

uzima se elastični nosač uklješten u tlo. Točniji rezultati dobivaju se pokusnim opterećenjem pilota horizontalnom silom.

Ispitivanjima je utvrđeno da se granična nosivost grupe pilota ne podudara sa sumom nosivosti pojedinačnih pilota. Granična nosivost grupe pilota iznosi

$$Q_g = nQ\eta, \quad (4)$$

gdje je n broj pilota u grupi, Q granična sila loma jednog pilota, a η koeficijent korekcije. U literaturi se mogu naći vrijednosti koeficijenta korekcije koji ovisi o razmaku i promjeru pilota.

Slijeganje pilota nastaje zbog elastične deformacije tijela pilota, deformacije tla oko i ispod vrha pilota. Postoje računске metode kojima se određuje slijeganje glave pilota, ali najtočniji rezultati dobivaju se pokusnim opterećenjem pilota.

Slijeganje grupe pilota osnovni je kriterij prema kojemu se određuje ukupna sila koju može preuzeti grupa pilota povezana naglavnom konstrukcijom. Ako su piloti na gornjem kraju međusobno povezani krutom naglavnicom, temelj će se građevine jednako slijegati u svim točkama. Preraspodjela sila među pojedinim pilotima u grupi može u određenim uvjetima biti veoma važna.

Izvijanje pilota u tlu računa se prema jednadžbama teorije elastičnosti (Eulerov postupak). Rezultati dosadašnjih ispitivanja pokazuju da već mala otpornost na smicanje tla oko pilota veoma povećava kritičnu silu izvijanja.

LIT.: K. Terzaghi, *Theoretical Soil Mechanics*. J. Wiley & Sons, New York 1943. — K. Szechy, *Der Grundbau*. Springer-Verlag, Wien-New York 1963—1965. — V. Kostić, *Fundiranje II i III*. Građevinska knjiga, Beograd 1968/69. — *Geomehanika i fundiranje*. Izgradnja (posebno izdanje), Beograd 1973. — I. Klainer, *Temeljenje na pilotima*. DIT, Zagreb 1978. — Z. Lisac, *Proračun pilota*. DIT, Zagreb 1978. — E. Nonveiller, *Mehanika tla, Temeljenje građevina*. Školska knjiga, Zagreb 1979.

I. Jašarević

PJENE I AEROSOLI, disperzije plinova u kapljevina ili čvrstim tvarima, odnosno vrlo fine disperzije čvrstih tvari ili kapljevina (te čvrstih tvari i kapljevina) u plinovima.

Među disperzijama plinova u kapljevina razlikuju se *plinski soli*, kojima su mjehurići plina veličine koloidnih čestica, i *pjene* u užem smislu, kojima su mjehurići većih dimenzija. Disperzije plinova u plastičnim, elastičnim i čvrstim tvarima, koje se obično promatraju kao pjene u širem smislu, redovno nastaju iz pjena u užem smislu skrućivanjem njihovih kapljevih faza. Plastične i elastične disperzije plinova (npr. disperzije plinova u polimerima, koje su šire poznate kao pjenasti polimerni materijali, disperzije plinova u gumi) nazivaju se *zajedničkim imenom spužvaste tvari*. Čvrste disperzije plinova, kao što je mineral plovućac, često se nazivaju *čvrstim pjenama*.

Čestice disperznih faza aerosola uvijek su koloidne. Već prema tome da li su te čestice čvrste ili kapljevite tvari, aerosoli se nazivaju različitim imenima, npr. dim, prašina, odnosno magla, oblak.

Za disperzije se općenito može reći (ako se izuzmu molekularne disperzije) da njihova raspršena (dispergirana, disperzna) faza kao i njihovo disperzno sredstvo (kontinualna faza) mogu biti u bilo kojem agregatnom stanju, a od tih stanja zavise nazivi za pojedine slučajeve.

Tako se npr. uz pjene i aerosole među disperzijama razlikuju još i emulzije (v. *Emulgiranje*, TE 5, str. 313) i suspenzije.

Kao i općenito za koloidne sustave (v. *Koloidika*, TE 7, str. 184), i za pjene i aerosole karakteristična je velika granična površina dispergirane faze i disperznog sredstva. Zbog toga su i neka osobujna svojstva pjena i aerosola slična svojstvima ostalih koloidnih sustava.

Kao i kod ostalih koloidnih sustava, procesi nastajanja pjena i aerosola mogu se svrstati u dvije osnovne skupine: okupljanje (agregiranje) sitnijih čestica (atoma, molekula ili njihovih nakupina), tzv. kondenziranje, te sitnjenje različitih većih aglomerata čestica, tzv. dispergiranje.

DISPERZIJE PLINOVA U KAPLJEVINAMA

Od postupaka dobivanja plinskih sola i pjena u užem smislu *dispergiranje* najviše se upotrebljavaju postupci ubrizgavanja plina u kapljevinu kroz sapnice ili injektorom.

Jedan od postupaka dobivanja tih disperzija kondenziranjem jest smanjivanje topljivosti plina u kapljevini u kojoj je on bio prethodno otopljen. Time se plin izlučuje iz otopine u mjehurićima. Za tu se svrhu topljivost plina može smanjivati sniženjem tlaka iznad otopine plina (v. *Apsorpcija plinova*, TE 1, str. 324), ili otapanjem neke druge tvari u otopini plina.

Tako se, npr., zapjeni pjenušavo (muzirajuće) piće kad se otčepi boca u kojoj je ambalažirano, jer se time u njoj naglo smanji tlak, a nastaje opalescirajući plinski sol kad se voda koja je duže bila u kontaktu sa zrakom miješa s koncentriranom otopinom natrij-hidroksida. (Plinski soli u kojima je voda disperzno sredstvo nazivaju se hidrosolima.)

Drugi postupak dobivanja plinskih sola i pjena *kondenziranjem* jest pomoću kemijske reakcije kojom od otopljenih reaktanata (inače čvrstih ili kapljevih tvari) nastaje plinoviti produkt. Tako se proizvodi npr. pjena za gašenje požara nekim aparatima za tu svrhu.

Plinski soli uglavnom su nestabilni. Njihovi fini mjehurići dosta brzo koaliraju u grublje. To je popraćeno mijenjanjem izgleda disperzije. Ona prestaje opalescirati i postaje najprije mutna, a zatim mlječnobijela.

Hidrosol zraka dobiven miješanjem vode u kojoj je bio otopljen zrak s otopinom natrij-hidroksida u vodi to je stabilniji što je niža temperatura sustava i što mu je veća koncentracija natrij-hidroksida. Postojanost tog hidrosola može se dalje povećavati dodavanjem glicerola, jer on djeluje kao stabilizator (također to jače što mu je veća koncentracija).

Stabilnost plinskih hidrosola zavisi i od svojstava njihovih plinova. Općenito je ona to veća što je plin manje topljiv u vodi. Tako, npr., topljivost plinova opada, a stabilnost njihovih hidrosola raste u nizu ugljik(IV)-oksid, kisik, vodik, dušik.

Naravno, iz istog razloga kao i u emulzijama udio disperzne faze u plinskim solima i pjenama ne može biti veći od nekog manje-više određenog udjela. (Nakon njegova prekoračenja u emulzijama nastupa inverzija faza.) Višak dispergirano plina iznad tog sadržaja izlučuje se u velikim mjehurima koji lako napuštaju sustav.

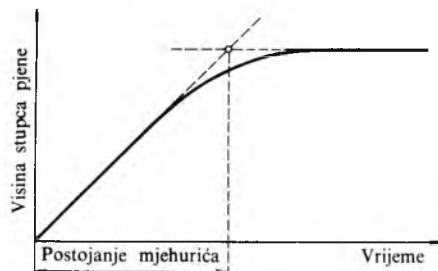
Dakako, finoća i stabilnost plinskih hidrosola mogu se povećavati i pomoću površinski aktivnih tvari (tenzida, surfaktanta; v. *Detergenti*, TE 3, str. 248; v. *Emulgiranje*, TE 5, str. 314; v. *Flotacija*, TE 5, str. 461; v. *Tenzidi*), zaštitnih koloida i smjesa tih tvari. Međutim, dodavanje tenzida poboljšava nastajanje i postojanost pjene u sustavu samo do nekog maksimuma. Daljim dodavanjem tenzida sustavu smanjuje se ta njegova sposobnost.

Maksimum sposobnosti sustava da stvara pjenu i da se ona održava u njemu postiže se kad napetost površine (v. *Kapljevina*, TE 6, str. 655) dostigne konstantnu vrijednost. Koncentracija tenzida pri kojoj se doseže ta vrijednost zavisi od prirode te tvari.

Ta se pojava povezuje s amfipatskom strukturom molekula tenzida (pod tim nazivom razumijevaju se molekule koje se sastoje od neke polarne, hidrofilne i neke nepolarne, hidrofobne skupine) i orijentacijom tih molekula aglomeriranih na stijenka mjehurića pjene (v. *Flotacija*, TE 5, str. 464, sl. 12; v. *Emulgiranje*, TE 5, str. 314, sl. 1) koji slobodno lebde u zraku. Ta je stijenka od tankog sloja kapljevine, koji je s obje strane u kontaktu sa zrakom. Kad je ta kapljevina voda, u njemu su amfipatske molekule orijentirane tako da im je hidrofilna skupina uronjena u kapljevinu, a njihova hidrofobna skupina upravljena u zrak. Povećavanjem koncentracije tenzida povećava se i broj orijentiranih amfipatskih molekula na stranama stijenke mjehura. Kad ta koncentracija dosegne vrijednost pri kojoj se s obje strane mjehurića nalazi neprekinuti monomolekularni sloj međusobno paralelno raspoređenih amfipatskih molekula orijentiranih na opisani način, dostignuto je najpovoljnije stanje za stvaranje i održavanje pjene.

Kad je koncentracija tenzida manja, vladaju za to manje povoljna stanja, jer tada na stijenjkama mjehurića ima još tzv. praznih mjesta za smještaj amfipatskih molekula, pa je na tim mjestima vrijednost napona površine još uvijek veća od minimalne koja se može postići pomoću tog tenzida. Stanja pri kojima je ta koncentracija veća od optimalne manje su povoljna za stvaranje i održavanje pjene zbog toga što tada višak amfipatskih molekula u stijenjkama mjehurića poremećuje opisanu orijentaciju.

Postojanost pjene određuje se propuhivanjem plina kroz vertikalni stupac kapljevine od dna prema gore. Pri tom se pjena stvara na dnu, a njen se stupac u početku produljuje dok njegova visina ne dosegne neku konstantnu vrijednost. Pjena stalno nestaje s vrha njena stupca. Rast je stupca pjene linearan s vremenom (sl. 1). Odatle slijedi da projekcija sjecišta pravca kose i horizontalne grane eksperimentalne krivulje (sl. 1) na apscisu određuje trajanje postojanja jednog mjehurića.



Sl. 1. Shematski prikaz rezultata mjerenja postojanosti pjene

Primjena pjena i hidrosola vrlo je široka. Za nju je prije svega važno osnovno svojstvo tih disperzija, velika specifična granična površina njihove plinske i kapljevite faze, jer se pomoću tih tvari može mnogo poboljšati kontakt s plinom u mnogim procesima u kojima je on sudionik.

Tako se, npr., hidrosol vodika može upotrijebiti za neke procese hidrogenacije, hidrosol kisika za neke procese oksidacije. Na upotrebi pjene zasnivaju se neke za industriju vrlo važne separacijske operacije (npr. flotacija).

Pjene su važne i u svakodnevnom životu civiliziranog društva, osobito za hranu. Pjenasta hrana ima specifična organoleptička svojstva (svojstva hrane važna pri hranjenju, osobito miris i okus), i mnogo je probavljivija. Tipične pjene koje služe za hranu jesu tučeno vrhnje i tučeni jajčani bjelanjak. (Amfipatska svojstva molekula bjelančevina omogućuju zapjenjivanje te hrane.)

Pjene dobivene od negorivih kapljevina i plinova važne su i kao vatrozaštitna sredstva. U toj se oblasti njihova upotreba zasniva na njihovoj moći izolacije gorućih predmeta od atmosfere, a time i od kisika potrebnog za gorenje.

Međutim, spontane pojave pjene mogu i štetno djelovati. (Tako je, npr., pjenjenje štetno pri dobivanju nekih proizvoda od umjetnih smola lijevanjem, te folija i filmova.) Tada se za suzbijanje pjenjenja upotrebljavaju tvari koje djeluju suprotno tenzidima, među ostalim alkohol i eter, a koje se otapaju u stijenjkama mjehurića i adsorbiraju na njihovim stranama.

PJENASTI POLIMERNI MATERIJALI

Zahvaljujući šupljikavosti i poroznosti, pjenasti polimerni materijali imaju niz osebnih svojstava, npr. općenito malu gustoću, slabu vodljivost topline, veliku moć apsorpcije zvuka, laku preradljivost mehaničkim operacijama. Osim toga, neki pjenasti polimerni materijali imaju i različita individualna svojstva povoljna za specifičnu upotrebu. Sva ta svojstva čine pjenaste polimerne materijale vrlo važnim materijalima za različite potrebe (v. *Elektrotehnički materijali*, TE 5, str. 86, 94; v. *Polimerni materijali*).

Pjenasti polimerni materijali mogu se svrstati prema mehanizmu nastajanja i karakteristikama njihova osnovnog materijala, tj. kao i kompaktni polimerni materijali u tri osnovne skupine: polimerizadni, poliaduktni i polikondenzadni pjenasti polimerni materijali.

Polimerizadni pjenasti polimerni materijali jesu plastomeri, pa se daju oblikovati plastičnom deformacijom. Međutim, tim postupcima ne daju se oblikovati poliaduktni i polikondenzadni pjenasti polimerni materijali, jer su to duromeri. Zbog toga, da bi se postigla čvrsta mrežasta struktura pjene, zapjenjivanje u proizvodnji takvih pjenastih polimernih materijala mora biti popraćeno očvršćivanjem njihova osnovnog materijala.

Sredstva za zapjenjivanje u proizvodnji polimerizadnih pjenastih polimernih materijala mogu biti permanentni plinovi, kapljevine s niskim vrelištem, te plinoviti produkti koji nastaju raspadom različitih tvari tokom polimerizacije, što se za tu svrhu dodaju sirovinama. U proizvodnji poliaduktinih i polikondenzadnih pjenastih polimernih materijala zapjenjuje se propuhivanjem zraka ili razvijanjem plinova u reakcijskom sustavu reakcijama među prethodno dodanim tvarima, uz sredstva za podupiranje pjenjenja, obično sapun.

S obzirom na strukturu njihovih unutrašnjih šupljina pjenasti polimerni materijali također se svrstavaju u tri skupine: sa zatvorenim, otvorenim i mješovitim šupljinama. Prvi imaju više od 90% međusobno odvojenih šupljina, drugi više od 90% međusobno povezanih. U treću od tih skupina ubrajaju se ostali pjenasti polimerni materijali. Ta struktura zavisi od vrste osnovnog materijala pjenastog polimernog materijala i od načina na koji je on dobio.

Tako se pjenasti polimerni materijali sa zatvorenim šupljinama dobivaju od plastomera ako je sredstvo za zapjenjivanje bilo homogeno raspoređeno u osnovnom materijalu. Inače se od svih polimernih materijala dobivaju pretežno materijali s otvorenim šupljinama.

U poliuretanskim pjenastim polimernim materijalima zapažena je ovisnost strukture šupljina o relativnoj molekularskoj masi ishodnih sirovina ako je zapjenjivanje bilo prilagođeno toku poliadicije kojom su dobiveni ti proizvodi. Osim toga, zapažene su i pojave povezane s nastajanjem pjenastih polimernih materijala i s činiocima koji uvjetuju njihova svojstva. Tako su, npr., otvorene šupljine tih proizvoda općenito veće od zatvorenih, zatvorene šupljine poliuretanskih pjenastih materijala finije su od šupljina polikondenzadnih unutar nekih granica, povećanjem koncentracije sredstva za zapjenjivanje u reakcijskom sustavu pri dobivanju tih materijala dobivaju se grublje šupljine, šupljine u pjenastom polistirenu manje su ako se pri njegovoj proizvodnji sustavu dodaju tzv. klice (nukleusi) nastajanja mjehurića, kao što su smjese citronske kiseline i natrij-hidrogenkarbonata, ili anorganski pigmenti.

S obzirom na mehanička svojstva pjenasti se polimerni materijali svrstavaju u krhke, žilave, te meke i elastične. Prvi su pretežno polikondenzati, drugi su vinilplasti, kao što su polistiren i poli(vinil-klorid), treći plastificirani poli(vinil-klorid) i poliuretani, a i polietilen.

Primjena pjenastih polimernih materijala skoro je nepregledna. Ti su materijali osobito važni za izolaciju, posebno toplinsku, električnu i zvučnu. Među ostalim važnim područjima primjene tih materijala treba istaknuti i proizvodnju ambalaže, umjetne kože (skaja), dekora, brtvi, jastuka, otirača, plutača, plavaka, pojasa za plivanje.

Možda će u bliskoj budućnosti pjenasti polimerni materijali poslužiti za fertilizaciju pustinjskog tla. Naime, od karbamid-formaldehidnih kondenzata može se (propuhivanjem zraka) dobiti spužvasta tvar sa dvadesetpetostrukim volumenom s obzirom na volumen njena osnovnog materijala u kompaktnom stanju. Dodatkom gnojiva, malih količina spojeva elemenata što su potrebni samo u tragovima da bi tlo bilo fertilno, i bakterija tla dobiva se podloga koja kad se postavi pod sloj pijeska i natopi vodom stvara uvjete za duže uspijevanje biljaka. Zbog spužvaste strukture pjenastih polimernih materijala takvo umjetno tlo može poslužiti i kao spremište vode.

PRIRODNI AEROSOLI I AEROSOLI U PRIRODI NASTALI ČOVJEKOVIM DJELOVANJEM

Pojave aerosola u atmosferi vrlo su raširene i raznolike. Vrlo su važni činioci općeg životnog ambijenta. Danas njihovo nastajanje nije samo prirodno, već je sve više i posljedica čovje-

ili titan(IV)-klorida parom prisutnom u zraku. Takvi se dimovi upotrebljavaju, npr., za tzv. pisanje po nebu u reklamne svrhe. Osim kemijskim reakcijama, dimovi i umjetne magle proizvode se i dispergiranjem, npr. nafte pomoću pregrijane pare.

Štetno djelovanje i suzbijanje dimova i prašina. Dimovi i prašine u prvom redu štetno djeluju na dišne organe. Udisanje aerosola kojima je disperzna faza čvrsta tvar može uzrokovati oštećenja, osobito ranjavanje tih organa, a ako je trajno, profesionalne bolesti, npr. pneumokonioze, silikozu, talkozu, azbestozu (zbog djelovanja prašine, odnosno prašine od silicij-oksida, talka, azbesta).

Osim toga, dimovi i prašine iznad industrijskih područja remete ozračivanje atmosfere i tla Sunčevom svjetlošću, osobito nekim dijelovima njena spektra potrebnim za život (ultraljubičastim zrakama).

Stvaranje dimova i prašine u industriji može se ograničiti već izborom tzv. mokrih, namjesto suhih postupaka proizvodnje (npr. mokrog, namjesto suhog mljevenja; v. *Mljevenje*, TE 8, str. 621) pri gradnji postrojenja, odnosno zamjenom suhog postupka mokrim u postrojenjima koja su već u eksploataciji.

U postrojenjima s proizvodnjom nužno povezanom s nastajanjem dimova i prašina zadimljavanje i zaprašivanje okoliša sprečava se različito, npr. ispiranjem dispergirane faze vodom, filtracijom, koagulacijom koloidnih čestica tih aerosola ako nisu odviše stabilni, elektrostatskom precipitacijom, ultrazvukom (v. *Čišćenje plinova*, TE 3, str. 115).

Za sprečavanje udisanja za zdravlje štetnih aerosola služe sredstva higijensko-tehničke zaštite, propisana tehnička zaštita na radnom mjestu i u bližem okolišu.

SPREJEVI

U posljednje vrijeme u svakidašnjem govoru pod sprejevima se razumijevaju proizvodi koji omogućuju da se aerosoli i pjene proizvedu vrlo brzo i jednostavno (tzv. pritiskanjem na dugme).

Pobude za dobivanje takvih proizvoda stare su i mnogobrojne, jer odavna postoji potreba što finijeg dispergiranja mnoštva proizvoda u zraku ili drugim plinovima da bi se oni učinili djelotvornijima. To su, npr., maziva, naliči, konzervansi, pjene za gašenje požara, baktericidi, herbicidi, insekticidi, sredstva za čišćenje, kozmetička sredstva (osobito dezodoransi, sredstva za njegu tijela, parfemi, v. *Kozmetika*, TE 7, str. 311), sredstva za inhaliranje. Zbog toga se odavna razvijaju metode za postizanje tog cilja. Od tih je bez sumnje najdjelotvorniji i najelegantniji najmlađi među njima, postupak raspršivanja supstancije ekspanzijom ukapljenog plina iz doza u kojima su oni zajedno ambalažirani.

Zamisao takva proizvoda potječe još iz 1899. godine. Opisivao ga je E. Rotheim nizom patenata 1926—1932, a 1933. T. Midgley je patentirao upotrebu fluorouglikovodika kao sredstva za raspršivanje.

Za vrijeme drugoga svjetskog rata L. D. Godhue i W. N. Sullivan dali su odlučujući impuls razvoju sprejeva konstrukcijom tzv. *insekticidnih bombi*. To su već bili aerosolni sprejevi, ali u relativno teškim, debelostjenim čeličnim bocama. Američka vojska ih je već tada uspješno upotrebljavala u borbi protiv insekata.

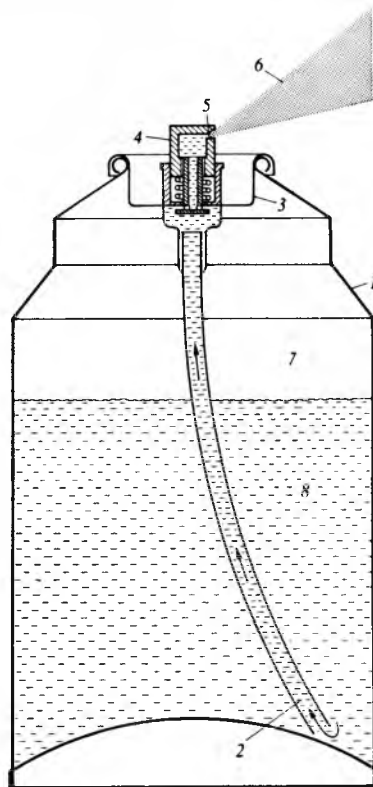
Prvi sprejevi za široku potrošnju pojavili su se 1947. na američkom tržištu. U Evropi se proizvodnja sprejeva počela razvijati početkom pedesetih godina. Kasnije je proizvodnja prikladnih, laganih limenih doza, jeftinih ventila i sredstava za raspršivanje omogućila brz razvoj proizvodnje sprejeva.

Iz široke upotrebe sprejeva dospio je u svakidašnji govor niz pogrešnih termina povezanih s tim proizvodima. Tako se doze za sprejeve nazivaju aerosolnim dozama, ili kratko aerosolima, govori se o aerosolnim proizvodima, aerosolskim ventilima, aerosolskom principu. Osim toga, pojam aerosola pogrešno je proširen i na raspršivanje uopće, pa i na proizvode koji nisu pravi aerosoli. Pod aerosolskom tehnikom danas se u običnom govoru razumijeva sve što se tiče razvoja, proizvodnje i primjene sprejeva.

Princip djelovanja sprejeva raspršivanjem ekspanzijom ukapljenog plina, kakvi se danas pretežno proizvode (sl. 2), vrlo je sličan nekim drugima, već odavna u upotrebi, koji se zasnivaju na istiskivanju kapljevina iz posuda komprimiranim plinovima (npr. na principu djelovanja sifona za soda-vodu, aparata za gašenje požara). Međutim, princip raspršivanja ekspanzijom ukapljenog plina ima niz prednosti u usporedbi s principom raspršivanja ekspanzijom komprimiranog plina i omogućuje široku primjenu.

Kad se ventil spreja otvori pritiskanjem njegove glave (4), plinska faza (7) u dozi ekspanzira i time istjeruje kapljevitu fazu (8) kroz uzlaznu cijev (2) i ispusnu sapnicu (5). Čim kapljevita faza spreja dospije u atmosferu, sredstvo za raspršivanje, koje se nalazi u njoj, naglo ekspanzira i tako dispergira

djelujuću tvar u mlaz (6) vrlo finih kapljica. To je dispergiranje osobito žestoko kad je sredstvo za dispergiranje ukapljeni plin. Kad se zatvori ventil takva spreja (odizanjem prsta s glave ventila), isparivanjem ukapljenog plina u unutrašnjosti doze brzo se ponovno uspostavlja ravnotežno stanje s jednakim tlakom kao i prije upotrebe. Međutim, u sprejevima s komprimiranim plinovima tlak u dozi postepeno opada s upotrebom.



Sl. 2. Shema presjeka doze za aerosolni sprej. 1 tlačna posuda, 2 uzlazna cijev, 3 nosač (ventilski tanjur), 4 ventilska glava, 5 ispusna sapnica za raspršivanje, 6 mlaz vrlo finih kapljica, 7 plinska faza, 8 kapljevita faza

Sastav kapljevine sprejeva s ukapljenim plinom u načelu obuhvaća tri komponente: djelujuću tvar, otapalo i sredstvo za raspršivanje. Kad se sve te tvari međusobno miješaju, pa su otopljene jedna u drugoj, kapljevina spreja je homogena (otopina) i sadržaj je spreja dvofazni sustav (od jedne kapljevite i jedne plinske faze). Međutim, ako se sredstvo za raspršivanje (kad je kapljevito pod uvjetima u dozi) ne miješa, ili se samo djelomično miješa s otopinom djelujuće tvari, odnosno ako je kapljevita faza jedna, ali je u njoj suspendirana neka čvrsta tvar (npr. u tzv. puder-aerosolima), sadržaj je spreja trofazni sustav. Tada se govori o trofaznom aerosolu, koji se, da bi se dobio mlaz jednoličnog sastava, mora promućkati prije upotrebe.

Djelujuće tvari koje se raspršuju sprejevima izvanredno su raznovrsne i brojne, a njihov se niz danomice povećava, tako da je već danas vrlo teško pregledan. Zbog toga ni klasiranje tih tvari nema svrhe.

Sredstva za raspršivanje najvažnije su komponente za funkcioniranje sprejeva, a ponekad služe i kao otapala za djelujuće tvari. Redovno su to fluidi s vrelištem ne mnogo nižim od običnih okolnih temperatura, koji su zbog toga pod atmosferskim tlakom plinoviti, ali se dadu razmjerno lako ukapljiti tlačanjem. Zbog sigurnosti u upotrebi sprejeva obično se propisima o tlačnim posudama određuje da ti fluidi smiju biti samo oni kojima je tlak potreban za ukapljivanje na 50 °C manji od 1,2 MPa.

Ipak, time još uvijek ne bi bio previše ograničen izbor tvari za te svrhe. Prema tim propisima kao sredstva za raspršivanje u sprejevima dopuštena je upotreba, npr., nižih alkana, etera, halogenugljika i halogenuglikovodika (v. *Alifatski ugljikovodici*,

TE 1, str. 194; v. *Eteri*, TE 5, str. 356; v. *Fluor*, TE 5, str. 493). Međutim, drugi zahtjevi, kao što su da sredstva za raspršivanje sprejeva ne budu zapaljiva, da ne tvore eksplozivne smjese sa zrakom, da nisu toksična, da nemaju vonja, da su kemijski i termički stabilna, sve više ograničuju izbor tih sredstava na halogenugljike metanskog reda.

S obzirom na sve te zahtjeve, za sredstva za raspršivanje sprejeva najprikladnije su smjese monofluortriklormetana (t. k. 23,77 °C), difluordiklormetana (t. k. -29,80 °C) i tetrafluordikloretana (t. k. 3,64 °C), koji su u trgovini poznati kao frigen 11, frigen 13, odnosno frigen 114. Jedini možda ozbiljni prigovor upotrebi tih spojeva i njihovih smjesa za proizvodnju sprejeva jest pretpostavka da štetno djeluju u stratosferi (v. *Fluor*, TE 5, str. 506).

Miješanjem tih spojeva u različitim omjerima mogu se dobiti sve smjese s tlakovima para od $0 \dots 4,8 \cdot 10^5$ Pa na 20 °C. Najviše se upotrebljavaju smjese frigen 11/12 5050, frigen 11/12 2575 i frigen 12/114 4060. Brojnik i nazivnik razlomka tih oznaka kazuju od kojih je spojeva iz reda frigena sastavljena smjesa, a četveroziemenkasti brojevi u kojemu su postotnom omjeru pomiješani (npr. brojčana oznaka posljednje od navedenih smjesa znači 40% frigena 12 i 60% frigena 114).

Komprimirani plinovi danas se vrlo malo upotrebljavaju za raspršivanje u sprejevima. To su još samo ugljik(IV)-oksid i dušik(I)-oksid. Drugi plinovi nisu prikladni za tu svrhu, jer im je topljivost u otapalima djelujućih tvari prevelika da bi im koncentracija na ispustu iz sapnice bila dovoljna za primjereni ekspanzijski učinak.

Otapala djelujućih tvari omogućuju ne samo otapanje tih tvari nego i dobivanje homogene kapljevite faze sustava spreja i onda kad zbog prevelike polarnosti molekula sredstvo za raspršivanje ne može biti otapalo za te tvari.

Za otapala djelujućih tvari često se upotrebljavaju etanol, izopropanol, diklormetan, trikloreten, esteri octene kiseline, glikoleter, ketoni, neki aromatski spojevi (v. *Otapala*). Za otapalo u nekim sprejevima, npr. sprejevima za dobivanje pjene za brijanje, upotrebljava se i voda.

Međusobno je djelovanje otapala i sredstava za raspršivanje u sprejevima složeno i omjer se njihova sadržaja u kapljevini sustava veoma odražava na svojstva tih proizvoda. Među ostalim, u skladu s Raoultovim zakonom (v. *Apsorpcija plinova*, TE 1, str. 324), otapala smanjuju tlak zasićene pare sredstva za raspršivanje, pa je dispergiranje na ispusnoj sapnici slabije. Zbog toga su kapljice disperzije koja se dobiva to veće što sprej sadrži više otapala. Kaže se da suhi sprej postaje mokar.

Konstrukcija doza za sprejeve mora biti u skladu s propisima o tlačnim posudama. Među ostalim, tim se propisima ograničuju i volumen tih doza, obično na 1000 cm³. Izrađuju se u različitim oblicima od crnog, bijelog i aluminijskog lima, te stakla i umjetnih smola.

Doze sprejeva najčešće su dvodijelne ili trodijelne, sa završenim, zalemljenim ili bešavno izvučenim plaštem. Aluminijske su doze za sprejeve jednodijelne. Dobivaju se izvlačenjem. Za zaštitu od agresivnih sastojaka neke se metalne doze za sprejeve iznutra zaštićuju lichenjem lakovima od fenolnih ili epoksidnih smola.

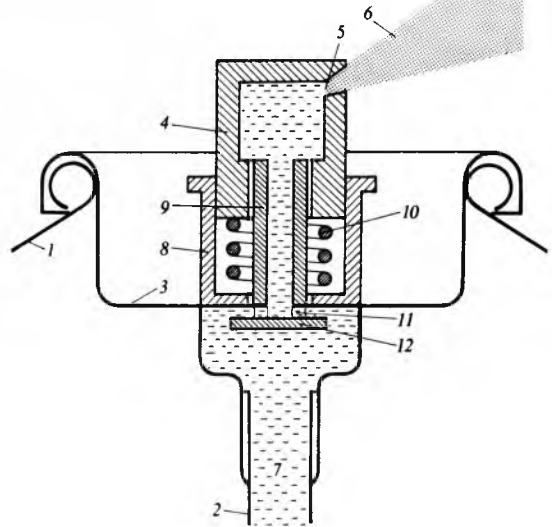
Staklene doze najviše se upotrebljavaju za kozmetičke i farmaceutске aerosolne sprejeve. Proizvode se s oblogom od umjetnih smola ili bez nje. Proizvodnja doza za sprejeve od umjetnih smola još je uvijek u razvojnom stadiju.

Ventili doza za sprejeve moraju biti izrađeni prema principima izradbe preciznih instrumenata, jer o njima potpuno zavisi funkcioniranje tih proizvoda. Obično su ventili za sprejeve učvršćeni na nosačima (tzv. ventilskim tanjurima) s kojima onda čine posebne sklopove. Ti se sklopovi montiraju na dozna grla nekim strojem koji najprije proširi ventilski tanjur, pa ga upreša pod rub grla. Za dobivanje potpuno nepropusnog spoja ventilskog tanjura s grlom doze potrebno je i brtvenje među njima. Brtve za tu svrhu izrađuju se od materijala kao što su buna, neopren.

Glavni dijelovi ventila za sprejeve (sl. 3) jesu: kućište (8) u koje odozdo ulazi uzlazna cijev (2) za dovod kapljevine (7),

ventilska glava (4) koja je utisnuta u kućište s gornje strane i ima ispusnu sapnicu (5) za raspršivanje, visoki trupac (9) koji je uloženi u ventilsku glavu i nosi gumeni zapor (12), te opruga (10) koja svojim rastezanjem pritišće gumeni zapor o sjedalo, pri čemu otvor (11) biva prekriven, a ventil zatvoren. Pritiskom na ventilsku glavu (4) prema dolje spušta se visoki trupac (9) i gumeni zapor (12), pa kroz oslobođeni otvor (11) prodire pod tlakom kapljevita faza do sapnice (5) i raspršuje se u mlaz (6) vrlo finih kapljica aerosola. Propisi obično ne dopuštaju upotrebu ventila za sprejeve bez te opruge.

Ventil za sprej svakako mora biti zaštićen kapom koja štiti od nehotečnog otvaranja i time od gubitka kapljevine iz doze.



Sl. 3. Presjek ventila za aerosolni sprej. 1 tlačna posuda, 2 uzlazna cijev, 3 nosač (ventilski tanjur), 4 ventilska glava, 5 ispusna sapnica za raspršivanje, 6 mlaz vrlo finih kapljica, 7 kapljevita faza, 8 kućište ventila, 9 visoki trupac, 10 opruga, 11 otvor na sjedalu, 12 gumeni zapor

Punjenje doza ukapljenim plinom može biti hladnim ili tlačnim postupkom. U prvome se sredstvo za raspršivanje najprije ohladi na -40 do -45 °C i tako kondenzira, a otopina djelujuće tvari prehladi. Zatim se otvorene doze pune najprije jednom pa drugom komponentom, a onda zatvore ventilom.

Prikladniji je tlačni postupak punjenja. U njemu se u doze otvore ulijeva samo otopina djelujuće tvari na običnoj temperaturi, pa se onda zatvore ventilom. Zatim se kroz ventil ubrizga sredstvo za raspršivanje iz glave nekog automata za tlačno punjenje. Pri tom se sredstvo za raspršivanje kondenzira u dozi. Zbog toga što su te operacije mnogo jednostavnije i jeftinije, taj je postupak uvelike istisnuo iz upotrebe hladno punjenje.

Proces proizvodnje sprejeva uključuje i ispitivanje svake doze na nepropusnost. To se provodi zagrijavanjem na vodenoj kupelji do postizanja tlaka u dozi koji odgovara stanju na 50 °C. (Pri tom, a i općenito u upotrebi, tlak u dozi ne smije prekoračiti 2/3 od ispitnog tlaka.) Dalji je propis za sigurnost u upotrebi sprejeva da na 50 °C smije samo 90% volumena doze biti ispunjeno kapljevitom fazom.

Proizvodnja sprejeva u svijetu vrlo je velika. Već početkom sedamdesetih godina vjerojatno je prelazila $5 \cdot 10^9$ doza. U SAD proizvodi se približno polovica, u Evropi (bez istočnih zemalja) približno 35% od toga.

Proizvodnjom sprejeva po stanovniku u Evropi prednjači Švicarska, a slijede je Nizozemska, SR Njemačka, Velika Britanija, Francuska, Norveška, Belgija, Italija i Švedska.

LIT.: R. J. Hartman, *Colloid Chemistry*. I. Pitman & Sons Ltd., London 1947. — D. Sinclair, *Handbook on Aerosols*. Washington D. C., 1950. — K. Edelmann, *Lehrbuch der Kolloidchemie*, Bd. I, II. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1962, 1964. — E. Matijević (edit.), *Surface and Colloid Science*, Vol. 2, 3. Wiley-Interscience, New York-London-Sidney-Toronto 1969/1971.