



(19) REPUBLIKA HRVATSKA
DRŽAVNI ZAVOD ZA
INTELEKTUALNO VLASNIŠTVO



(10) Identifikator
dokumenta:

HR P960526 A2

HR P960526 A2

(12) PRIJAVA PATENTA

(51) MKP⁶: **A 62 D 3/00**
B 01 J 14/00
C 02 F 1/76

(21) Broj prijave: P960526A
(22) Datum podnošenja prijave patenta: 07.11.1996.
(43) Datum objave prijave patenta: 28.02.1998.

(31) Broj prve prijave: 60/006,278 (32) Datum podnošenja prve prijave: 07.11.1995. (33) Država ili organizacija podnošenja prve prijave: US
(62) Broj i datum prvobitne prijave u slučaju podjele patenta:

(71) Podnositelj prijave: **Commodore Applied Technologies, Inc., 150 East 58th Street, Suite 3400, New York, 10155 NY, US**
(72) Izumitelj: **Albert E. Abel, 1655 Wren Lane, Powell, 43065 OH, US**
Robert W. Mouk, 251 Chinkapin Way, Westerville, 43081 OH, US
Alan F. Heyduk, 1031 West Lake Lansing Road, Apt.36, East Lansing, 48823 MI, US
Bentley J. Blum, 920 Park Avenue, New York, 10028 NY, US
Gerry D. Getman, 125 Marble Drive, Bridgeville, 15017 PA, US
Mark D. Steskal, 135 South Stygler Road #2L, Gahanna, 43230 OH, US
(74) Zastupnik: **Hraste & Partneri odvjetničko društvo, Zagreb, HR**

(54) Naziv izuma: **POSTUPAK I UREĐAJ ZA UNIŠTAVANJE KEMIJSKIH BORBENIH SREDSTAVA**

(57) Sažetak: Kemijska borbeno sredstva, uključujući plikavce i plinove koji djeluju na živce rasprostranjene širom svijeta, uništavaju se kada se kemijski reagiraju prema postupku i koristeći uređaj prema ovom izumu. Postupak obuhvaća reagiranje kemijskog borbenog sredstva sa dušičnom osnovom, koja eventualno sadrži solvativane elektrone koji se proizvode otapanjem nekog aktivnog metala kao što je natrij u dušičnoj bazi kao što je bezvodan tekući amonijak.

HR P960526 A2

Prikazani izum se odnosi na poboljšani postupak i uređaj za uništavanje kemijskih borbenih sredstava, točnije, na kemijski postupak koji koristi azotnu osnovu, eventualno u kombinaciji sa aktivnim metalom, što osigurava snažnu redukciju otapala metala koja daje solvativirane elektrone i dovodi do, u suštini, potpunog uništavanja tih sredstava.

Kemijska borbeno sredstva su ponekad bila definirana tako da obuhvaćaju otrovne plinove, zapaljive materijale i biološke mikroorganizme korištene da onesposobe ljudstvo, kao i pesticide, herbicide i slične supstance koje se mogu koristiti za ometanje rasta biljaka, insekata i drugih vrsta koje nisu sisavci. S tim u vezi, vidjeti definiciju "kemijski rat" u "Concise Encyclopedia of Science & Technology", drugo izdanje, McGraw-Hill Book Co., New York, NY (SAD), 1989.

Kako se ovdje koristi, izraz "kemijsko borbeno sredstvo", koje se ponekad skraćuje sa "KBS", treba obuhvaćati samo ona sredstva koja su sposobna da u relativno malim dozama u suštini onesposobe ili ubiju sisavce. Na taj način, definicija isključuje supstance koje su poljoprivredne kemikalije koje se prvenstveno koriste za kontrolu bilja, insekata, arahnida i izvjesnih vrsta gljivica. Pored toga, u svrhe ovog izuma, izraz "kemijsko borbeno sredstvo" također ne obuhvaća one mikroorganizme koji se masovno razmnožavaju, poznate pod općim nazivom biološko oružje, uključujući viruse, kao što je konjsko zapaljenje mozga i leđne moždine, bakterije, kao što su izazivači kuge, antraksa i tularemije, i gljivice, kao što je kokcidiodiomikoza, kao ni toksične proizvode koje odaju takvi mikroorganizmi, kao, na primjer, toksin botulizma koji stvara obična *Clostridium botulinum bacterium*.

Također su izuzeti iz izraza "kemijska borbeno sredstva", kako se ovdje koristi, prirodni otrovi, kao što su kapisin (ekstrakt crvene i obične paprike), ricin (toksična supstanca koja se nalazi u zrnima ricinusovog ploda), saksitoksin (otrovna supstanca koju luče izvjesne školjke), soli cijanida, strihnin (alkaloid biljnog podrijetla), i slično. Pored toga, nije predviđeno da izraz "kemijska borbeno sredstva" obuhvati zapaljiva sredstva kao što je napalm, niti eksplozive kao što je barut, TNT, ni nuklearne naprave, i tako dalje.

S druge strane, u doba Prvog svjetskog rata na bojištima se pojavio niz "otrovnih plinova". Te su supstance prvenstveno plinovi na približno sobnoj temperaturi i obuhvaćaju cijan klorid, cijanovodik, fosgene i klor. Ovi otrovni plinovi su obuhvaćeni pod definicijom izraza "kemijsko borbeno sredstvo" kako se ovdje koristi. Taj izraz također treba obuhvatiti one prvenstveno tekuće supstance, uključujući plikavce koji su prvi put upotrijebljeni u Prvom svjetskom ratu, i njihova usavršavanja, kao što su plinovi koji djeluju na živce, koji su se pojavili u novije vrijeme.

Izraz "kemijsko borbeno sredstvo" u ovoj primjeni obuhvaća u suštini čiste kemijske spojeve, ali izraz također podrazumijeva mješavine navedenih sredstava u bilo kojem odnosu, kao i ona sredstva u nečistom stanju u kojima druge komponente u smjesi nisu jednostavno druga KBS. Izraz "kemijska borbeno sredstva", kako se ovdje koristi, također obuhvaća djelomično ili potpuno degradirana KBS, želatinirana, polimerizirana ili na drugi način djelomično ili potpuno razložena kemijska borbeno sredstva koja se obično nalaze u staroj municiji.

U siječnju 1993. predstavnici više od 130 zemalja potpisali su konačni nacrt Konvencije o kemijskom oružju, koja stavlja van zakona proizvodnju, korištenje, prodaju i skladištenje svih kemijskih oružja i sredstava za njihovo korištenje i poziva na uništavanje postojećih zaliha do 2005. godine. Oko šezdeset država potpisnica ratificiralo je ugovor. 1993. godine oko 20 zemalja je bilo pod sumnjom da imaju kemijske arsenale ili sredstva da ih stvore.

Da bi se Konvencija iz 1993. ostvarila, procijenjeno je da se mora uništiti oko 25.000 tona KBS u Sjedinjenim Američkim Državama, i 50.000 tona u bivšem Sovjetskom Savezu, smještenih u velikim rezervoarima, metalnim bačvama, kanisterima, raketama, zemaljskim minama, minobacačkim granatama, artiljerijskim granatama, municiji i projektilima. Troškovi za izvođenje ovog uništavanja procijenjeni su na 8 milijardi američkih dolara u SAD, i na 10 milijardi američkih dolara u bivšem Sovjetskom Savezu.

Godinama je više studija ukazivalo na spaljivanje kao na preporučljiv postupak za uništavanje KBS zbog pretpostavljenih malih troškova i relativno jednostavne tehnologije spaljivanja. Postalo je, međutim, jasno, da spaljivanje kemijskih borbenih sredstava predstavlja opasnost i trenutne i dugoročne prirode, koja ne može biti prihvatljiva za stanovništvo. Zdravlje stanovništva i integritet ekosistema su ugroženi od ispuštanja materijala koji može izbjeći proces sagorijevanja, što dovodi do toga da se nedefinirani proizvodi nepotpunog sagorijevanja ispuštaju u atmosferu i u njoj rasprše.

Poslije manje od 72 sata od puštanja u rad, vojska SAD je morala obustaviti rad u svom prvom domaćem pogonu za uništavanje KBS u mjestu Tooele, Utah, smještenom u rijetko naseljenom području zapadnog dijela SAD, kada je plin koji djeluje na živce Sarin otkriven van komore u kojoj su uništavane rakete punjene Sarinom. Nije jasno kada će, ili da li će postrojenje nastaviti sa radom.

Ranije suprotstavljivanje javnosti spaljivanju primoralo je vladine službe SAD da razmotre alternativne postupke,

uključujući i kemijsku obradu KBS, koji bi mogli dovesti do proizvoda neutralnih u odnosu na okoliš. Ta je koncepcija, međutim, odbačena u SAD poslije objavljivanja 1984. godine izvještaja jednog Nacionalnog savjeta za istraživanja, u kome je izjavljeno da su, u usporedbi sa spaljivanjem, postupci za kemijsko neutraliziranje "spori, komplicirani, da proizvode ogromne količine otpadaka za koje se ne može garantirati da ne sadrže otrovno sredstvo, i da zahtijevaju veće investicijske troškove i pogonske troškove".

Alternativna rješenja umjesto spaljivanja navedena su, na primjer, u tabeli sadržaja "Proceedings, Workshop on Advances in Alternative Demilitarization Technologies", održanog u Restonu, Virginia, SAD, 25.-27. rujna 1995. Iznijeti tehnički izvještaji odnose se na oksidaciju rastopljenih soli, superkritičnu vodu oksidaciju, elektrokemijsku oksidaciju, neutralizaciju, hidrolizu, biodegradaciju, reforming vodenom parom, i tako dalje.

Kemijske obrade, ranije predlagane za uništavanje kemijskih borbenih sredstava, nisu bile u potpunosti zadovoljavajuće. Tako, na primjer, obrade nisu bile sveobuhvatno primjenljive. Treba shvatiti da je većina kemijskih reagensa specifična za pojedine vrste kemikalija, to jest, neki kemijski reagens obično reagira sa supstancom koja ima izvjesnu specifičnu funkcionalnu grupu. Kiselina reagira sa bazom, mnogo rjeđe sa nekom drugom kiselinom. Sredstvo za oksidiranje reagira sa nekom supstancom koja se može oksidirati, kao što je neko sredstvo za reduciranje. Sa takvom kemijom specifičnom za pojedine vrste kemikalija, razaranje jednog KBS zahtijevalo bi da se prvo identificira KBS, ili smjesa kemijskih borbenih sredstava koju treba uništiti, da bi se izabrao odgovarajući reagens, ili kombinacija reagensa koji će reagirati sa tim datim materijalom.

U toku rada, kemijska obrada, kako je izvođena u prošlosti, često bi zahtijevala rukovanje i prenošenje KBS od strane osoblja. Takve operacije rukovanja mogu obuhvatiti, na primjer, vađenje KBS iz bojeve glave ili kućišta projektila, kanistera ili drugih sistema izbacivanja u vidu kontejnera, čime se osoblje izlaže ozbiljnoj opasnosti od dodira sa KBS. Punjenje KBS ovako izvađenih iz njegovog spremnika u posebnu reakcijsku posudu može dovesti do slijedeće prilike za izlaganje KBS-u.

Konačno, smatralo se da ranije predlagani kemijski postupci za uništavanje kemijskih borbenih sredstava postavljaju neprihvatljive investicijske zahtjeve za opremu, zgrade i sigurnost osoblja, kao i da zahtijevaju obradu koja traži veliki utrošak vremena i radne snage. Potom su uzimani u obzir daljnji troškovi odlaganja proizvoda nakon izvođenja kemije razaranja KBS-a. Imajući sve to u vidu, može se shvatiti zašto je, u usporedbi sa takvim kemijskim obradama, spaljivanje KBS, koje je proizvodilo vodu, ugljik-dioksid i neorganske soli (idealno), zbilja djelovalo privlačno. Međutim, pokazalo se da spaljivanje i nije baš svemoguć lijek.

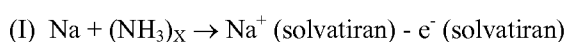
Prema tome, bila je, i dalje postoji potreba za sigurniji, sveobuhvatnije primjenljiv kemijski postupak i pripadajući uređaj za uništavanje KBS-a. Ciljevi koji se trebaju ostvariti ovim dugo traženim postupkom obuhvaćaju sposobnost da se uništi široki spektar sredstava sa različitim funkcionalnim grupama, sigurno, jednostavno i ekonomično, sa minimalnim djelovanjem na okoliš, prilagodljivost da se može koristiti u širokom opsegu temperatura, kao i mogućnost obrade KBS-a bez obzira na njihovo trenutno mjesto smještaja i na njihovo fizičko stanje.

Cilj je ovog izuma da osigura kemijski postupak i reaktorski sistem za uništavanje KBS-a kojim se postižu navedeni ciljevi. Prema tome, postupak, kod njegovog preporučljivog izvođenja, podvrgava KBS "redukciji topljivim metalom". Točnije preporučljiv postupak obuhvaća stupnjeve sastavljanja reagirajuće smjese pripremljene od sirovina koje obuhvaćaju azotnu osnovu, bar jedno KBS, i aktivni metal u količini dovoljnoj da uništi kemijsko borbeno sredstvo, i potom reagiranja smjese.

Kemija redukcije topljivim metalom nije nova, ona je ostvarena u poznatoj "Birch redukciji", koja se po prvi put pojavila u tehničkoj literaturi 1944. godine. Birch redukcija je postupak za reduciranje aromatskih prstenova pomoću alkalnih metala u tekućem amonijaku da bi se uglavnom dobili dihidro derivati. Vidjeti, na primjer, "The Merck Index", 12. izdanje, Merck & Co., Inc., White-house station, NJ SAD, str. ONR-10.

Ove redukcije topljivim metalima bile su predmet mnogih istraživanja i brojnih radova. Pregledi obuhvaćaju slijedeće: G. W. Watt, *Chem. Rev.*, **46**, 317-379 (1950) i M. Smith, "Disolving Metal Redictions" u *"Reduction: Techniques and Applications in Organic Synthesis"* urednik R. L. Augustine, Marcel Decker, Inc., New York, NY, 1968, strane 95.-170. Kemija reduciranja topljivim metalom primjenljiva je na spojeve koja obuhvaćaju širok opseg funkcionalnih grupa. Tako, na primjer, reagiranje pesticida sa natrijem i tekućim amonijakom opisano je prije više godina: M. V. Kennedy i suradnici, *J. Environ. Quality*, **1**, 63-65 (1972).

Vjeruje se da otapanje nekog aktivnog metala, kao što je natrij, u azotnoj bazi, kao što je tekući amonijak, daje "solvatirane elektrone", koji izazivaju intenzivno plavu boju dobivenih topa, to jest:



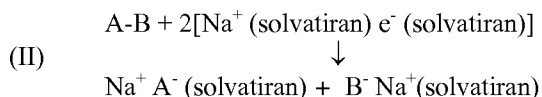
Prema prikazanom izumu, preporučljiv postupak za uništavanje nekog kemijskog borbenog sredstva sastoji se, u najširem smislu, od obrade KBS solvatiranim elektronima. Postupak je primjenljiv na razaranje, ne samo KBS koja su još uvijek u stanju u kome su proizvedena, već, neočekivano, i na KBS koja su propala, vjerojatno poslije više godina na skladištu, u nekim slučajevima još iz dana Prvog svjetskog rata, tako da su danas želatinirana, polimerizirana ili na neki drugi način transformirana u odnosu na njihovo prvobitno stanje. Dodatni problemi koji se javljaju zbog kvarenja KBS uočeni su i o njima je pisano. Vidjeti, na primjer, J. F. Bunnett, *Pure & Appl. Chem.*, 67, 841-858(1995).

Pored toga, utvrđeno je, potpuno neočekivano, da je postupak prema ovom izumu pogodan za uništenje KBS-a ne samo u velikim količinama na skladištima, već i kada se još uvijek nalaze u municiji u kojoj su nađena, pored prisutnih zagađivača i nusreakcija koje omogućuju ti zagađivači. Reakcijska smjesa može biti načinjena na licu mjesta, tj. u samim granatama, mecima, projektilima ili municiji u kojoj su nađena KBS.

Mnoge, ako ne i većina, kemijskih reakcija, kao što su reakcije između kiselina i baza, hidroliza estara i amida sa vodom, enolizacije, i tako dalje, su ravnotežne reakcije, posljedica čega je to, da te reakcije ne idu do potpunog završetka. Ako se takva jedna reakcija koristi za obradu nekog KBS, postoji određena mogućnost da KBS neće biti potpuno uništeno u toku procesa. Neočekivano, obrada nekog KBS korištenjem preporučljivog postupka prema ovom izumu redovno vodi do proizvoda kod kojih je sadržaj KBS ispod granica primjetljivosti pri korištenju uobičajenih tehnika primijenjenih za KBS. Te tehnike obuhvaćaju plinnu kromatografiju/plinnu spektroskopiju ("gh/ms") kao i vlažnu kemiju. To je poznata procedura derivatizacije 1,2-etan ditiola, koja se koristi za plikavac luizit, DB-3 ručni postupak korišten za HD iperit, i procedura inhibiranja holinesteraze korištena za plinove koji djeluju na živce GA, GB, GD i VX. Vidjeti, na primjer, M. Waters, "Laboratory Methods for Evaluating Protective Clothing Systems Against Chemical Agents", CRDC-SO-84010, U.S. Army Armament, Munitions & Chemical Command, Aberdeen Proving Ground, Maryland 21010, SAD, lipanj 1984.

Primjenom postupka prema ovom izumu, uništava se najmanje oko 90% masenih KBS, često više od 95%, a u povoljnim slučajevima preko 97%. U optimalnim uvjetima, postupak prema ovom izumu dovodi do uništavanja od najmanje 99% kemijskog borbenog sredstva, pa, na primjer, može biti uništeno najmanje oko 99,998%.

Mada nije namjera, niti želja, da se veže za ovo objašnjenje, retrospektivno, ovaj povoljan rezultat, bar u slučaju preporučljivog izvođenja postupka, može biti posljedica činjenice da kemijska reakcija nije obična kemijska ravnoteža. Reakcija solvatiranih elektrona kod neke kemijske veze, A-B, može se odvijati na slijedeći način:



Reakcija se može odvijati do praktično potpunog završetka, jer je unos energije potreban sa se dostigne prelazno stanje od proizvoda stabiliziranih topljenjem veoma velik, zbog odbojne sile između A⁻ i B⁻ aniona.

Postupak prema ovom izumu osigurava razaranje visoko toksičnih KBS, obično proizvodeći supstance bitno smanjene toksičnosti, ili uopće netoksične za sisavce. U kontekstu ovog izuma, izrazi "uništavanje", "razaranje" ili slično, kada se odnose na kemijska borbeno sredstva, podrazumijevaju pretvaranje kemijskog borbenog sredstva u neki drugi kemijski entitet. To znači da se najmanje jedna kemijska veza mora raskinuti da bi se "uništilo" neko KBS.

Solvatirani elektroni, za razliku od drugih reagensa, specifičnih za dane vrste kemikalija, predloženih za obradu kemijskih borbenih sredstava, sposobni su djelovati kao moćna redukcijaska sredstva u odnosu na vrlo široku lepezu KBS-a, pretvarajući ih u soli i, na primjer, kovalentno vezane organske spojeve koji imaju značajno manju toksičnost od KBS-a. Dobiveni proizvodi se mogu dalje obrađivati, ukoliko se to želi. Preporučljivo izvođenje postupka prema ovom izumu može se pokazati na KBS obično poznatom kao "Sarin" ili "GB", ili 1-metil etil estar metilfosfonofluoridne kiseline, ili izopropil metil fosfonofluoridat, jednom krajnje aktivnom inhibitoru holinesteraze, čija je smrtonosna doza za čovjeka svega 0,01 mg/kg tjelesne mase, i na KBS obično poznatom kao "Soman" ili "GD", ili 1,2,2-trimetilpropil estar metilfosfonofluoridne kiseline, ili pinakolil metil fosfonofluoridat, koji također ima smrtonosnu dozu od svega 0,01 mg/kg tjelesne mase. Pojedinačno ili zajedno u nekoj smjesi, oba mogu biti efikasno uništena solvatiranim elektronima pripremljeni reakcijom topljivog metala sa azotnom osnovom, kao što je bezvodni tekući amonijak. Proizvod ne sadrži KBS u količini koja se može otkriti uobičajenim analitičkim postupcima.

Razaranje KBS postupkom prema ovom izumu ne zahtjeva obavezno aktivni metal. Kod drugog izvođenja postupka prema ovom izumu, ne koristi se aktivan metal, a postupak obuhvaća stupnjeve sastavljanja reagirajuće smjese od sirovina koje se sastoje u suštini od azotne osnove i bar jednog KBS, i potom reagiranja smjese. Plin koji djeluje na živce, obično poznat kao "Tabun" ili "GA", ili etil estar dimetilfosforamidocijanidne kiseline, ili etil N,N-dimetil fosforoamidikocijanidat, moćan inhibitor holinesteraze, koji je toksičan ne samo pri udisanju, već i uslijed apsorpcije kroz kožu i oči, sa smrtonosnom dozom za čovjeka od svega 0,01 mg/kg tjelesne mase, efikasno se uništava dovodenjem

KBS u dodir samo sa azotnom osnovom, kao što je, na primjer, bezvodni tekući amonijak, što će biti kasnije detaljno opisano.

Po želji, proizvod ovog drugog izvođenja, kao i proizvod prethodno opisanog preporučljivog izvođenja, mogu se oksidirati, na primjer, vodik-peroksidom, ozonom, metalnim permanganatom, dihromatom, ili nekim drugim od brojnih sredstava za oksidiranje poznatih stručnjacima, tako da se dobivaju proizvodi pogodni za okoliš kao što su voda i ugljik-dioksid.

Obično je lakše stvoriti solvatirane elektrone, potrebne za izvođenje preporučljivog postupka prema ovom izumu, kemijskim postupcima, kao što je reakcija između azotne osnove i aktivnog metala. Međutim, razaranje nekog KBS postupkom prema ovom izumu može se izvoditi bez obzira na izvor solvatiranih elektrona. Tako je, na primjer, poznato da se solvatirani elektroni mogu proizvesti u azotnoj osnovi, kao i u drugim solvatiziranim tekućinama, elektrokemijskim putem. Dobiven medij koji sadrži solvatirane elektrone također se može koristiti u postupku prema ovom izumu dovodenjem KBS u dodir sa tim medijem.

Mada se postupak prema ovom izumu možda najlakše praktično izvodi sa velikim, uskladištenim količinama KBS-a, izum također predviđa neutraliziranje punjenja u nosećim sistemima koji sadrže kemijsko borbeno sredstvo. Kod jedne važne varijante, postupak se može izvoditi na način koji svodi na minimum rukovanje kemijskim borbenim sredstvom i mogućnost za izlaganje osoblja koje upravlja procesom smrtonosnim KBS-a.

Pogodno je to, što se postupak prema ovom izumu može izvoditi bez vađenja kemijskih borbenih sredstava iz njihovih prirodnih kontejnera, i bez analiziranja radi određivanja koja su specifična sredstva tu prisutna. Umjesto toga, prikazani izum predviđa da se reakcije, koje sačinjavaju postupak, mogu izvoditi, gdje je to praktično, neposredno u municiji, granatama, kanisterima, projektilima ili u rezervoarima koji sadrže KBS, čime se svodi na minimum izlaganje radnika. To znači da se reagirajuća smjesa, koja obuhvaća azotnu bazu, aktivni metal ukoliko je potrebno, i KBS, može načiniti na licu mjesta u prirodnom kontejneru, eventualno na mjestu gdje je isti pronađen i u stanju u kome je pronađen.

Razvijene su, i stoje na raspolaganju, tehnike pomoću kojih se može prodrijeti u bojeve glave i druge prirodne kontejnere. Otvori načinjeni u prirodnim kontejnerima, granatama ili omotačima, osiguravaju prilaz kroz koji se može ubrizgati azotna baza i, ukoliko je potrebno, aktivni metal. Alternativno, reagens koji sadrži solvatirane elektrone može se proizvesti van prirodnog kontejnera i unijeti kroz otvor u prirodnom kontejneru. Pored toga, obrada je tako jeftina i jednostavna, da se predviđa obrada KBS-a u njihovim prirodnim kontejnerima na mjestima gdje su nađeni iz generatora solvatiranih elektrona postavljenog na motornom vozilu. Reagens koji sadrži solvatirane elektrone može se također ubrizgati radi ispiranja i dekontaminacije kontejnera koji su ranije služili za smještaj kemijskih borbenih sredstava.

Postupak prema izumu također obuhvaća detoksikaciju i dekontaminaciju zagađenih uređaja, opreme, alata, odjeće, zemljišta i drugih matrica i supstrata zagađenih KBS-ima.

Mada se postupak prema ovom izumu može izvoditi u prirodnim kontejnerima u kojima se pronalaze KBS-a, u mnogim slučajevima, naročito ako je KBS na raspolaganju u većim uskladištenim količinama, može biti pogodno da se preporučljiv postupak prema izumu izvodi u uređaju prema ovom izumu. U jednom širem smislu, uređaj prema ovom izumu je reaktorski sistem koji je primjenljiv na izvođenje kemijske reakcije između širokog spektra organskih spojeva, preporučljivo tekućih ili tečljivih spojeva, i jednog reagensa koji eventualno sadrži solvatirane elektrone.

Reaktorski sistem sadrži jedan reaktor za držanje organskog spoja pomiješanog sa azotnom osnovom, koja eventualno sadrži solvatirane elektrone, jedan kondenzator za obradu plinova razvijenih u reaktoru, taložnik za prihvatanje proizvoda reakcije iz reaktora i razdvajanje proizvoda reakcije na tekuću i na čvrstu frakciju i uređaj za otapanje za prihvatanje čvrste frakcije i njenu obradu vodom, da bi se dobila tečljiva smjesa koja će se dalje odvoditi.

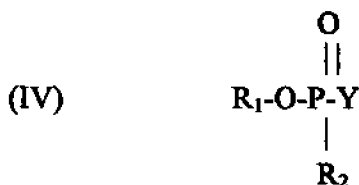
Postupak i uređaj prema ovom izumu bit će objašnjeni sa pozivom na crtež koji prati ovaj verbalan opis i na slijedeće primjere.

Slika 1 prikazuje tehnološku shemu jednog izvođenja reaktorskog sistema prema ovom izumu.

Mada je postupak prema ovom izumu primjenljiv za razaranje širokog opsega KBS-a, postupak je posebno efikasan kada je KBS birano iz grupe koja se sastoji od plikavaca, otrovnih plinova koji djeluju na živce i njihovih mješavina, pri čemu formula tih plikavaca sadrži bar jednu grupu formule:



gdje X je halogen, dok su plinovi koji djeluju na živce prikazani formulom:

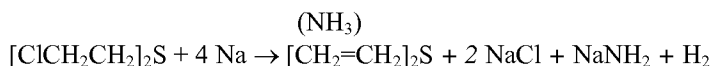


gdje R_1 je alkil, R_2 je biran od alkila i amino, a Y je jedna odlazeća grupa.

Kod plikavaca na koje se može primijeniti postupak prema ovom izumu, poželjno je da X u navedenoj formuli (III) bude biran od fluora, klora ili broma. Kod plikavaca koji se najčešće nalaze po svijetu, X je klor, pa je iz tog razloga posebno preporučljivo da X u formuli (III) bude klor. Dva od najpristupačnijih, što znači isto toliko važnih plikavaca na koje se može primijeniti ovaj postupak, jesu iperit, također nazvan "HD" ili 1,1'-tiobis(2-kloroetan), ili di(2-kloroetil)sulfid, i "Luizit", ili dikloro(2-klorovinil)arsin.

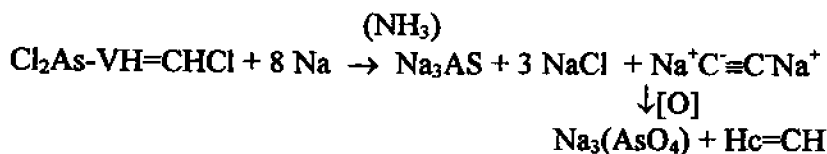
Oba ova kemijska borbena sredstva korištena su u Prvom svjetskom ratu, a municija proizvedena u to vrijeme, prije oko 75 godina, i koja sadrži ova KBS-a, još uvijek se može naći na poljima, u starim skladištima i tako dalje. Bar u slučaju neke od municije koja sadrži HB iperit, veći dio, ili sav HD se pretvorio u neku želatinsku masu, ili ljuskast polimeriziran materijal nedefinirane strukture i sastava. Utvrđeno je, potpuno neočekivano, da postupak uništavanja KBS prema ovom izumu efikasno uništava ne samo HD, već i želatinizirane i ljuskaste proizvode degradacije HD, nazvane "HD otpaci".

Mada se ne želi vezivati za ovakav prikaz, vjeruje se da se razaranje KBS pomoću solvatiranih elektrona proizvedenih otapanjem aktivnog metala, koga predstavlja natrij, u nekoj azotnoj bazi, koju predstavlja tekući amonijak, odvija na slijedeći način:



Pri čemu je jedna količinski neodredljiva masa gustog ostatka jedna od komponenata proizvoda, a C i S elementarne analize konzistentne su sa divinil sulfidom.

Mada se ne želi biti vezan ovim prikazom, vjeruje se da se razaranje luizita sa solvatiranim elektronima proizvedenim otapanjem jednog aktivnog metala, koji predstavlja natrij, u azotnoj osnovi koju predstavlja tekući amonijak, odvija na slijedeći način, pri čemu je redukcija topljivim metalom eventualno praćena oksidacijom, na primjer vodik-peroksidom:



Natrij arsenat se može istaložiti sa, na primjer, nekom soli kalcijuma i izdvojiti kao kalcij arsenat. Acetilen se može sakupiti u hladnom hvataču. Postupak je također efikasan kod uništavanja jednog srodnog KBS, nazvanog "Adamsit", ili fenarsazin klorid.

Kod plinova koji djeluju na živce se postupak prema ovom izumu može primijeniti, Y je jedna odlazeća grupa, to jest, Y je grupa atoma koja je energetski stabilna kao jedan anion, pri čemu su više preporučljive odlazeće grupe one koje se najlakše istiskuju iz ugljika u nukleofilnim supstitucijama i, kao anioni, imaju najveću stabilnost. Mada je poznat ogroman broj takvih odlazećih grupa, preporučljivo je da se odlazeća grupa Y bira od halogena, nitrila (-CN) i sulfida (-S-), pošto su to grupe Y koje se javljaju u plinovima koji djeluju na živce najrasprostranjenijim širom svijeta. Među halogenima je najpreporučljivije da Y bude fluor, klor ili brom, pri čemu je fluor posebno efikasan kod većine lako

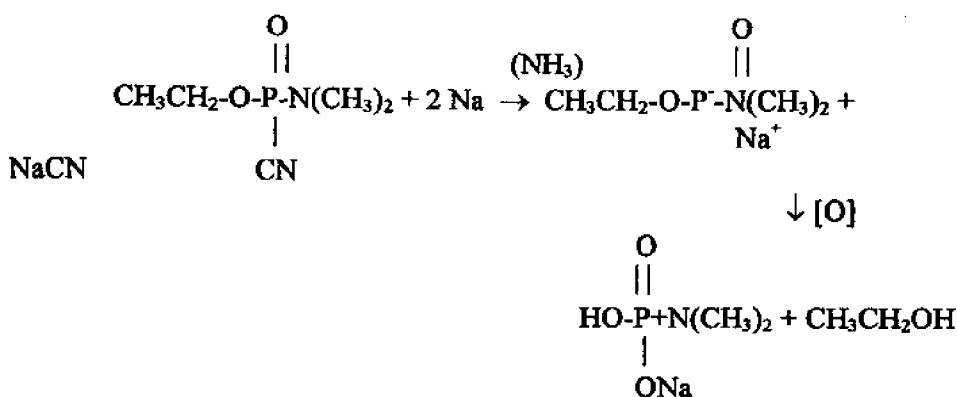
dostupnih plinova koji djeluju na živce.

R_2 u formuli (IV) može biti alkil, poželjno niži alkil, tj. C_1 - C_6 , pravi ili račvasti ili ciklični, na primjer metil, etil, propil, izopropil, izobutil, terc-butil, cikloheksil ili trimetilpropil. R_1 je kod najrasprostranjenijih plinova koji djeluju na živce metil, etil ili 1,2,2-trimetilpropil, pa su iz tog razloga preporučljive ove alkilne grupe.

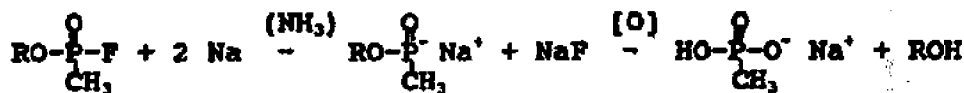
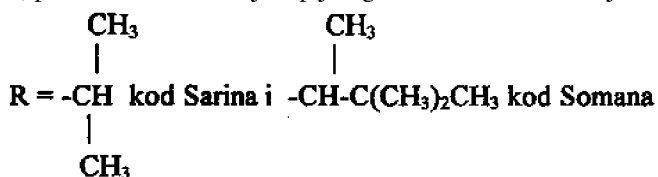
R_2 u formuli (IV) može biti alkil ili amino. U slučaju da R_2 je alkil, poželjno je da alkil bude kako je naprijed definiran za R_1 , a kako je alkil R_2 kod najrasprostranjenijih plinova koji djeluju na živce metil, iz tog je razloga najpreporučljiviji alkil R_2 metil. U slučaju da je R_2 amino, R_2 može biti primarni, sekundarni ili tercijarni alkilamino, ili dialkilamino, ili trialkilamino, pri čemu je alkil kako je naprijed definiran za R_1 , a dialkil amino je preporučljiv, dok je dimetilamino posebno preporučljiv iz razloga što R_2 je dimetilamino kod najrasprostranjenijeg plina koji djeluje na živce kod koga R_2 je amino.

Specifični plinovi koji djeluju na živce, koji su široko rasprostranjeni po svijetu, pa su stoga i najvažniji plinovi koji djeluje na živce na koje se može primijeniti postupak prema izumu, su: "Tabun", ili "GB", ili 1-metil etil estar metilfosfonofluoridne kiseline, ili izopropil metil fosfonofluoridat, "Soman", ili "GD", ili 1,2,2-trimetilpropil estar metilfosfonofluoridne kiseline, ili pinakolil metil fosfonofluoridat, i "VX", ili S-[2-[bis(1-metil etil)amino]etil] etil estar, ili S-2-diizopropil aminoetil metil-fosforotioat.

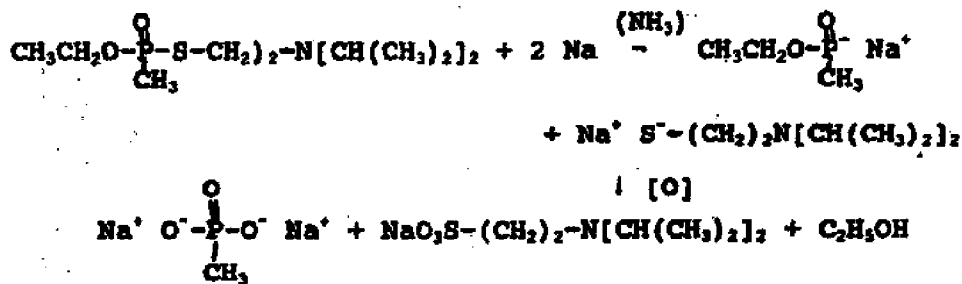
Mada se ne želi vezivati za ovaj prikaz, vjeruje se da razaranje "Tabuna" sa solvativanim elektronima, proizvedenim otapanjem nekog aktivnog metala, na primjer natrija, u nekoj azotnoj osnovi, na primjer tekućem amonijaku, teče na slijedeći način, pri čemu iza redukcije topljivog metala eventualno slijedi oksidacija, na primjer vodik-peroksidom:



Mada se ne želi vezivati za ovaj prikaz, vjeruje se da razaranje "Soman" sa solvativanim elektronima, proizvedenim otapanjem nekog aktivnog metala, na primjer natrija, u nekoj azotnoj osnovi, na primjer tekućem amonijaku, teče na slijedeći način, pri čemu iza redukcije topljivog metala eventualno slijedi oksidacija, na primjer vodik-peroksidom:



Mada se ne želi vezivati za ovaj prikaz, vjeruje se da razaranje "VX" sa solvativanim elektronima, proizvedenim otapanjem nekog aktivnog metala, na primjer natrija, u nekoj azotnoj osnovi, na primjer tekućem amonijaku, teče na slijedeći način, pri čemu iza redukcije topljivog metala eventualno slijedi oksidacija, na primjer vodik-peroksidom:



Što se tiče aktivnog metala koji bi se koristio kod preporučljivog izvođenja postupka prema ovom izumu, mada literatura navodi primjere upotrebe više drugih metala, kao što su Mg, Al, Fe, Sn, Zn i njihove legure u redukcijama topljivim metalom, u postupku ili procesu prema ovom izumu, preporučljivo je da se aktivni metal bira od pojedinačnih, ili od kombinacije metala koji se nalaze u grupama IA i IIA periodičkog sustava elemenata, tj. alkalnih i zemnoalkalnih metala. Uglavnom iz razloga dostupnosti i ekonomičnosti, najpoželjnije je da se aktivni metal bira od Li, Na, K, Ca i njihovih mješavina. U većini slučajeva, pokazat će se da je primjena natrija, koji je široko dostupan i jeftin, zadovoljavajuća. Azotna osnova koja se zahtijeva u ovom postupku, može se birati od amonijaka, amina i sličnog, ili njihovih mješavina. Bezvodni tekući amonijak se lako nabavlja, pošto se široko primjenjuje kao gnojivo u poljoprivrednim primjenama. Zbog toga je također relativno jeftin, pa je tako preporučljiva azotna osnova. Amonijak, međutim, ključa na oko -33°C, što zahtijeva da se topi tekućeg amonijaka hlade, da top bude pod pritiskom, ili i jedno, i drugo. U onim slučajevima gdje je to nepogodno, izvjestan broj amina je lako dostupan i može se koristiti kao azotna osnova.

Reprezentativne klase korisnih amina obuhvaćaju primarne amine, sekundarne amine, tercijarne amine i njihove mješavine. Specifični primjeri ovih amina obuhvaćaju alkil amine, kao što su metil amin, etil amin, n-propil amin, izopropilamin, 2-metilpropilamin i t-butilamin, koji su primarni amini, kao i dimetil-amin i metiletilamin, koji su sekundarni amini, i tercijarne amine kao što je trietil amin. Di- i trialkilamini se također mogu koristiti, kao i zasićeni ciklični amini, kao što je piperidin. Poželjni su amini koji su tekući na željenim temperaturama reakcije, a među tim aminima su posebno korisni metilamin (t.k. -6,3°C), etil amin (t.k. 16,6°C), izopropilamin (t.k. 33,0°C), butilamin (t.k. 77,8°C) i etilendiamin (t.k. 116,5°C).

U nekim će slučajevima biti pogodno da se kombinira azotna osnova sa nekim drugim otapalima kao stoje neki etar, na primjer tetrahidrofuran, dietil etar, dioksan, ili 1,2-dimetoksietan, ili neki ugljikovodik, na primjer pentan, dekan, i tako dalje. Kod biranja azotne osnove i bilo kog dodatnog otapala koji treba biti sa njome obuhvaćen, treba imati u vidu da su solvatirani elektroni izuzetno reaktivni, tako da je preporučljivo da ni azotna osnova, ni u njoj sadržano dodatno otapalo ne sadrže grupe koje se ponašaju kao KBS i reagiraju sa solvatiranim elektronima. Takve grupe obuhvaćaju, na primjer, aromatske ugljikovodične grupe koje se mogu podvrgnuti Birch-redukciji, i kiselinskoj, hidroksilnoj, peroksidnoj, sulfidnoj, halogenskoj i etilenskoj nezasićenosti, pa ih, općenito uzevši, treba izbjegavati kako bi se spriječile neželjene sporedne reakcije. Vodu također treba izbjegavati, mada se voda može efikasno koristiti kod dorade proizvoda. U nekim je slučajevima objavljeno da prisustvo alkohola koji sadrži hidroksil može biti korisno.

Usprkos ovim upozorenjima, utvrđeno je, sasvim neočekivano, da se, čak i kada se redukcija topljivim metalom izvodi na otvorenom prostoru u prisustvu vlage, zraka i niza zagađivača za koje bi se moglo očekivati da će činiti smetnje, razaranje KBS-a postupkom prema ovom izumu izvodi vrlo uspješno.

Mada se ponekad mogu uspješno koristiti i drugi uvjeti, poželjno je da se postupak prema ovom izumu izvodi na temperaturi u opsegu od oko -35°C do oko 50°C i, mada se reakcija može izvoditi i na pritisku nižem od atmosferskog, preporučljivo je da se postupak izvodi u opsegu pritisaka od oko atmosferskog do oko 21 bar. Poželjnije je da se reakcija odvija na sobnoj temperaturi, na primjer na oko 20°C i pod pritiskom od oko 9,1 bar.

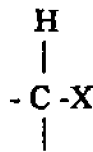
Kod izvođenja postupka prema ovom izumu, odnos azotna osnova/ KBS u reagirajućoj smjesi poželjno je da bude od oko 1/1 do oko 10 000/1 u masenim dijelovima, poželjnije između 10/1 i 1000/1, a najpoželjnije između 100/1 i 1000/1.

Količina aktivnog metala, ako se koristi u reagirajućoj smjesi, treba biti u opsegu od oko 0,1 do oko 12 % mas., u odnosu na masu smjese, poželjnije između 2 i 10 %, a najpoželjnije između 3,5 i 4,5 %.

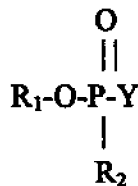
Na bazi odnosa masa metala/masa KBS, poželjno je da reagirajuća smjesa sadrži između 0,1 i 2,0 puta toliko metala koliko KBS, poželjnije između 0,15 i oko 1,5 puta, a najpoželjnije između 0,2 i 1,0 toliko metala koliko KBS. U svakom od slučajeva kada se koristi aktivni metal, na molarnoj bazi reagirajuća smjesa treba sadržavati najmanje 2 mola aktivnog metala po molu KBS.

Tok reakcije koja obuhvaća solvativane elektrone može se lako pratiti promatranjem plave boje reagirajuće smjese koja je karakteristična za tope azotne osnove i aktivnog metala. Kada plava boja nestane, to je signal da je KBS reagiralo sa svim solvatiranim elektronima, pa se može dodati još aktivnog metala, ili topa koji sadrži solvativane elektrone, da bi se osiguralo da će bar dva mola aktivnog metala reagirati sa jednim molom KBS. U mnogim slučajevima je poželjno da se dodavanje aktivnog metala, ili dodatnih solvatiranih elektrona, nastavi sve dok KBS nije potpuno reagiralo sa solvatiranim elektronima, stanje koje je nagoviješteno kada se zadrži plava boja smjese. Brzina reakcije između KBS-a i solvatiranih elektrona je velika, pri čemu se u najvećem broju slučajeva reakcija u suštini završava u roku od nekoliko minuta do samo nekoliko sati.

Kod jednog preporučljivog izvođenja postupka prema ovom izumu, proces obuhvaća prvo sastavljanje reagirajuće smjese pripremljene od sirovina koje obuhvaćaju: (1) azotnu osnovu biranu iz grupe koja se sastoji od amonijaka, amina i njihovih mješavina, pri čemu se amini biraju iz grupe koja se sastoji od metilamina, etilamina, propilamina, izopropilamina, butilamina i etilenamina; (2) najmanje jednog kemijskog borbenog sredstva biranog iz grupe koja se sastoji od plikavaca, plinova koji djeluju na živce i njihovih mješavina, pri čemu formula spomenutih plikavaca sadrži bar jednu grupu formule:



gdje X je halogen, dok su plinovi koji djeluju na živce prikazani formulom:



gdje R₁ je alkil, R₂ je biran od alkila i amino, a Y je jedna odlazeća grupa; i (3) bar jednog aktivnog metala biranog iz grupa IA i IIA periodičkog sustava i njihovih mješavina, poslije čega se reagira smjesa kako bi se uništilo najmanje oko 90%, poželjno bar 95%, a najpoželjnije oko 99% mas. kemijskog borbenog sredstva.

Reakcija uništavanja KBS može se vršiti u prirodnom kontejneru, posebno u slučajevima kada je preostalo dovoljna obujma slobodnog prostora za smještaj reagensa potrebnih za izvođenje procesa. Svakako da kontejner u kome se nalazi kemijsko borbeno sredstvo treba biti u pogodnom stanju za izvođenje reakcije. Kontejner kemijskog borbenog sredstva koji je bio neko vrijeme zakopan u zemlju i pri tome je korodirao, može ne biti u pogodnom stanju kao posuda za izvođenje reakcije na licu mjesta. Teškoća u takvim slučajevima nije u tome što se KBS ne može razložiti, već u tome što kontejner možda ne može osigurati dovoljan fizički integritet da bi prihvatio reagirajuću smjesu.

Izum se također može izvesti u reaktoru ili reaktorskom sistemu, pogodnom za smještaj prvobitnih prirodnih kontejnera koji nemaju dovoljan obujam slobodnog prostora koji bi omogućio unošenje potrebne količine azotne osnove ili izvana načinjenog topa solvatiranih elektrona, ili su u tako lošem stanju da ne mogu prihvatiti i prostorno ograničiti reakciju. U takvim slučajevima, razaranje KBS može se izvesti otvaranjem prirodnih kontejnera, ili njihovim odsijecanjem, i stavljanjem otvorenih ili presječenih dijelova kontejnera sa kemijskim borbenim sredstvom u veći reaktorski sistem, ili u reaktor sa ciljem izvođenja reakcije razaranja KBS. Koristeći ovu proceduru, mogu se istovremeno obraditi i kemijska borbeno sredstva i prirodni kontejneri.

Bez obzira da li se razaranje KBS izvodi u njegovom prirodnom kontejneru, na terenu, u reaktorskom sistemu, ili u reaktoru koristeći izvor većih količina KBS, ako se primjenjuje preporučljivo izvođenje postupka, koje koristi tehnologiju solvatiranih elektrona, normalno su potrebna najmanje dva mola solvatiranih elektrona za svaki mol KBS koje treba uništiti. To stoga što se vjeruje da su dva mola solvatiranih elektrona potrebna za raskidanje jedne kemijske veze; vidjeti naprijed jednadžbu (II). S druge strane, može biti korisno da se koristi višak solvatiranih elektrona, to jest, dovoljno solvatiranih elektrona da se raskinu, na primjer, čak možda i dvije do četiri veze u KBS. Proizvodi dobiveni pojačanim reagiranjem KBS mogu biti lakši za rukovanje sa točke gledišta sigurnosti i/ili zaštite okoliša.

Bez obzira na to da li je razaranje KBS izvršeno u njegovom prirodnom kontejneru, ili u reaktorskom sistemu koristeći

izvor velike količine KBS, i bez obzira na to da li je reakcija izvedena samo sa azotnom osnovom ili sa solvatiranim elektronima, proces može sadržavati jedan neobavezan, ali često preporučljiv stupanj nakon početnog razaranja KBS. To jest, nakon primjene azotne osnove ili solvatiranih elektrona, preostala smjesa proizvoda se eventualno (ali poželjno) oksidira, poželjno bez zagrijavanja, reagiranjem proizvoda razaranja KBS sa nekim kemijskim oksidatorom. Poželjno je, međutim, da se prije unošenja oksidatora ukloni preostala azotna osnova, na primjer, amonijak se uklanja iz reaktora tako što se pusti preostalu paru da ispari. Primjeri oksidatora i mješavina oksidatora koji se mogu primijeniti, obuhvaćaju vodik-peroksid, ozon, dihromate i permanganate alkalnih metala, i tako dalje. Kod eventualnog izvođenja ovog dodatnog stupnja, postupak zahtjeva da se unese u reaktorski sistem ili u kućište kemijskog borbenog sredstva dovoljna količina pogodnog sredstva za oksidiranje, kako bi potpuno reagiralo sa svim ostacima organskih proizvoda preostalih od početne reakcije sa solvatiranim elektronima ili azotnom bazom. Cilj je ovog stupnja oksidacije da se sve zaostale organske grupe dovedu u njihova najviša moguća stanja oksidiranja, i ukoliko se može uz zadovoljavajuće troškove ostvariti, prevedu u vodu i ugljik-dioksid.

Prema tome, ako će se koristiti oksidacija poslije razaranja, kemijsko borbeno sredstvo najprije reagira sa azotnom osnovom, poželjno sa uključenim solvatiranim elektronima, poslije čega slijedi sekundarni stupanj obrade koji obuhvaća reagiranje ostataka sa nekim sredstvom za oksidiranje.

Ukoliko nije posebno drugačije naznačeno, slijedeći primjeri, koji prikazuju uništavanje po partijama reprezentativnih primjera KBS, vršeni su u prozračenoj kapeli u reaktoru od nehrđajućeg čelika, koji se može staviti pod pritisak, opremljenom neobaveznim omotačem za zagrijavanje/hlađenje, a koji ima unutrašnji obujam od približno 2 l. Reaktor je bio opremljen mehaničkom miješalicom, otvorom sa odvojivim staklom za promatranje, otvorom za termometar, ulaznim otvorom povezanim sa pumpom za visokokvalitetnu tekuću hromatografiju koja je korištena za dodavanje KBS iz jednog vanjskog rezervoara, otvor u prostoru iznad nivoa tekućine za postavljanje manometra, i, u nekim od primjera, nizom pročišćavača projektiranih da izdvoje sve materije koje se mogu kondenzirati ili isparavajuće materije koje se ispuštaju iz reaktora, pri čemu je niz pročišćavača plinova bio priključen na prostor iznad nivoa tekućine u reaktoru pomoću jednog igličastog ventila. Reaktor je također imao otvor kroz koji je dodavana azotna osnova, i otvor za ispuštanje pri dnu reaktora, za izdvajanje proizvoda reakcije. Korišten je registrator podataka za praćenje uvjeta reakcije. Kod izvjesnog broja primjera, obujam reagensa je ograničen na približno jednu litru, tako da je ostavljeno oko 1 l slobodnog prostora.

Kod svakog od primjera, reaktivni metal je u željenoj količini unesen u reaktor uklanjanjem stakla za promatranje, dodavanjem metala, i ponovnim pričvršćivanjem stakla za promatranje da bi se reaktor hermetički zatvorio. Zatim je u reaktor pumpanjem unijeta osnova koja je sadržala azot, koja je topila metal i proizvela intenzivno plavu boju koja je karakteristična za solvatirane elektrone. Potom je kemijsko borbeno sredstvo, dobiveno od vojske SAD, pumpanjem uvedeno u reaktor.

Poslije reakcije razaranja KBS, u većini slučajeva je sadržaj reaktora ispušten i analiziran, u nekim slučajevima nakon reakcije sa vodom. Analiza natrija i arsena vršena je korištenjem ICP (indukciono spojena plazma) postupkom. Postupak sa ion-selektivnom elektrodom korišten je za fluor i kloride, EPA metilen plavo postupak je korišten za sulfide, a instrumentalna analiza elemenata za ugljik i vodik. Plin u slobodnom prostoru reaktora (iznad nivoa reagirajuće smjese) i reagirajuća smjesa su u nekim slučajevima podvrgnuti plinnoj hromatografiji/masenoj spektroskopiji da bi se identificirale isparljive organske komponente. Postupci vlažne kemije su korišteni za određivanje sadržaja preostalog KBS, postupak DB-3 za HD iperit, procedura 1,2-etanditione derivatizacije za luizit, a inhibicija holinesteraze za VX, GA, GB i GD plinove koji djeluju na živce.

Primjer 1

Razaranje HD iperita, di(2-kloretil)sulfida

Eksperiment A

U reaktor je dodan metalni natrij (15,04 g, 0,65 mol), a potom, uz miješanje, bezvodni tekući amonijak (1 l, -680 g, -40 mol). Tekuće KBS, HD (10,26 g, 0,645 mol) lagano je dodavano takvom brzinom, da pritisak u reaktoru nije prelazio 9,8 bar. Temperatura reagirajuće smjese nije prelazila 21°C. Nakon završenog dodavanja, reagirajuća smjesa, mulj, zadržala je plavu boju, ukazujući na višak solvatiranih elektrona.

Mulj je ispušten iz reaktora pa je mulju dodana voda (-250 ml) da bi se uništio višak solvatiranih elektrona i topile sve prisutne soli. Amonijak je pušten da u kapeli preko noći ispari iz vodene smjese. Dobivena tekuća smjesa je analizirana da bi se utvrdio maseni sastav i identificirali proizvodi reakcije. Dobiveni su slijedeći rezultati:

<u>Element</u>	<u>Dodano (g)</u>	<u>Izdvojeno(g)</u>	<u>(%)</u>	<u>Identifikacija</u>
Natrij	15,04	15,0	99,7	NaCl, NaOH
Sumpor	2,05	1,98	96,5	Na ₂ S, NaHS

Ugljik	3,61	2,45	67,9	$[\text{CH}_2=\text{CH}]_2\text{S}$
Klor	4,6	4,5	100,0	NaCl

Plinovita faza iz slobodnog prostora analizirana je pomoću gh/ms i utvrđeno je da sadrži <0,14 g organskih karbonskih spojeva, a ona su privremeno definirana kao etanol (0,02 g), etandiol (0,08 g), propanamin (0,01 g), butanetiol (0,02 g) i etilpropanamin (0,06 g).

Eksperiment B

Ponovljen je primjer 1A, osim što su svi otpadni plinovi prečišćeni u slijedećem nizu topa u pročišćavačima: dodekan (243 ml), dodekan (245 ml), dodekan (246 ml), voda (263 ml), 1 M vodena klorovodična kiselina (251 ml) i dodekan (255 ml). U ovom slučaju korišteno 10,64 g, 0,46 mol, natrija, a dodano je 18,34 g, 0,115 mol, HD, što je izazvalo da plava boja počinje blijedjeti, ukazujući da su svi solvatirani elektroni reagirali. Dodano je slijedećih 1,95 g, 0,085 mol, natrija, kako bi se osigurao manji višak solvatiranih elektrona. Reagirajuća je smjesa ispuštena iz reaktora i dodana je voda (1000 ml) da bi se uništio višak solvatiranih elektrona. Vodeni talog je pušten da ispari preko noći u dodekanskome pročišćavaču plinova (257 ml) da bi se zadržali svi organski otpadni plinovi. Konačan obujam dodekanskog pročišćavača bio je 187 ml.

I vodeni talog i sistem pročišćavača su analizirani na prisustvo HD. Nije otkriven zaostali HD, što ukazuje, u granicama njegove primjetljivosti, da je HD uništen u iznosu od 99,999999 %. Stehiometrijski, reagirao je 1 mol HD sa 4,76 mol Na, što odgovara prekidanju 2 veze ugljik-klor u HD molekulu. Utvrđena je slijedeća materijalna bilanca:

Element	Dodano (g)	Izdvojeno(g)	(%)	Identifikacija
Natrij	12,6	12,9	102	NaCl, NaOH
Sumpor	3,7	3,7	100	Na_2S , NaHS
Ugljik	6,4	3,8	59	$[\text{CH}_2=\text{CH}]_2\text{S}$
Klor	8,2	7,8	98	NaCl

Kao i u Eksperimentu A, proizvodi koji su sadržavali ugljik bili su prvenstveno neisparljivi. To je potvrđeno odvajanjem vodenog taloga sa deuterijumiziranim kloroformom i analizom ekstrakta pomoću NMR spektroskopije. Plin iz slobodnog prostora također je analiziran pomoću gh/ms na prisustvo isparljivih organskih spojeva. Rezultati su bili: etanol (0,03 g), etandiol (0,01 g), 2-butenal (0,2 g), butantol (0,003 g) i 1,3-ditjan (0,04 g). Sadržaj pojedinačnih pročišćavača plinova je također analiziran, i otkriven je samo etanol (0,06 g). Analiza prisustva spojeva koji sadrže sumpor pokazala je da ih ima u koncentraciji <1 ppm.

Eksperiment C

Izvršeno je razaranje HD u većem obujmu, u uvećanoj verziji naprijed opisanog reaktora. Ova veća verzija je imala sondu za provjeru električne provodljivosti za praćenje reakcije. Reaktor je punjen bezvodnim tekućim amonijakom (-4,4,1, -2,99 kg, -176 mol), pa zatim natrijom (169,1 g, 7,35 mol). Natrij je dodavan postupno tako da je koncentracija solvatiranih elektrona u topu na početku bila 4% mas. Kako je natrij trošen, postupno je dodavan slijedeći natrij. HD (310 g, 1,95 mol) dodavan je miješanom reaktoru na takav način, da temperatura smjese nije prelazila 21°C, dok je pritisak održavan ispod 9,8 bar. U toj točki je mulj iz reaktora ispušten u posebnu posudu i pušten da odstoji, pri čemu je amonijak koji je isparavao odveden kroz pročišćavač plinova.

Slijedeće punjenje tekućeg amonijaka (4,4 l) dodano je u reaktor, a dodatni natrij (209,5 g, 9,11 mol) dodavan je postupno, poslije čega je dodavan HD (326 g, 2,05 mol). Poslije dodavanja cijele količine natrija, reagirajuća smjesa u vidu taloga je ispuštena iz reaktora u posebnu posudu koja je držala smjesu proizvoda od prvog punjenja.

Kombiniranom proizvodu dodana je voda (30 ml) da bi se uništio nereagirani natrij, pa je kombinirani proizvod premješten u treću posudu. Reaktor i posebna posuda su isprani sa 600 ml vode, pa je voda od ispiranja posebno sakupljena.

Kombinirani je proizvod pušten da odstoji preko vikenda, u toku kojeg se proizvod stvrdnuo. Dodana je voda da bi se otopila čvrsta supstanca, ali samo sa djelomičnim uspjehom. Kombinirani proizvod nije bio homogen, već se sastojao od prozirne tekućine, čistih kristala i bijelog do sivog taloga. Ove su teškoće učinile bilo kakvo određivanje sastava sumnjivim.

Međutim, analiza heterogenog proizvoda reakcije pokazala je da je 99,999999% HD bilo uništeno, i utvrđeno je da je stehiometrija reakcije bila 1 mol HD/4,1 mol natrija. Daljnje analize su dovele do zaključka da su proizvodi reakcije bili isti kao oni naprijed navedeni za eksperimente manjeg obujma.

Eksperiment D

Ljuskasti, želatinizirani HD otpaci (1,97 g, 0,012 mol) bili su topljeni u 800 ml tekućeg amonijaka u laboratorijskoj

posudi. Dodan je natrij-hidroksid (390 mg u 8,0 ml vode), podešavajući smjesu na neutralno pH. Metalni natrij (5,18 g, 0,23 mol) dodavan je u inkrementima od oko 0,06 mg, sve dok reagirajuća smjesa nije ostala obojena u plavo. Amonijak je pušten da ispari, a ostatak je analiziran na HD. Kao rezultat analize zaključeno je da je najmanje 99, 999999% HD bilo uništeno.

Primjer 2

Razaranje Luizita, plikavca, dikloro-(2-klorovinil)arsina

Eksperiment A

Slobodan prostor reaktora bio je povezan sa nizom od 5 pročišćavača plinova, od kojih je svaki sadržao oko 250 ml; i to dva vodu, zatim vodenu klorovodičnu kiselinu, pa zatim dva dodekana. Natrij (20,5 g, 0,89 mol) i tekući amonijak (-1 l, -680 g, -40 mol) sipani su u reaktor, pa je ta smjesa miješana sve dok metal nije rastopljen, odajući karakterističnu plavu boju solvativiranih elektrona. Luizit (18,12 g, 0,087 mol) dodan je u reaktor takvom brzinom da temperatura reagirajuće smjese nije prelazila 21°C, a pritisak u posudi je ostao ispod 9,8 bar. Top je ostao intenzivno plav poslije dodavanja, ukazujući na višak solvativiranih elektrona.

Talog je ispušten iz reaktora i kombiniran sa tekućim amonijakom korištenim za ispiranje reaktora. Amonijak je pušten da ispari iz taloga u zadnjem dijelu kapele. Talog je analiziran na ostatke Luizita, ali ništa nije nađeno. NMR spektroskopija je otkrila alkane u talogu. Ni u jednom od pročišćavača plinova nisu zapaženi arsen, organski spojevi ili Luizit. Daljnja analiza taloga je dovela do slijedeće materijalne bilance:

Element	Dodano (g)	Izdvojeno(g)	(%)	Identifikacija
Natrij	20,5	18,1	88	NaCl
Klor	9,24	9,25	100	NaCl
Ugljik	2,1	1,6	75	natrij acetilid
Arsen	6,5	5,8	89	Na ₃ AS

Eksperiment B

Ponovljen je eksperiment A, osim što je, nakon isparavanja zaostalog amonijaka iz taloga, preostali čvrst proizvod obrađen u Erlenmajerovoj boci sa 100 ml 30% vodenog vodik-peroksida. Nakon miješanja smjese, čvrsta supstanca se skoro potpuno otopila; sadržaj boce se zagrijao, a iz topa se razvijao plin.

Primjer 3

Razaranje VX plina koji djeluje na živce, etil S-2-diizopropil aminoetil fosforotioata

Eksperiment A

Natrij (10,41 g, 0,45 mmol) i tekući amonijak (1 l) sipani su u reaktor, proizvodeći plavo obojen top karakterističan za solvativirane elektrone. Tekuće VX KBS lagano je unošeno pumpom u top u reaktoru takvom brzinom da temperatura nije prelazila 21°C, a pritisak je ostajao ispod 9,8 bar. Ukupno je dodano 54,77 g, 0,205 mol, VX prije nego što je plava boja reagirajuće smjese počela blijedjeti. Dodana je slijedeća količina natrija (9,56 g, 0,42 mol) i miješanjem se nastavilo proizvodnje intenzivno plave boje u smjesi. Dodavana je slijedeća količina VX (47,64 g, 0,18 mol) prije nego što je boja opet počela blijedjeti. Dodano je još natrija (1,12 g, 0,05 mol) da bi se osiguralo potpuno reagiranje VX. Ukupno je korišteno 21,09 g, 0,92 mol natrija da reagiralo sa 102,41 g, 0,30 mol VX. Stehiometrijski bila su 2,42 mol VX po molu natrija, što je konzistentno sa kidanjem jedne veze u molekulu VA.

Talog je ispušten iz reaktora i kombiniran sa amonijakom od dva ispiranja reaktora. Kombinirana smjesa je razblažena vodom pa je puštena da ispari u zadnjem dijelu kapele preko noći. Obujam smjese konačnog proizvoda bio je 259 ml. Smjesa proizvoda je analizirana na VX, ali VX nije otkriven, što ukazuje da je VX uništen najmanje u iznosu od 99, 9999999 %. Reagirajuća je smjesa analizirana da bi pokazala slijedeću materijalnu bilancu.

Element	Dodano (g)	Izdvojeno(g)	(%)	Identifikacija
Natrij	21,09	17,8	80	NaOH
Sumpor	12,3	19,9	89	mekaptani i Na ₂ S
Ugljik	50,7	32,0	63	fosfonati
Fosfor	11,9	10,6	89	fosfonati

Analiza smjese proizvoda pomoću gh/ms ukazala je na prisustvo slijedećih isparljivih organskih materija: etilpropanamin (0,07 g), propanamin (0,02 g), metiletilbutanamin (0,01 g) i butantol (0,03 g). Slijedeće analize smjese proizvoda pomoću NMR spektroskopije ukazale su na smjese organskih proizvoda, od kojih su neki sadržali fosfor. NMR spektri ovih posljednjih, u usporedbi sa NMR spektrom VX, pokazali su potpuno nepostojanje apsorpcije fosfora

pri 54,6 ppm, ali je P-CH₃ struktura ostala cijela, kao i P=O struktura. Mada se ne želi niti namjerava biti vezan sa ovim objašnjenjem, ta su promatranja konzistentna sa kidanjem veze P-S i potonjom hidrolizom fosfonatske grupe.

Eksperiment B

5 U ovom eksperimentu su korišteni natrij (15,12 g, 0,56 mol) i tekući amonijak (1 l) kao i ranije, da bi se dobio plavo obojeni top koji je sadržao solvativane elektrone. Tom miješanom topu je lagano dodavan VX (15 g, 0,056 mol) brzinom takvom da temperatura nije prešla 21°C, dok je pritisak ostao ispod 9,8 bar. U ovom primjeru je niz pročišćavača plinova priključen na slobodni prostor u reaktoru u toku reakcije. Niz pročišćavača je obuhvaćao destiliranu vodu, destiliranu vodu, 0,1 N vodenu klorovodične kiseline i dva pročišćavača sa dodekanom, pri čemu je obujam svakog od
10 pročišćavača bio oko 250 ml. Svega je primijećeno nekoliko mjehurića koji su prošli kroz pročišćavače u toku reakcije. U stvari ni jedan mjehurić nije primijećen da je prošao kroz posljednji dodekanski pročišćavač.

Po završetku reakcije, talog iz reaktora je ispušten i kombiniran sa tekućim amonijakom od ispiranja reaktora. Smjesa je ostavljena preko noći u zadnjem dijelu kapele da bi ispario amonijak.

15 Dobiven isparen talog je analiziran na sadržaj zaostalog VX, ali ništa nije nađeno što dovodi do zaključka da je 99,99999999% VX uništeno. Analiza sadržaja pročišćavača plinova također nije otkrila VX. Amonijak je otkriven u vodenim pročišćavačima plinova, a sadržaj fosfora u pročišćavačima je bio <5 ppm. Bilanca materijala je bila:

20	Element	Dodano (g)	Izdvojeno(g)	(%)	Identifikacija
	Natrij	15,12	12,6	83	NaOH
	Sumpor	1,77	1,44	81	mekaptani i Na ₂ S
	Ugljik	7,3	5,0	69	fosfonati
	Fosfor	1,7	1,0	60	fosfonati

25

Eksperiment C

Koristeći isti, nešto poboljšani reaktor opisan u Primjeru 1C, izvršena je verzija uništavanja VX u većem obujmu. U reaktor je prvo sipan tekući amonijak (-4,5 l, -3,06 kg, -180 mol), a potom je dodan metalni natrij (106,6 g, 4,63 mol). Metal je dodavan u inkrementima tako da se održava koncentracija natrija na oko 4% mas, praćenjem električne provodljivosti smjese. Plikavac VX (229,5 g, 1,23 mol) dodavan je brzinom koja je omogućavala održavanje temperature ispod 21°C i pritiska ispod 9,8 bar. Kada je reakcija bila završena, što je signalizirala trajno održavana plava boja, sadržaj taloga reaktora prebačen je u drugu posudu, a amonijak je pušten da isparava.

35 Reaktor je još jednom punjen tekućim amonijakom (4,5 l) a natrij (29,6 g, 1,29 mol) je dodavan po inkrementima. Slijedeći VX je dodan po inkrementima kao i prije, kako bi se održali uvjeti temperature i pritiska korišteni kod prve partije. Dobiveni proizvod reakcije je dodan proizvodu iz prve partije, pa je kombiniranom proizvodu dodana voda (20 ml). Kombinirani proizvodi reakcije su bili gusta, kaustična, smjesa boje karamele (980 ml), koja je također sadržavala bijele čestice.

40 Analiza smjese je dovela do zaključka da je jedan mol VX plikavca reagirao sa 2,7 mol natrija, rezultat sličan onome kod eksperimenata malog obujma. Pored toga, proizvodi reakcije su bili u suštini isti kao oni dobiveni kod drugih eksperimenata. Analiza proizvoda na sadržaj VX dovela je do zaključka da je najmanje 99,999999 % borbenog sredstva uništeno. Utvrđena je slijedeća bilanca materijala:

45	Element	Dodano (g)	Izdvojeno(g)	(%)	Identifikacija
	Natrij	136,2	136	100	NaOH
	Sumpor	57,6	51,3	89	mekaptani i Na ₂ S
	Ugljik	237,5	179	76	fosfonati
50	Fosfor	55,7	51,6	90	fosfonati

Eksperiment D

Ponovljen je eksperiment A, osim što je litij (6,2 g, 0,8 mol) umjesto natrija. Dobiveni su u suštini isti rezultati kao i u eksperimentu A.

55

Primjer 4

Razaranje GA plina koji djeluje na živce, etil N,N-dimetil fosforamidocijanidat

Eksperiment A

60 Reaktor je bio opremljen opremom za prikupljanje svih plinovitih proizvoda koji napuštaju reagirajuću smjesu. Slobodni prostor reaktora bio je povezan sa nizom od šest pročišćavača plinova kroz koje je morao proći plin iz

reaktora. Iza tri pročišćavača punjena dodekanom, bili su, po redoslijedu voda, 1 M HCl i dodekan.

Natrij (10,45 g, 0,45 mol) stavljen je u reaktor, pa je uz miješanje dodan bezvodni tekući amonijak (-1 l, -680 g, -40 mol). Kada je natrij otopljen i uočena je intenzivno plava boja solvatiranih elektrona, dodan je GA (6,89 g, 0,043 mol) takvom brzinom, da temperatura reagirajuće smjese nije prelazila 21°C a pritisak je ostao niži od 9,8 bar.

Kada je reakcija dovršena, dobiven talog je ispušten iz reaktora, dodan je tekući amonijak korišten za ispiranje reaktora, pa je amonijak pušten da ispari. Dobiven čvrst ostatak imao je masu od 17,55 g. Ostatak je analiziran na preostali GA ali nije ništa otkriveno, niti su bilo kakvi organski materijali nađeni u nizu pročišćavača. Zbog toga je zaključeno da je uništeno 99,999999999% KBS. Daljnje analize čvrstog ostatka dale su slijedeću materijalnu bilancu:

Element	Dodano (g)	Izdvojeno(g)	(%)	Identifikacija
Natrij	10,45	8,8	84	NaCN, NaNH ₂
Cijanid	1,09	1,09	100	NaCN
Ugljik	2,4	2,1	87	fosfonati
Fosfor	1,3	1,5	114	fosfonati

Eksperiment B

Ponovljen je eksperiment A, osim što je bezvodni tekući amonijak zamijenjen etilaminom (1,5 l, 1,024 kg, 23 mol). Dobiveni su u suštini isti rezultati kao i kod Eksperimenta A.

Eksperiment C

Ponovljen je eksperiment A, osim što je aktivan metal izostavljen iz reagirajuće smjese. Po završetku reakcije smjesa je analizirana na sadržaj GA. Kao rezultat je zaključeno da je najmanje 99,998 % GA uništeno.

Primjer 5

Razaranje plina koji djeluje na živce GB, izopropil metil fosfonofluoridata

Eksperiment A

Natrij (-15,0 g, -0,65 mol) i amonijak (-1 l) kombinirani su u reaktoru uz miješanje. Slobodni prostor u reaktoru povezan je sa nizom pročišćavača plinova. Nakon potpunog otapanja natrija, DB (10,45 g, 0,075 mol) dodavan je lagano tako da je temperatura reagirajuće smjese održavana na 21°C a pritisak na ispod 9,8 bar.

Po završetku reakcije, sadržaj reaktora je ispušten. Nije dodavana voda, ali je pušteno da amonijak ispari u kapeli, ostavljajući čvrst ostatak koji je rastvoren u vodi prije analize. Ostatak je analiziran na nereagirani GB, ali nije ništa otkriveno. Ni u pročišćavačima plinova nije nađen ni GB, ni bilo koji organski spoj. Ti rezultati ukazuju da je najmanje 99,999999999 % tog sredstva bilo uništeno. Daljnja analiza ostatka dala je slijedeću bilancu materijala:

Element	Dodano (g)	Izdvojeno(g)	(%)	Identifikacija
Natrij	15,0	10,4	69	NaF
Fluor	1,35	0,93	68	NaF
Ugljik	3,4	2,6	75	fosfonati
Fosfor	2,2	1,2	52	fosfonati

Eksperiment B

Tekući amonijak (-1 l) i natrij u metalu (10,24 g, 0,45 mol) kombinirani su u reaktoru uz miješanje, pa je reaktor hermetički zatvoren. GB je dodavan reagirajućoj smjesi brzinom potrebnom da se temperatura drži da ne prijeđe 21°C i da pritisak bude ispod 9,8 bar. Nakon što je dodano 26,78 g, 0,19 mol, GB, plava boja topa je počela blijedjeti. Tada je uz miješanje dodana slijedeća količina natrija (10,55 g, 0,46 mol), poslije čega se metal topio i povratila se plava boja. Potom je nastavljeno dodavanje GB, pri čemu je dodana količina od 28,61 g, 0,18 mol, što je izazvalo da boja ponovo počne blijedjeti. Ciklus dodavanja više natrija praćen dodavanjem nove količine GB ponovljen je još dva puta, pri čemu je na kraju tog procesa boja topa ponovo počela blijedjeti. Tada je dodato dopunskih 1,72 g, 0,07 mol, natrija, kako bi se osigurao višak solvatiranih elektrona, pa je reakcija završena. Ukupno su 92,0 g, 0,66 mol, GB reagirana sa ukupno 36,63 g, 1,6 mol, natrija, tj. 1 mol GB je reagiran sa oko 2,5 mol natrija, što je konzistentno sa kidanjem 1 kemijske veze u molekulu GB. Mada se ne želi niti namjerava vezati ovom špekulacijom, vjeruje se da je raskinuta veza P-F.

Po završetku reakcije, heterogena reagirajuća smjesa je ispuštena iz reaktora i kombinirana sa tekućim amonijakom od dva ispiranja reaktora, a prije dodavanja vode i ostavljanja smjese da isparava u kapeli preko noći. Dobiven čvrsti ostatak analiziran je na prisustvo GB, ali ništa nije nađeno, što ukazuje da je bar 99,9999999 % GB uništeno. Daljnja analiza taloga dala je slijedeću bilancu materijala:

Element	Dodano (g)	Izdvojeno(g)	(%)	Identifikacija
Natrij	36,63	37,9	90	NaF
Fluor	11,96	11,4	95	NaF
Ugljik	30,36	19,9	66	fosfonati
5 Fosfor	20,24	16,1	90	fosfonati

Korištena je NMR spektroskopija za daljnju identifikaciju proizvoda reakcije. Treba ukazati na činjenicu da je NMR spektar pokazao potpuno nepostojanje ^{31}P dubleta na 28 ppm, ali je bio konzistentan sa jednom nedirnutom dvostrukom vezom sa fosforom. Mada se niti želi, niti namjerava biti time vezan, privremeno je zaključeno da je u reakciji raskinuta veza P-F, pošto ni jedna P-F veza nije primijećena u NMR spektru. Međutim, čini se da je P-CH₃ struktura ostala nedirnuta.

Eksperiment C

Eksperiment većeg obujma izveden je koristeći poboljšani veliki reaktor opisan u Primjeru 1. Najprije je tekući amonijak (-4,5 l) sipan u reaktor, a potom je natrij (139 g, 6,04 mol) dodavan po inkrementima, uz miješanje, tako da je održavana koncentracija natrija na oko 4% mas. GB (292 g, 2,09 mola) dodavan je lagano da bi se održavala temperatura ne viša od 21°C i pritisak ispod 9,8 bar. Poslije dovršenog dodavanja KBS, muljevita reagirajuća smjesa je pumpanjem prebačena u posebnu posudu i amonijak je pušten da ispari.

20 Drugo punjenje tekućeg amonijaka (4,5 l) sipano je u reaktor i dodan je dodatni natrij (117 g, 5,1 mol) po inkrementima, kao i prije. GB (279 g, 2,0 mol) dodavan je kao u prvoj partiji, pa je dobiven muljevit proizvod reakcije. Ovaj je proizvod dodan proizvodu dobivenom u prvoj partiji, pa je kombinaciji dodano 15 ml vode. Dobiveni proizvod (1250 ml) bio je gusta, siva, pjenasta, nehomogena tekućina.

25 Analiza proizvoda na zaostali GB dovela je do zaključka da je najmanje 99,999999 % GB uništeno u toku reakcije. Dalje je zaključeno da je 1 mol GB reagirao sa 2,6 mol natrija, što je slično stehiometriji primijećenoj kod reakcija manjeg obujma.

30 Proizvodi reakcije su bili isti kao oni nađeni kod reakcija manjeg obujma, osim što je u reagirajućoj smjesi nađen i izopropanol. Utvrđena je slijedeća materijalna bilanca:

Element	Dodano (g)	Izdvojeno(g)	(%)	Identifikacija
Natrij	256	225	88	NaF
Fluor	74	54	72	NaF
35 Ugljik	188	-	-	-
Fosfor	125	116	93	fosfonati

Eksperiment D

40 Ponovljen je Eksperiment A, osim što je korišten kalcij (14 g, 0,35 mol) umjesto natrija. Rezultati su u suštini isti kao i u Eksperimentu A.

Eksperiment E

45 Ponovljen je Eksperiment A, osim što je korišten etilen diamin (1,5 l) umjesto bezvodnog tekućeg amonijaka. Rezultati su u suštini isti kao i u Eksperimentu A.

Primjer 6

Razaranje GD plina koji djeluje na živce, pinakolil metil fosfonofluoridata

Eksperiment A

50 Slobodan prostor reaktora bio je povezan sa nizom pročišćavača plinova, i to tri dodekanska pročišćavača, potom vodeni, pa sa vodenom klorovodičnom kiselinom, pri čemu je svaki od pročišćavača sadržao oko 250 ml tekućine. U tako opremljen reaktor stavljen je metalan natrij (3,9 g, 0,17 mol) i tekući amonijak (-1 l) uz miješanje. Poslije otapanja natrija, dodan je GD (9,41 g, 0,05 mol) takvom brzinom da temperatura u reaktoru nije prelazila 21°C, a pritisak u reaktoru je ostao ispod 9,8 bar. Reagirajuća smjesa je poslije reakcije ostala intenzivno plava, što ukazuje na višak solvativanih elektrona. Talog u reaktoru je ispušten i dodat mu je tekući amonijak od ispiranja reaktora. Dodano je oko 100 ml vode, pa je smjesa ostavljena u zadnjem dijelu kapele gdje je puštena da ispari amonijak.

60 Sadržaj pročišćavača plinova je identificiran pomoću gh i utvrđeno je da sadrže 0,08 g dimetilbutana, 0,16 g metilpentena i 0,09 g propilciklopropana. U pročišćavačima plinova nisu nađeni neorganski spojevi.

Prozračeni talog je analiziran na zaostali GD agens, ali nije ništa otkriveno,

Kao rezultat, zaključeno je da je bar 99,9999999 % GD uništeno. NMR spektroskopsko ispitivanje taloga ukazuje da je P-F veza raskinuta u toku reakcije, a na osnovi nepostojanja P-F veze u spektru. Također je utvrđeno da je talog sadržavao 0,12 g metilpentena. Daljnja analiza taloga dala je sljedeću materijalnu bilancu:

5	Element	Dodano (g)	Izdvojeno(g)	(%)	Identifikacija
	Natrij	3,8	2,9	76	NaF, NaOH
	Fluor	0,94	0,93	99	NaF
	Ugljik	4,32	3,6	83*	fosfonati
	Fosfor	1,6	0,90	54	fosfonati

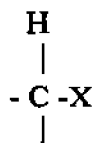
* 91% ako se doda sadržaj ugljika iz pročišćavača plinova.

Prethodni primjeri prikazuju postupak prema izumu izveden na pojedinačnim partijama KBS. Postupak prema izumu može se također izvoditi u reaktorskom sistemu prema ovom izumu, koji radi bilo u režimu po partijama, bilo kontinualno. Reaktorski sistem se može koristiti, ne samo za razaranje kemijskih borbenih sredstava, već i za druge reakcije koje zahtijevaju sličnu tehnologiju.

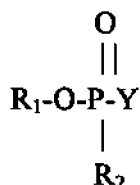
Prema slici 1, reaktorski sistem 10 obuhvaća više uređaja, uključujući reaktor 20, koji je opremljen omotačem za zagrijavanje/hlađenje, ako se želi, i raznim uređajima za praćenje temperature, pritiska i tako dalje, a prilagođen je da prima bilo azotnu osnovu ili top solvativiranih elektrona iz uređaja 30 za solvataciju, i KBS iz rezervoara 40 za skladištenje. Reaktorski sistem također obuhvaća kondenzator 50, taložnik 60, uređaj 70 za otapanje, uređaj 80 za oksidiranje, koji je komponenta koja se ugrađuje po želji, i modul 90 za obradu plinova, koji je također komponenta koja se ugrađuje po želji. Reaktorski sistem je opremljen pomoćnom opremom potrebnom za kontrolu temperature i pritiska u raznim komponentama sistema, u skladu sa potrebom da se izvrši razaranje KBS pri željenim vrijednostima tih parametara. Komercijalno su dostupne brojne varijante spomenutih uređaja, što omogućuje stručnom inženjeru da odabere optimalne komponente za posao koji treba obavljati.

Mada je reaktorski sistem prikazan na slici 1 specifično namijenjen za situaciju kada je KBS na raspolaganju u velikim količinama za prebacivanje u reaktor iz rezervoara 40 za skladištenje, očigledno je da se reaktor 20 može dimenzionirati, i osigurati pristup, ako se želi, da prihvata prirodne kontejnere KBS, u kojem su slučaju rezervoar 40 za skladištenje i pripadajući vodovi i oprema nepotrebni. Također može biti poželjno da se odvoje prazni prirodni kontejneri od struje 26 proizvoda prije daljnje obrade struje proizvoda.

Rad po partijama reaktorskog sistema 10 može se odvijati na način sličan onom opisanom u svezi sa naprijed spomenutim primjerima. Međutim, reaktorski sistem 10 se također može koristiti i za kontinualno izvođenje postupka. Pa tako ovaj izum daje preporučljiv postupak za razaranje nekog kemijskog borbenog sredstva biranog iz grupe koja se sastoji od plikavaca, plinova koji djeluju na živce i njihovih mješavina, pri čemu formula spomenutih plikavaca sadrži bar jednu grupu formule:



gdje X je halogen, dok su plinovi koji djeluju na živce prikazani formulom:



gdje R₁ je alkil, R₂ je biran od alkila i amino, a Y je jedna odlazeća grupa, pri čemu postupak obuhvaća osiguranje reaktorskog sistema koji obuhvaća (1) reaktor za prihvatanje KBS, (2) uređaj za solvataciju koji sadrži azotnu osnovu u kojoj se eventualno otapa aktivni metal, čineći top solvativiranih elektrona, (3) kondenzator za obradu plina koji se razvija iz reaktora, (4) taložnik za prihvatanje muljevitih proizvoda reakcije i razdvajanje proizvoda reakcije na tekuću frakciju i na čvrstu frakciju, i (5) uređaj za otapanje za dovođenje čvrste frakcije u dodir sa vodom radi dobivanja tečljive smjese; kontinualno punjenje uređaja za solvataciju azotnom bazom i aktivnim metalom, ako se želi; i kontinualno

uvođenje azotne baze ili topa solvatiranih elektrona u reaktor, kontinualno dovodenje kemijskog borbenog sredstva u reaktor; kontinualno izdvajanje azotne osnove iz razvijenog plina i uvođenje izdvojene azotne osnove u uređaj za solvataciju kao svježe dopune; kontinualno prihvaćanje muljevutih proizvoda reakcije u taložnik i kontinualno razdvajanje proizvoda reakcije na čvrstu frakciju i na tekuću frakciju; kontinualno uvođenje tekuće frakcije u uređaj za solvataciju kao svježe dopune; i kontinualno dovodenje čvrste frakcije u dodir sa vodom u uređaju za otapanje, proizvodeći tečljivu smjesu, pri čemu tečljiva smjesa sadrži manje od oko 10%, poželjno manje od oko 5%, a najpoželjnije manje od oko 1 % mas. kemijskog borbenog sredstva unijetog u reaktor.

Kontinualan rad reaktorskog sistema odvija se na slijedeći način: U slučaju napajanja KBS iz velikog rezervoara, uređaj 39 za solvataciju se kontinualno puni azotnom bazom, a prema potrebi (struja 31). Ako će se koristiti izvođenje postupka koji koristi solvatirane elektrone, onda se i aktivni metal kontinualno uvodi u uređaj 30 za solvataciju kao struja 33. Struja 33 je ugrađena po želji, pa ako reakcija koja se želi izvesti ne zahtijeva aktivan metal, struja 33 se izostavlja, ali ostali dio operacije se nastavlja kao što će biti opisano.

Kemijsko borbeno sredstvo dodaje se kontinualno u reaktor kao struja 42, eventualno koristeći pumpu 41, a nakon aktiviranja miješalice 21. Temperatura reagirajuće smjese u reaktoru 20 je kontrolirana tako, da azotna osnova i plinoviti proizvodi razaranja KBS, koji se nalaze u slobodnom prostoru reaktora, prolaze kao struja 25 u kondenzator 50 u kome se plin koji se može kondenzirati, na primjer azotna osnova, kondenzira, poslije čega se bar dio tog kondenzata vraća u reaktor kao povratna, refluksna, struja 52. Jedan probran dio kondenzata se eventualno izdvaja kao struja 53 koja se vraća, eventualno koristeći pumpu 51, u uređaj 30 za solvataciju kao svježa azotna osnova.

Sav nekondenziran plin koji izlazi iz kondenzatora 50, obrađuje se, po želji, u modulu 90 za obradu otpadnog plina, koristeći, na primjer, tehnologiju pročišćavača plinova, radi odvajanja plinova koji su neškodljivi radi ispuštanja u okoliš kao struje 91, i odvođenja svih toksičnih plinova, ili topa iz pročišćavača plinova koji ih sadrže u uređaj 70 za otapanje u vidu struje 97.

U međuvremenu se reagirajuća smjesa koja sadrži proizvod, u vidu taloga, kontinualno izvlači iz reaktora 20 i odvodi kao struja 26 do taložnika 60, gdje se reagirajuća smjesa kontinualno taloži i daje tekuću frakciju, bogatu azotnom osnovom, koja se vodi kao struja 63 do uređaja 30 za solvataciju kao svježa dopuna azotne osnove, kao i jednu čvrstu frakciju koja se odvodi kao struja 67 do uređaja 70 za otapanje.

Voda, struja 71, kontinualno se dovodi u uređaj 70 za otapanje, u kome voda dolazi u dodir i otapa sve u vodi topljive komponente čvrste frakcije. Vodom topljena čvrsta materija obično sadrži neorganske soli koje se mogu dalje prečišćavati i prodati, ako se želi, ili se mogu pretvoriti u otpatke. Materijal koji se dovodi u uređaj za otapanje, a koji nije topljiv u vodi, obično sadrži organske materije koje se mogu smatrati otpacima ili se mogu vratiti u reaktor na ponovnu obradu.

Po želji se mogu jedne ili druge, ili i jedne i druge, u vodi topljive i u vodi netopljive komponente, nađene u uređaju 70 za otapanje, odvesti kao struja 79 do uređaja 80 za oksidiranje za, poželjno, kemijsku oksidaciju, pri čemu izlazna struja 81 idealno sadrži samo ugljik-dioksid, vodu i neorganske spojeve koji se mogu smatrati otpacima ili kao vrijedni materijali izdvojeni iz tog uređaja.

Mada je ovaj izum opisan preko specifičnih primjera, nije namjera da se izum ograniči na specifična izvođenja. izum se može ograničiti samo opsegom slijedećih patentnih zahtjeva.

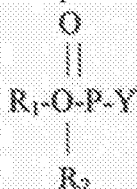
PATENTNI ZAHTEJEVI

1. Postupak za uništavanje kemijskog borbenog sredstva, **naznačen time**, što taj postupak obuhvaća
 - (A) sastavljanje reagirajuće smjese pripremljene od sirovina koje sadrže
 - (1) azotnu osnovu,
 - (2) bar jedno kemijsko borbeno sredstvo, i
 - (3) aktivan metal u količini dovoljnoj za razaranja kemijskog borbenog sredstva, i
 - (B) reagiranje te smjese.
2. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time**, što reagirajuća smjesa sadrži solvatirane elektrone.
3. Postupak prema zahtjevu 2, **naznačen time**, što se reagirajuća smjesa sastavlja prvo miješanjem azotne osnove sa aktivnim metalom, proizvodeći top koji sadrži solvatizirane elektrone, a zatim kombiniranjem topa sa kemijskim borbenim sredstvom.
4. Postupak prema zahtjevu 2, **naznačen time**, što se solvatirani elektroni proizvode u reagirajućoj smjesi.
5. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time**, što je kemijsko borbeno sredstvo u svom prirodnom kontejneru a reagirajuća smjesa je načinjena u tom prirodnom kontejneru.
6. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time**, što je kemijsko borbeno sredstvo birano iz grupe koja se sastoji od

plikavaca, otrovnih plinova koji djeluju na živce i njihovih mješavina, pri čemu formula tih plikavaca sadrži bar jednu grupu formule:



gdje X je halogen, dok su plinovi koji djeluju na živce prikazani formulom:

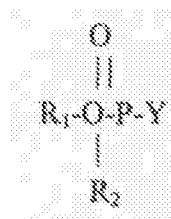


gdje R_1 je alkil, R_2 je biran od alkila i amino, a Y je jedna odlazeća grupa.

7. Postupak prema zahtjevu 6, **naznačen time**, što R_2 je alkil, a Y je birano iz grupe koja se sastoji od halogena, nitrila i sulfida.
8. Postupak prema zahtjevu 6, **naznačen time** što je X klor.
9. Postupak prema zahtjevu 6, **naznačen time** što je Y halogen.
10. Postupak prema zahtjevu 6, **naznačen time** što je Y fluor.
11. Postupak prema zahtjevu 6, **naznačen time**, što su plikavci birani iz grupe koja se sastoji od HD i Luizita, dok su plinovi koji djeluju na živce birani iz grupe koja se sastoji od GA, GB, GD i VX.
12. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time**, što se aktivni metal bira iz grupa IA i IIA periodičkog sistema elemenata i njihovih mješavina.
13. Postupak prema zahtjevu 12, **naznačen time**, što se aktivni metal bira od Li, Na, K, Ca i njihovih mješavina.
14. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time**, što je molarna količina aktivnog metala bar dva puta veća od molarne količine kemijskog borbenog sredstva.
15. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time**, što se azotna osnova bira iz grupe koja se sastoji od amonijaka, amina i njihovih mješavina.
16. Postupak prema zahtjevu 15, **naznačen time**, što se amini biraju iz grupe koja se sastoji od metilamina, etilamina, propilamina, izopropilamina, butilamina i etilenamina.
17. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time**, što dalje obuhvaća oksidiranje bar dijela reagirajuće smjese nakon razaranja kemijskog borbenog sredstva.
18. Postupak prema zahtjevu 17, **naznačen time**, što sredstvo za oksidiranje obuhvaća vodik-peroksid.
19. Postupak za uništavanje kemijskog borbenog sredstva, **naznačen time**, što taj postupak obuhvaća (A) sastavljanje reagirajuće smjese pripremljene od sirovina koje se u suštini sastoje od:
 - (1) azotne osnove, i
 - (2) bar jednog kemijskog borbenog sredstva, i
 (B) reagiranje te smjese.
20. Postupak prema zahtjevu 19, **naznačen time**, što je kemijsko borbeno sredstvo GA.
21. Postupak prema zahtjevu 19, **naznačen time**, što je azotna osnova amonijak.
22. Postupak za uništavanje kemijskog borbenog sredstva, **naznačen time**, što obuhvaća (A) sastavljanje reagirajuće smjese pripremljene od sirovina koje sadrže:
 - (1) azotnu osnovu biranu iz grupe koja se sastoji od amonijaka, amina i njihovih smjesa, pri čemu se amini biraju iz grupe koja se sastoji od metilamina, etilamina, propilamina, izopropilamina, butilamina i etilenamina,
 - (2) bar jedno kemijsko borbeno sredstvo birano iz grupe koja se sastoji od plikavaca, otrovnih plinova koji djeluju na živce i njihovih mješavina, pri čemu formula tih plikavaca sadrži bar jednu grupu formule:



gdje X je halogen, dok je plin koji djeluje na živce prikazan formulom:



gdje R_1 je alkil, R_2 je biran od alkila i amino, a Y je jedna odlazeća grupa, i

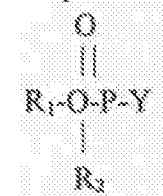
(3) bar jedan aktivni metal biran iz grupa IA i IIA periodičkog sistema elemenata i njihovih mješavina, i

(B) reagiranje smjese da bi se uništilo bar oko 90% mas. kemijskog borbenog sredstva.

23. Postupak prema zahtjevu 22, **naznačen time**, što reagirajuća smjesa sadrži solvatirane elektrone.
24. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time** e, stoje reagirajuća smjesa načinjena u reaktoru obuhvaćenom u jednom reaktorskom sistemu.
25. Postupak prema zahtjevu 24, **naznačen time**, što reaktorski sistem dalje obuhvaća uređaj za otapanje aktivnog metala u azotnoj osnovi radi sastavljanja topa koji sadrži solvatirane elektrone.
26. Postupak prema zahtjevu 25, **naznačen time**, što reaktorski sistem dalje obuhvaća uređaj za obradu plina razvijenog u reaktoru.
27. Postupak prema zahtjevu 26, **naznačen time**, što uređaj za obradu plina obuhvaća uređaj za izdvajanje azotne osnove i njeno recikliranje kao svježe dovedene dopune.
28. Postupak prema zahtjevu 27, **naznačen time**, što reaktorski sistem dalje obuhvaća jedan taložnik za prihvaćanje proizvoda reakcije iz reaktora i razdvajanje proizvoda reakcije na tekuću frakciju i na čvrstu frakciju.
29. Postupak prema zahtjevu 28, **naznačen time**, što reakcijski sistem dalje obuhvaća uređaj za dovođenje čvrste frakcije u dodir sa vodom radi dobivanja tečljive smjese.
30. Postupak prema zahtjevu 29, **naznačen time**, što reaktorski sistem dalje obuhvaća uređaj za oksidiranje tečljive smjese.
31. Postupak prema zahtjevu 28, **naznačen time**, što se odvija kontinualno.
32. Postupak za uništavanje jednog kemijskog borbenog sredstva biranog iz grupe koja se sastoji od plikavaca, otrovnih plinova koji djeluju na živce i njihovih mješavina, pri čemu formula tih plikavaca sadrži bar jednu grupu formule:



gdje X je halogen, dok su plinovi koji djeluju na živce prikazani formulom:



gdje R_1 je alkil, R_2 je biran od alkila i amino, a Y je jedna odlazeća grupa, **naznačen time**, što obuhvaća:

- (A) osiguranje reaktorskog sistema koji obuhvaća
 - (1) reaktor za prihvaćanje kemijskog borbenog sredstva,
 - (2) uređaj za solvataciju za otapanje aktivnog metala u azotnoj osnovi radi sastavljanja topa solvatiranih elektrona,
 - (3) kondenzator za obradu plina koji se razvija iz reaktora,
 - (4) taložnik za prihvaćanje muljevitih proizvoda reakcije i razdvajanje proizvoda reakcije na tekuću frakciju i na čvrstu frakciju, i
 - (5) uređaj za otapanje za dovođenje čvrste frakcije u dodir sa vodom radi dobivanja tečljive smjese;
- (B) kontinualno punjenje uređaja za solvataciju azotnom bazom i aktivnim metalom, i kontinualno uvođenje topa reaktor,
- (C) kontinualno dovođenje kemijskog borbenog sredstva u reaktor,
- (D) kontinualno izdvajanje azotne osnove iz razvijenog plina i uvođenje izdvojene azotne osnove u uređaj za solvataciju kao svježe dopune;
- (E) kontinualno prihvaćanje muljevitih proizvoda reakcije u taložnik i kontinualno razdvajanje proizvoda reakcije na čvrstu frakciju i na tekuću frakciju;
- (F) kontinualno uvođenje tekuće frakcije u uređaj za solvataciju kao svježe dopune; i
- (G) kontinualno dovođenje čvrste frakcije u dodir sa vodom u uređaju za otapanje, proizvodeći tečljivu smjesu, pri čemu tečljiva smjesa sadrži manje od oko 10% mas. kemijskog borbenog sredstva unijetog u reaktor.
33. Postupak prema zahtjevu 32, **naznačen time**, što reaktorski sistem dalje obuhvaća jedan uređaj za oksidiranje, a

tečljiva se smjesa kontinualno oksidira u uređaju za oksidiranje u proizvode povoljne za okoliš.

34. Reaktorski sistem za izvođenje kemijske reakcije između jednog organskog spoja i reagensa koji sadrži solvativane elektrone, **naznačen time** što obuhvaća reaktor za držanje spomenutog organskog spoja pomiješanog sa spomenutim reagensom koji sadrži solvativane elektrone, kondenzator za obradu plina razvijenog u reaktoru, taložnik za prihvatanje proizvoda reakcije iz reaktora i za razdvajanje proizvoda reakcije na tekuću frakciju i na čvrstu frakciju, i uređaj za otapanje za prihvatanje čvrste frakcije i njenu obradu vodom, za proizvodnju tečljive smjese za dalje uklanjanje.
35. Reaktorski sistem prema zahtjevu 34, **naznačen time** što dalje obuhvaća uređaj za solvataciju za otapanje aktivnog metala u nekoj azotnoj osnovi da bi se proizveo spomenuti reagens koji sadrži solvativane elektrone.
36. Reaktorski sistem prema zahtjevu 34, **naznačen time**, što dalje obuhvaća uređaj za oksidiranje za prihvatanje tečljive smjese iz uređaja za otapanje i za oksidiranje smjese.
37. Reaktorski sistem prema zahtjevu 34, **naznačen time**, što dalje obuhvaća modul za obradu otpadnog plina za prečišćavanje plinova razvijenih iz reaktora.

SAŽETAK

Kemijska borben sredstva, uključujući plikavce i plinove koji djeluju na živce rasprostranjene širom svijeta, uništavaju se kada se kemijski reagiraju prema postupku i koristeći uređaj prema ovom izumu. Postupak obuhvaća reagiranje kemijskog borbenog sredstva sa dušičnom osnovom, koja eventualno sadrži solvativane elektrone koji se proizvode otapanjem nekog aktivnog metala kao što je natrij u dušičnoj bazi kao što je bezvodan tekući amonijak.