

## Pěny jako nosiče látek s dezinfekčním účinkem

Severa J.<sup>1</sup>, Cabal J.<sup>2</sup>, Hartmanová M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Decomkov Praha, s.r.o.

<sup>2</sup>Univerzita obrany, Fakulta vojenského zdravotnictví Hradec Králové

### Souhrn

V příspěvku je pojednáno o tenzidech, které náležejí mezi povrchově aktivní látky schopné za určitých, zde popsaných, podmínek vytvářet aerodisperzní systém – pěnu. Práce charakterizuje tenzidy vhodné jako pěnidla. Dále popisuje detergenci a detergenční účinky pěn, proces smáčení, tvorbu disperze, stabilizaci vytvářených pěn a stabilizátory. Zmiňuje se o reologických vlastnostech pěn, totiž násobnosti a stability. Uvádí metody zkoušení dezinfekční účinnosti pěnotvorných činidel. Shrnuje výhody a nevýhody použití pěn k dezinfekci a dochází k závěru, že použití pěn k dezinfekci je všestranně výhodné a je velkým pokrokem v dezinfekční technologii.

**Klíčová slova:** tenzid – detergent – pěna – reologické vlastnosti – nosič – dezinfekce.

### Summary

Severa J., Cabal J., Hartmanová M.: Foams as Disinfectant Carriers

The article deals with surfactants capable of forming an aerodispersible system, foam, under specific conditions as described below. Characteristics of surfactants usable as foaming agents are specified. Attention is paid to detergency and detergent effects of foams, wetting process, dispersion formation, stabilization of foams and stabilizers. Rheological properties of foams, more precisely volume increase and stability, are described. Methods for disinfection efficacy testing of foaming agents are presented. Advantages and disadvantages of using foams for disinfection are summarized: it is concluded that the use of foams in disinfection is universally advantageous and means a great advance in disinfection technology.

**Key words:** surfactant – detergent – foam – rheological properties – carrier – disinfection.

### 1. Pěna a její vlastnosti

Pěna je disperzní soustava složená z buněk, tj. bublin plynu (páry), oddělených blánami kapaliny. Plyn (pára) je disperzní fáze a kapalina je nepřetržitým disperzním prostředím. Kapalně blány, oddělující bubliny plynu, vytvářejí vcelku blanitou strukturu, která je základem pěny.

Pěna není statickým útvarem, naopak pěny se chovají jako dynamický systém, ve kterém dochází k intenzivnímu vnitřnímu pohybu hmoty. Ten je podstatou schopnosti pěn očišťovat kontaminované povrchy, ale zároveň je podstatou nestability pěny. Při stárnutí pěn se mnohostěnná forma bublin mění na kulovou [1, 3–5, 9, 11, 15].

### 2. Tvorba tenzidové pěny

**Tenzid** je povrchově aktivní látka definovaného chemického složení a definované struktury. Náleží tedy mezi chemická individua. V praxi jsou používány tenzidy jak skupenství tuhého, tak kapalného, které v současnosti převažují.

Podle rozmístění náboje na molekule tenzidu, resp. náboje molekuly tenzidu získaného po disociaci v polárním (nejčastěji vodném) prostředí se tenzidy dělí na:

- ionické (ionogenní), které se dále dělí na kationické (kationaktivní, kationogenní) a anionické (anionoaktivní, anionogenní), přičemž kationické jsou charakteristické chloridovým nebo metylsíránovým aniontem (zatímco v hydrofobní skupině jsou jeden nebo více delších alkylů umístěných na kvartérním dusíku), kdežto ani-

onické mají jako hydrofilní složku molekuly nejčastěji skupinu sulfonovanou, sulfátovou, fosfátovou a karboxylovou,

- neionické (neionogenní), u nichž je hydrofilní skupina obvykle tvořena oxyetylovaným řetězcem, sacharózou a dalšími cukry nebo aminovou skupinou.

Spojení hydrofobní a hydrofilní části v molekule tenzidu ovlivňuje jejich základní vlastnosti. Tak např. u neionogenních tenzidů typ hydrofobního alkyly nebo jeho derivátu, nebo také kombinace blokových skupin v molekule tenzidu, výrazně ovlivňuje takové vlastnosti tenzidu, jakými jsou pěnivost (či nepěnivost), odmašťovací schopnost nebo schopnost hydrofobizace tuhých povrchů.

Vytváření stabilní blány tenzidové pěny spočívá ve formování orientované adsorpční vrstvy na rozmezí fází plynu a kapaliny obsahující pěnotvorný tenzid. Molekuly tenzidu vytvářejí v bláně dvojitou vrstvu orientovaně adsorbovaných bipolárních a současně tzv. anizodimenzionálních molekul, které nejsou ve své struktuře symetrické.

Podmínky pro účinnou tvorbu pěn [9, 11, 15]:

- nízké povrchové napětí roztoku;
- nízká viskozita roztoku (je důležitá pro stálost pěny; příliš viskózní roztoky způsobují nestejnou tloušťku stěny pěny, která se stává nestabilní);
- vhodná (pružná) vnitřní struktura pěnotvorné látky (nejlepší jsou anizodimenzionální, difilní – s hydrofilním a oleofilním koncem, a případně též současně bipolární – sloučeniny, tvořící snadno mezomorfní soustavy, a též roztoky mající pružnou strukturu);
- nízká měrná rychlost tvorby pěny;
- vysoká rychlost snížení povrchového napětí (ta vzrůstá se zvýšením koncentrace tenzidu v roztoku); toto je nejdůležitější podmínka, neboť tvorba pěn je zpravidla spojena s nerovnovážnými procesy a nízké statistické povrchové napětí není dostatečnou podmínkou intenzivní tvorby pěn;
- vhodné složení a individuální vlastnosti tenzidu;
- pevná adsorpční vrstva [2, 9, 11].

*Tenzidy vhodné jako pěnidla*

Kromě snížení povrchového napětí vody, je ke vzniku stabilní pěny potřebné, aby se vytvořil obal s dobrými mechanickými vlastnostmi. Pěna je tím stabilnější, čím je povrchový obal vzduchové bubliny tlustější a pevnější. Mezní hodnota tloušťky ochranných obalů, při níž pěna zaniká, je 4 až 7 nm [9].

Vhodné jsou jako pěniče ty látky, které mají delší a nerozvětvené řetězce [14] (ty se zároveň dob-

ře biologicky odbourávají a jsou tedy ekologicky výhodné). Mýdla jsou dobré pěniče, ale svou zásaditou reakcí jsou nevhodné pro některé dezinfekční látky; vytvářejí sraženiny mýdel kovů žiravých zemin při použití běžně tvrdé vody.

Jako pěniče jsou využitelné alkylsulfáty [AS] a alkylsulfonáty, jejichž vodné roztoky jsou neutrální. Mají velkou stálost a pěnivost [11]. Dobré pěniče jsou též saponáty na bázi naftenových sulfokyselin, mají však malou stabilitu, což souvisí s vysokou rychlostí pohybu molekul tenzidu a vysokou rychlostí snížení povrchového napětí [9]. Nejstálejšími jsou v chemickém smyslu a ve smyslu stability pěn sodné soli naftenových sulfokyselin a nejlepším inertním stabilizátorem pěny je agar-agar [9].

Neionogenní tenzidy mají většinou velké molekuly a jsou většinou nepěnové či málo pěnové, poskytují pěny středně až málo stabilní. Někdy lze užít nízkooxylované produkty jako stabilizátory pěn, neboť zabráňují vysychání ochranného obalu vzduchových bublin [1].

Z pěnotvorných roztoků, ve kterých převažuje kationický tenzid poskytují pěnu obvykle s vyšším stupněm napěnění a menší stabilitou. Některé kationické tenzidy, jako např. benzalkonia s deseti uhlíky v alkyly, tvoří téměř výhradně méně stabilní pěny s vysokou násobností, naproti tomu benzalkonia s dvanácti až osmnácti uhlíky vytvářejí pěny s nižší násobností a s téměř celým spektrem stabilit.

### 3. Detergence a detergenční účinky pěn

#### *Detergence*

Detergence, čili mycí proces, spočívá, stejně jako tvorba pěny, ve formování orientované adsorpční vrstvy na rozmezí fází, v tomto případě mezi nečistotou a pěnotvorným roztokem obsahujícím tenzid.

Je známo, že detergence sestává ze tří hlavních stadií, která jsou však ve skutečnosti pouze třemi různými stránkami jednoho komplexního procesu závisícího na orientované adsorpci difilních molekul a micel (tj. molekul a micel s hydrofilním a oleofilním koncem). Tato tři stadia jsou:

- smáčení
- tvorba disperze, např. emulze (nebo tuhé disperze) nečistot v roztoku tvořícím pěnu (nebo též tvorba pěny samé) a následná peptizace vzniklé disperze;
- stabilizace vzniklé disperze; pěna je sice nestabilní disperzní soustava, stabilizuje však nečistoty v disperzi zejména efektem nasávání.

#### *Smáčení*

Základním požadavkem pro účinný mycí proces je dokonalé smáčení mytého povrchu i odstraňo-

vání nečistot masou pěny, avšak smáčením se zdaleka celý mycí proces nevyčerpává. Bylo dokázáno, že maximálního smáčení se dosahuje dříve než maxima detergenčního účinku [3].

Kapalina, odměšovaná z dolních vrstev pěny smáčí kontaminovaný povrch a zmenšuje síly adheze o 2–4 řády [4].

Smáčení je závislé na rychlosti adsorpce tenzidů na rozhraní fází: kontaminovaný povrch – detergenční roztok [3, 13]. Proces adsorpce tenzidů AS (alkylsulfátů či alkylsulfonátů) např. na textilních vláknech je zakončen do 3 až 4 minut, u některých nátěrových hmot teprve po 40 až 50 minutách, u železných kovů a slitin hliníku asi o 10 minut dříve [3].

#### **Tvorba disperze**

Pěna drobí kapičky a filmy nečistot na jednotlivé globuly, tj. peptizuje je a vtahuje je dovnitř pěny. Proces drobení je velmi rychlý. Podle viskozity a povrchového napětí končí do 0,5 až 3 min. Rychlost peptizace se zvyšuje přidávkem tenzidů a příměsí. Je tím větší, čím větší je stupeň napětí [4].

#### **Stabilizace a stabilizátory pěn**

Stálost (stabilita) pěny je dána dobou existence jejího jednotlivého objemu (nebo jednotlivé bubliny či blány) [15]. Je dána též zachováním počáteční disperznosti, tloušťky vrstvy a dobou života jednotlivých bublin.

Na stálost pěn mají vliv:

- výtok kapaliny z pěny následkem gravitace,
- vypařování kapaliny s povrchu dotýkajícího se vnějšího prostředí,
- difuze plynu přes membránu,
- chemické složení a koncentrace pěnотvorné látky,
- přítomnost dalších látek a stabilizátorů pěn,
- střední rozměr bublinek pěn [9].

#### **Stabilizátory pěn**

Stabilizátory pěn jsou zpravidla málo polární neionizované látky. Rozčlení se do ochranných obalů vzduchových bublin. To vede na jedné straně ke zvýšení viskozity i mechanické pevnosti bublin a na druhé straně ke snížení jejich vysychavosti a propustnosti pro plyny. Stabilizátory se zpravidla užívají v koncentracích 2–10 % hmotnosti tenzidu v roztoku [1].

Podle účinku se dělí stabilizátory pěn na:

- a) zahušťovadla
- b) tixotropní látky – koagulanty (např. agar-agar, želatina, kliš aj.)
- c) látky specifických vlastností: např. (poly)vinylný alkohol, alginát sodný aj.) [11].

#### **4. Odstraňování a destrukce pěn**

Pěna užitá k dezinfekci musí být snadno odstranitelná.

*Odstraňování pěn a ošetření povrchu po očištění pěnou*

Pěny lze po zvolené době jejich působení, či rozpadu, odstranit:

- ostříkáním vodou či oplachem vodou;
- ostříkáním vodou s látkou snižující pěnovost; nevýhodou obou způsobů je vznik velkého objemu potenciálně infikovaných kapalných odpadů;
- odsátím nejlépe pomocí mobilních vysavačů
- otěří, nejprve mokřými, potom suchými textiliemi
- vytřetí suchými textiliemi do sucha.

#### **5. Reologické vlastnosti pěn**

K základním reologickým vlastnostem pěn, charakterizujícím jejich vlastnosti s ohledem na jejich využitelnost jako nosičů látek s dezinfekčním (obecně platí s dekontaminačním) účinkem, náleží násobnost a stabilita.

Reologické vlastnosti jsou podstatně limitovány chemickou skladbou pěny a částečně způsobem generace pěny.

##### **5.1 Násobnost pěny – $n$**

Násobnost pěny je bezrozměrná veličina udávající počet objemů vzniklé pěny z jednotkového objemu pěnотvorné kapaliny.

Pracovní postup při zjišťování této charakteristiky pěny spočívá v tom, že se válcovitá nádobka, známé hmotnosti (obsahu 50–100 ml) s rovným okrajem, naplní pěnou ihned po její přípravě. Přebytek pěny se odstraní seříznutím. Nádobka s pěnou se zváží a násobnost  $n$  se vypočítá (při zjednodušení, že hmotnost 1 g pěnотvorné kapaliny je přibližně rovna objemu 1 ml této kapaliny) ze vztahu:

$$n = \frac{V}{v},$$

kde  $V$  – je objem nádobky (pěny) (ml)

$v$  – je (hmotnost) objem pěny (ml).

##### **5.2 Stabilita pěny**

Stabilita pěn je parametrem, který hodnotí dobu, po kterou pěna existuje jako aerodisperzní soustava.

Stabilitu pěny charakterizuje **poločas** jejího **rozpadu**,  $T_{1/2}$  (min) tj. doba, za kterou se přemění polovina původního objemu pěny v kapalinu.

Poznámka:

a) Polosuché pěny, které jsou jako nosiče látek s dezinfekčním účinkem s výhodou využívány,

jsou charakterizovány hodnotami  $n$  v rozmezí 10 až 20 a poločasem rozpadu pěny  $T_{1/2}$  6 až 12 min.

b) Zařízení, která jsou námi ke stanovení násobnosti a poločasu rozpadu pěn používána, jsou, včetně pracovních postupů, popsána v práci [10].

## 6. Metoda zkoušení dezinfekční účinnosti pěn

Kneiflová [6] vypracovala ve spolupráci se Severou a Knajflem podrobnou, oficiální metodu hodnocení pěn dezinfekčních látek v laboratorních i terénních podmínkách. Přitom věnovala pozornost baktericidnímu účinku pěniče bez dezinfekční přísady, stability pěny, přítomnosti mikrobů ve vodě po oplachu povrchů po dezinfekci, přežívání mikrobů na nosičích po působení pěny samotné i s těmito dezinfekčními činidly: 1% hm., Chloraminem B, 0,5% hm., Dikonitem a v té době vyvíjeným dezinfekčním činidlem 5% obj. DESAVONEM AP (obsahujícím tenzidy a chlornan sodný) a vlivu kvality tamponu na záchyt mikrobů. Zkoušeny byly povrchy: keramické dlaždice, sklo, novodur (tvrzený PVC) a nerez plech, ve vodorovné a svislé poloze. Jako testovací mikroby byly zvoleny sbírkové kmeny: *Staphylococcus aureus*, *E. coli* a *Pseudomonas aeruginosa*. Baktericidní účinnost byla zjišťována suspenzní mikrometodou [7]. Bylo zjištěno, že použití pěnových přípravků k dezinfekci povrchů je účinným způsobem dezinfekce.

Byla studována [8] a kvalitativně vyhodnocována dezinfekce povrchů keramických dlaždic, skla, nerez plechu a Novoduru a blíže neurčeného plastu s hrubozrnným povrchem kontaminovaných *Staphylococcus aureus* a *E. coli*;

Byly kvalitativně srovnávány [12] dezinfekční účinky podobných pěn s dezinfekčními činidly a bez nich. Sám pěnič, tj. pěnotvorný roztok, měl slabý dezinfekční účinek.

## 6. Výhody a nevýhody použití pěn k dezinfekci

### Výhody:

- objemy odpadů, vznikajících při dezinfekci pěnami jsou malé, lze je po odsátí vysavači destruovat pomocí zhášeců pěn apod. Toto je největší přednost dezinfekce pěnami, neboť náklady na likvidaci infikovaných odpadů, vzniklých při dezinfekci mohou být vyšší než náklady na dezinfekci samu;
- množství spotřebovaných chemikálií a vody jsou menší než při použití roztoků
- zařízení použitá při dezinfekci pěnami jsou poměrně jednoduchá, snadno ovladatelná a nenáročná na kvalifikaci obsluhy;
- **dezinfekce pěnami je ekonomicky výhodná:**

- pěny mají větší dezinfekční účinnost, nežli má pěnotvorný roztok, z něhož pěna vznikla;
- rychlost dezinfekce pěnami je podstatně vyšší při koncentracích podstatně nižších nežli při dezinfekci roztoky;
- použití pěn umožňuje modifikace metod dezinfekce povrchů, kombinace s jinými metodami, např. s dekontaminací radioaktivně kontaminovaných materiálů, odmořováním otravných látek [10] a čištěním od jakýchkoliv nečistot, což má význam rovněž v průmyslu i ve vojenskosti;
- dezinfekční pěna může účinně působit i v těžko přístupných místech dezinfikovaných povrchů: v prohlubních, koutech, spojích, škvírách, skulinách, trhlínkách, mikropórech apod.;
- pěnami lze dezinfikovat vnitřní i vnější povrchy (objektů, techniky, atp.)
- pěnotvorné látky brání rychlému vysychání dezinfekčního roztoku a tím prodlužují kontakt s povrchem;
- pěny umožňují delší kontakt dezinfekčního roztoku s vertikálními a šikmými povrchy stěn, i s povrchy stropů, nežli je tomu při postřiku dezinfekčními roztoky;
- umožňují rovnoměrné pokrytí povrchu dezinfekční pěnou a také vizuální kontroly rovnoměrného pokrytí dezinfikovaného povrchu pěnou;
- je omezeno promáčení nasáklivých povrchů (např. omítek);
- současně s dezinfekcí se pěnou provádí i očista povrchu od běžných nečistot;
- rychlost dosažení maxima dezinfekčního účinku u pěn je kratší nežli u roztoků, z nichž daná pěna vznikla;
- v některých případech je sám tenzid nositelem reaktivity, což vede ke zvýšení a rozšíření spektra účinku samotného dezinfekčního činidla, jako je tomu u přípravků SAVO a SAVO PRIM (oba obsahují jako účinnou chemickou látku chlornan sodný, avšak druhý z nich též neionogenní tenzid).

### Nevýhody:

- za teplot nad cca 90 °C a pod 0 °C je použití pěn problematické;
- při zpracování odpadních vod některými technologiemi (destilací, sedimentací apod.) může vést pění odpadních vod ke snížení účinnosti či až ke znemožnění jejich očisty;
- použití pěn vyžaduje technické prostředky k jejich tvorbě i destrukci.

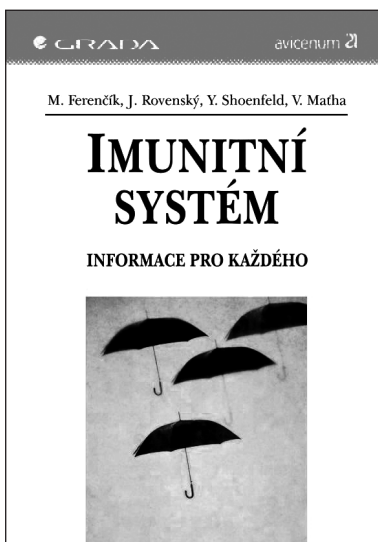
**Dosažené poznatky lze shrnout do závěru: Použití pěn k dezinfekci je všestranně výhodné a je velkým pokrokem v dezinfekční technologii.**

## Literatura

1. **Blažej, A. et al.** Tenzidy. Bratislava: Alfa, 1977.
2. **Buzágh, A.** Koloidika. Bratislava: SAV, sv. 1, 1958.
3. **Hodný, A.** Pěny a dezaktivace bojové techniky. II. Kinetika dezaktivace pěny. Sborník VÚ 070 Brno, 3, 1987.
4. **Hodný, A., Kratochvíl, J.** Pěny a dezaktivace bojové techniky. I. Podstata a účinnost dezaktivace pěny. Sborník VÚ 070 Brno, 3, 1987.
5. **Hodný, A., Kratochvíl, J.** Pěny a dezaktivace bojové techniky. III. Užité vlastnosti a principy generace pěn. Sborník VÚ 070 Brno, 2, 1989.
6. **Kneiflová J.** Metodika hodnocení pěnových dezinfekčních látek. Laboratorní expertiza čís. 953030/1996. Státní zdravotní ústav, Centrum epidemiologie a mikrobiologie, Národní referenční laboratoř pro dezinfekci a sterilizaci. Praha, 1996.
7. **Kneiflová, J.** Hodnocení baktericidní účinnosti dezinfekčních látek suspenzní mikrometodou. Čs. Epidemiologie, 1988, 37, 2, 97–103.
8. **Kneiflová, J., Severa, J., Knajfl, J.** Dezinfekce povrchů pěnovými přípravky. II. konference DDD, Přívořovy dny, Poděbrady, 10.–12. 9. 1996. Zpravodaj DDD, 1, 26–27, 1997.
9. **Severa, J.** Zápisy z porady pracovníků v oboru dezaktivace pěny (Úkol čís.: 3.1.7.6.1.3.), Leningrad, SSSR, 13. až 19. 11. 1988.
10. **Severa, J.** Pěny jako nosiče látek s detoxikačními (odmrovačnými), dezinfekčními a dekontaminačními (dezaktivujícími) účinky. Zborník XXX. Seminár o tenzidoch a detergentoch. Bojnice, SR, 23.–24. 10. 1996.
11. **Severa, J., Knajfl, J.** Dekontaminace s použitím pěn s kapalným disperzním prostředím. I. Rozbor problému a literární přehled. Jaderná energie, 1990, 36, 10, 387–392.
12. **Severa, J., Knajfl, J.** Dezinfekční pěna – nový způsob aplikace dezinfekčních prostředků. Sdělení – Dny nemocniční hygieny. Brno, 5. 6. 1996.
13. **Shutov, F. A.** Integral/Structural Polymer Foams – Technology, Properties and Applications. Berlin: Akademie Verlag, 1985.
14. **Takeuchi, Takashi, et al.** Detergent for Radioactive Decontamination and Laundry Waste treatment. Japanese patent document 1978-21399/A/, 11 Aug. 1976, 7. Int. Cl. G21F9/00., G21F9/08/CO2C5/00., C11D1.
15. **Tichomirov, V. K.** Peny. Moskva: Chimija, 1983.

Do redakce došlo 18. 3. 2005

Doc. ing. Jan Severa, CSc.  
Decomkov Praha, s.r.o.  
Nezvalova 958  
500 02 Hradec Králové  
e-mail: decomkovhk@iol.cz



## IMUNITNÍ SYSTÉM

*M. Ferenčík, J. Rovenský, Y. Shoenfeld, V. Mat'ha*

Překlad skvěle napsané knihy slovenského autorského kolektivu (předmluvu napsala prof. MUDr. J. Bartůňková, DrSc.). Publikace je přínosem pro odborníky i laiky – je určena zejména studentům středoškolského i vysokoškolského studia, laborantům, medikům, farmaceutům, biochemikům, biologům a samozřejmě lékařům. Tato učebnice má leccos navíc, co v existujících českých imunologiích dosud nezaznělo: jsou zařazeny kapitoly o prionózách, o imunotoxikologii, o vztazích nervového, endokrinního a imunitního systému. To jsou okruhy, kterým se většína autorů pro náročnost obvykle vyhýbá. Kniha by rozhodně neměla chybět ve Vaší knihovničce.

Vydala Grada Publishing v roce 2005. ISBN 80-247-1196-6, kat. číslo 1400, 170 x 230, brož. vazba, 240 str., cena 345 Kč.

Objednávku můžete poslat na adresu: Nakladatelské a tiskové středisko ČLS JEP, Sokolská 31, 120 26 Praha 2, fax: 224 266 226, e-mail: nts@cls.cz