

Dekontaminacja skażeń sporami węgliką przy użyciu nadtlenu wodoru w formie gazowej (VHP®).

Erick Austin, Andrew Janick, Iain McVey
Strategic Technology Enterprises
podjednostka Steris Corp.

Wprowadzenie

Technologia dekontaminacji nadtlaniem wodoru w postaci gazowej (VHP), opatentowana przez korporację Steris, jest powszechnie używaną w przemyśle farmaceutycznym metodą dekontaminacji aseptycznego środowiska produkcji, sprzętu, pomieszczeń czystych itd. Technologia ta zapewnia szerokie spektrum skuteczności biobójczej oraz wysoką kompatybilność materiałową.

Do niedawna metoda VHP wykorzystywana była w przypadku pomieszczeń o kubaturze do 15 000 stóp sześciennych (425 m³). Po atakach z wykorzystaniem laseczek węgliką, do których doszło w USA w październiku 2001, duży generator VHP firmy Steris wykorzystany został do dekontaminacji skażonego budynku.

Ulotka ta zawiera opis systemu VHP oraz studium przypadku prezentujące proces dekontaminacji skażonego budynku.

Proces VHP

(rysunek) od góry: pomieszczenie zamknięte, waporyzator, filtr HEPA, ciekły nadtlenek wodoru, katalizator, osuszacz powietrza
(podpis) Rys.1. Schemat systemu VHP

VHP stosowane jest zazwyczaj w formie zamkniętego cyklu, podczas którego powietrze jest usuwane z pomieszczenia i poddawane dekontaminacji. Strumień powietrza przepływa przez filtr HEPA (aby nie dopuścić do skażenia systemu), a następnie przez katalizator zamieniający nadtlenek wodoru w tlen i wodę. Powietrze jest następnie odwilgacane na osuszaczu i przepuszczane przez waporyzator, gdzie 35% roztwór nadtlenu wodoru przeprowadzany zostaje w fazę gazową. Osuszone powietrze niosące gazową postać nadtlenu wodoru wprowadzane jest ponownie do pomieszczenia. (patrz rys. 1)

Proces VHP podlega ścisłej kontroli, tak aby wprowadzane do pomieszczenia powietrze zawierające nadtlenek wodoru było suche (stężenia wody i nadtlenu wodoru utrzymywane są poniżej punktu kondensacji). Użycie suchego gazu gwarantuje równomierną dystrybucję w obrębie pomieszczenia oraz dużą kompatybilność materiałową.

Cykl VHP dzieli się na cztery etapy:

- i) *Odwilgocenie*: z pomieszczenia usuwana jest wilgoć. Mniejsza wilgotność pozwala na utrzymanie większego stężenia nadtlenu wodoru w postaci gazowej.
- ii) *Nasylenie*: VHP jest gwałtownie wprowadzane do pomieszczenia, tak aby możliwie szybko osiągnąć pożądane stężenie nadtlenu.
- iii) *Dekontaminacja*: Tempo wprowadzania VHP ustalane jest na takim poziomie, aby pozwalało utrzymywać stałe stężenie gazowej postaci nadtlenu wodoru przez cały czas trwania fazy – czas dekontaminacji determinowany jest przez wymagany poziom efektu biobójczego, na który z kolei wpływa utrzymywane stężenie VHP.
- iv) *Aeracja*: Wprowadzanie VHP zostaje wstrzymane, a powietrze filtrowane jest przez jednostkę VHP usuwającą z niego nadtlenek wodoru. Aeracja trwa do

momentu, gdy poziom VHP w pomieszczeniu uznany zostanie za bezpieczny (patrz rys.2).

(rysunek) od góry

punkt kondensacji, stężenie VHP, wilgotność względna, czas

1. Odwilgocenie
2. Nasycenie
3. Sterylizacja
4. Aeracja

Rys. 2 Wykres stężenia nadtlenu wodoru i pary wodnej w toku cyklu VHP.

Skuteczność biobójcza

(diagram, od góry, środek)

spory bakteryjne

mykobakterie

wirusy bezotoczkowe pozbawione błony lipidowej (hydrofilne)

Gram-ujemne bakterie wegetatywne

grzyby

duże wirusy bezotoczkowe

bakterie Gram-dodatnie

wirusy otoczkowe z błoną lipidową (lipofilne)

(diagram, strona lewa)

[po łacinie – bez zmian]

Parvoviridae – parwowirusy mysie i psie

Picornaviridae (polio typ 1, pryszczycy świni, Rhinovirus 14)

Reoviridae (wirus choroby niebieskiego języka, Avian reovirus)

Caliciviridae (wysypka pęcherzykowa)

Pleśnie

[łacina]

Drożdże

[łacina]

(diagram, strona prawa)

[łacina]

adenowirusy (adenowirus 2)

Poxviridae (vaccinia)

Ortomyksowirusy (wirus grypy, wirus grypy A2)

Paramyksowirusy (typ Newcastle)

Herpeswirusy (opryszczka pospolita)

Rabdowirusy (pęcherzykowate zapalenie jamy ustnej)

Flawiwirusy/Togawirusy (BVD, pomór świni)

Rys.3 Lista testowanych organizmów. Klasy organizmów uporządkowane zostały w kolejności malejącej odporności na VHP

Skuteczność VHP badana była w stosunku do szerokiego spektrum mikroorganizmów. Rys. 3 zawiera listę poddanych testom mikroorganizmów, klasy organizmów uporządkowane są zgodnie z malejącą opornością na działanie VHP. *Bacillus stearothermophilus* okazał się najbardziej odpornym mikroorganizmem. Rys. 4 ukazuje zależność pomiędzy stężeniem VHP a wartością D dla *B. stearo.* w temperaturze pokojowej.

(rysunek)

oś pionowa – średnia wartość D (min)

oś pozioma – stężenie gazu (mg/l)

Rys.4 Wykres wartości D (czas zabicia 90% komórek) dla *Bacillus stearothermophilus* jako funkcja stężenia formy gazowej nadtlenu wodoru.

Studium przypadku

Aby zademonstrować skuteczność systemu VHP przeznaczonego do dużych kubatur przeprowadzono fumigację magazynu, w którym znajdowały się meble biurowe oraz przepierzenia wydzielające miejsca pracy. Kubatura magazynu wynosiła ok. 33 000 stóp sześciennych (ok. 935 m³). W różnych punktach pomieszczenia, szczególnie takich, których umiejscowienie utrudniało dystrybucję gazu, rozlokowano dwadzieścia wskaźników biologicznych (10 [do potęgi szóstej] *Bacillus stearothermophilus* na płytkach ze stali nierdzewnej). VHP wprowadzane było do pomieszczenia przez sześć godzin, aeracja trwała przez kolejne sześć godzin, a następnie wskaźniki biologiczne zostały w sposób aseptyczny usunięte z pomieszczenia. Żaden ze wskaźników nie wykazał wzrostu mikroorganizmów po siedmiu dniach inkubacji.

Rys. 5 Na zdjęciach przestrzeni magazynowej widoczne są przepierzenia i meble biurowe.

Dekontaminacja budynków

Opis budynku:

Budynek administracji rządowej w Waszyngtonie, o powierzchni ok. 60 000 stóp kwadratowych (ok. 5500 m²). Kubatura budynku wynosi ok. 1 400 000 stóp sześciennych (ok. 67 800 m³).

Skażenie:

Spory wąglika dostarczone zostały do budynku drogą pocztową poprzez przesyłki dostarczone za pośrednictwem urzędu pocztowego Brentwood. Poziom skażenia nie był szczególnie wysoki, ale spory rozsiane były po całym budynku. Podjęto decyzję, aby zamiast ograniczonej dekontaminacji powierzchniowej przeprowadzić fumigację całego budynku i dezaktywować wszystkie znajdujące się w nim formy przetrwalnikowe wąglika.

Przygotowanie budynku:

Wewnątrz budynku zbudowano przepierzenia wydzielające strefy o kubaturze od 150 000 do 250 000 stóp sześciennych (4250 – 7080 m³).

Generator VHP umieszczono na zewnątrz budynku doprowadzając VHP do wydzielonych stref poprzez system przewodów.

Proces fumigacji:

Systemy HVAC:

W obrębie przestrzeni magazynowej system HVAC łączył wiele wydzielonych stref, dlatego jako pierwszy został poddany fumigacji. System VHP podłączono do układu powrotnego powietrza każdej kolejnej jednostki HVAC przeprowadzając VHP poprzez jednostki HVAC do układu przewodów. Wskaźniki biologiczne (10 [do potęgi szóstej] *Bacillus subtilis* na płytce ze stali nierdzewnej) zostały rozmieszczone w otworach wylotowych peryferyjnych części układu HVAC, aby potwierdzić równomierną dystrybucję VHP. Układ przewodów HVAC poddawany był nadmuchowi VHP przez sześć godzin. Po fumigacji otwory wylotowe zostały uszczelnione, aby zapobiec powtórnemu skażeniu.

Wydzielone strefy:

Wskaźniki biologiczne i chemiczne zostały umieszczone w każdej ze stref przed fumigacją. W różnych punktach strefy rozmieszczono także wydajne wentylatory stojące, które miały za zadanie wspomagać dystrybucję gazu. VHP dostarczane było do strefy z generatora umieszczonego na zewnątrz poprzez system przewodów. Przewody doprowadzające i odprowadzające gaz umieszczono na przeciwległych ścianach prostokątnych stref, aby wymusić migrację gazu w obrębie pomieszczenia. W zależności od kubatury danej strefy VHP wprowadzane było przez 6 do 12 godzin. Po aeracji zebrano wskaźniki biologiczne i poddano je siedmiodniowej inkubacji.

Wyniki:

W czasie fumigacji w pomieszczeniach znajdowało się ponad 1000 wskaźników biologicznych. Wszystkie wykazały całkowitą dezaktywację organizmów testowych. VHP zostało także wykorzystane do dekontaminacji zewnętrznych powierzchni skażonych materiałów opakowanych, przed ich transportem i dekontaminacją tlenkiem etylenu.