

VIII. Absorbția

Absorbția este operația de separare a unui sau a mai multor componente dintr-un amestec gazos, prin *dizolvare într-un lichid cu proprietăți selective*. Absorbția se realizează prin aducerea în contact a unui amestec gazos cu un lichid cu proprietăți selective pentru componentul sau componentii care urmează a fi separați. Dacă lichidul reacționează chimic cu componentele solubile din gaz, operația se numește *chemosorbție* (sau *absorbție cu reacție chimică*).

În practică absorbția se numește și *spalare* când este vizată îndepărtarea din gaz a unui component nedorit, sau, *recuperare* când se urmărește separarea unui component valoros din amestecul gazos.

Operatia inversa (de trecere in gaz a unui component dizolvat in lichid) se numeste *desorbție*. Desorbția urmeaza, de obicei, dupa absorbtie si se face prin incalzirea indirecta sau directa a solutiei in care se afla dizolvat gazul. Prin cresterea temperaturii solutiei solubilitatea componentului dizolvat (gazului) scade iar el trece in faza gazoasa fiind apoi evacuat cu o pompa de vid sau antrenat de abur intr-un condensator.

In acest capitol se prezinta numai *absorbția fizica* considerand ca intre lichid si gaz nu are loc reactie chimica. In absorbtie faza *lichida* este numita *absorbant* (sau *dizolvant*) si este astfel aleasa incat sa dizolve cat mai mult component sau componente ce urmeaza a fi separati. Faza gazoasa este formata din *absorbit* (componentele solubile dizolvate in lichid) si din *inert* format din componentele insolubile in absorbantul ales.

VIII.1 Alegerea dizolvanților în operația de absorbție.

Alegerea dizolvanțului se face în funcție de scopul urmărit. Astfel dacă să urmărește obținerea unei anumite soluții dizolvanțul este fixat după natura produsului dorit. Dacă se urmărește recuperarea unui anumit component dintr-un amestec gazos este posibilă alegerea mai multor dizolvanți. La alegerea unui dizolvanț trebuie să avem în vedere următorii factori:

- *solubilitatea gazului* trebuie să fie cât mai mare, astfel încât cantitatea absorbită să fie cât mai mare iar consumul de dizolvanț să fie cât mai mic;

- *volatilitatea absorbantului* trebuie să fie cât mai redusă pentru a se reduce pierderile de solvent prin vaporizare;

- *actiunea coroziva a solventului* trebuie sa fie cat mai redusa pentru a se putea utiliza materiale de constructie ale utilajelor cat mai ieftine;
- *pretul de cost* sa fie cat mai scazut si absorbantul sa fie usor de procurat;
- *vascozitatea absorbantului* trebuie sa fie cat mai mica pentru a se asigura viteze mari de absorbtie.

VIII.2 Statica absorbtiei

Statica absorbtiei permite calculul unor marimi importante pentru operarea utilajelor in care se realizeaza operatia de absorbtie, prin aplicarea unor relatii de *bilant de materiale* si de *bilant termic* (acolo unde este cazul).

Ecuatiile de bilant de materiale permit calculul unor marimi importante cum ar fi: *debitul de absorbant*.

Bilantul termic nu este necesar deoarece absorbtia este de obicei izoterma.

De asemenea ecuatiile de bilant de materiale impreuna cu *datele de echilibru* si cu *ecuatiile cinetice* se utilizeaza pentru dimensionarea utilajelor in care se realizeaza operatia de absorbtie.

Pentru simplificare se considera ca amestecul gazos este format din doi componenti: un component **A** solubil in lichidul absorbant, si un component **B**, practic insolubil (sau foarte putin solubil) in absorbant. Componentul activ, **A** este denumit *solut*, iar componentul **B**, care nu se transfera in lichid (sau se transfera intr-o cantitate nesemnificativa), este denumit *inert*.

Operatia de absorbtie se realizeaza in utilaje specifice denumite *absorbere*.

Se considera ca absorbantul care are debitul masic, **L**, circula in contracurent cu gazul. Se noteaza cu **G** *debitul masic de gaz inert (sau debitul molar)* din amestecul total de gaz. Concentratia solutului in gaz si in lichid se exprima in *rapoarte masice (sau molare)*, deoarece in acest caz ecuatiile de bilant de materiale au forma cea mai simpla.

Considerand, de exemplu, cazul coloanelor de absorbtie cu umplutura, suprafata de transfer de masa la aceste coloane este data de *suprafata corpurilor de umplere*.

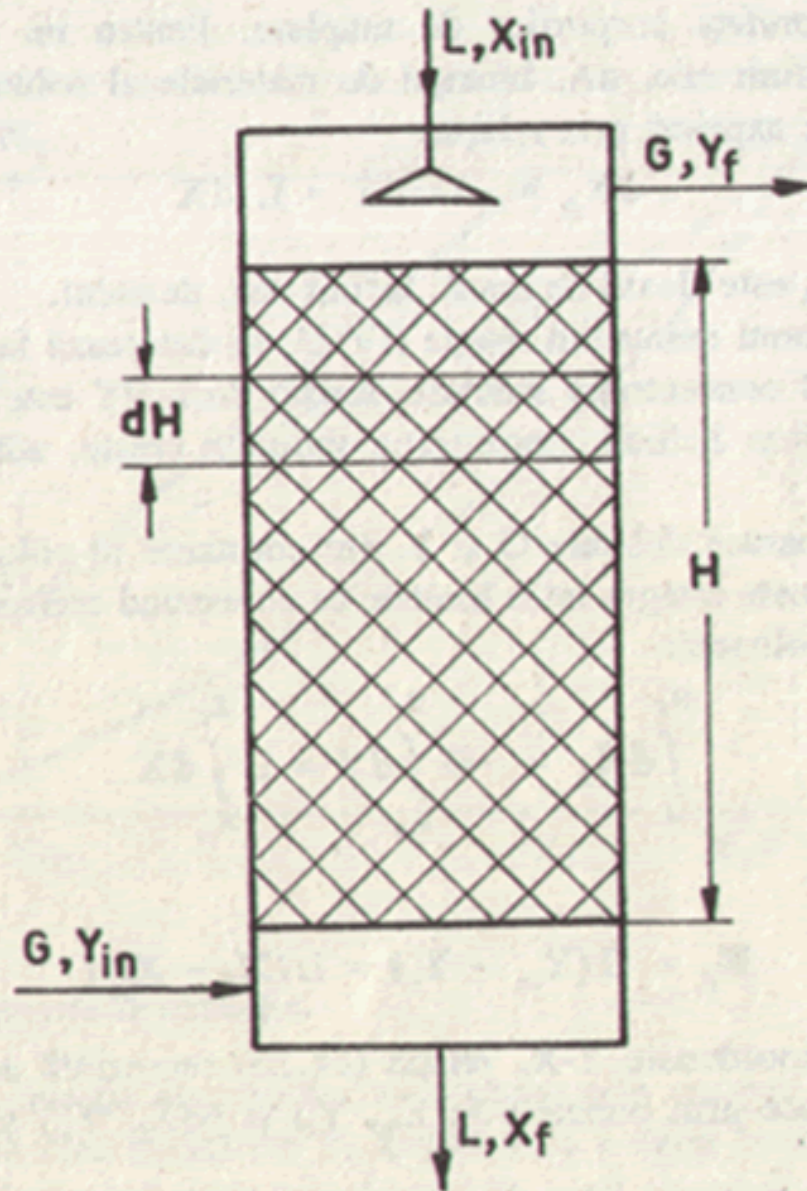


Fig.VIII.1

Fluxurile de materiale și compoziția lor la absorbția în contracurent.

Pentru un element de suprafata infinit mic, dA , bilantul de materiale al solutului in cele doua faze se exprima prin relatia:

$$dN_A = -G \cdot dY = L \cdot dX \quad (\text{VIII.1})$$

in care: dN_A este fluxul de masa infinit mic de solut.

Semnul minus din relatia de mai sus se datoreaza faptului ca in faza gazoasa concentratia solutului scade, deci dY este negativ in timp ce in faza lichida concentratia solutului creste, adica dX este pozitiv. Ecuatia diferentiala de mai sus se integreaza:

$$\int_0^{N_A} dN_A = -G \int_{Y_{in}}^{Y_f} dY = L \int_{X_{in}}^{X_f} dX \quad (\text{VIII.2})$$

si se obtine:

$$N_A = G(Y_{in} - Y_f) = L(X_f - X_{in}) \quad (\text{VIII.3})$$

In coordonate **X-Y** relatia de mai sus reprezinta ecuatia unei drepte ce trece prin punctele **M(X_{in}, Y_f)** si **N(X_f, Y_{in})** si care are panta egala cu:

$$\frac{L}{G} = \frac{Y_{in} - Y_f}{X_f - X_{in}} \quad (\text{VIII.4})$$

Dreapta a carei ecuatie este data de relatia de mai sus se numeste *linie de operare*. Daca pe acelasi grafic se reprezinta si *curba de echilibru* se constata ca linia de operare este situata deasupra curbei de echilibru.

Panta dreptei de operare **L/G** reprezinta *consumul specific de absorbant*.

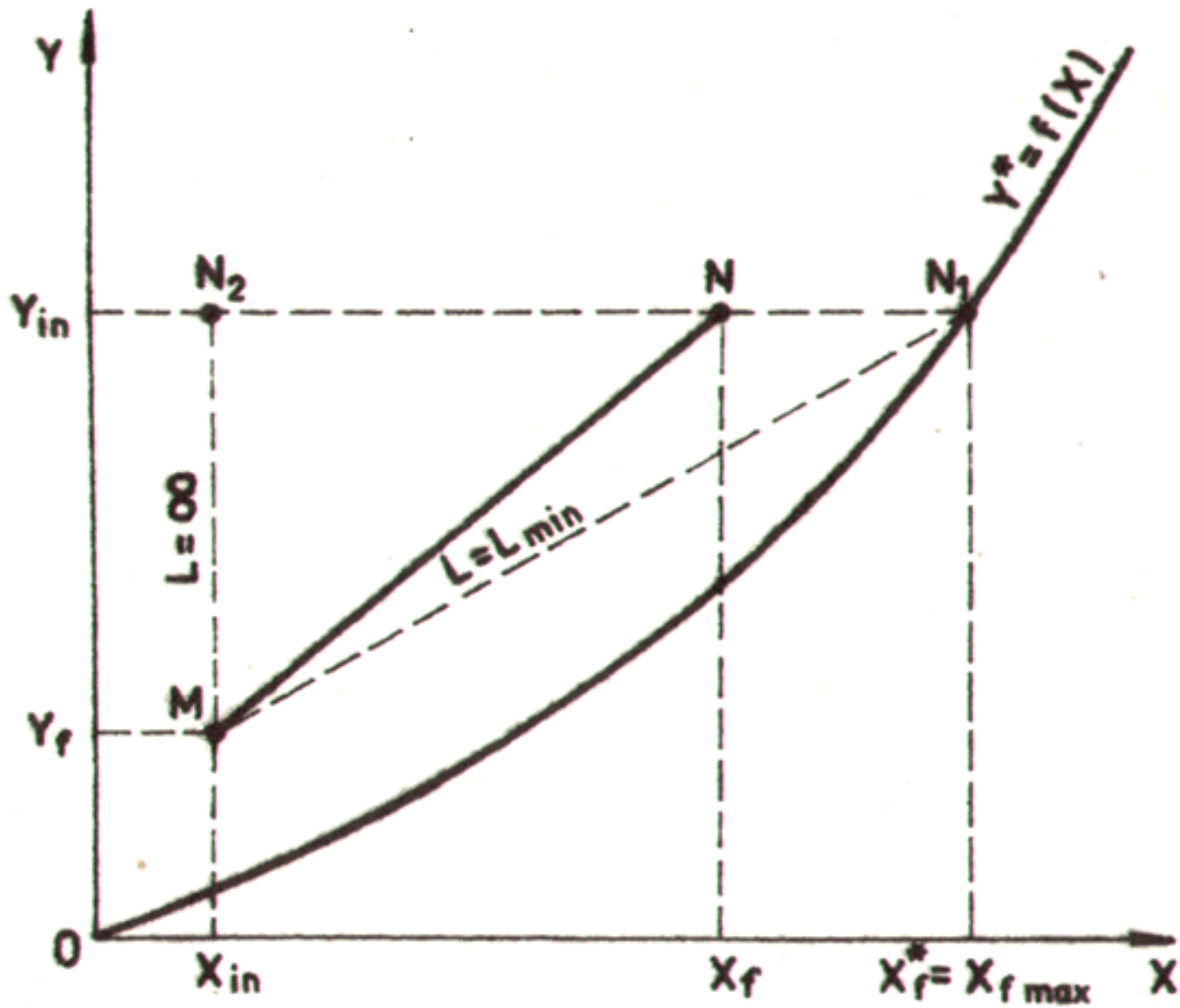


Fig.VIII.2

Linia de operare în absorție.

Dreapta de operare poate lua o pozitie oarecare (care depinde de consumul de absorbant, L) intre doua pozitii extreme care corespund segmentelor MN_1 si MN_2 . Pozitia MN_1 corespunde cazului cand dreapta de operare intersecteaza curba de echilibru. In acast caz panta dreptei de operare este minima si deci consumul de absorbant este minim ($L=L_{\min}$), iar concentratia solutului este maxima si egala cu concentratia de echilibru ($X_{f_{\max}} = X_f^*$). Marind debitul

de absorbant ceste panta liniei de operare si scade corespunzator X_f . Pozitia limita MN_2 corespunde cazului cand consumul de absorbant este infinit ($L = \infty$) si in aceste conditii $X_f = X_{in}$ adica dreapta de operate este paralela cu ordonata.

Evident operarea coloanei se face la valori $L_{\min} < L < \infty$

Bilantul de materiale in absorbtie permite calculul fluxului de absorbtie N_A si a debitului de absorbant, L .

VIII.3 Aparate pentru absorbtie

Utilajele in care se realizeaza absorbtia se numesc *absorbere*. Un bun absorber trebuie sa asigure urmatoarele conditii favorabile realizarii operatiei:

- curgerea fazelor intre care se realizeaza transferul de masa este *preferabila in contracurent*;
- suprafata de contact dintre faze trebuie sa *fie cat mai mare* si renoita frecvent fie prin dispersarea gazului in lichid fie prin dispersarea lichidului in gaz;
- *viteze mari ale fluidului* in care este concentrata principala rezistenta la transferul de masa;

- *rezistenta hidrodinamica* minima la curgerea fluidelor pentru a se micșora consumul de energie necesar transportului lor prin aparat;

- *cheltuieli de investitii si de exploatare* cat mai reduse, exploatare si intretinere usoara.

Caracteristicile constructive ale absorberelor sunt determinate, in principal, de modul in care se *realizeaza contactarea fazelor*. Conform acestui criteriu absorberile se impart in doua grupe principale:

- *absorbere cu dispersarea gazului in lichid;*
- *absorbere cu dispersarea lichidului in gaz.*

VIII.3.1 Absorbere cu dispersarea gazului in lichid

Aceste absorbere se numesc si *absorbere prin barbotare*. Gazul este dispersat in bule cat mai mici in coloana si strabate absorbantul, absorbtia realizandu-se pe suprafata de contact dintre bule si lichid. In practica industriala se folosesc mai multe variate constructive de absorbere prin barboare dintre care se amintesc:

VIII.3.1.1 Absorbere cu agitarea mecanica a lichidului

Bulele de gaz astfel formate sunt relativ mari ceea ce face ca suprafata de contact dintre faze sa fie mica. Dar gradul de dispersare al gazului se poate mari daca este obligat sa treaca prin orificiile unei placi poroase sau prin orificiile fine ale unui barbotor (Fig.VIII.3).

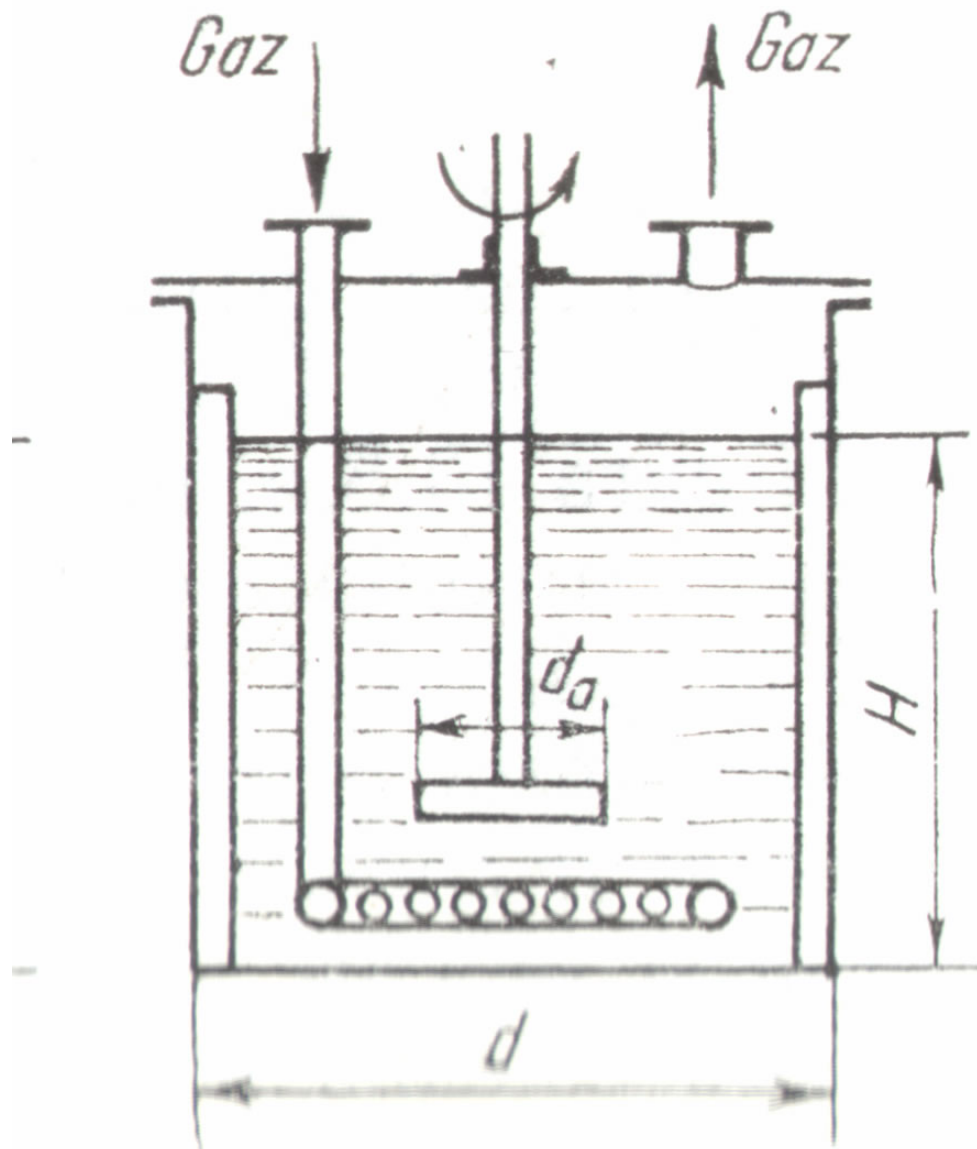


Fig.VIII.3 Absorberul cu barbotare si agitarea mecanica a lichidului

Aceste absorbere se folosesc atunci cand:

- *raportul dintre debitul de gaz si cel de lichid este mic;*
- *in lichid se afla in suspensie particule solide de dimensiuni mici;*
- *timpul de contact dintre gaz si lichid este mare.*

VIII.3.1.2 Coloane de barbotare

Aparatete de acest tip nu difera de tipul coloanelor de distilare cu talere, doar ca in cazul acestora lipseste sistemul de incalzire (blaza coloanei). Se cunosc mai multe variante constructive de astfel de coloane. Una dintre ele este si absorberul cu umplutura, prezentat in fig.VIII.4

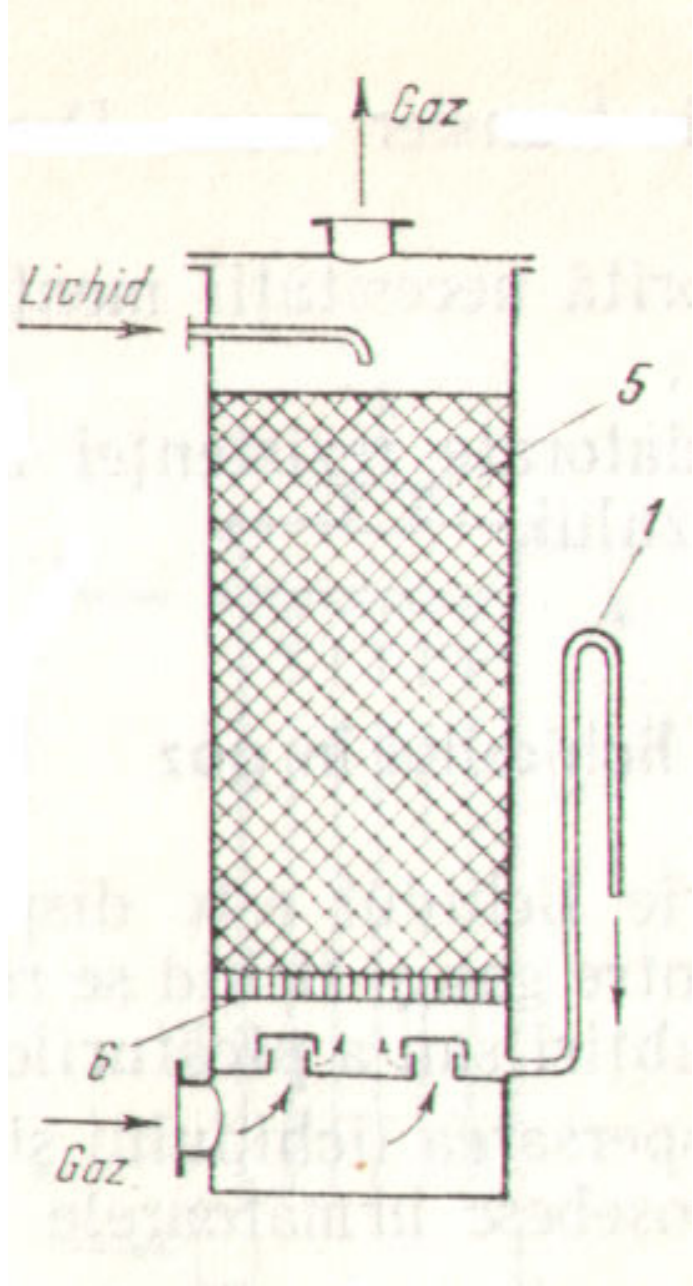


Fig.VIII.3 Coloane de absorbtie cu barbotare

Absorberul cu umplutura, prezentat în fig. VIII.3, lucrează prin barbotarea gazului în lichid. Stratul de umplutura (5) este așezat pe gratarul (6) de deasupra cărui se introduce gazul. Absorbantul este adus la partea superioară a coloanei de unde străbate stratul de umplutura în sens descendent și iese printr-un sistem de închidere hidraulică (1). Coloana lucrează în regim de inec; gazul divizat în bule mici, mai întâi datorită gratarului și apoi datorită barbotării prin lichidul din spațiile libere ale umpluturii, străbate coloana de jos în sus, în contracurent cu lichidul. Curgerea lichidului prin spațiile libere și sinuoase ale umpluturii favorizează amestecarea sa în direcție longitudinală și, prin această continuă reînnoire a suprafeței de contact dintre cele două faze.

Acest absorber denumit și *coloana cu emulsionare* este utilizat în practica industrială la *absorbția benzenului*. Aparatul are eficacitatea sporită dacă utilizează ca umplutura

inele ceramice sau metalice de dimensiuni mici (8 – 15 mm), cu volum liber mare.

VIII.3.2 Absorbere cu dispersarea lichidului in gaz

In utilajele din aceasta categorie lichidul este *dispersat in portiuni mici, in filme subtiri* sau in *picaturi*. Contactul dintre cele doua faze se realizeaza la suprafata libera a portiunilor, a filmelor subtiri sau a picaturilor.

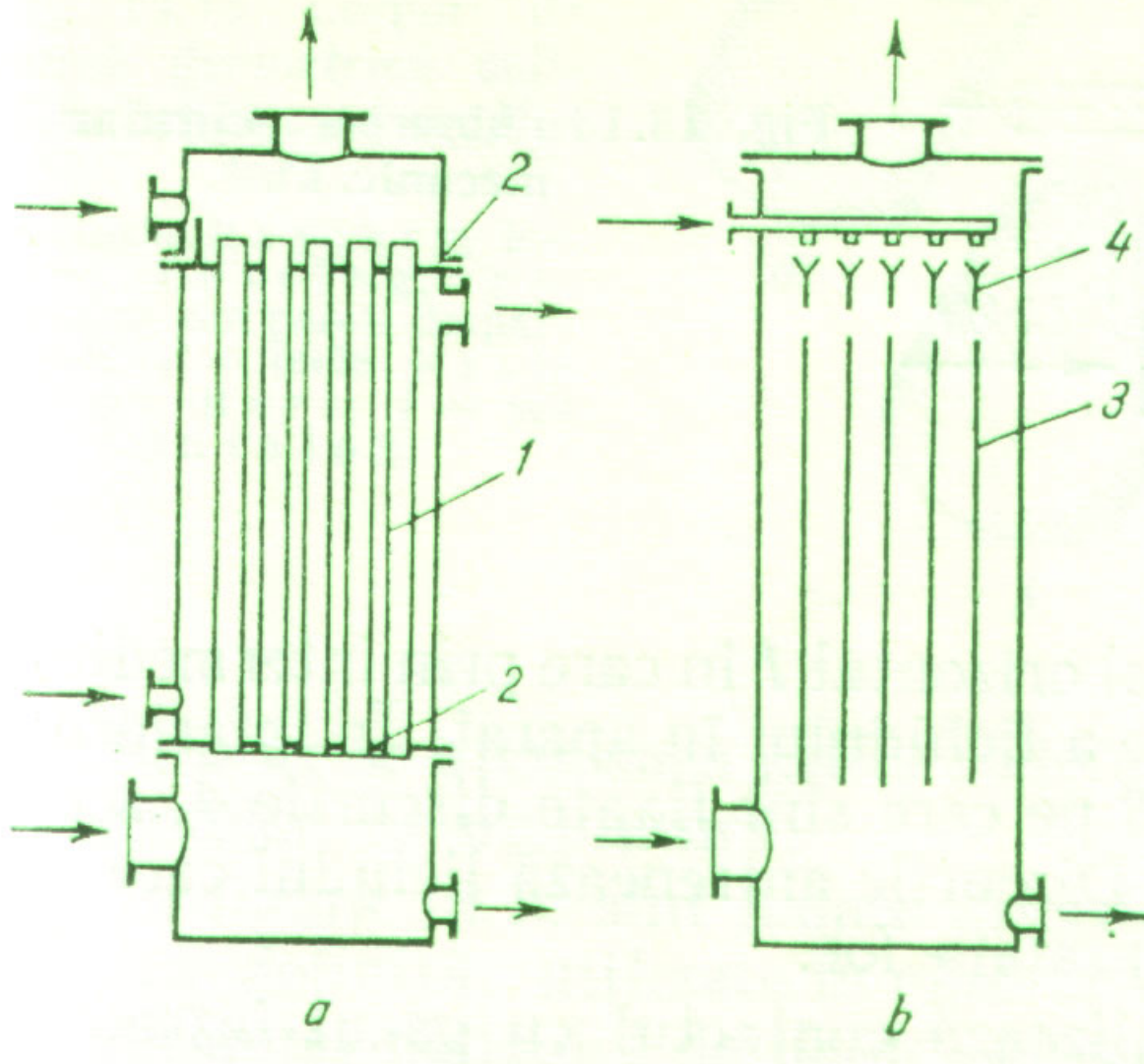
Dupa modul in care se realizeaza dispersarea lichidului si dupa caracteristicile constructive ale aparatelor se deosebesc urmatoarele tipuri de absorbere:

- *absorbere de suprafata;*
- *absorbere peliculare;*
- *absorbere cu umplutura;*
- *absorbere cu pulverizare.*

Dintre acestea se prezinta, in continuare, numai cele mai reprezentative.

VIII.3.2.1. Absorbere peliculare

In aceste aparate gazul si absorbantul vin in contact pe suprafata peliculelor subtiri de lichid. Curgrera peliculelor se poate face *descendent* sau *ascendent* pe suprafata laterala a unor tevi sau placi verticale. In fig.VIII.4 (a si b) sunt prezentate doua *absorbere cu pelicula descendenta*. Absorberul tubular (fig.VIII.4, a) nu difera constructiv de un schimbator de caldura multitubular.



**Fig.VIII.4. Absorbere de supafata cu pelicula descendenta:
a – absorber tubular; b – absorber cu placi**

Lichidul este adus deasupra placii tubulare superioare (2) și deversează peste circumferința tevilor (1), ale căror capete depășesc cu 10-15 cm placa tubulară, și se scurge sub forma unei pelicule prin interiorul tevilor. Tot prin tevi, în contracurent cu lichidul ajunge gazul. Prin spațiul interbubular se introduce, dacă este necesar, un agent de răcire.

Absorberul cu placi (fig.VIII.4, b) este asemănător doar că în cazul acestuia pelicula de lichid se formează pe suprafața placilor (3) și lipsește spațiul de răcire. Lichidul este distribuit prin sistemul de distribuție (4).

Absorberele cu film descendent se folosesc, ca și absorberele de suprafață, la absorbția gazelor ușor solubile (HCl, și NH₃ etc., din gaze concentrate).

VIII.3.2.2. Absorbere cu umplutura

Aparatele din aceasta categorie sunt cele mai utilizate absorbere, fiind de tip coloana avand in interior unul sau mai multe straturi de umplutura si sisteme de distributie a lichidului (fig.VIII.5).

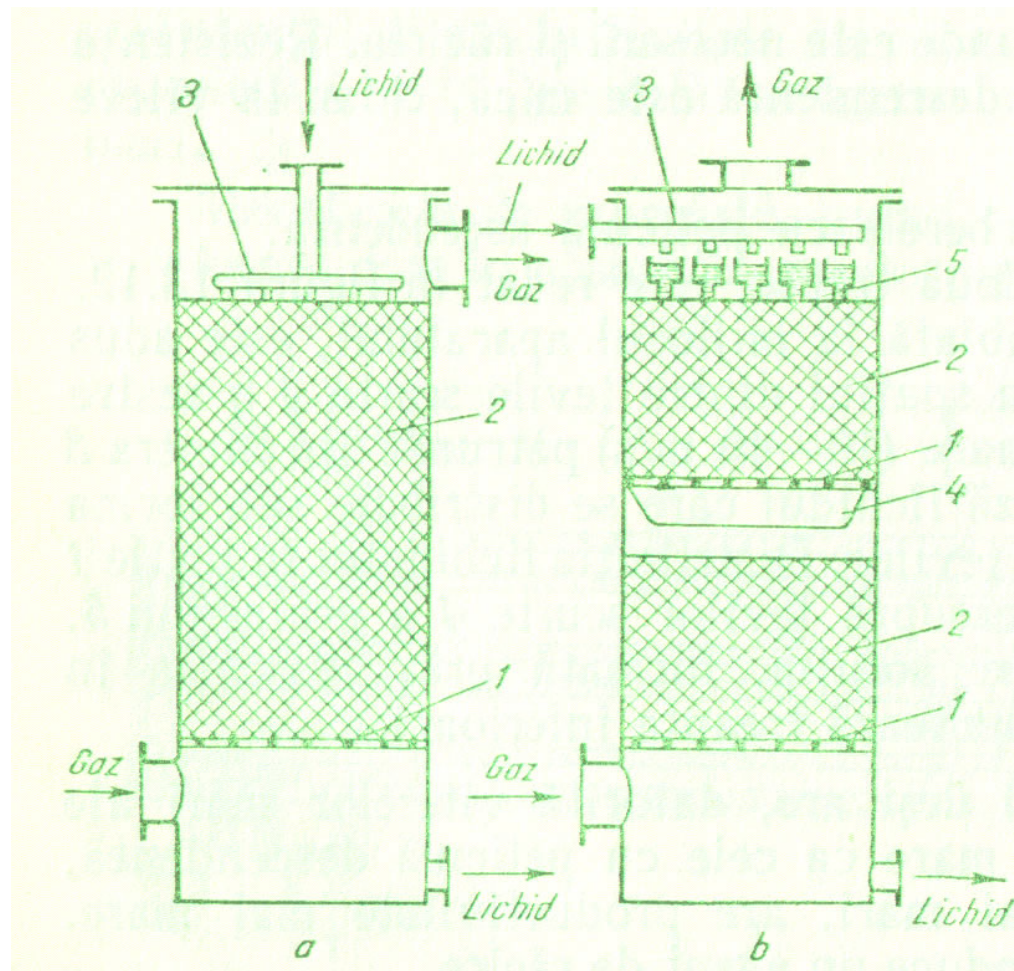


Fig.VIII.5. Absorbere cu umplutura

a-cu un singur strat; **b**-cu doua straturi

Lichidul adus la partea superioara a absorberului este distribuit deasupra umpluturii (2) si se scurge pe suprafata corpurilor de umplutura spre partea inferioara a coloanei. Gazul este introdus printr-un racord ampasat sub gratarul (1), care sustine umplutura, si curge in contacurent cu lichidul prin spatiile libere dintre corpurile de umplere. Ca elemente interioare auxiliare coloana are *distribuatorul de lichid* (3), *redistribuatorul* (4) si *tevile scurte* (5).

Ca umplutura se pot folosi corpuri de natura si de forma diferita, cum ar fi: *bucati de pietre, caramida, cocs, talas, surcele de lemn sau corpuri de forma geometrica definita ca: inele Raschig, inele Lessing, inele Pall, sei Berl etc*, confectionate din metale, din materiale ceramice sau din materiale plastice (fig.VIII.6).

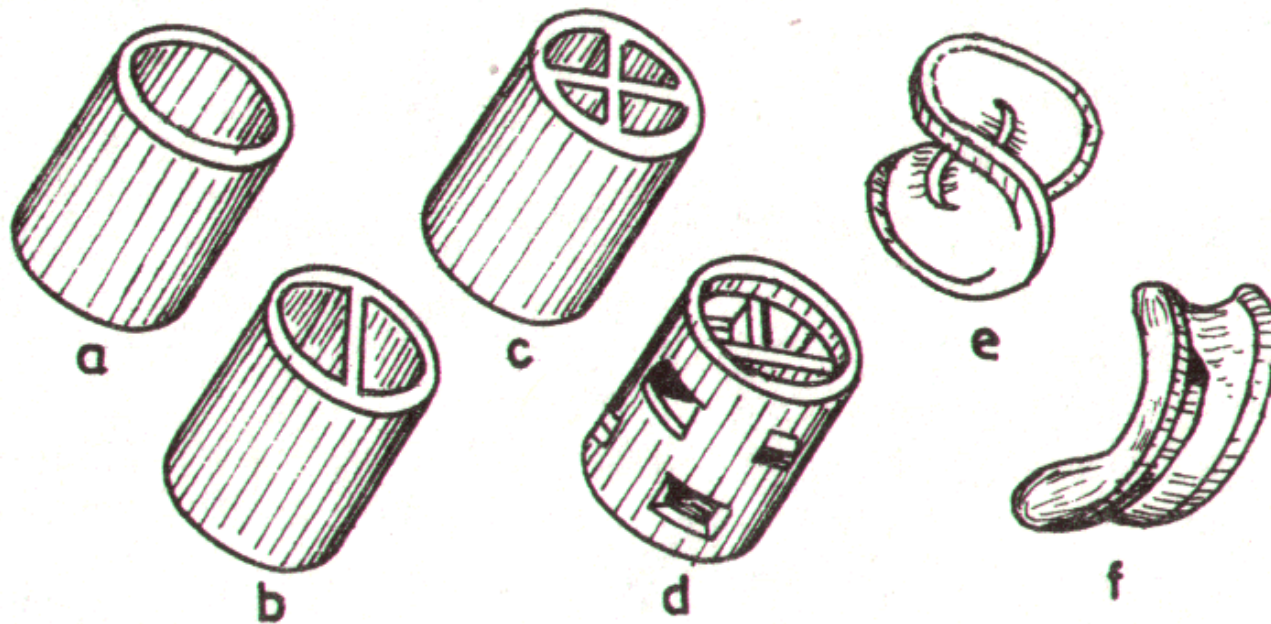


Fig.VIII.6

Corpuri de umplere de formă geometrică definită: a - inele Raschig; b - inele Lessing; c - inele cu doi pereți despărțitori; d - inele Pall; e - șea Berl; f - șea Intallox.

Caracteristicile umpluturii. La alegerea unei umpluturi se urmareste ca aceasta sa indeplineasca urmatoarele conditii:

- *sa aiba suprafata specifica cat mai mare;*
- *sa aiba volumul liber cat mai mare;*
- *sa aiba rezistenta hidraulica cat mai mica;*
- *sa aiba rezistenta chimica mare;*
- *sa se umezeasca usor si sa nu retina prea mult lichid in spatiile libere;*
- *sa fie ieftne si usor de procurat.*

Dimensionarea absorberelor cu umplutura presupune calculul diametrului si a inaltimii absorberului.

Diametrul absorberului de calculeaza din debitul fazei continue, respectiv din debitul de gaz la intrarea sa in coloana.

$$M_v = v \cdot \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{VIII.5})$$

Viteza fictiva se considera la regimul optim de functionare a coloanei, care se realizeaza in apropierea punctului de inec.

Inaltimea absorberului depinde de inaltimea stratului de umplutura si de *sistemele de distributie si redistributie a lichidului*. Inaltimea stratului de umplutura este determinata de volumul umpluturii necesar pentru a asigura suprafata

de transfer de masa, care se calculeaza din ecuatiile transferului de masa global.

Dar un strat de umplutura de inaltime prea mare duce la o *distibutie neuniforma a lichidului si creaza rezistente hidrodinamice mari*. Din aceasta cauza daca inaltimea rezultata din calcule este prea mare se recomanda ca ea sa fie impartita pe mai multe straturi, astfel incat inaltimea unui strat sa fie **(1—2)D** (ude D este diametrul absorberului).