

SOUČASNÉ KONSTRUKČNÍ TRENDY OCHRANNÝCH ODĚVŮ FILTRAČNÍHO TYPU

CURRENT DESIGN TRENDS OF THE FILTRATION TYPE PROTECTIVE CLOTHING

Stanislav FLORUS
stanislav.florus@unob.cz

Abstract

The article evaluates current design trends of the filtration type protective clothing. Emphasis is placed on possible modifications of the cover layer, especially in terms of preventing the penetration of the liquid phase of the chemical warfare agent into the structure of the garment fabric. The main design trend for the sorption layer is the application of spherical activated charcoal. In the construction of the garment itself, it is possible to observe a tendency to simplify the cut, which is determined by the use of support systems or the use of personal ballistic protection means. Emphasis is placed on ensuring compatibility with the face mask and on ensuring the overlap of the individual parts of the garment. In the future, it is possible to expect the use of sensor systems to control the penetration of contaminants.

Key words

Protection, filter-type protective clothing, chemical warfare agents, spherical activated charcoal, main design trend.

Úvod

Ochranné prostředky povrchu těla filtračního typu jsou zvláštní kategorií ochranných oděvů, které jsou využívány především v armádním prostředí. Mohou být však používány civilními specialisty všude tam, kde nehrozí masivní kontaminace chemickými látkami, bude-li kontaminant působit v podobě plynů, par a jemně dispergovaného aerosolu či v případě, že bude potřeba pracovat v ochranných prostředcích dlouhou dobu a použití izolačních oděvů by vedlo k přehřátí chráněných osob, přičemž použití filtračních prostředků bude zabezpečovat potřebnou ochranu po celou dobu činnosti.

Tak jako všechny typy ochranných oděvů i oděvy filtračního typu mají celou řadu omezení, které vyplývají z podstaty zachytu kontaminantů v aktivní vrstvě oděvu, tedy na aktivním uhlí. To může být použito v různé formě a může být impregnováno celou řadou látek majících za cíl rozšíření spektra kontaminantů, které mohou být sorpčním systémem zachyceny. Ke zvýšení ochranných vlastností filtračních ochranných oděvů pak může být upravena i vnější vrstva oděvu. Tato úprava zpravidla spočívá v oleofobní a hydrofobní úpravě vnější krycí tkaniny, která může zabránit vsáknutí kapek olejovité konzistence a vody přes vnější vrstvu do struktury oděvu a tím zamezit znehodnocení sorpční vrstvy. Úprava vnější tkaniny však nesmí výrazným způsobem snížit prodyšnost oděvu a následně vést ke zhoršení snesitelnosti oděvu v důsledku omezené výměny tepla a vodní páry přes materiál oděvu, tedy jednoho ze základních parametrů, pro který byly filtrační ochranné oděvy zavedeny k ochraně.

Konstrukce oděvu bude závislá na celé řadě okolností, přičemž určující bude především to, bude-li oděv určen pro dlouhodobé nošení či jako oděv pohotovostní, nebo výhradně pro použití v kontaminovaném prostředí, kdy se nasazuje bezprostředně před vstupem do něj. Oděv pro dlouhodobé nošení může nahradit standardní typ oděvů, především v horkém

klimatu. V armádním prostředí nahrazuje polní uniformu, a proto se svojí konstrukcí, tj. množstvím kapes a specifických detailů oděvu, může polní uniformě blížit. S použitím nosných systémů na výstroj a výzbroj, které umožňují rychlé použití zavěšených součástí a zvyšují tak připravenost vojáka k bojové činnosti, je možné pozorovat i vliv na ostatní součásti výzbroje a výstroje. Má to dopad i na konstrukci moderních filtračních oděvů, zejména jejího zjednodušení. Oděvy nemají mnoho kapes a pozornost je věnována především zabezpečení spolehlivé ochrany a kompatibilitě s dalšími ochrannými prostředky, tedy obličejovými maskami, ochrannými rukavicemi a přezůvkami. Oděvy filtračního typu, byť mají celou řadu omezení, mohou být vhodným ochranným prostředkem v celé řadě činností a vhodnou alternativou všude tam, kde je potřeba kombinovat ochranné vlastnosti a snesitelnost prostředku.

Textová část

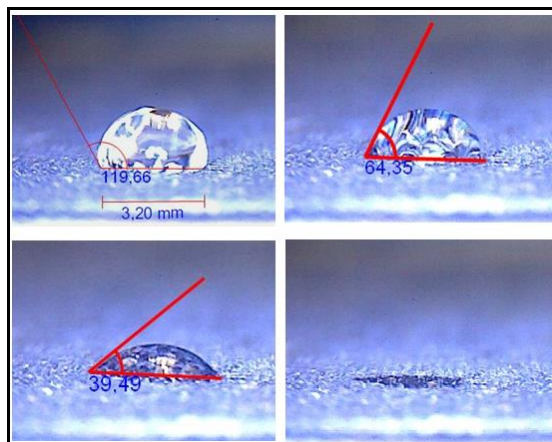
Filtrační prostředky ochrany povrchu těla (Obrázek 1), jak už z jejich názvu vyplývá, jsou určeny k zachycení škodliviny v aktivní složce tohoto oděvu, kterou je sorpční materiál, a propuštění škodlivých příměsí zbaveného vzduchu do pododěvového prostoru. Nejde tedy o úplnou izolaci povrchu těla od vnějšího prostředí, ale jen o záchyt nežádoucích příměsí, přičemž mezi povrchem těla a vnějším prostředím může docházet k výměně tepla a metabolických produktů, které nejsou sorpční vrstvou zachytávány.



Obr. 1
Filtrační ochranný převlek FOP-96

Hlavní předností ochranného oděvu filtračního typu je to, že snižuje tepelnou zátěž organismu ve srovnání s oděvy izolačního typu. Na druhé straně hlavní nevýhodou filtračních oděvů je to, že mají omezené ochranné vlastnosti a to jak z hlediska typů zachytávaných kontaminantů, tak i z hlediska jejich množství, které je dáno limitními sorpčními schopnostmi materiálu tvořícího aktivní vrstvu. Omezení se týkají i ve schopnosti aktivní vrstvy zachytávat pouze plyny, páry, jemně dispergovaný aerosol či velmi malé kapky. Je to dáno tím, že sorbent, který tvoří aktivní vrstvu oděvu, má omezenou sorpční kapacitu, tedy množství, které jím může být zachyceno. V daném případě můžeme hovořit o jakési plošné sorpční kapacitě daného typu oděvu, resp. jeho sorpční vrstvy, která může být vyjádřena schopností jednotkové plochy sorpční vrstvy zachytit určité množství škodliviny v závislosti na aktuální okolní teplotě. Sorpční vrstva oděvu však musí zachytit takové množství škodliviny, které umožní uživateli bezpečnou dobu pobytu v kontaminovaném prostředí potřebnou k jeho opuštění nebo k vykonání stanoveného úkolu. Bezpečná doba pobytu tedy úzce souvisí se schopností sorpční vrstvy spolehlivě zachytit stanovené množství kontaminantu při předpokládaných podmínkách použití filtračního ochranného oděvu. Bezpečná doba je v oboru individuální ochrany označována jako doba rezistenční. Rezistenční doba pro filtrační ochranné oděvy může být definována jako doba od počátku účinku parovzdušné směsi na vnější stranu oděvu při definovaných podmínkách do okamžiku, kdy kontaminant projde do pododěvového prostoru ve stanoveném množství. Do definovaných podmínek mohou být zahrnuty typ kontaminantu, jeho koncentrace v ovzduší, relativní vlhkost vzduchu, teplota vzduchu a rychlost proudění parovzdušné směsi konstrukčním materiálem oděvu.

V případě, že dojde ke styku oděvu, resp. jeho ochranné sorpční vrstvy s kapkou kontaminantu, může dojít k nasáknutí kapky do sorpčního materiálu a k rychlému či okamžitému vyčerpání sorpční kapacity ochranné vrstvy v místě dopadu kapky a tím ke ztrátě ochranných vlastností vrstvy v tomto místě. Velká kapka může i mnohonásobně překročit sorpční schopnost ochranné vrstvy v místě dopadu, což vede k přímému průniku kontaminantu do pododěvového prostoru a ke kontaminaci povrchu těla. Aby k tomu nedošlo, či aby byla pravděpodobnost rychlé ztráty ochranných vlastností sorpční vrstvy v důsledku dopadu velké kapky snížena na přijatelnou úroveň, jsou oděvy zhotoveny z několika vrstev, přičemž vnější (krycí) vrstva má vlastnosti, které zabraňují kapkám se v důsledku kapilárních sil rozpíjet a rychle jimi pronikat či ulpívat na jejím povrchu. Úprava krycí vrstvy usnadňuje stékání kapek, čímž brání jejich průniku k další vrstvě či vrstvám filtračního ochranného oděvu. Takováto úprava krycí textilie filtračních ochranných oděvů se řeší hydrofobní a oleofobní úpravou. Klasická hydrofobní a oleofobní úprava, tedy impregnace pomocí chemických látek, však není levná, zvyšuje hmotnost nosné textilie a může negativně ovlivňovat její další parametry, jako je prodyšnost, hořlavost či maskovací vlastnosti oděvu. Současně může ovlivňovat i fyziologickou snášenlivost oděvu, přičemž u citlivějších jedinců může dokonce vyvolávat alergické reakce kůže. Impregnace pomocí chemických látek může být nestálá a vlivem srážek, případně i při praní oděvu, zpravidla dochází k jejímu vymývání, čímž se snižuje ochranný efekt krycí textilní vrstvy pro vnitřní sorpční vrstvu oděvu. V současné době je však tento typ hydrofobní a oleofobní impregnace v praxi běžně v protichemické ochraně využíván. Na obrázku 2 jsou uvedeny jednotlivé fáze chování kapky sírového yperitu na nedostatečně hydrofobně a oleofobně upraveném povrchu textilie. Z obrázku je patrné, že volně ležící kapka se postupně do materiálu vsakuje, čímž dochází ke změně kontaktního úhlu mezi povrchem materiálu a na něm ležící kapkou sírového yperitu.



Obr. 2

Charakteristické chování volně ležící kapky yperitu o objemu 20 μ l na nedostatečně oleofobně a hydrofobně upraveném testovaném textilním materiálu [1]

S rozvojem nanotechnologií je však hledán způsob, jak tuto klasickou impregnaci nahradit a dosáhnout lepších výsledků hydrofobního a oleofobního efektu. Inspirace byla nalezena v přírodě. Například u lotosu (*Nelumbo lutea* – lotos žlutý, *Nelumbo nucifera* – lotos indický) bylo pozorováno, že jeho povrch zůstává neustále čistý a suchý i přesto, že je vystaven působení prachu, dešti a jiným vlivům. Voda stéká po jeho povrchu, přičemž je schopna z něj odstraňovat pevné nečistoty. Tato schopnost byla vědci studována, přičemž bylo zjištěno, že povrch lotosu je pokryt malými výčnělky velikosti miliardtiny metru (nanometru), které nedovolí vniknutí nečistot a kapek mezi tyto výčnělky a na samotný povrch rostliny a zabraňují tak ulpívání vody a nečistot. Dnes je tento efekt nazýván jako „efekt lotosového květu“ nebo jako „samočisticí efekt“. Později byly podobné útvary pozorovány i v živočišné říši. Například u cikády *Psaltoda clarpennis* bylo zjištěno, že útvary ve tvaru tupých hrotů na jejích křídlech chrání tento hmyz proti bakteriím. Samočisticí efekt je využíván v celé řadě průmyslových odvětví k dosažení „nešpinivé“, či samočisticí úpravy. Tyto úpravy jsou využívány například ve stavebnictví, oděvním průmyslu, automobilním průmyslu atp. Je snaha využít tohoto efektu i k úpravě krycí vrstvy ochranných oděvů filtračního typu, a to k vytvoření tzv. superhydrofobních a superoleofobních povrchů (úpravy), tj. takových povrchů, jejichž kontaktní úhel s kapkou by byl větší než 150° . Jako jedno z možných řešení je použití plazmochemického způsobu nanášení nanopovlaků s hydrofobními a oleofobními vlastnostmi, které klasickou impregnaci z hlediska účinnosti předčí a umožňuje dosažení požadovaného superhydrofobního nebo superoleofobního efektu. Takováto úprava by chránila vnitřní sorpční vrstvu oděvu zejména před jejím znehodnocením vodními srážkami, při použití filtračních ochranných převleků například na dekontaminačních místech pak před rozstříkujícími dekontaminačními kapalinami atp.

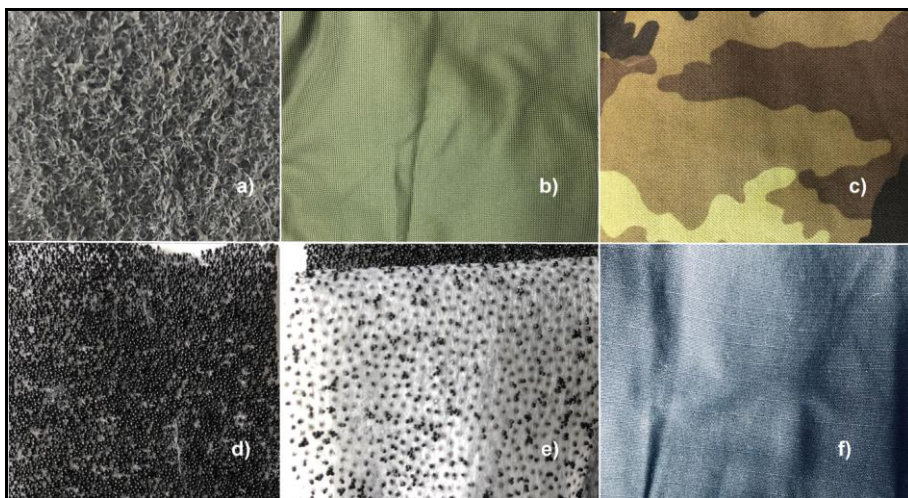
Pro ochrannou účinnost filtračních ochranných oděvů má rozhodující význam kvalita sorpční vrstvy, jejíž základ tvoří aktivní uhlí nebo tkaniny zhotovené z uhlíkových vláken. Tyto tkaniny mají podobu tkaných nebo netkaných systémů, které jsou vkládány jako střední aktivní vrstva mezi vnější krycí vrstvu a vnitřní vrstvu, kterou je zpravidla lehká prodyšná tkanina. V případě použití aktivního uhlí jsou používány částice určité velikostní frakce. Sorpční vrstva může být vytvářena různým způsobem. Například v 80. a 90. letech minulého století byla používána tkanina, jejíž základ tvořily částice aktivního uhlí, které bylo mícháno

s polyuretanovou pěnou, a tato směs byla nanášena ve stanovené vrstvě na nosnou tkaninu. Sorpční vrstva u těchto pěnových systémů zpravidla vytvářela samostatnou konstrukční vrstvu a nosná tkanina ji zpevňovala a současně zabraňovala odírání aktivního uhlí v pododěvovém prostoru při používání oděvu. Při použití této tkaniny nebyla již používána vnitřní tkanina (podšívka), protože nosná tkanina ji nahrazovala.

Jiný způsob vytváření sorpční tkaniny, který byl užit například u filtračního ochranného převleku FOP-96 (Obrázek 3a), je nalepení stanovené frakce částic aktivního uhlí na vlákna netkané textilie. Fixace aktivního uhlí je provedena pomocí lepidla na bázi akrylátů. Nalepením aktivního uhlí je vytvářen dostatečně prodyšný systém umožňující výměnu energie i metabolických produktů.

Nejčastěji užívaným typem sorpční tkaniny v současnosti je systém tvořený sférickým aktivním uhlím (Obrázek 3d), který je fixován na netkanou textilií (Obrázek 3e). Výhoda tohoto systému spočívá v tom, že sférické aktivní uhlí je poměrně velikostně homogenní a je možno jej ukládat vedle sebe a vytvářet tak poměrně tenký a sorpčně homogenní záchytný systém.

Podšívka není nezbytnou součástí filtračních ochranných oděvů. Její hlavní funkcí je ochrana sorpční vrstvy před oděrem, doplňkovou funkcí pak usnadnění oblékání oděvu například na polní uniformu díky jejímu hladkému povrchu. Podšívka není zpravidla používána tam, kde nosná vrstva zpevňuje sorpční vrstvu, nebo v případech, kdy je aktivní uhlí nalepeno na netkanou textilií. Velký vliv na výslednou konstrukci oděvu, a tedy i na případné použití podšívky, bude mít snaha o její maximální zjednodušení a o snížení ceny oděvu při zachování jeho stanovených ochranných vlastností. Tento trend je možné v současné době pozorovat u nově zaváděných filtračních ochranných oděvů.



Legenda: Filtrační ochranný převlek FOP-96 – a) sorpční tkanina, b) podšívka, c) vnější vrstva; Filtrační oděv Hammer Suit společnosti Tex-Shield Inc. – d) aktivní vrstva – sférické aktivní uhlí, e) fixační vrstva z netkané textilie, f) vnější vrstva.

*Obr. 3
Jednotlivé vrstvy filtračních ochranných převleků*

Protože sorpční systémy mají omezenou záchytnou schopnost, je možné očekávat, že jednak samotné aktivní uhlí bude impregnováno různými látkami, které budou zvyšovat účinnost záchytu kontaminantu, či budou kombinovány různé ochranné vrstvy pracující na

odlišných mechanismech zachytu kontaminantu. Kombinace vrstev však bude muset zajišťovat dostatečnou prodyšnost systému jako celku, protože v opačném případě může být k ochraně výhodnější použít ochranné oděvy izolačního typu.

Konstrukce samotného oděvu vychází zpočátku z požadavku na ochranu určité skupiny osob. Jiná konstrukce oděvu může být použita k ochraně vojáků, jiná k ochraně specialistů z civilního sektoru. Bez ohledu na uživatele musí oděv zajistit požadovanou těsnost jednotlivých částí a kompatibilitu s obličejovými maskami. Těsnost v případě filtračních ochranných oděvů spočívá především v zajištění dostatečně velkého vzájemného překryvu jednotlivých částí oděvu obsahujících aktivní vrstvu (vzájemný překryv sorpčních částí) a jejich zajištění proti posunu. To je zabezpečeno zejména pomocí fixačních pásek se suchým zipem a dostatečně velkou plochou překrytí jednotlivých částí. Hlava je zpravidla chráněna kapucí a obličejový výkroj má úpravu umožňující změnu jeho obvodu pomocí stahovacích pásek nebo pruženky. U některých armád jsou používány blůzy filtračního ochranného oděvu bez integrované kapuce. Součástí soupravy filtračního oděvu je pak kapuce zhotovená z izolační ochranné tkaniny, která umožňuje vložení zavedené obličejové masky. Těsnění kapuce a oděvu je pak zabezpečeno vložением spodního okraje kapuce pod blůzu a dotažením zdrhovadla blůzy do jeho horní polohy. Příkladem takového řešení může být kapuce americké armády s označením M6A2. Blůza je uzavírána zdrhovadlem nebo suchým zipem. Zabránění průniku kontaminantu zdrhovadlem je řešeno jeho podložení ochrannou tkaninou.

U filtračních ochranných oděvů zaváděných do výzbroje armád je v současné době patrná snaha o zjednodušení jejich střihu. To může vyplývat z několika aspektů. Tím nejdůležitějším je omezená použitelnost oděvů, které se v podstatě stávají prostředkem pro jednorázové použití. Po pobytu v kontaminovaném prostoru se oděvy nedekontaminují a jsou likvidovány. Jejich cena musí být proto co nejnižší. Při zachování dostatečně vysokých ochranných vlastností oděvu je pak zjednodušení jejich střihu v podstatě jedinou možností vedoucí ke snížení nákladů na jejich výrobu. Druhým aspektem, který má vliv na střih ochranných oděvů, je zavádění nosných taktických systémů, které se stávají součástí výstroje jednotlivce, na které se navěšují součásti výstroje a výzbroje. Způsob jejich umístění na nosných systémech, použití různých pouzder vedoucí k zabezpečení lepší dostupnosti potřebného materiálu má bezesporu vliv i na střih filtračních ochranných oděvů. Vliv na střih oděvů může mít i stále větší používání prostředků balistické ochrany osob.

S rozvojem senzorů a s jejich zaváděním do technické praxe je velmi pravděpodobné, že tyto technologie budou využívány i při sledování přítomnosti kontaminace, jako prostředek individuální kontroly ovzduší. Není vyloučeno, že senzory budou využity nejen ke kontrole vyčerpanosti filtrů obličejových masek, ale rovněž ke sledování ochranných vlastností ochranných prostředků povrchu těla. V této souvislosti bude potřeba stanovit, jaký parametr bude potřebné sledovat vzhledem ke skutečnosti, že sorpční vrstva oděvů je relativně slabá a umístění senzoru pod tuto ochrannou vrstvu, tedy do pododěvového prostoru, je z hlediska kontroly průniku kontaminantu nelogické. Proniknutí kontaminantu pod sorpční vrstvu znamená vyčerpání její sorpční kapacity a ztrátu ochranných vlastností oděvu. V současné době se píše o zabudovávání senzorů do textilií a toto spojení dostalo název „inteligentní textilie“. Další generace by však mohla přinést vlákna s integrovanou elektronikou, ze které by se dala vytvořit funkční textilie. Zda bude využitelná i pro konstrukci monitorovacích systémů ochranných prostředků povrchu těla filtračního typu, ukáže až budoucnost.

Závěr

Filtrační ochranné oděvy mají své nezastupitelné místo v ochraně osob i přesto, že mají omezené ochranné vlastnosti z hlediska druhu a množství zachycovaných kontaminantů, mají

omezenou teplotní použitelnost, jsou nedekontaminovatelné běžnými vojskovými dekontaminačními prostředky, mají omezené ochranné vlastnosti po vyjmutí z ochranných hermetických obalů, jejich sorpční kapacita může být rychle vyčerpána a oděvy tak ztratí své ochranné vlastnosti. Jejich ochranné vlastnosti mohou být rovněž narušeny lokální destrukcí sorpčního systému. Výroba v masovém měřítku, jejich cena, prodyšnost oděvů omezující tepelný stres chráněné osoby i možnosti zlepšení jejich ochranných vlastností dělá z těchto oděvů i nadále perspektivní ochranné prostředky. Jejich použití však musí být činěno s vědomím omezenosti ochranných vlastností. Nakonec, jakýkoliv ochranný prostředek má své ochranné limity. Teprve komplex ochranných opatření, ke kterým patří i individuální ochrana, využívání citlivých detekčních systémů, snížení škodlivého účinku toxických látek dekontaminací nebo např. dobou vstupu do prostoru od počátku kontaminace, může zabezpečit ochranu osob a splnění úkolů v kontaminovaném prostředí.

Literatura

- [1] OBŠEL, Vladimír, Pavel OTRÍSAL a Stanislav FLORUS. *Metodika PROMOKAVOST pro hodnocení promokavosti a kvality hydrofobních a oleofobních úprav textilních materiálů proti kapkám vody, BCHL nebo jiných toxických kapalin s možností rychlého statistického vyhodnocení dosažených výsledků*. Vyškov: Ústav OPZHN Univerzity obrany v Brně, 2016.