenčí, a tím zabránit přímému kontaktu s touto látkou. Ochranná funkce obleku je dána [10]:

- materiálem
- zpracováním
- odpovídající velikostí a střihem

Materiál použitý při výrobě ochranného protichemického oděvu zajišťuje bariérovou funkci, správné zpracování však umožňuje aplikaci této funkce. Špatný střih, který neodpovídá postavě nositele, ohrožuje bariérovou funkci oděvu, protože může dojít k natržení materiálu nebo k přílišnému roztahování stehů.

Optimální ochranu tedy poskytuje ochranný protichemický oděv, který:

- je vyroben z materiálu, zajišťujícího bariérovou funkci při odpovídajícím nasazení,
- jehož zpracování zajišťuje ochrannou funkci celého obleku,
- jehož střih umožňuje pohodlí při nošení a nezpůsobuje zvýšené namáhání materiálu na jednotlivých místech.

Technické podmínky protichemického oděvu jsou splněny za předpokladu, že protichemický oděv [9]:

- splňuje podmínky ČSN EN 340 (Ochranné oděvy. Všeobecné požadavky.), ČSN EN 465 (Ochranné oděvy. Ochrana proti kapalným chemikáliím. Požadavky na protichemické ochranné oděvy proti postřiku s těsnými spoji mezi různými částmi oděvu), ČSN EN 466 (Ochranné oděvy. Ochrana proti kapalným chemikáliím. Požadavky na protichemické ochranné oděvy proti postřiku ve formě spreje s těsnými spoji mezi různými částmi oděvu.),
- zajišťuje neklouzavost rukou podle Směrnice VFDB 0801 (leden 1991) v ochranných rukavicích podle ČSN EN 659 (Ochranné rukavice pro hasiče.),

- umožňuje použití přilby, pracovního stejnokroje II, dýchacího přístroje a komunikačního zařízení,
- nezmění své fyzikálně chemické vlastnosti při změně teploty okolního prostředí; rychlý přechod (do 10 min.) z prostředí o teplotě -30°C do prostředí o teplotě okolí +60°C (po dobu 10 min. u zkušebnímu objektu označeného 21 B podle ČSN EN 3-1) a zpět,
- nemá na vnější straně kapsy,
- je odolný proti pronikání uvedených kapalných a plyných chemikálií bez narušení funkčnosti v jakékoliv jeho části, viz. Tabulka 1.,
- během expozice kompletního oděvu v prostředí chlóru nepřestoupí za pohybu koeficient průniku plynu² do oděvu hodnotu 0,05%.

Tabulka 1. Odolnost proti pronikání kapalných a plyných chemikálií.

Poř.č.	Chemikálie	Skupenství	Přípustná koncentrace průniku
1	1,2-dichloreтан	kapalné	20 ml . m ⁻³
2	metanol	kapalné	200 ml . m ⁻³
3	n-oktan	kapalné	500 ml . m ⁻³
4	toluen	kapalné	200 ml . m ⁻³
5	triethylamin	kapalné	10 ml . m ⁻³
6	kyselina dusičná	kapalné	hodnota pH nesmí být menší než 4
7	kyselina sírová	kapalné	hodnota pH nesmí být menší než 4
8	čpavek	kapalné	50 ml . m ⁻³
9	chlór	kapalné	1 ml . m ⁻³
10	chlorovodík	plynné	5 ml . m ⁻³

6.1 Výrobce speciálního protichemického ochranného obleku a jeho použití

Výrobci speciálních protichemických obleků v České republice: Eurofire, spol.s.r.o. – Valašské Klobouky, Kras Chornice a.s. – Chornice, Ecoprotect, spol. s.r.o. – Zlín. Výběr firmy také spočíval v ochotě spolupracovat v problematice protichemických ochranných oděvů.

Protichemický ochranný oblek chrání proti chemikáliím, které mohou škodit zdraví. Oblek může mít různé typy přídavných ochranných prostředků jako například kukla nebo přilba, boty a rukavice. Výrobou těchto speciálních obleků se zabývá firma ECOPROTECT, spol. s r.o., která od roku 1991 vybavuje speciálními výrobky hasičské záchranné sbory České a Slovenské republiky, jaderné elektrárny České republiky a také Hasičský záchranný sbor Českých drah. ECOPROTECT, spol. s r.o. je přímým

² Koeficient průniku plynu (Kp) je podíl koncentrace plynu, který pronikne přes daný materiál a plynu, který pronikne do vnějšího prostředí.

pokračovatelem specializovaného pracoviště bývalého Výzkumného ústavu gumárenské a plastikářské technologie ve Zlíně v oblasti výzkumu a vývoje individuálních protichemických ochranných prostředků, které řešilo úkoly pro armádní účely a potřeby civilní ochrany. Výrobky byli vybaveni také členové inspekční skupiny protichemické komise OSN (Organizace spojených národů) v Iráku. I nadále firma řeší speciální požadavky Armády ČR na ochranu povrchu těla a aktivně se podílí na vývoji ochranných protichemických obleků na základě zadání MO ČR (Ministerstvo obrany České republiky).

Použití protichemického obleku v ECOPROTECT, spol. s r.o. je směřováno pro [10]:

- útvary požární ochrany a záchranáře při likvidaci havárií v průmyslu, v zemědělství a v dopravě,
- při likvidaci ekologických havárií spojených s ohrožením života a životního prostředí,
- v jaderných elektrárnách při údržbě a opravách zařízení.

6.2 Protichemické ochranné obleky vyráběné firmou ECOPROTECT, spol. s r.o.

6.2.1 Protichemický oděv OPCH – 90 PO

OPCH – 90 PO je plně hermetický, přetlakový oděv, zabezpečující vysoký stupeň ochrany před životu nebezpečným prostředím, obsahujícím chemické látky neznámého složení v kapalně i plynné fázi včetně aerosolů. Je určen pro komplety s dýchacím přístrojem a maskou, nesenými pod oděvem [10].

Oděv je střihově řešen jako jednodílná kombinéza s kapucí, v níž je zabudován panoramatický zorník. Konstruktivní řešení umožňuje použití tlakových láhví různých typů dýchacích přístrojů uvnitř kombinézy, která je uzavírána podélně zabudovaným plynotěsným zdrhovadlem. Nohavice kombinézy jsou opatřeny vnější manžetou pro přetažení přes ochranné holínky a v chodidlové části jsou uzavřeny. Pětiprsté ochranné rukavice anatomického tvaru se nasazují na podvlékačí textilní rukavice a s rukávem jsou hermeticky spojeny rozebíratelným způsobem. Únosnou hodnotu přetlaku uvnitř oděvu zajišťují dva výdechové ventily. OPCH – 90 PO lze oblékat na běžnou výstroj s přilbou.

Pro vymezení výškových rozdílů uživatelů je uvnitř kombinézy zabudována pružná šle. Součástí ochranného kompletu je transportní brašna, malá opravárenská souprava, balíček s mastkem po ošetření materiálu kombinézy a mazací tyčinkou pro zdrhovadlo, ramínko a návod na použití spolu s tabulkou odolností proti chemikáliím, viz Tabulka 2.

Protichemický ochranný oděv OPCH – 90 PO odpovídá požadavkům dle norem ČSN EN 340, 464 (Ochranné oděvy. Ochrana proti kapalným a plynným chemikáliím, včetně kapalných aerosolů a pevných částic. Zkušební metoda – Stanovení těsnosti plynotěsných oděvů – zkouška vnitřním přetlakem) a ČSN 465, 466, ve kterých je uvedena klasifikace odolnosti proti chemikáliím, viz. Tabulka 3. Hmotnost kombinézy je cca 4,3 kg bez dýchacího přístroje a holínek a přetlak v oděvu činí max. 0,4kPa. Protichemický ochranný oblek je vyobrazen na Obr. 7.

Tabulka 2. Přehled ochranného protichemického oděvu OPCH – 90 PO proti vybraným chemikáliím.

Chemikálie		Třída dle ČSN EN 465, 466	Odolnost v min.	
			Oděv	Rukavice
Kyseliny	chlorovodíková	5	350	350
	fluorovodíková	5	350	350
	sírová	4	200	150
	octová	5	350	450
	mravenčí	5	350	450
	dusičná	3	100	100
Hydroxiny 50%	sodný, vodný roztok	5	420	420
	draselný, dtto	5	420	420
	amonný (čpavek)	5	420	420
	vápenatý (hašené vápno)	5	420	420
Aminy	triethylamin	1	24	24
	dibutylamin	1	14	30
	benzylamin	3	80	80
	cyklohexylamin	4	200	150
Alkoholy, aldehidy	methylnatý	5	480	480
	ethylnatý	5	480	480
	butylnatý	5	480	480
	2-ethylbutanol	5	480	480
Organická rozpu- štědla	toluen	1	15	15
	n-oktan	1	21	21
	benzen	1	15	15
	methylacetát	4	240	240
Plyny, páry	chlor	5	420	420
	fluor	5	420	420
	chlorovodík	5	420	420
	fluorovodík	5	420	420
	oxid siřičitý	5	420	420
	oxid sírový	4	230	230
	kyanovodík	5	350	350
Alkalické kovy, pevné látky aj.	lithium	5	420	420
	sodík	5	420	420
	draslík	5	420	420
	brom	2	60	60
	peroxydy	5	350	350

Tabulka 3. Klasifikace odolnosti proti chemikáliím dle ČSN EN 465, 466 (doba, za kterou nedojde k průniku nebezpečné látky).

Třída	Ochrana v min.	Poškození materiálu
1	max. 30	dál nepoužitelný
2	max. 60	vážnější poškození
3	max. 120	malé poškození
4	max. 240	nevýrazné poškození
5	max. 480	nevýrazná změna barvy
6	max. 480	nepoškozen



Obr. 7. OPCH – 90 PO

Údaje v tabulce platí pro všechny součásti OPCH – 90 PO a jsou odvozeny od součástí s nejnižší odolností.

6.2.2 Protichemický oděv OPCH – 90 POC – CVIČNÁ VERZE

OPCH – 90 POC [10] je určen k účelům nácviku oblékání, pobytu, pohybu a k nácviku vykonávání různých pracovních úkonů pro situace, kdy je uživatel oděvu zcela izolován od okolního prostředí.

Oděv je střihově řešen jako jednodílná kombinéza s kapucí, v níž je zabudován panoramatický zorník. Konstruktivní řešení umožňuje použití tlakových láhví různých

typů dýchacích přístrojů uvnitř kombinézy, která je uzavřena podélně zabudovaným plastovým spirálovým zdrhovadlem. Švy nejsou hermetizovány. Z těchto důvodů není kombinéza hermetická a nesmí být použita k ostrým zásahům. Nohavice kombinézy jsou opatřeny vnější manžetou pro přetažení přes běžně užívanou obuv z výstroje. Součástí kompletu nejsou holínky. Pětiprsté ochranné rukavice anatomického tvaru se nasazují na podvlékačí textilní rukavice a s rukávem jsou spojeny rozebíratelným způsobem. Na kapuci jsou zabudovány dva výdechové ventily. OPCH – 90 POC lze oblékat na běžnou výstroj s přilbou. Materiál je kvalitativně i barevně odlišný od materiálu pro OPCH – 90 PO. Součástí kompletu je transportní brašna a ramínko. Hmotnost kombinézy činí 2,5kg. Vyobrazení obleku OPCH – 90 POC je na Obr. 8.



Obr. 8. OPCH - 90 POC.

7 Obecné požadavky na oděvy do čistých prostor

Čisté prostory mají být udržovány v souladu s vhodným standardem čistoty a má být do nich přiváděn vzduch, který prošel filtry přiměřené účinnosti [11]. Každá výrobní činnost vyžaduje přiměřenou úroveň čistoty prostředí za provozu, aby bylo minimalizováno riziko mikrobiální nebo částicové kontaminace přípravku nebo zpracovávaných materiálů. Aby bylo dosaženo požadovaných podmínek ve stavu „za provozu“, mají být tyto prostory navrženy tak, že bude dosaženo určité definované úrovně čistoty vzduchu ve stavu „za klidu“. Stav „za klidu“ je stav, ve kterém jsou zcela nainstalována provozuschopná výrobní zařízení, ale nejsou zde přítomni žádní pracovníci. Stav „za provozu“ je stav, kdy výrobní zařízení jsou v běžném provozu s předepsaným počtem pracovníků, viz. Tabulka 4.

Tabulka 4. Maximální přípustný počet částic.

Třída	Maximální přípustný počet částic/m ³ rovný nebo větší			
	Za klidu (b)		Za provozu	
	0,5 μm	5 μm	0,5 μm	5 μm
A	3 500	0	3 500	0
B (a)	3 500	0	35 000	2 000
C (a)	350 000	2 000	3 500 000	20 000
D (a)	3 500 000	20 000	nedefinováno(c)	nedefinováno(c)

- Aby se dosáhlo požadavků třídy B, C a D, má být počet výměn vzduchu přizpůsoben velikosti místnosti, v ní umístěných zařízeních a počtu pracovníků v místnosti. Vzduchotechnika má být vybavena vhodnými filtry [25], takovými jako jsou HEPA³ pro třídy A, B a C.
- Limit pro maximální počet prachových částic ve stavu „za klidu“ odpovídá přibližně normám US Federal Standard 209 E a ISO klasifikaci a to následujícím způsobem:

Třída A a B odpovídá třídě 100, M 3,5, ISO 5. Třída C odpovídá třídě 10.000, M 5.5, ISO 7 a třída D odpovídá třídě 100.000, M 6,5, ISO 8.

- Požadavky a limity pro prostory této třídy jsou závislé na povaze prováděných činností.

Limity uvedené v tabulce pro počet částic naměřených ve stavu „za klidu“ mají být dosaženy po 15-20 minut trvající regeneraci ovzduší (doporučená hodnota), následující po ukončení pracovní činnosti.

³ Filtry HEPA jsou vyrobeny ze speciálních skelných mikrovláken a odlučují mikročástice o velikosti 0,3μm.

Limity uvedené v tabulce pro počet částic ve třídě A „za provozu“ mají být udržovány v zóně bezprostředně obklopující produkt, kdykoliv je produkt nebo primární obal vystaven okolnímu prostředí. Je akceptovatelné, že shoda s limity nemůže být vždy prokázána v místě plnění, jestliže dochází ke generování částic nebo kapiček samotného produktu.

Popis oděvu pro jednotlivé třídy čistoty [4]

Třída D

Vlasy a kde je to potřebné i vousy mají být zakryty. Má se používat běžný ochranný oděv a vhodná obuv nebo návleky. Mají být přijata vhodná opatření k vyloučení vnášení kontaminace z vnějšku do čistých prostor.

Třída C

Vlasy a kde je to potřebné i vousy mají být zakryty. Oblečení se sestává z kabátka a kalhot, nebo z kombinézy, kabátek nebo kombinéza jsou vybaveny vysokým límcem a rukávy staženými na zápěstích, a na nohou mají být vhodné boty nebo návleky. Z oblečení se nemají uvolňovat prakticky žádná vlákna nebo částice.

Třída A/B

Pokrývka hlavy (kukla) má dokonale zakrývat vlasy a kde je to potřebné i vousy a má být zasunuta pod límec kombinézy. Přes tvář má být nasazena maska, bránící uvolňování kapiček. Na ruku mají mít pracovníci vysterilizované, nepraškové gumové nebo plastové rukavice, a na nohou vysterilizovanou nebo vydezinfikovanou obuv nebo návleky. Spodní konce kalhot mají být zasunuty do obuvi nebo návleků a rukávy kombinézy mají být zasunuty do rukavic. Ochranný oblek nemá prakticky uvolňovat žádná vlákna a částice a má zachycovat částice odloučené z povrchu těla.

Vnější oblečení nemá být vnášeno do personálních propustí vedoucích do prostor třídy B a C. Pro každého pracovníka v prostorech třídy A/B má být zajištěn čistý sterilní ochranný oděv (sterilizovaný nebo odpovídajícím způsobem sanitovaný) pro každý jednotlivý pracovní vstup na příslušné pracoviště. Rukavice se mají pravidelně dezinfikovat během pracovní činnosti. Obličejové roušky a rukavice se mají měnit alespoň po každém přerušení pracovního cyklu.

Čištění a následné zacházení s oděvy pro čisté prostory má být prováděno tak, aby se na nich nezachytily další kontaminanty, které by se později mohly uvolňovat. Tyto činnosti mají probíhat podle písemných postupů. Pro tyto oděvy jsou vyžadovány oddělené pračky a sušičky. Nevhodné zacházení s oděvy může poškodit vlákna tkaniny a zvýšit riziko odlučování částic. Z uvedených základních funkcí OČP [1] lze odvodit obecné požadavky na materiály, vhodné pro jejich výrobu:

- úplná bariéra proti částicím nad 0,5 - 5 μ m podle oblasti použití (uplatnění v mikroelektronice vyžaduje 0,5 μ m, farmacie připouští částice větší než 0,5 μ m),

- materiály nesmějí samy žádné částice (ani po mechanickém namáhání) uvolňovat,
- musí být odolné proti stárnutí,
- nesmí docházet ke zpětnému ukládání částic v pórech textilie ani na jejím povrchu,
- materiály nesmějí obsahovat povrchové zdrsňení nebo ochlupacení (zdroj úletu částic),
- musí umožňovat snadnou a úplnou dekontaminaci (odstranění prachových částic) mnohokrát opakovatelnou,
- nesmějí se elektrostaticky nabíjet,
- musí mít přijatelné fyziologické vlastnosti, tj. zachovat určitý komfort daný propustností vzduchu a vodní páry, transportem vlhkosti, tepelně-izolační schopnosti apod.,
- při aplikaci v oblasti farmacie a zdravotnictví musí umožňovat opakovanou sterilizaci parou (134°C), etylénoxidem, zářením gama nebo beta.

Uvedené požadavky platí nejen pro základní materiály, ale i pro všechny materiály pomocné (zdrhovadla, šicí nitě, etikety apod.).

Nová norma [12] ČSN EN 13795-1 (Operační roušky, pláště a operační oděvy do čistých prostor, používané jako zdravotnické prostředky pro pacienty, nemocniční personál a zařízení. Část 1: Všeobecné požadavky na výrobce, zpracovatele a výrobky), jejíž první část, byla v ČR vydána v průběhu roku 2003. Norma klade zvýšené nároky na výrobce, zpracovatele a na materiály, ze kterých jsou vyrobeny operační pláště, roušky a oděv personálu. Neboť praktické zkušenosti i prováděné výzkumy prokázaly, že používání bavlněného operačního krytí s sebou přináší celou řadu rizik. Bavlna je lehce propustná, opakovaným použitím se snižuje její pevnost a zejména je vysoce prašná. Studie v roce 1997 dokazuje, že ve 2/3 případů pooperační reakce na cizí těleso se jednalo o textilní částice.

Jedním z opatření na ochranu proti infekcím je proto používání operačních pláštíků a roušek a také operační oděvy pro čisté prostory (operační kalhoty a operační haleny personálu) ze speciálních materiálů, které omezují riziko mikrobiální kontaminace operační rány a zároveň chrání pracovníky operačního týmu. K výrobkům, vyhovujícím požadavkům nové normy, patří také nová generace textilií z mikrovlákna a trilaminátu, viz. kapitola 8.3., které se po použití perou, sterilizují a následně opakovaně používají.

7.1 Výrobce ochranných oděvů pro čisté prostory

Výrobci oděvů do čistých prostor: Ritmov, o.s. – Pardubice, Home Trading, s.r.o. – Brno, Zdravtex, s.r.o. – Olomouc, Cleantex a.s. – Prostějov. Zde taktéž při výběru firmy hrálo důležitou roli případná dostupnost od místa bydliště a také oboustranná spolupráce s firmou Cleantex a.s.

Největším výrobcem těchto ochranných oděvů je firma Cleantex a.s. S vývojem a výrobou těchto oděvů má mnohaleté zkušenosti. Hlavními odběrateli ochranných oděvů jsou [14]:

- farmacie,
- mikroelektronika,
- zdravotnictví.

Část produkce společnost exportuje do Švýcarska, Německa, Jugoslávie a na Slovensko. Sortiment oděvů pro čisté prostory - CRC obsahuje oděvy od třídy čistoty 10 podle normy US Fed. Standard 209 (mezinárodně uznávaný standard pro klasifikaci čistých prostor, který je v dnešní době nahrazen standardem ISO 14644 – Čisté prostředí a příslušné řízené prostředí.), která definuje čisté prostory a rozděluje je do tříd v závislosti na počtu velikosti přípustných prachových částic v jednotce objemu. Požadavky na čisté prostory ve farmaceutických provozech a všeobecně ve zdravotnictví upravují předpisy WHO PIC (Konvence o vzájemném uznávání inspekcí Světové zdravotnické organizace) od třídy A a B. Předepisují nejen počet prachových částic a jejich velikost, ale i počet životaschopných mikroorganismů, které se smějí v jednotlivých třídách čistoty vyskytovat. Oděvy pro čisté prostory jsou zhotoveny z tkanin z nekonečných polyesterových vláken a obsahují malý podíl antistatických vláken (na bázi polyester/karbon) takže jsou trvale antistatické. U použitých tkanin nedochází k úletu prachových částic (úlofků vláken) v průběhu používání a oděvy navíc zachycují částice emitované ze spodního ošacení a pokožky nositele. Oděvy pro čisté prostory jsou certifikovány v TZÚ Brno (Textilní zkušební ústav Brno).

Pro elektronický průmysl jsou určeny oděvy zajišťující ochranu elektrostaticky citlivých součástek - zejména pláště a kalhoty, ve smyslu ČSN EN 1149 (Ochranné oděvy. Elektrostatické vlastnosti.). V tomto případě se jedná o oděvy ze směsových tkanin polyester/bavlna s malým podílem elektroodivých vláken (vlákna kovová, nebo polyesterová s obsahem karbonu). Pro čisté provozy, které vyžadují antistatiku ve smyslu ČSN EN 1149 jsou dodávány oděvy z polyesterových nekonečných vláken, které zajišťují nejen potřebnou ochranu elektrostaticky citlivých součástek, ale i potřebnou čistotu prostředí ve smyslu US FS 209 od třídy čistoty 10. Všechny používané materiály jsou odzkoušeny na antistaticnost ve Státní zkušebně 210 FTZÚ (Fyzikálně technický zkušební ústav) Ostrava-Radvanice.

Pro medicínu dodává Cleantex a.s. operační pláště s charakterem oděvů pro čisté prostory (neuvolňují prachové částice a zadržují částice ze spodního ošacení a pokožky), které mají nepromokavé přední díly a rukávy (ochrana proti HIV). Pláště jsou certifikovány v TZÚ Brno.

7.2 Ochranné oděvy do čistých prostor vyráběné firmou Cleantex a.s.

7.2.1 Oděvy pro čisté prostory vyráběné firmou Cleantex a.s.

Oděvy do čistých prostor zabraňují pronikání prachových částic do okolního prostoru, jsou trvale antistatické, zajišťují komfort při používání oděvů, jsou rozměrově stálé při praní i sterilizaci [14]. Oděvy jsou testovány na odlučivost prachových částic, úlet částic, antistatičnost a zdravotní nezávadnost. Jsou zhotoveny z tkaniny z polyesterového hedvábí se zatkanými elektrovedivými vlákny, které zajišťují trvale antistatické vlastnosti při používání i údržbě výrobků. Použitím vhodných vláken a konstrukce tkaniny je dosaženo požadovaného "filtračního" efektu pro prachové a ostatní částice generované pracovníkem. Oděvy je možné prát do 90°C a sterilizovat.

Konstrukce výrobků zajišťuje maximální pohodlnost a volnost pohybu při nošení a zároveň zamezuje pronikání částic z pododěvního prostoru. Všechny švy na výrobcích jsou kryté, takže nemůže dojít k úletu volných konců vláken.

7.2.2 Antistatický oděv zajišťující ochranu elektrostaticky citlivých součástek pro čisté prostory

Jsou zhotoveny z tkanin z polyesterového hedvábí (PESh) se zatkanými antistatickými vlákny [14], které zajišťují trvalé antistatické vlastnosti při používání i opakované údržbě oděvů dle normy ČSN EN 1149-2 (Ochranné oděvy. Elektrostatické vlastnosti. Část 2: Zkušební metoda pro měření vnitřního odporu). Použité tkaniny neuvolňují prachové částice jako běžné textilie. Použitím vhodných vláken a konstrukce tkaniny je dosaženo požadovaného "filtračního efektu" pro prachové a ostatní částice generované nositelem oděvu i jeho spodním ošacením. Konstrukce výrobku zajišťuje maximální pohodlnost a volnost oděvu při nošení. Všechny švy na oděvu jsou kryté, takže nemůže dojít k ulamování a úletu volných konců vláken. Je možné je opakovaně prát i sterilizovat bez vlivu na užité vlastnosti. Jsou testovány na odlučivost prachových částic, úlet částic, antistatičnost i zdravotní nezávadnost. Antistatický oděv je na Obr. 9.



Obr. 9. Antistatický oděv pro čisté prostory.

7.2.3 Bezprašný operační plášť

Plášť je zhotoven z tkanin z polyesterového hedvábí (PESH), které nevykazují úlet prachových částic a zamezují průniku částic z těla a spodního ošacení nositele do okolního prostředí [14]. Přední díly a rukávy jsou nepropustné pro kapaliny. Díky malému podílu elektrovodivých vláken je plášť trvale antistatický. Použité materiály zamezují zcela průniku částic velikosti nad 5 μm do okolního prostředí, z 85% filtrují částice o velikosti 0,5 μm . Materiál s hydrofobní úpravou (přední díly, rukávy) podle testů prováděných ve Francii snižuje průchod mikroorganismů v tekutinách na pouhých 0,13% (test biokontaminace dle metodiky IFT Lyon 1993) a průchod mikroorganismů ve vzduchu vylučuje (Metoda BAG-20). Tkanina je na přením díle a rukávech opatřena účinnou hydrofobní úpravou, zajišťující nepromokavost pro krev a další tekutiny. Úprava odolává praní a sterilizaci a i po opakované údržbě odolává průniku vody při tlaku 500 mm vodního sloupce. Zadní díly jsou zhotoveny z tkaniny bez



Obr. 10. Bezprašný chirurgický plášť.

hydrofobní úpravy, která je lehčí a prodyšnější. Operační plášť má dvojité zavazování tkanicemi na zadním díle. Tkanice na vnější straně mají odlišnou barvu od tkanic na straně vnitřní. Tkanice se v pase zavazuje vpředu. Rukávy jsou jednodílné, šev je umístěn na horní straně. Rukávy mají pružné pletené lemy z PESH. Bezprašný operační plášť je na Obr. 10.

Operační pláště [12] dle normy ČSN EN 13795-1 pro operace se standardním stupněm rizika se vyrábějí z textilie tkané z mikrovlákna s fluorokarbonovou úpravou⁴. Celý přední díl pláště od krku až dolů a rukávy po celé délce jsou vyrobeny z vysoce nepropustné textilie, zadní díly pláště jsou vyrobeny z jemné prodyšné textilie s karbonovým vláknem. Na konci rukávů jsou dostatečně dlouhé elastické manžety. Pro snadnou identifikaci jsou zpravidla jednotlivé rozměry rozlišeny barvou límečku.

⁴ Fluorokarbonová úprava zajišťuje hydrofobitu oděvu, vodoodpudivá úprava.

8 Používaný materiál k výrobě ochranných oděvů

K výrobě ochranných oděvů pro hasiče, do čistých prostor se využívají tzv. speciální vlákna [15]. Všeobecně se vlákna dělí do dvou skupin:

- 1 vlákna pro oděvní aplikace,
- 2 vlákna pro technické aplikace.

U vláken pro oděvní aplikace jsou rozhodující vlastnosti související s fyziologickými projevy (transport vlhkosti a tepla), povrchovými vlastnostmi (lesk, tření, měrný povrch, reagovat se zušlechťovacími prostředky) a těmi mechanickými vlastnostmi, které ovlivňují pocity při nošení (estetické projevy jako je elastické zotavení, mačkavost, žmolkovitost).

Pro vlákna využívaná u technických textilií jsou obvykle za rozhodující vlastnosti požadovány vysoká pevnost, vysoký modul pružnosti, malá tažnost do přetrhu, odolnost vůči vysokým teplotám, chemikáliím a různým druhům záření, viz. Tabulka 5. Speciální vlákna mohou být použita i pro oděvní aplikace, i když jsou často navržena pro technické aplikace a pro technické neoděvní textilie. Speciální vlákna je možno dělit dle jejich typických vlastností do těchto skupin:

- vysoce výkonná vlákna – vysoce pevná vlákna, vlákna s vysokým modulem, tepelně odolná vlákna,
- vysoce funkční vlákna – napodobení přírodního hedvábí, vlákna odolná vůči mikroorganismům, mikrovlákna, speciální barevné efekty, voňavá vlákna, vlákna se zlepšenými tepelnými vlastnostmi, vlákna se zlepšeným komfortem, vlákna chránící proti UV záření,
- vlákna pro speciální aplikace – vlákna pro medicínu, vlákna pro čisté provozy, vlákenné absorbenty,
- speciální polymery – biopolymery, vlákna z plísní,
- vlákna pro kompozita – whiskery, keramická vlákna.

Tabulka 5. Vlastnosti vybraných textilních vláken.

Vlákno	Hořlavost LOI [%]	Teplota měknutí [°C]	Modul pružnosti [cN/dtex]	Pevnost [cN/dtex]	Tažnost [%]
NOMEX®	30	415	75	4,9	35
KEVLAR®	28	550	490 - 780	20 - 21	2,4 - 3,6
PESh	20	258	1300	3,8 - 7,2	50 - 70
CO	17 - 19	–	42 - 82	2 - 4,9	6 - 10

LOI – množství kyslíku (v procentech) ve směsi s dusíkem potřebného k hoření. Nechořlavá vlákna mají LOI = 26 a vyšší.

8.1 Používaný materiál pro ochranný oblek hasiče

Na OOH se používají speciální vlákna, která se ještě dělí na vysoce výkonná vlákna, vlákna tohoto charakteru jsou velmi pevná, pružná a vysoce odolná vůči teplotě [15]. Na výrobu OOH se používají paraamidová typu KEVLAR[®], TECHNORA[®] a metaamidová vlákna typu NOMEX[®], TWARON[®]. Firma Deva používá na své výrobky zejména NOMEX[®] a KEVLAR[®].

NOMEX[®]

NOMEX[®] (poly-m-fenylénisofthalamid) je vlákno, které patří do skupiny meta-aromatických polyamidů (m-aramidy), toto vlákno je označováno jako první ze třídy tzv. vysoce výkonných speciálních vláken zajímavé především pro svou termickou odolnost a elektrické izolační schopnosti a jehož komerční výroba se datuje od začátku 60-tých let minulého století [15], [13]. Je reprezentantem celé řady produktů odolávajících žáru a plamenům, které společnost DuPont již po třicet let vynalézá a vyvíjí, vyrábí, uvádí na trh a soustavně zdokonaluje. Ochranná funkce je těmto materiálům vlastní, je totiž „zabudována“ přímo do molekulární struktury samotného vlákna. To znamená, že nevzniká zpracováním či úpravou, ani přidáním přísady. Díky tomu si textilie a oděvy z materiálu NOMEX[®] podržují svou odolnost proti ohni a žáru stabilně a trvale. Vlákna NOMEX[®] byla vyvinuta tak, aby poskytovala ochranu. Představují vynikající tepelnou izolaci, a to i za extrémních teplot. Když se materiál NOMEX[®] dostane z dosahu zdroje žáru, projeví svou samozhášecí schopnost. Vlákna jsou také chemicky stálá vůči rozpouštědlům, takže se z oděvu dají snadno odstraňovat skvrny od tuků, olejů a dalších hořlavých nečistot.

KEVLAR[®]

Zhruba o 10let později firma DuPont začala s produkcí vláken KEVLAR[®] (poly-p-fenyletereftalamid) ze skupiny para-aromatických polyamidů (P-aramidy). Vlákno KEVLAR[®] chrání pracovníky různých průmyslových odvětvích. Používá se v celé řadě osobních ochranných pomůcek, od kalhot přes neprůstřelné vesty. Z tohoto vlákna se dále vyrábí například i přilby, ponožky a obuv. Ochranné oděvy a rukavice účinně chrání proti pořezání i popálení. Rukavice z vlákna KEVLAR[®] mají ve srovnání s koženými 5x vyšší odolnost vůči řezu a 2-3x větší než rukavice bavlněné a polyamidové. To výrazně přispívá ke snížení úrazovosti, zejména úrazům rukou a paží, které činí až 53% všech úrazů. Výběrem vhodných ochranných rukavic je možné těmto úrazům zabránit. Toto vlákno se také vyznačuje vynikající odolností vůči celé řadě chemikálií a vůči žáru, je odolné proti plameni, netaví se a nespapává. Vlastností vlákna KEVLAR[®] se dá využít u celé řady typu rukavic a rukávů, kde se ochranné vlastnosti pojí s pohodlím při nošení a v nichž ruce neztrácejí svou obratnost a citlivost. Rukavice z tohoto para-aramidového vlákna jsou schopné po dlouhou dobu odolávat teplotám 250°C a mohou být také krátkodobě vystaveny teplotám 700°C. Rukavice

vyrobené z KEVLARU[®] se díky své molekulární struktuře nesrážejí, ani když jsou vystaveny vysokým teplotám.

NOMEX[®] je pouze základním materiálem a do podoby konečného výrobku prochází řadou procesů. K zajištění vysoké kvality v celém zpracovatelském řetězci až po výrobu ochranného oděvu nebo rukavic byl zaveden Program kvality - DuPont Quality Programme. Sdružuje vybrané výrobce ze zpracovatelského řetězce, kteří dokázali splnit přísné technické a kvalitativní požadavky i testy. Pouze tito partneři mají licenci k používání etikety kvality na svých výrobcích. To umožňuje konečným uživatelům identifikovat zaručeně kvalitní oděv, který splňuje nejen evropské normy, ale také prošel přísnými testy Programu kvality.

Ochranné vlastnosti vlákna NOMEX[®] jsou stálé a nemění se ani opakovaným praním. Nehořlavost je inherentní vlastností, není tedy získána chemickou apretací. Společnost DuPont již více než třicet let zaujímá přední místo ve vývoji účinných ochranných oděvů proti žáru a plamenům. Velká část práce na vývoji vláken NOMEX[®] probíhá ve španělském výrobním závodě v Asturias.

Materiály vyrobené z vlákna NOMEX[®] a používané firmou Deva F-M s.r.o.

NOMEX[®] III. (260g/m²)

- 93% meta-aramid (NOMEX[®])
- 5% para-aramid (KEVLAR[®])
- 2% uhlíkové vlákno

NOMEX[®] Tough (125g/m²)

- 75% meta-aramid (NOMEX[®])
- 23% para-aramid (KEVLAR[®])
- 2% uhlíkové vlákno

NOMEX[®] Comfort (220g/m²)

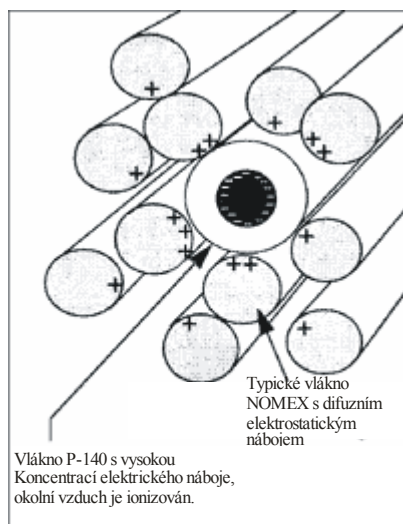
- 93% meta-aramid (NOMEX[®])
- 5% para-aramid (KEVLAR[®])
- 2% kovové vlákno P-140

NOMEX[®] Delta C (180g/m²)

- 93% meta-aramid (NOMEX[®])
- 5% para-aramid KEVLAR[®])

- 2% kovové vlákno P-140

Materiál NOMEX® Delta C (Antistatic) je průkopnický v tom, že zde bylo poprvé použito vlákno P-140, které představuje v sortimentu materiálů NOMEX® antistatickou složku (viz. Obr. 11.). Oděvy vyrobené z materiálu NOMEX® Delta C (Antistatic) výrazně snižují elektrostatický náboj oděvu, čímž se redukuje nebezpečí vzniku jisker a následného vzniku požáru hořlavých plynů. Tato antistatická ochrana je důležitá pro pracovníky v prostředí reaktivních plynů, protože sebemenší jiskra zde může vyvolat požár.



Obr. 11. Vlákno P-140 v materiálu NOMEX®.

Většina aromatických polyamidů degraduje při teplotě T_r před dosažením teploty tání T_m , takže vlákna lze zvláknovat pouze z roztoků, obsahujících silná organická rozpouštědla nebo koncentrované anorganické kyseliny. Pro zvláknování aramidů se používá 10-20% roztok polymeru v H_2SO_4 , neobsahující vodu, zahřátý na $80^\circ C$. Vlastnosti aramidových vláken [15] lze v širokých mezích měnit podmínkami dlužení a následného tepelného zpracování.

Tabulka 6. Mechanické charakteristiky aramidů.

Vlákno	Pevnost [cN/dtex]	Modul E [cN/dtex]	Tažnost [%]	Hustota [kg/m ³]	T_r [°C]
NOMEX®	4,9	75	35	1460	415
KEVLAR® 29	20	490	3,6	1440	550
KEVLAR® 49	21	780	2,4	1445	550

8.2 Používaný materiál na protichemické obleky

Butylkaučuk

K výrobě protichemického obleku OPCH – 90-PO se využívá syntetického kaučuku – butylkaučuk IIR (izobuten-izopren kaučuk) s retardérem hoření. Butylkaučuk

má z běžných kaučuků nejnižší propustnost plynů, dobrou odolnost proti kyslíku a ozonu [17], [10]. Je částečně chlorovaný, v polymeru výrazně převládá izobuten, izoprenu jsou asi 3%, jeho přítomnost však umožňuje vulkanizaci. Díky vulkanizaci se dosahuje požadovaných technických vlastností kaučuků. Vulkanizovaný kaučuk se nazývá pryž. Kaučuky se dělí podle různých hledisek. Podle praktických aplikací se dělí do dvou skupin:

- kaučuky pro všeobecné použití,
- kaučuky speciální.

Představitelem kaučuků pro všeobecné použití je přírodní kaučuk. Jeho zdrojem je šťáva stromu *Hevea brasiliensis*. Kaučuky speciální jsou vymezeny takovými vlastnostmi, kterými předčí přírodní kaučuk. Jejich vlastnosti závisejí na chemické struktuře. Některé vynikají odolností proti olejům, jiné vůči kyslíku a ozonu, jiné snášejí zvýšenou teplotu nebo jsou odolné vůči kyselinám. Vlastnosti kaučuků lze ovlivnit několika způsoby. Největší význam má vulkanizace. Její princip spočívá ve vytvoření příčných vazeb mezi lineárními kaučukovými molekulami. K vulkanizaci se nejlépe hodí síra. Čím více příčných vazeb vznikne, tím je pryž tvrdší a nerozpustnější. Používá se také na vnitřní vrstvu bezdušových pneumatik.

Švy šité na vnější straně jsou izolované elastomerní směsí. Na šitých místech, kde nejsou švy izolovány (lemy rukávových a nohavickových manžet, přišití suchých zipů a lem chlopny), jsou použity nomexové nitě.

8.3 Používaný materiál na oděvy do čistých provozů

V oblasti do čistých prostor se používají zejména vlákna přírodní (bavlna), syntetická (polyester), polyesterová mikrovlákna či trilaminátu, antistatická vlákna (zvýšená elektrická vodivost), která výrazně snižují povrchový odpor a zabraňují vzniku elektrostatického náboje.

Bavlna

Je nejdůležitější jednobuněčné přírodní vlákno obrůstající semena bavlníku. Bavlna je zdrojem nejčistší celulózy (v bavlníku je ji obsaženo kolem 90%), proto se také používá na speciální účely: cigaretový papír, bankovní papír [16]. Jemnost bavlny je 1-4dtex, pevnost za sucha 2-5cN/dtex, za mokra 100-120% pevnosti za sucha. Tažnost za sucha 6-10%, za mokra 100-110% tažnosti suché. Mercerací se pevnost zvyšuje > 7cN/dtex. Díky merceraci se zlepšuje sorpce, roste pevnost a zvýší se lesk bavlny. Žloutne při teplotě 120°C po 5 hodinách a při 200-280°C dochází k dehydrataci a k následné destrukci. Doporučená teplota žehlení je 150°C.

Syntetická polyesterová vlákna (PES)

Zaujímají první místo mezi syntetickými vlákny (47,5% produkce). PES vznikl v r. 1941 a v r. 1947 se vyráběl v Anglii Terylena a v USA Dacron. Do čistých prostor se často používá PESH které má nízký koeficient tření ($T = 0,174$), je dobrým elektrickým izolantem. Má dobrou stálost vůči kyselině fluorovodíkové, silně náchylný k tvorbě elektrostatického náboje. Teplota měknutí je 230°C , má nízkou tepelnou vodivost. Obecně mají PES dobré mechanické vlastnosti, odolnost vůči oděru, rychle schnou a snadno se udržují.

Textilie z mikrovlákna

Jedná se o hustě tkané textilie z polyesterového mikrovlákna (cca 1260 vláken/cm²) s bariérovou fluorokarbonovou úpravou [12]. Do textilie je vetkáno uhlíkové vlákno, které eliminuje kumulaci elektrostatického náboje. Gramáž je volena podle určení – nižší mají textilie pro výrobu plášťů a operačních oděvů pro čisté prostory, vyšší gramáž mají textilie, ze kterých se vyrábějí operační roušky.

Textilie z trilaminátu

Jedná se o třívrstvou textilií s prostřední mikroporézní membránou mezi dvěma vrstvami z polyesterového úpletu. Polyesterový úplet plní dvojí úlohu – svrchní vrstva slouží k absorpci a usměrňování tekutin, spodní vrstva zajišťuje uživatelský komfort. Póry v membráně jsou paropropustné, zároveň ale brání penetraci bakterií, virů, či tekutin. Některé membrány si díky své elasticitě zachovávají bariérové vlastnosti i po perforaci injekční jehlou o průměru do 0,9 mm.

Antistatická vlákna

Antistatická úprava na oděvech do čistých prostor je velmi důležitá, neboť může vzniknout elektrostatický náboj a způsobit např. nefunkčnost přístroje při chirurgickém zákroku. Pro zajištění dostatečně vysoké elektrické vodivosti se do textilních struktur dodávají vodivá vlákna: uhlíková, kovová. Kovová vlákna díky svým mechanickým a elektrickým vlastnostem jsou zajímavým materiálem pro technické využití. Ve formě tenkých drátků (10 μm) se zpracovávají do textilních struktur. Nejčastějším kovem, které se přidává do vlákněných struktur je měď, která má výbornou elektrickou vodivost.

9 Testovací zařízení proti plameni

Ochranné vlastnosti vlákna NOMEX[®] jsou stálé a nemění se ani opakovaným praním. Nehořlavost je inherentní vlastností, není tedy získána chemickou apretací [13].

Společnost DuPont již více než třicet let zaujímá přední místo ve vývoji účinných ochranných oděvů proti záru a plamenům. Velká část práce na vývoji vláken NOMEX[®] probíhá ve španělském výrobním závodě v Asturias. Některé testovací zařízení umožňují předvídat rozsah popálenin I., II., III. a IV. stupně. Definice jednotlivých stupňů popálenin:

Popáleniny I. stupně jsou charakterizovány zarudnutím (erytém). Jsou značně bolestivé v důsledku vyplavení vasoaktivních látek, tedy látky, zvyšující lokální prokrvení. Všechny změny jsou však reverzibilní a ke zhojení dochází většinou spontánně během několika dnů bez následků (jedná se většinou o solární poškození) [18].

Popáleniny II. stupně jsou charakterizovány poškozením epidermis (vrchní kůže) a části dermis (škára). Vytvořené puchýře (bulla) vznikají sekvestrací tekutiny na rozhraní dermis a epidermis. Povrchnější poškození je popisováno jako popálení IIa stupně, zatímco zasažení hlubokých vrstev dermis v různém stupni je označováno jako popálenina IIb stupně. Popáleniny IIa se většinou rovněž zhojí spontánně bez trvalých následků, většinou se změnou pigmentace a koloritu kůže. Zhojení popáleniny IIb stupně je ale velmi zdlouhavé, trvá několik týdnů, v některých případech je třeba přistoupit k chirurgické léčbě, podobně jako u popálenin III. stupně. Často vznikají hypertrofičké jizvy (připomínají na pohled čerstvou tkáň).

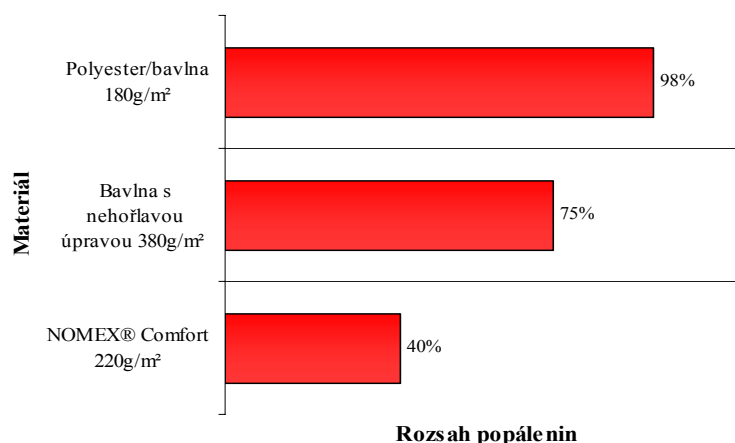
Popáleniny III. stupně jsou charakterizovány zničením kůže v celé tloušťce tj. nektrózou (odumření tkáně). Takovéto popáleniny nemají schopnost spontánního zhojení ze spodiny, pouze při malém rozsahu epitelizací z okrajů. Řeší se chirurgickým odstraněním a následnou autotransplantací.

Popáleninami IV. stupně jsou nazývána všechna postižení, u nichž jsou kromě kůže zasaženy i hlubší struktury (fascie - vazivový obal svalů, šlachy, svaly). Toto postižení se také někdy nazývá zuhelnatění.

9.1 Thermo-Man[®]

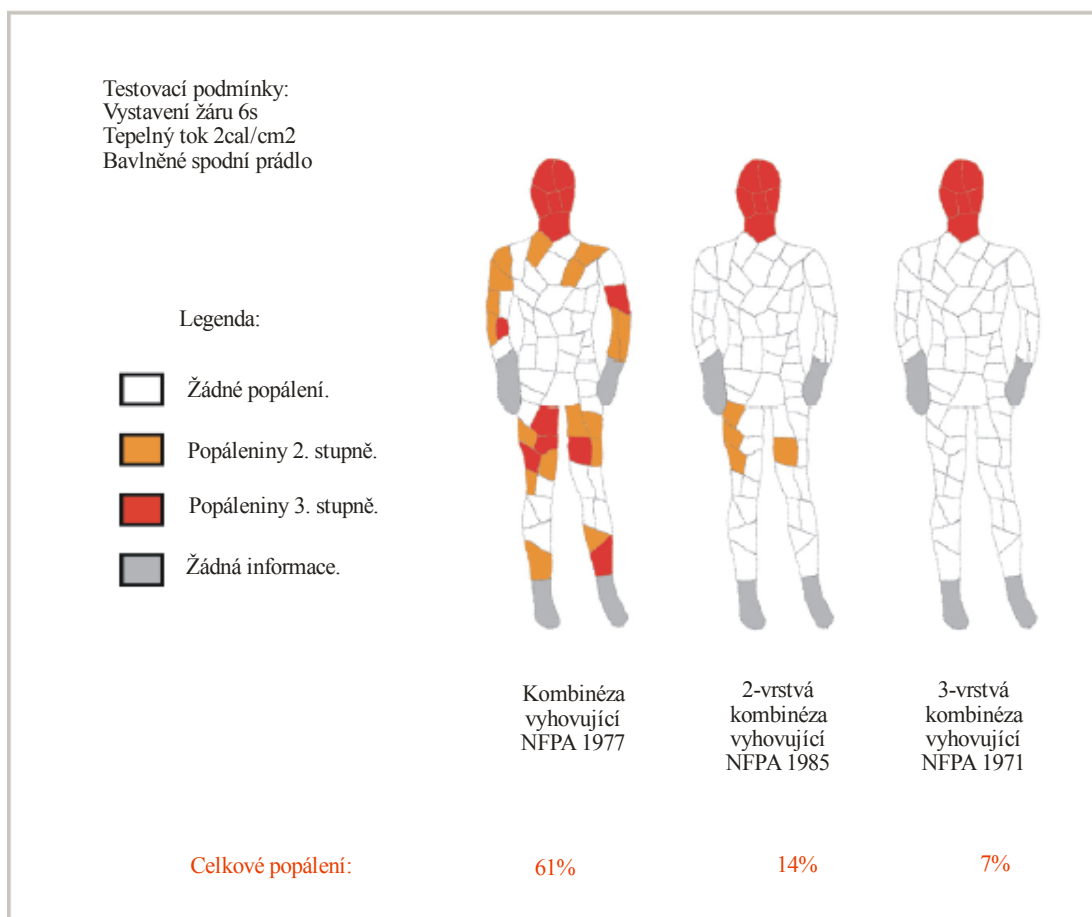
Testování účinnosti ochranných oděvů provádí firma DuPont ve svém Evropském výzkumném a vývojovém středisku. K testům se používá figurína Thermo-Man[®], vyvinutá ve spolupráci s americkým vojenským letectvem [13]. Figurína je v životní velikosti vybavená 122 teplotními čidly. Figurína je propojena s výkonným počítačem, který ihned vyhodnocuje data a umožňuje předvídat místo a rozsah popálenin 2. a 3. stupně za podmínek blízkých reálným. Je oblečena do zkušebního

pracovního oděvu a vystavena extrémnímu žáru „Flash Fire“ z propanových hořáků. Pomocí tohoto testu se dá porovnat ochranná funkce u oděvů z materiálu NOMEX[®] i z jiných materiálů, jako je bavlna s nehořlavou úpravou nebo bez ní, a to i při různých gramážích tkanin. Z údajů, které tepelná čidla poskytnou během působení ohně i po něm, se dá odvodit, na jakých místech a v jakém rozsahu by člověk v takové situaci utrpěl popáleniny druhého a třetího stupně. Odolnost proti žáru je vyobrazena na Obr. 12. Všechny testy prokazují, že by pracovník v oděvu z čisté bavlny nebo ze směsných polyesterových/bavlněných vláken, utrpěl popáleniny druhého a třetího stupně téměř na 100% povrchu těla. U oděvu z materiálu NOMEX[®] by byl pracovník popálen jen asi na 40% těla, čímž se významně zvyšují jeho šance na přežití a zkracuje se i doba rekonvalescence. Testy na figuríně také ukázaly, že chemické látky, kterými je bavlna s nehořlavou úpravou ošetřena, mohou reagovat a uvolňovat horké plyny a dehet, které prodlužují „dohořívání“, čímž vlastně podporují přenos tepla a popáleniny se tak zhoršují. Testy na figuríně Thermo-Man[®] se staly neoficiálním, ale celosvětově uznávaným standardem.



Obr. 12. Úroveň odolnosti proti žáru a plameni u běžně nabízených ochranných oděvů (Thermo-Man[®]).

Obchodní značka vláken NOMEX[®] a KEVLAR[®] jsou velmi používaná do hasičských oděvů. Tato vlákna se netaví, nezkápadají ani nehoří, poskytují stálou bariéru a proto snižují minimální riziko popálenin. Každá vrstva oděvu z těchto vláken poskytuje ochranu proti ohni a izoluje vzduch. Čím víc vrstev, tím je ochrana lepší a poskytuje tepelnou izolaci, ale může také zadržovat metabolické teplo, což zvyšuje tepelný stres hasičů. Test demonstruje vysokou úroveň ochrany proti ohni vícevrstvého oděvu, viz. Obr. 13.



Obr. 13. Znázornění popálenin na testovacím zařízení Thermo-Man[®].

Pozn. Hlava je nezakrytá a přispívá k 7% popálenin na těle.

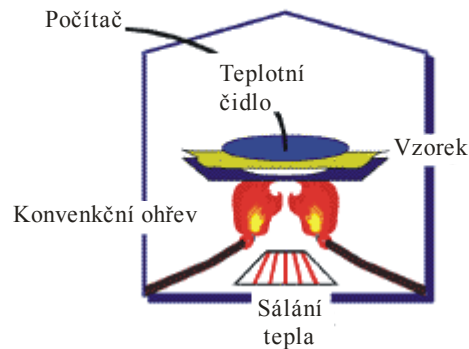
9.2 Test tepelně ochranných vlastností (TPP)

TPP (Thermal Protective Performance test) je test, kterým se zjišťuje, jak účinně textilie chrání svého nositele před popáleninami [13] druhého stupně při „explozivním“ ohni, viz. Obr. 14. Testovací zařízení TPP zaznamenává čas do počátku pocitu bolesti a čas (t_2), který uplyne do vzniku popálenin druhého stupně při konstantním tepelném toku 2 cal/cm²/s. Faktor FFF se rovná hodnotě TPP, jejíž jednotkou je cal/cm², dělené gramáží tkaniny, a tudíž vypovídá o ochranných vlastnostech daného oděvu; čím je hodnota FFF vyšší, tím je ochrana lepší. Srovnání tepelně ochranných vlastností u tkaniny NOMEX[®] a bavlny s nehořlavou úpravou je v Tabulce 7.

Tabulka 7. Test tepelně ochranných vlastností (TPP).

	t(2)	TPP	FFF
Nomex [®] Comfort 220 g/m ²	7,6	15,2	6,9
Bavlna s nehořlavou úpravou 320 g/m ²	4,5	9	2,8

Zkoušky TPP prokázaly, že textilie z materiálu NOMEX[®] jsou ve své ochranné funkci účinnější než tkaniny s nehořlavou úpravou, a to i tehdy, porovnáme-li lehčí tkaninu NOMEX[®] s těžší tkaninou s nehořlavou úpravou. Tento test hodnotí jak textilií, tak také poskytuje bariéry a izoluje tak teplo a oheň. Tepelný povrch se skládá z 50% sálavého tepla a 50% konvekčního tepla s tepelným tokem 2 cal/cm²/s (přibližně 80 kW/m²).



Obr. 14. Schéma TPP.

9.3 Arc-Man

Toto testovací zařízení je jediné v Evropě [13]. Je navrženo k hodnocení ochranných oděvů před popáleninami elektrickým výbojem. Zařízení vyrobila firma DuPont v roce 1998 jako testovací systém pro praktické vyzkoušení, tak také jako koncepce ochranného oblečení i vzorků tkanin vzdorující náhodnému elektrickému výboji. Arc-Man je manekýn v životní velikosti se zabudovaným polem tepelných čidel. Testovací oděv je oblečen na Arc-Man a poté vystaven elektrickému náhodnému výboji. Čidla připevněná na Arc-Man zjišťují během testu stupeň prostupu tepla skrz oděv a zasažení těla. Takto vygenerovaná výstupní data jsou poté počítačově analyzována pro stanovení závažnosti popálenin 2.stupně na lidském těle. K nasimulování skutečných podmínek je do zařízení Arc-Man vedeno 3000 voltů s intenzitou proudu až 13 000 ampér. Tímto se ověřuje, jak velké množství energie může vzniknout během nechtěného elektrického výboje. Ověřuje se také schopnost tepelné ochrany ochranného oděvu z vlákna NOMEX[®]. Náhodný elektrický výboj je nekontrolovatelný proces, kdy během milisekundy pokračuje výboj elektrického proudu o značné teplotě 10 000°C.

Tepelnou ochranu textilií bezpečně určí činitel ATPV (Arc Thermal Performance Value) měřený v cal/cm². Čím je tato hodnota větší, tím je lepší tepelná ochrana tkanin. Účinnost ochrany jsou v souladu s evropskými a americkými technickými standardy.

9.4 Zkouška tepelné odolnosti

Vzorek materiálu je zavěšen po dobu 5min v prostředí s oběhem horkého vzduchu o teplotě od 180°C do 190°C. Zaznamená se každé vzplanutí, tavení nebo jakékoliv sražení vzorku v příčném i podélném směru [19]. Zkouška se provádí ve zkušební komoře (píccce) s nuceným oběhem vzduchu, schopná udržet jeho teplotu v rozsahu 180°C až 190°C po dobu 5min, s dostatečným vnitřním objemem, který by umožňoval zavěšení zkušební vzorku. Materiál pro zkušební vzorky se klimatizuje ve standardním prostředí o teplotě 18-22°C a relativní vlhkosti 60-70% po dobu nejméně 24h. Po označení se z něj za pomoci šablony (pevná čtvercová šablona o rozměrech 150mm x 150mm) vystříhne čtvercový vzorek. Je-li materiál nebo oděvní součást užší než 150mm, vystříhne se vzorek o délce 150mm a šířce rovnající se šířce materiálu. Jsou-li rozměry oděvní součásti menší než 150mm x 150mm, zkouší se celá.

Kovová spona se připne uprostřed horního okraje vzorku. Prostředí ve zkušební komoře se vyhřeje na teplotu mezi 185-190°C. Dvířka zkušební komory (pícky) se otevřou a zkušební vzorek se do komory rychle vloží tak, aby byl zavěšen v jejím středu ve vzdálenosti nejméně 50mm od kteréhokoli vnitřního povrchu komory. Dvířka se uzavřou a od jejich uzavření se začne měřit čas. Po uplynutí doby 5min se dvířka komory otevřou a vzorek se vyjme. Při otevření dvířek teplota prostředí ve zkušební komoře poklesne. Po dobu 5min, kdy je ve zkušební komoře zkušební vzorek, musí teplota zůstat nad 180°C. Klesne-li teplota pod tuto hodnotu, zkouška musí být zopakována.

9.5 Metoda stanovení prostupu tepla při vystavení účinku plamene

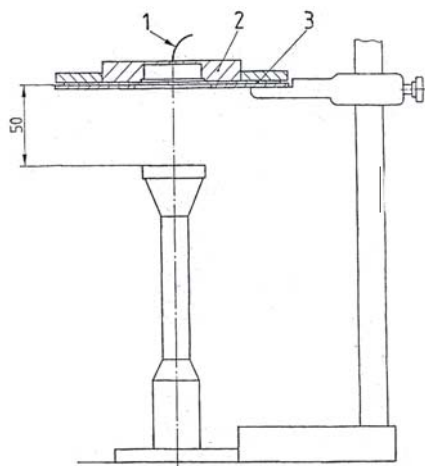
Vodorovně složený zkušební vzorek je zajištěn proti posunu a vystaven dopadajícímu tepelnému toku hustoty 80kW/m² z plamene plynového hořáku umístěného pod ním [20]. Teplo, které prostoupí vzorkem se měří pomocí malého kalorimetru, který je v přímém kontaktu s horním povrchem vzorku, viz. Obr. 15. Čas, za který dojde ke zvýšení teploty kalorimetru o (24±0,2)°C, se zaznamenává v sekundách. Vypočítaný průměrný výsledek ze tří zkoušených vzorků je „index prostupu tepla (plamene)“. Index prostupu tepla (HTI) je celé číslo vypočítané z průměrného času v sekundách potřebného pro nárůst teploty o (24±0,2)°C, použije-li se při zkoušce měděná deska o hmotnosti (18±0,05)g a počáteční teplotě (25±5)°C.

Zkušební zařízení se skládá z:

- plynového hořáku s perforovanou rovnou vrchní plochou o průměru (38±2)mm a s tryskou pro propan,
- měděného kotoučového kalorimetru o čistotě mědi nejméně 99%, průměru 40mm, tloušťky 1,6mm a hmotnosti 18g,

- rámu na uložení vzorku, který tvoří měděný plech tvaru čtverce o straně 150mm a tloušťce 1,6mm, se čtvercovým otvorem o straně 50mm ve středu,
- ustavovací desky kalorimetru, která je vyrobená z hliníku tvaru čtverce o straně 149mm, tloušťce 6mm a hmotnosti (264 ± 13) g,
- stojanu k upevnění rámu na uložení vzorku, horní plocha rámu na uložení vzorku musí být 50mm nad plochou hořáku,
- měřicího zařízení k určení absolutní teploty měděného kotouče, musí být termočlánek připojen koncem na směs vody s ledem nebo srovnatelné, běžně dostupné medium. Záznamové zařízení musí být schopné zaznamenat změny napětí do $10\mu\text{V}$ a času do 0,2s,
- šablony o rozměrech 140x140mm.

Vzorky musí mít rozměry podle šablony a od každého materiálu či sestavy materiálu se zkouší nejméně 3 vzorky. Zkouška se provádí v prostředí při teplotě od 10°C do 30°C a relativní vlhkosti od 15% do 80%. Vnější vrstva zkušební vzorku se položí lící stranou na rám pro uložení vzorku. Navrch vzorku se položí ustavovací deska kalorimetru. Hořák se rychle a opatrně přesune do žádané polohy. Současně s vystavením vzorku účinku plamene se zapne záznamové zařízení nebo se označí na záznamu začátek vystavení vzorku ohni. Zkouška pokračuje, dokud se nezvýší o $(24\pm 0,2)^{\circ}\text{C}$. Pozorují a zaznamenávají se všechny změny vzhledu na vzorku během zkoušky např. vysrážení, spečení, zuhelnatění, proděravění, tavení nebo odkapávání. Zavře se hořák a vypne záznamové zařízení. Kalorimetr se vyjme a vyčistí. Měří se čas v sekundách až do zvýšení teploty kalorimetru o hodnotu $(24\pm 0,2)^{\circ}\text{C}$. Vypočítá se index prostupu tepla jako průměr časů potřebných ke zvýšení teploty o $(24\pm 0,2)^{\circ}\text{C}$ a zaokrouhlí se na nejbližší celé číslo. Prostup tepla oblečením závisí na tloušťce vrstev oblečení včetně všech vzduchových mezer. HTI se určuje na vzorcích stlačených standardním zatížením, aby se minimalizovaly vzduchové mezery. Tlustší oblečení poskytuje lepší ochranu a vyšší hodnoty HTI, ale s většími odchylkami. Index prostupu tepla nelze považovat za čas ochrany, který poskytuje oblečení proti plameni. Ve skutečných podmínkách použití intenzity plamene a stlačení oblečení nejsou stálé a mohou se značně odlišovat od podmínek zkoušky stanovené normou.



- 1 Termočlánek,
- 2 blok kalorimetru,
- 3 zkušební vzorek.

Pozn. Rozměry jsou v milimetrech.

Obr. 15. Zkušební zařízení s plynovým hořákem.

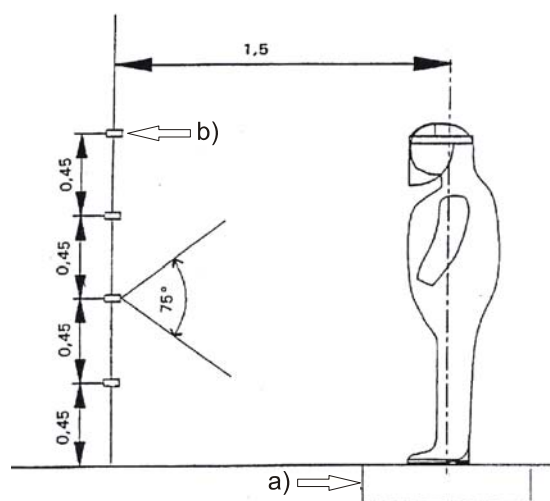
10 Testování protichemických obleků

10.1 Stanovení odolnosti vůči penetraci při postřiku (Spray test)

Podstatou této zkoušky je rozstříknutí vody, která obsahuje stopy fluorescenční nebo viditelné barvy, na protichemický ochranný oděv, který je oblečený na zkušební figuríně nebo na zkušební osobě [21]. Prohlídkou vnitřního povrchu obleku a vnějšího povrchu absorpčního obleku, který je oblečený pod ním, umožňuje identifikovat všechna místa vnitřních netěsností. Kapalina pro zkoušku postřikem se připraví rozpuštěním smáčedla a rozpustného fluorescenčního nebo viditelného barviva ve vodě, při teplotě okolního ovzduší. Proud zkušební kapaliny se spustí z rozstříkovačích trysek a nastaví se tlak čerpadla, aby byl dosažen průtok $(1,14 \pm 0,1)$ l/min z každého kuželovitého otvoru trysky.

Zkušební osoba, která je oblečena v protichemickém ochranném oděvu se umístí do geometrického středu otočné stoličky a označí se poloha chodidel. Po dobu jedné minuty se zkušební osoba ostříkuje, zatímco se stůl otočí o 360° (viz. Obr. 16.). Po dobu ostřiku musí zkušební osoba střídavě zvedat obě nohy přibližně 20cm od otočného stolu (30 ± 5) krát s pažemi nataženými a kývajícími se dozadu a dopředu. Chodidla musí být pokládána zpět na původní značky. Oděv se nechá 2min okapat. Oděv se sejme a prohlédne se vnitřní povrch, zda obsahuje nějaké známky průniku. Prohlédne se i vnější povrch absorpční kombinézy. Místo a rozsah všech známek průniku se na

zkoušeném protichemickém ochranném oděvu označí nebo se oděv vyfotografuje.



- a) Otočný stůl,
- b) rozstříkovačí trysky.

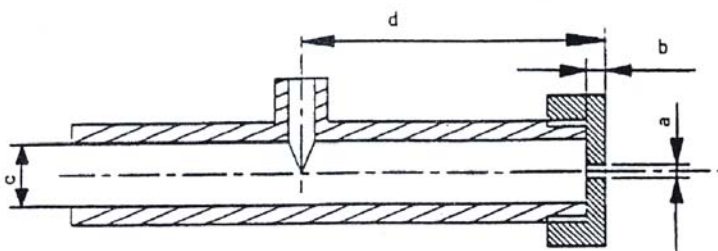
Obr. 16. Zařízení pro určení odolnosti proti průniku rozstříknuté kapaliny.

Pozn. Rozměry jsou uvedené v metrech..

10.2 Stanovení odolnosti pronikání proudu kapaliny (Jet test)

Proud vody, obsahující stopy fluorescenční nebo viditelné barvy, je nasměrován za stanovených podmínek na protichemický ochranný oděv, který je oblečený na

zkušební figuríně nebo zkušební osobě [22]. Zkušební roztok, který se použije při tomto testu, se připraví rozpuštěním fluorescenční nebo vodorozpustné barvy v destilované vodě při teplotě $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Tryska, ve které se tvoří paprsek (proud) kapaliny musí být umístěna 1m od místa zkoušky a v úhlu, při kterém je nejpravděpodobnější průnik paprsku kapaliny, viz. Obr. 17. Zkouška je prováděna při teplotě okolního ovzduší. Paprsek kapaliny musí být nastaven na každé zkoušené místo po dobu 5s. Oděv se nechá 2minuty okapat. Oděv se sejme a prohlédne se vnitřní povrch, zda obsahuje nějaké změny průniku. Podobně se prohlédne i vnější povrch absorpční kombinézy. Buď se označí místo a rozsah všech známek průniku na zkoušeném protichemickém oděvu a kombinéze nebo se absorpční kombinéza vyfotografuje.



Obr. 17. Tvar trysky na zkušebním zařízení.

otvorem trysky a tlakoměrem $(80\pm 1)\text{mm}$.

Tlak vody na tlakoměru je 150kPa .

- a) Průměr otvoru trysky $(4\pm 0,1)\text{mm}$,
- b) délka otvoru trysky $(4\pm 0,1)\text{mm}$,
- c) vnitřní průměr trubky $(12,5\pm 1)\text{mm}$,
- d) vzdálenost mezi

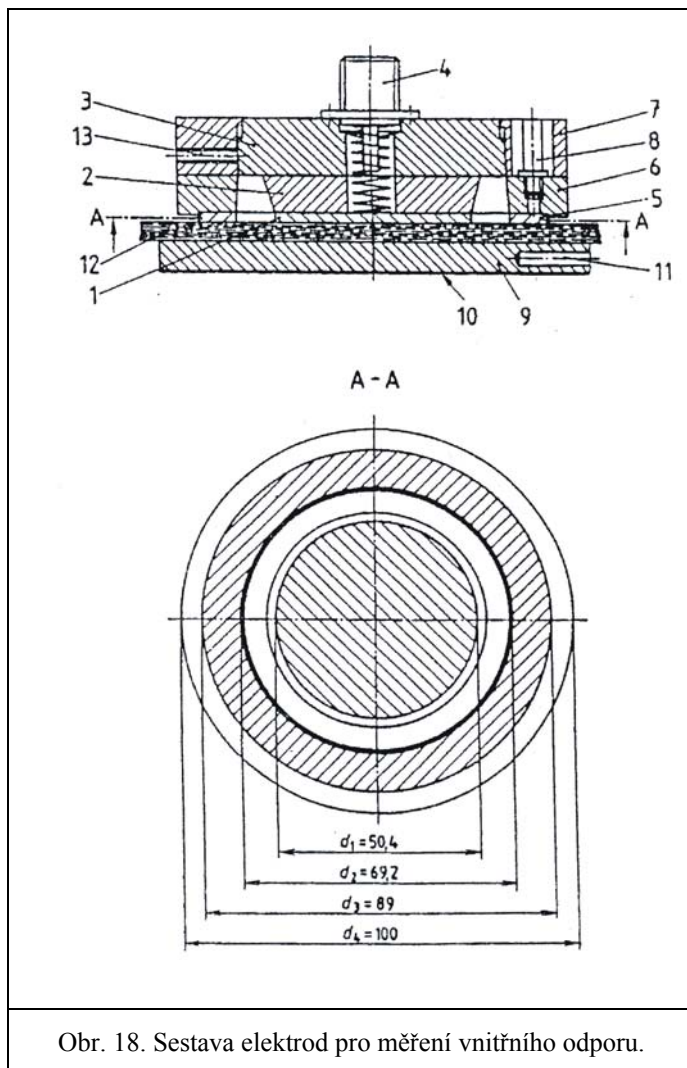
11 Testování obleků pro čisté prostory

11.1 Elektrostatické vlastnosti: Zkušební metoda pro měření vnitřního odporu

Pro vykonání této zkušební metody se používá sestava elektrod pro měření vnitřního odporu [23]. Vnitřní kruhová elektroda je umístěna soustředně vůči vnější prstencové elektrodě a musí být vůči ní snadno pohyblivá. Pro uskutečnění dokonalého elektrického propojení se umístí odpružené kuličky do tří otvorů, rozmístěných ve stejných vzdálenostech po obvodu dotykové oblasti mezi kruhovou kovovou stínicí deskou a ochranným (stínícím) kroužkem vnitřní kruhové a vnější prstencové elektrody. Tlak pružin se seřizuje co nejmenší, aby vyvolané tření bylo zanedbatelné. Povrchy elektrod přicházející do styku se zkušebním vzorkem musejí být vyrobeny z jednoho materiálu, aby nedocházelo k tvoření elektrického článku v případě, že zkušební vzorek obsahuje elektrolyt. Celková hmotnost obou elektrod vnější prstencové a vnitřní kruhové musí být $(1020 \pm 20)\text{g}$ a musí působit na zkoušený materiál přitlačnou silou přibližně 10N. Aby byl zajištěn stejný přitlačný tlak na vnitřní kruhovou i na vnější prstencovou elektrodu (přibližně $0,225 \text{ N/cm}^2 = 2,25 \text{ kPa}$), hmotnost vnitřní kruhové elektrody musí být $(460 \pm 10)\text{g}$ a hmotnost vnější prstencové elektrody musí být $(560 \pm 10)\text{g}$. Obr. 18.

Zkušební vzorek se vyřízne na pět zkušebních vzorků o rozměrech, které se pohybují mezi celkovými rozměry vnější prstencové elektrody a podložné elektrody. Musí-li se zkoušet nerozřezaná oděvní součást, měření se provádí na pěti různých vhodných místech oděvní součástí. Vzorků je třeba se dotýkat pouze v rozích, aby se zabránilo jejich znečištění. Zkušební vzorek se před zkouškou klimatizuje po dobu nejméně 24h. a zkouší se při teplotě vzduchu $23 \pm 1^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti $25 \pm 5 \%$.

Spodní plochy vnitřní kruhové a vnější prstencové elektrody a horní plocha podložné elektrody se očistí otíráním hedvábným papírem navlhčeným jedním z čistících prostředků (propylalkohol nebo ethylalkohol). Podložná elektroda se položí neizolovanou plochou směrem nahoru. Zkoušený materiál se umístí na podložnou elektrodu a vnitřní kruhová a vnější prstencová elektroda se umístí soustředně na jeho povrch. Připojí se napětí $(100 \pm 5)\text{V}$ a po uplynutí $15 \pm 1\text{s}$ se ohmmetrem nebo elektrometrem změří vnitřní odpor. Je-li vnitřní odpor menší než $10^5\Omega$, může se použít přiměřeně nižší napětí. Výsledně se vypočítá střední hodnota z pěti naměřených hodnot vnitřního odporu.



- 1 Vnitřní kruhová elektroda,
- 2 izolační kotouč vnitřní kruhové elektrody,
- 3 stínicí deska vnitřní kruhové elektrody,
- 4 koaxiální zástěčka,
- 5 vnější prstencová elektroda,
- 6 izolační kroužek vnější prstencové elektrody,
- 7 ochranný (stínicí) kroužek vnější prstencové elektrody,
- 8 spojovací součást,
- 9 podložná elektroda,
- 10 izolační vrstva podložné elektrody,
- 11 zásuvka,
- 12 zkoušený materiál

(zkušební vzorek nebo součást oděvu),

13 otvory pro kuličky zajišťující dokonalé elektrické spojení.

Rozměry jsou v milimetrech.

12 Návrh zkušební laboratoře pro testování ochranných oděvů

Navrhovaná zkušební laboratoř na testování ochranných oděvů musí obsahovat tyto zkoušky:

- Pevnost v tahu, kdy síla protržení vnějšího materiálu v podélném i příčném směru je $\geq 450\text{N}$,
- pevnost v roztržení musí být v podélném i příčném směru $\geq 25\text{N}$,
- povrchové smáčení, kdy vnější materiál musí vykazovat hodnotu odolnosti vůči povrchovému smáčení ≥ 4 ,
- změny rozměrů musí vnější oděvní součásti vykazovat změny rozměrů v podélném i příčném směru $\leq 3\%$,
- penetrace kapalných chemikálií (40% NaOH, 36% HCl, 30% H₂SO₄ při 20°C) musí vícevrstvá sestava oděvní součásti vykazovat nepropustnost $> 80\%$.

Tyto zkoušky se musí provést dle normy ČSN EN 469 dřív, než je vnější materiál či sestava materiálu podrobena zkušebnímu zařízení pro jednotlivé typy ochranných oděvů. Proto zkušební laboratoř obsahuje všechny uvedené zkoušky a testovací zařízení pro různé druhy ochranných oděvů. OOH se zkouší na testovací figuríně Thermo-Man[®], která je umístěna v oddělené místnosti s dostatečnou tloušťkou stěn (stěna je zděná a tloušťka činí cca 30±5cm). Protichemické obleky se v této zkušební laboratoři mohou testovat postřikem (Spray test) v místnosti bez specifických požadavků. Ochranné oděvy do čistých prostor se ve zkušební laboratoři testují elektrostatické vlastnosti pomocí soustavy elektrod, zařízení je umístěné na zkušebním stole.

13 Závěr

V práci jsou prostudovány oděvy do extrémních podmínek. Tyto podmínky byly definovány z hlediska používání oděvů. Práce se podrobně zabývá ochrannými oděvy pro hasiče, protichemickými obleky a oděvy do čistých prostor.

Dále byly prostudovány požadované vlastnosti oděvů do extrémních podmínek uvedených výše. Ochranný oděv pro hasiče musí splňovat zejména parametry v odolnosti proti žáru a plameni, materiál musí být odolný proti roztržení a oděru. Protichemický ochranný oblek se vyznačuje nepropustností plyných i kapalných chemikálií. Nejdůležitějším parametrem oděvů do čistých prostor je potlačení úletu prachových částic a celková antistatická úprava oděvu.

Materiály používané k výrobě ochranných oděvů pro hasiče jsou aramidová vlákna, která jsou vysoce tepelně odolná. Do skupiny aramidových vláken patří vlákna NOMEX[®] a KEVLAR[®] (degradují až při teplotě 450°C), která se nejčastěji využívají při výrobě těchto oděvů. Materiál, který se využívá na protichemické obleky je butylkaučuk (izobuten-izopren kaučuk), který má z dostupných kaučuků nejmenší propustnost plynu a také velmi dobrou odolnost vůči chemikáliím. Pro oděvy do čistých prostor se používají antistatická vlákna, která jsou zatkávána do struktury polyesterové tkaniny. Materiál musí zajistit co nejmenší úlet konců vláken do okolního prostředí.

Nedílnou součástí výroby těchto oděvů je jejich testování. Proto jsou zde rovněž popsány možnosti jejich testování dle platných norem ČSN EN. Hasičský oděv se testuje na zkušební figuríně Thermo-Man[®], která je oblečena do testovaného oděvu. Po dobu 6s je vystavena tepelnému žáru. Testovací osoba či figurína v protichemickém obleku je postříkána fluorescenčním roztokem a opticky se vyhodnocuje průnik roztoku oděvem. U oděvu do čistých prostor se testují zejména elektrostatické vlastnosti oděvu pomocí soustavy elektrod. Součástí této práce byl také návrh laboratoře pro provádění těchto testů.

Literatura

- [1] *Ochranné oděvy : sborník ze symposia*. Prostějov, 26. 3. 2002. Část 1. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2002.
- [2] *Ochranné oděvy : sborník ze symposia*. Prostějov, 23. 10. 2002. Část 2. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2002.
- [3] *Problematika konfekcionování technických textilií : sborník z odborného semináře*. Prostějov, 13. 6. 2001. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2001.
- [4] *Pokyny pro správnou výrobní praxi – Doplněk 1* [online], Výroba sterilních léčivých přípravků, leden 2004, <<http://www.sukl.cz/download/pokyny/vyr27.doc>>
- [5] *ČSN EN 340, Ochranné oděvy. Všeobecné požadavky. 1993.*
- [6] HES, Luboš, SLUKA, Petr. *Úvod do komfortu textilií*. Skripta TF TU v Liberci, Liberec: 2005, 109 stran. ISBN 80-7083-926-0.
- [7] *ČSN EN 469, Ochranné oděvy pro hasiče. Požadavky a zkušební metody pro ochranné oděvy pro hasiče. 1994.*
- [8] *Deva-FM* [online]. c2006. <<http://www.deva-fm.cz/>>
- [9] *VYHLÁŠKA Ministerstva vnitra ze dne 21. října 1999 o technických podmínkách věcných prostředků požární ochrany* [online]. c1999. <http://www.dh.cz/Zakony/255_1999.htm>
- [10] *ECOPROTECT, spol. s r.o. Zlín, speciální chemické ochranné oděvy* [online]. c2006. <<http://www.ecoprotect.cz/>>
- [11] Státní ústav pro kontrolu léčiv, VYR-7 Čisté prostory. *Věstník SÚKL č. 6/1997*. <<http://www.sukl.uskvbl.cz/download/cs08pokynform/vyr/vyr7.rtf>>
- [12] *ČSN EN 13795-1. Operační roušky, pláště a operační oděvy do čistých prostor, používané jako zdravotnické prostředky pro pacienty, nemocniční personál a zařízení. Část 1: Všeobecné požadavky na výrobce, zpracovatele a výrobky*. [online]. c2003. <<http://www.aposbrno.cz/>>
- [13] *Dupont. The miracles of Science™* [online]. c2006. <www.dupont.com>
- [14] *Cleantex a.s. – Speciální oděvy* [online]. c2006. <<http://www.cleantex.cz/>>
- [15] MILITKÝ, Jiří. *Technické textilie*. Skripta TF TU v Liberci, Liberec: 2002, 237 stran. ISBN 80-7083-590-7.

- [16] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna*. Skripta TF TU v Liberci, Liberec: 2002, 238 stran. ISBN 80-7083-644-X.
- [17] KREBS, Josef. *Plastické hmoty a kaučuky*. Skripta SF TU v Liberci. Liberec: 1973, 218 stran. ISBN -.
- [18] *Vybrané kapitoly z plastické chirurgie a popáleninové medicíny* [online], c2000.
<<http://www.med.muni.cz/to.en/Traumatologie/Popaleniny/Popaleniny.htm>>
- [19] ČSN EN 469, *Ochranné oděvy pro hasiče. Požadavky a zkušební metody pro ochranné oděvy pro hasiče. Příloha A – Zkouška tepelné odolnosti*. 1994.
- [20] ČSN EN 367. *Ochranné oděvy. Ochrana proti teplu a ohni. Metoda stanovení prostupu tepla při vystavení účinku plamene*. 1995.
- [21] ČSN EN 468. *Ochranné oděvy. Ochrana proti kapalným chemikáliím. Zkušební metoda. Stanovení odolnosti vůči penetraci při postřiku (Spray test)*. 1996.
- [22] ČSN EN 463. *Ochranné oděvy. Ochrana proti kapalným chemikáliím. Zkušební metoda. Stanovení odolnosti proti pronikání proudu kapaliny (Jet test)*. 1996.
- [23] ČSN EN 1149-2. *Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti - Část 2: Zkušební metoda pro měření vnitřního odporu*. 1998.
- [24] *LIFE LINE Plus - Distributor zdravotnických prostředků a hasičské techniky* [online], c2006. <<http://www.lifeline.cz/>>
- [25] *KS Klima-Service : Filtry a komponenty pro vysoké nároky na čistotu (HEPA, ULPA filtry)* [online], c2006.
<http://www.ksklimaservice.cz/?page=p12_cz>