

Testování účinnosti ochranného oděvu (overalu) vůči průniku aerosolu nanočástic

Bc. Tereza Skurzoková¹

Ing. Petra Roupcová, Ph.D.¹

doc. Ing. et Ing. Karel Klouda, CSc., Ph.D., MBA^{1,2}

¹VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství

Lumírova 630/13, 700 30 Ostrava-Výškovice

²Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.

Jeruzalémská 9, 110 00 Praha 1

tereza.skurzokova.st@vsb.cz, petra.roupcova@vsb.cz, karel.klouda@vsb.cz

Abstrakt

Príspevek shrnuje výsledky z testování ochranného overalu proti průniku aerosolu NaCl. Testování probíhalo na probandovi v testovací komoře při různých jeho fyzických aktivitách. Průniky byly měřeny na 3 místech (hrud', pas, koleno). Prokázala se rozdílná permeace v testovaných místech a relativně vysoký průnik nanočástic z aerosolu. Vzorky materiálu z míst průniku byly testovány na tepelnou a mechanickou odolnost.

Klíčová slova

Overall, permeace, TGA, tahová zkouška.

Úvod

V rámci projektu č. SP2021/69 -Uvolnění nano a mikroplastů z nanotextilií a zjištění jejich vlivu na ŽP, bylo provedeno testování jednorázového ochranného overalu III. Kategorie, třídy 5,6 od firmy Estilo. Na VÚBP v.v.i. v Praze byl ochranný overall podoben zkoušce celkové netěsnosti. Cílem měření bylo zjištění průniku jemných částic pod ochranný oděv.

Samotný proces pronikání (permeace) plynů, par a aerosolů pevnou látkou (bariérou) lze popsat jako 3 stupňový:

- absorpce (na povrchové vrstvě),
- difuze (pronikání dutinami mezi řetězci polymerních vrstev),
- desorpce (z protější strany polymerní vrstvy).

Role pohyblivosti a vibrace polymerních řetězců lze vysvětlit tak, že pohyblivost řetězců je vnitřní vlastnost polymerů. Při pohybech řetězců tedy vznikají náhodné dočasné mezery.

Experimentální část

Ochranný overal

Výrobek spadá do kategorie III a odpovídá standardu ochranného oděvu proti částečným prachu a určitým postříkům kapalnými chemikáliemi. Neobsahuje silikon a nezpůsobuje alergie. [1]

Overall je dostatečně široký, umožňuje snadné oblékání přes běžné oblečení. Střih s volnějšími průramky neomezuje v přirozeném pohybu. Zip je krytý légou. V pase a v manžetách je vsazená pruženka, která overall dobře fixuje. Ochranné funkce je možné zvýšit i nošením kapuce. Také tento doplněk dobře fixuje pružný lem. Je dostatečně pevný vůči mechanickému poškození, předchází potřísnění kapalinami nebo chemickou směsí. Dostatečnou pevností vyhoví i aktivnímu pohybu a manipulaci se stroji. [2]

Testovací komora

Testovací komora (obr. 1), ve které probíhalo měření, má dřevěnou konstrukci se skleněnými okny. Přibližné rozměry komory jsou 1,85 m x 1,15 m x 2,3 m. Do komory se vstupuje z levé strany přes posuvné dveře. Uvnitř komory se nachází běžící pás, potrubí a hlavice, kterými je přiváděn a rozprašován aerosol NaCl.



Obr. 1 Testovací komora

Postup měření

Celkem jsem absolvovala 2 měření. Na oblečení mi byly připevněny tři sondy. První byla umístěna nad pravé koleno, druhá na hrudník a třetí na zádech v bederní části. Poté byl nasazen ochranný oblek firmy Estilo, na levé zápěstí a oba kotníky byly nasazeny gumičky. Pravý rukáv, ze kterého byly vedeny hadičky od čidel byl zajištěn lepící páskou. Při testování oděvu pracovníci VÚBP postupovali dle stanovených norem (ČSN EN ISO 13982-1:2005 a ČSN EN ISO 13982-2:2005).

Po vstupu do testovací komory následovalo plnění následujících úkonů: 2 minuty klid; 2 minuty chůze na běžícím pásu (5 km.h⁻¹); 2 minuty klid; 2 minuty dřepy (5 dřepů za minutu) - dle normy; 2 min zvedání rukou nad hlavu. Tento cyklus se opakoval 3x. Při každém cyklu snímalo hodnoty jiné čidlo. Naměřené hodnoty zaznamenávali zaměstnanci VÚBP.

Následující den bylo provedeno ještě jedno měření, opět se stejným ochranným overalem, ale se zvýšenou intenzitou cviků. Postup byl stejný ale lišily se úkony vykonávané v komoře, ty byly následující: 2 min klid; 2 min rychlá chůze na běžícím pásu (6 km.h⁻¹); 2 min klid; 2 min dřepy (cca 25 dřepů za minutu); 2 min předklon a ruce (cca 25 opakování za minutu). Opět se cyklus opakoval 3x, kdy pokaždé měřilo jiné čidlo.

Výsledky testování průniku

Výsledky testování jsou uvedeny níže. Po srovnání výsledků lze říci, že sonda, která byla umístěna nad kolenem zaznamenala nejvyšší průnik aerosolu ochranným overalem, naopak sonda na hrudníku zaznamenala průnik nejnižší.

Průměrný průnik:

1. testování hrud' 7,171 %; pas 16,068 %; koleno 17,178 % (celek 13,4722 %),
2. testování hrud' 10,284 %; pas 11,693 %; koleno 18,087 % (celek 13,355 %).

Ze srovnání výsledků obou měření vyplývá, že nejvyšší naměřené hodnoty byly v obou případech u sondy na koleni a nejnižší na hrudníku. Lze také konstatovat, že zvýšená aktivita testované osoby v průměru neovlivnila průnik.

Dle normy ČSN EN ISO 13982-2:2005 musí ochranné oděvy proti chemikáliím typu 5 splňovat následující požadavky:

- $L_{jmn\ 82/90} \leq 30\ %$,
- $L_{S\ 8/10} \leq 15\ %$.

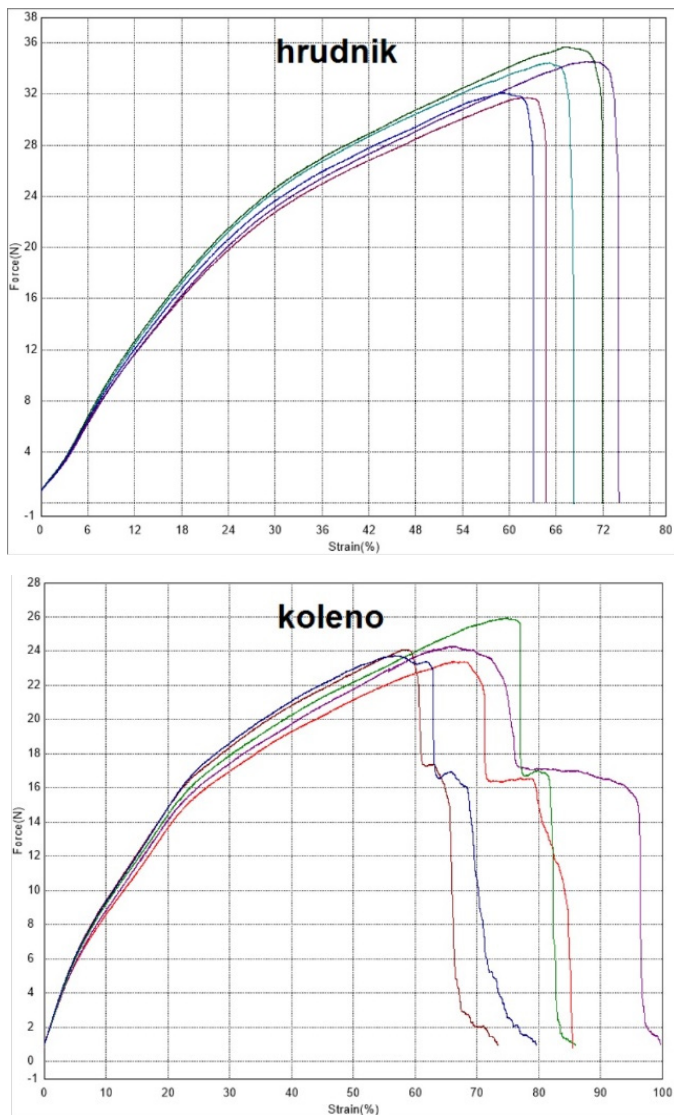
$L_{jmn\ 82/90}$ je hodnota průniku (vyjádřená v procentech), která odpovídá hodnotě $L_{jmn\ 82\ z\ 90}$, to znamená hodnotě L_{jmn} měřené při všech cvičeních, na všech místech vzorkování, na všech oděvech a setříděných ve vzestupném pořadí. [3]

$L_{S\ 8/10}$ označuje hodnotu celkového průniku do oděvu, odpovídající hodnotě $L_{S\ 8\ z\ 10}$, to znamená hodnotě L_S ze všech oděvů setříděných ve vzestupném pořadí. [3]

Z našeho měření vyplynulo, že všechny hodnoty splňují požadavky normy, ačkoliv se hodnoty celkového průměru průniku blíží k hraniční hodnotě 15 %.

Trhání částí overalu na trhačím zařízení

Vzorky z kolene a hrudníku z 2. měření (intenzivnější zátěž) byly nastříhány na proužky o velikosti 15 mm x 150 mm. Tyto proužky byly následně podrobeny tahové zkoušce na trhačím zařízení ve firmě. Prusa Research. Výsledky trhání vzorků z hrudníku a kolena jsou uvedeny na obr. 3.



Obr. 2 Graf trhání

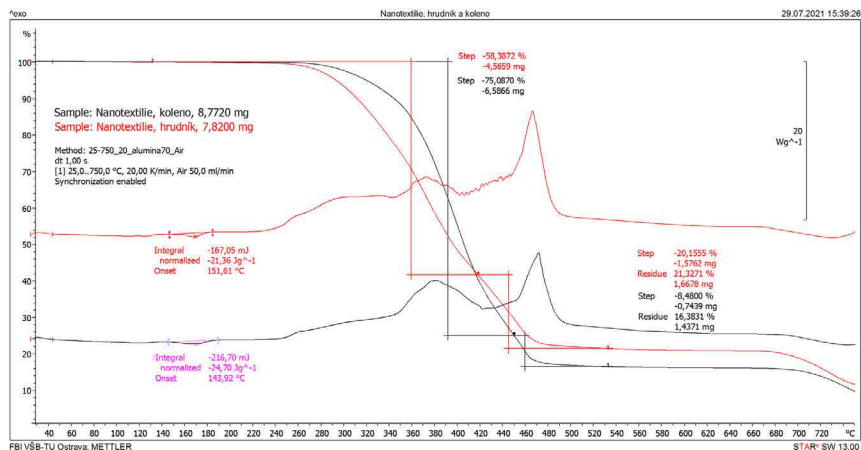
Z grafu vyplývá, že průměrná maximální síla k přetržení proužků z hrudníku byla 33,7 N a průměrné prodloužení činilo 64,8 %.

Při trhání vzorků z oblasti kolene byla průměrná maximální síla 24,3 N a průměrné prodloužení 64,4 %.

Po srovnání výsledků obou měření můžeme říci, že ačkoliv se prodloužení při obou měřeních pohybovalo v přibližně stejných hodnotách, tak vzorky z hrudníku potřebovaly značně větší sílu, aby došlo k jejich přetržení, ve srovnání s vzorky z kolene. Tyto výsledky tedy potvrzují předchozí měření, kdy vzorek z kolene prokazoval větší průnik.

TGA a DSC analýza

Dalším krokem analýzy overalu byla, u stejných vzorků jako u zkoušek tahu, provedena TGA a DSC analýza. Její průběh je zobrazen na obr. 3.



Obr. 3 TGA a DSC analýza vzorků

Exotermní rozklad s váhovým úbytkem začíná při cca 240 °C a má dvě maxima, při 370 °C a 470 °C. Křivka váhového úbytku se u obou vzorků mírně liší, vzorek z hrudníku má rychlejší a vyšší úbytek hmotnosti než vzorek z kolene.

Další rozdíl je v množství zbytku, který je stabilní od 540 °C do 680 °C. Zbytek má hodnoty 21,3 % u hrudníku a u kolene je to 16,3 %. Co je tato anorganická složka, nemáme zatím jednoznačně stanoven.

Závěr

Co nás překvapilo byla relativně vysoká hodnota průniku. Ačkoliv byly tyto hodnoty poměrně vysoké, tak i přes to splňovaly hodnoty normy pro ochranný oděv.

Při TGA a DSC analýze byl detekován zbytek anorganické látky, jejíž totožnost nám zatím není známa. Domníváme se, že by se mohlo jednat o jakési plnivo, přidávané do textilií už při jejich výrobě.

Použitá literatura

- [1] Dostupné z.: <https://www.medicalprotect.cz/honeywell-spacel-3000-ra-ebj-70-131-71-216?idOption=8&idOptionValue=20&do=setOption>.
- [2] Dostupné z.: <https://www.wbs-safety.cz/jednorazove-odevy/625-jednorazovy-oblek-kombineza-es-6124-kat-iii-typ-56-bily.html>.
- [3] ČSN EN ISO 13982-2 (832727) Ochranný oděv pro použití proti pevným částicím chemikálií - Část 2: Metoda zkoušení pro stanovení průniku aerosolů jemných částic dovnitř oděvu.