

TÎTUTUL GEOLOGIC AL ROMÂNIEI

STUDII TECHNICE ȘI ECONOMICE

4/0

SERIA B

Chimie

Nr. 25

BAZELE TEORETICE ȘI PRACTICE
ALE PROBLEMEI ADEZIVITĂȚII
LIANȚILOR BITUMINOȘI FAȚĂ DE
AGREGATELE MINERALE

(AVEC RÉSUMÉ EN FRANÇAIS)

DE

MIHAIL DIMITRIU
INGINER INSPECTOR GENERAL
INSTITUTUL GEOLOGIC AL ROMÂNIEI

MONITORUL OFICIAL ȘI IMPRIMERILE STATULUI
IMPRIMERIA NAȚIONALĂ
BUCHUREȘTI
1946



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României

INSTITUTUL GEOLOGIC AL ROMÂNIEI

STUDII TECHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA B

Chimie

Nr. 25

BAZELE TEORETICE ȘI PRACTICE
ALE PROBLEMEI ADEZIVITĂȚII
LIANȚILOR BITUMINOȘI FAȚĂ DE
AGREGATELE MINERALE

(AVEC RÉSUMÉ EN FRANÇAIS)

DE

MIHAIL DIMITRIU
INGINER INSPECTOR GENERAL
INSTITUTUL GEOLOGIC AL ROMÂNIEI



MONITORUL OFICIAL ȘI IMPRIMERIILE STATULUI
IMPRIMERIA NAȚIONALĂ
BUCHUREȘTI
1946



Institutul Geologic al României

*Această lucrare a fost comunicată la Institutul Geologic
al României, în ședințele din 6 și 13 Aprilie și 18 Mai 1945.*



Institutul Geologic al României

INTRODUCERE

Intre problemele cele mai mult desbatute in ultimii 12—15 ani, cari preocupa lumea tehnicienilor si a cercetatorilor din domeniul construciei şoseelor asfaltate, din diferite ţari, asigurarea unei bune adezivităti intre lianţii bituminoşi si aggregatele minerale figureaza in prim loc; de rezolvarea practică a acestei probleme depinzând rezistența pavajelor bituminoase împotriva acțiunii desagregante a apei, respectiv reducerea la minimum a cheltuielilor pentru întreținerea lor.

Stadiul in care se găsește astăzi această problemă este de sigur departe de cel de acum un deceniu și jumătate, când rolul adezivității în comportarea și durata pavajelor bituminoase a început să ia forme mai precise; dar el este, poate, tot atât de departe de rezolvarea practică și definitivă a problemei. Nu se cunoaște decât o clasificare prea sumară, din punct de vedere al proprietăților de adezivitate, a diferitelor tipuri de roci și în genere a materialului întrebuinat ca agregat mineral în construcția îmbrăcăminților bituminoase ale şoselelor; și încă mai puțin se poate vorbi de o clasificare și o selecționare a diferitelor lianții bituminoși, din punct de vedere al adezivității lor față de aggregatele minerale.

Cercetări de laborator asupra adezivității, cu caracter științific și practic, dar mai ales discuții și controverse asupra rezultatelor obținute și a metodelor propuse pentru măsurarea acestei proprietăți, ca și asupra mijloacelor de ameliorarea ei în practică, au fost destul de numeroase. Totuși nu s'a ajuns nici până în prezent la soluții definitive, sau cel puțin acceptate în mod general, fie chiar cu titlu provizoriu, din nici unul din punctele de vedere mai sus arătate; fapt care se oglin-



dește în lipsa aproape totală a specificărilor de acest ordin, în diferitele caiete de sarcini referitoare la condițiile de calitate pe cari trebuie să le îndeplinească lianții bituminoși și agregatele minerale, întrebuiuțate la construcția pavajelor bituminoase.

Explicația acestui fapt trebuie căutată în primul rând în complexitatea problemei, comportarea în practică a amestecurilor de lianți și agregate, cari formează masa îmbrăcămintilor bituminoase ale șoseelor asfaltate, depinzând atât de proprietățile fizice și chimice ale fiecărui material component în parte, cât și de relațiile lor mutuale, precum și de condițiile de lucru ale pavajului. Existența unui atât de mare număr de factori, de cari depinde rezistența amestecurilor bituminoase, de o parte la acțiunile mecanice datorite circulației, de altă parte la acțiunea desagregantă a apei, a provocat adesea numeroase confuzii cu privire la rolul și importanța acestor diferenți factori, nu numai printre tehnicieni, dar și printre cercetătorii de specialitate. Aceste confuzii au dus de multe ori, chiar în cercetările experimentale, la interpretări și rezultate contradictorii, cari, fără îndoială, nu au contribuit întotdeauna la clarificarea și la promovarea problemei.

O altă cauză, strâns legată de cea de mai sus, care a contribuit la întârzierea soluționării problemei adezivității, este dificultatea stabilirii unor criterii de cercetare și a unor metode sigure pentru măsurarea acestei proprietăți, cari să fie admise fără obiecționi, de diferitele cercuri de specialitate. O agravantă a acestei cauze o constituie poate și faptul că diversi cercetători, cari au lucrat în această direcție, au ținut prea mult la originalitatea vederilor exprimate și a metodelor de cercetare adoptate; ceea ce a dus uneori la exagerări și chiar la erori inexplicabile, sau la adevărate teorii inutile.

In sfârșit, perspectiva răsturnării vechilor criterii de apreciere a rocilor, având ca urmare distrugerea faimei unor materiale considerate până atunci că excelente pentru construcția șoseelor, și amenințând astfel interesele financiare ale unor anumite întreprinderi, explică reacțiunea produsă în unele cazuri chiar împotriva unor valoroase lucrări, ca de exemplu



acele executate în Institutul de cercetări pentru construcția șoseelor, al Școalei Politehnice din Dresda, cari au pus în evidență rolul adezivității în stabilitatea pavajelor bituminoase și principalii factori cari stau la baza acestei proprietăți.

Nu este deci de mirare dacă tehnicianul care nu a putut urmări îndeaproape literatura asupra acestei probleme, și chiar cel care a urmărit-o, se poate afla în situația de a nu ști ce să aleagă dintr'ânsa, spre a-i fi de folos în practică. Pentru aceste motive am socotit utilă executarea prezentului studiu critic, în scopul principal de a înfățișa tehnicienilor noștri de specialitate cari sunt cunoștințele generale actuale asupra problemei adezivității, cari fiind supuse unei critici științifice pot fi considerate ca puncte de sprijin definitiv câștigate în rezolvarea acestei probleme, de care depinde în cea mai mare măsură asigurarea rezistenței pavajelor bituminoase împotriva acțiunii desagregante a apei.

In linii generale, studiul de față cuprinde examinarea științifică a fenomenelor de adezivitate și a celor în legătură cu dânsa, precum și a factorilor principali cari stau la baza adezivității, ca și a celor cari au o influență indirectă asupra ei, urmată apoi de critica diferitelor metode propuse pentru măsurarea acestei proprietăți. Cadrul acestui studiu fiind limitat numai la problema arătată, au fost evitate orice considerații asupra numeroaselor operații ale diferitelor sisteme de pavaje bituminoase, cu excepția acelora cari au vre-o influență propriu zis asupra adezivității.

In ceea ce privește ameliorarea adezivității în practică, această chestiune formează obiectul unei alte lucrări, care va apărea după ce vom prezenta rezultatele cercetărilor noastre cu privire la proprietățile de adezivitate ale diferitelor roci din țară și ale bitumurilor fabricate de industria noastră de petrol, întrebuințate la construcția pavajelor bituminoase. Dacă împrejurările ne vor îngădui, sperăm ca aceste lucrări, începute din anii 1939—1940, dar întrerupte în anul 1943 din motive independente de voința noastră, să apară în cursul anului viitor.

Aprilie 1945.



I. CONSIDERAȚII PRELIMINARE

Primele întrebuiințări ale bitumului la construcția de pavaje asfaltate datează din anii 1870—1871, când s'a folosit asfaltul natural de Trinidad pentru construirea străzilor orașului New-York (6). Rezultatele obținute fiind satisfăcătoare, s'a mai construit asemenea pavaje și în alte localități, în special de pe coasta Atlanticului, utilizându-se de asemenea asfaltul natural din insulele Antile. Ulterior, folosirea acestui asfalt a fost introdusă și în Europa, totuși pe o scară foarte redusă, cheltuelile de transport sporind prea mult prețul de cost al acestui material, destul de ridicat chiar la locul de proveniență; iar alte surse mai importante pentru exploatarea asfaltului natural, ca aceea din insulele Antile, nu au mai fost găsite.

Multiplele avantaje pe care le prezintă pavajele de asfalt, în special pentru tracțiunea automobilă, au făcut ca cererile de bitum să fie cu timpul tot mai mari, neputând fi satisfăcute în nici un caz de sursele de asfalt natural. Pentru aceste motive, ca și din necesitatea de a se obține un liant bituminos cu preț mai convenabil, s'a recurs la înlocuirea bitumului natural, mai întâi prin gudroane dela distilarea cărbunilor, iar mai târziu și prin bitum obținut din reziduurile dela distilația țățeiurilor.

Pentru fabricarea bitumului de petrol s'a folosit la început unele țățeiuri mexicane, bogate în sulf ca și asfaltul de Trinidad, iar mai târziu fabricarea s'a extins la toate țățeiurile asfaltoase, utilizându-se mai ales reziduurile dela distilația uleiurilor.



Deși primele întrebuiențări ale bitumului de petrol la construirea șoseelor asfaltate datează încă dinainte de anul 1910, folosirea lui pe o scară întinsă și variată, atât în ce privește originea țățeiurilor folosite pentru fabricarea lui, cât și diversitatea sistemelor de pavaje construite, după condițiile locale de climat, circulație, sau posibilități financiare, s'a desvoltat abia în anii de după primul război mondial.

* * *

Dacă avantajele pavajelor de asfalt au fost recunoscute și apreciate dela început, în schimb rezistența și durata acestor pavaje s-au arătat adesea necorespunzătoare așteptărilor, fiind legate de un anumit factor de nesiguranță. Specialiștii în construcția acestui fel de pavaje s-au străduit încă dela început, de a stabili atât condiții de calitate și metode de încercare pentru materialele întrebuiențate la construirea lor, cât și cele mai bune formule pentru compunerea lor materială și pentru metodele de execuție ale diferitelor tipuri de pavaje. Totuși, înregistrarea de eșecuri, în cari desagregarea unor șosele asfaltate se manifesta uneori foarte curând după terminarea lor, s'a repetat împotriva tuturor așteptărilor — într'o măsură mai redusă chiar până în timpurile din urmă — cu toate că atât prescripțiunile pentru calitatea materialelor, cât și acelea pentru modul de lucru, fuseseră riguroș respectate; asemenea eșecuri putându-se produce independent de intensitatea circulației, de procedeul de lucru al șoselei, ca și pentru diferenți lianții bituminoși sau roci întrebuiențate.

Cercetările executate asupra pavajelor bituminoase desagregate neputând, de cele mai multe ori, să atribuie cauza distrugerii unei neîndepliniri a condițiilor de calitate ale materialelor întrebuiențate, sau unei defectuozozități a procedeului de lucru, s'a ajuns în cele din urmă la concluzia că «legătura» dintre lianții bituminoși și aggregatele minerale era defectuoasă în acele cazuri, fără însă a se putea preciza de ce această legătură nu era bună și — mai ales — cum trebue înțeleasă și examinată această proprietate, despre care diferitele caiete de



sarcini, referitoare la materialele respective, nu prevedea nimic în majoritatea cazurilor nici chiar până în anii din urmă.

In adevăr, fie că era vorba de lianții bituminoși sau de materialele minerale, prescripțiile asupra condițiilor de calitate se refereau la proprietățile acestor materiale considerate aparte, și nu la relațiile lor mutuale, de cari depinde stabilitatea amestecurilor lor, aşa cum ele intră în construcția pavajelor bituminoase. Principalele probe cerute de aceste prescripții, în legătură mai ales cu proprietățile de coeziune pentru bitumuri, sau cu cele de distilație și compozitie pentru gudroane, sau cu alte proprietăți speciale pentru emulsii și lianții bituminoși fluizi, tot astfel ca și diferențele probe de rezistență cerute materialului mineral sau chiar amestecurilor bituminoase, puteau cel mult să asigure o bună comportare a pavajelor bituminoase la acțiunile mecanice datorite circulației, dar nu ofereau nici o garanție pentru stabilitatea acestor pavaje față de acțiunea desagregantă a apei. Proprietatea amestecurilor bituminoase de a rezista acestei acțiuni — proprietate care a fost numită *adezivitate* (Haftfestigkeit sau Adhäsivität), fiind legată de noțiunea de adeziune, dar având totuși un înțeles deosebit — este determinată de o anumită corelație sau afinitate între lianții bituminoși și aggregatele minerale, despre care nici astăzi foarte multe caiete de sarcini nu prevăd aproape nimic; iar dacă există asemenea prevederi, ele sunt în orice caz insuficiente, nesigure, sau introduse numai în scop informativ și pentru experimentare.

Luând ca exemplu normele germane, cari sunt printre cele mai riguroase, prescripțiile asupra condițiilor de calitate ale lianților bituminoși — DIN 1995, din anul 1934 — nu prevăd pentru bitumuri și gudroane nici o probă referitoare la proprietățile lor de adezivitate față de aggregatele minerale. Pentru emulsiile bituminoase, ca și pentru gudroanele folosite la rece și pentru bitumurile fluide, prescripțiile respective prevăd o probă de lipire — Klebeversuch U28 și U29 și Haftversuch U34 — neavând nici o legătură cu rezistența amestecurilor bituminoase la acțiunea apei, precum și proba de lăsare în apă



— Wasserlagerung U₃₀ și U₃₇ — singura care se referă la adezivitatea acestor lianți, dar numai față de bazalt; această probă fiind cu totul insuficientă, după cum vom vedea mai târziu (pag. 96). Este drept că aceste norme menționează la sfârșit proba pentru determinarea adezivității lianților bituminoși față de rocile folosite, după metoda lui RIEDEL și WEBER; dar această probă este numai recomandată în scop informativ, nefiind obligatorie.

Cât privește normele pentru condițiile de calitate ale maselor bituminoase constituind diferitele tipuri de pavaje — DIN 1996, din anul 1935 — acestea prevăd proba umflării sub acțiunea apei timp de 28 de zile, care poate să dea în general indicații bune asupra proprietăților lor de adezivitate, dar care nu poate constitui o metodă practică și curentă, din cauza duratei lungi de încercare; cu atât mai puțin în cazul bitumurilor viscoase, pentru cari umflarea producându-se mult mai încet, ar fi necesar un timp de încercare și mai îndelungat. Aceste norme mai prevăd încă — numai pentru unele tipuri de pavaje — și proba scăderii rezistenței la compresiune a maselor bituminoase, după ce au fost lăsate în apă timp de 28 de zile. Dar, pe lângă inconvenientul duratei de încercare, această probă mai are și alte inconveniente, cari vor fi arătate mai târziu (pag. 87).

Dacă aceasta este situația pentru normele germane, nu este de mirare că la noi, sau în alte țări, normele pentru condițiile de calitate ale materialelor întrebuintate la construcția pavajelor bituminoase conțin prescripții cu totul insuficiente asupra proprietăților de adezivitate, atât pentru lianții bituminoși, cât și pentru aggregatele minerale. De aceea există în general și astăzi în construirea acestor pavaje un anumit factor de nesiguranță, în ceea ce privește stabilitatea lor față de acțiunea apei, de care va depinde durata acestor pavaje și costul întreținerii lor.

Sistemul agregat mineral - liant bituminos, care constituie masa pavajelor bituminoase, este supus în practică pe de o



parte la variate solicitări mecanice datorite circulației, de altă parte el suferă acțiunea variațiilor de temperatură, dar mai ales acțiunea apei, fie ca umezeală a terenului, fie ca apă de ploaie sau de zăpadă. Desagregarea pavajelor bituminoase, care se manifestă prin separarea liantului bituminos de agregatul mineral, nu se datorează acțiunilor mecanice produse de circulație. Asemenea solicitări pot să producă deformări temporare sau chiar rupturi ale masei bituminoase, cari însă nu iau naștere prin deslipirea liantului bituminos de suprafața agregatului mineral, ci se produc în însuși interiorul peliculei de liant care învăluie pietrele. Acest fenomen a fost constatat și pe cale experimentală, ori de câte ori un amestec de piatră-bitum a fost supus la solicitări pur mecanice; ruperea masei bituminoase se face în interiorul liantului bituminos, prin învingerea coeziunii dintre moleculele sale.

Cu totul diferită este influența apei asupra amestecului liant bituminos - agregat mineral. Dacă acțiunea mecanică a apei asupra pavajelor bituminoase este în general de mică importanță, în schimb acțiunea ei chimică poate să aibă în anumite cazuri o influență dezastroasă, producând deslipirea liantului de pe suprafața pietrelor, fenomen care a fost constatat prin numeroase observații practice. Odată distrusă legătura masei bituminoase prin deslipirea liantului de agregat, de sigur că acțiunile mecanice datorite circulației vor desăvârși distrugerea pavajului într'un timp foarte scurt.

Dar cu toate că de mult timp numeroși practicieni au recunoscut în acțiunea apei principala cauză de distrugere a șoselelor asfaltate, modul în care se produce această acțiune, fenomenele fizico-chimice de cari este legată și proprietățile liantilor bituminoși și ale agregatelor minerale, cari ușurează sau împiedică această acțiune, au dat naștere la multe păreri diferite și la numeroase discuții, cari mai au loc și astăzi.

Meritul de a fi pus problema pe drumul cel adevărat, menit să ducă la soluționarea ei, îi revine lui RIEDEL, ale căruia lucrări, publicate în anii 1933 și 1934, au scos în evidență rolul adezivității dintre lianții bituminoși și materialul mineral, în comportarea



pavajelor bituminoase față de acțiunea apei, precum și principaliii factori cari determină această proprietate, stabilind totodată și o metodă pentru măsurarea ei practică.

Cercetări asupra adezivității dintre lianții bituminoși și agregatele minerale au fost executate și înaintea lui RIEDEL, dar ele nu au contribuit prea mult la promovarea problemei; căci, spre deosebire de lucrările acestui autor, ele nu luau în considerare, de cele mai multe ori, adevăratale fenomene cari stau la baza adezivității.

Dată fiind complexitatea și întinderea problemei, ea nu a fost de sigur epuizată prin lucrările lui RIEDEL, anumite fenomene de cari această problemă este legată necesitând un studiu mai amănunțit, care să permită o interpretare mai precisă a lor. Diferite alte lucrări de o importanță variată au apărut ulterior, aducând uneori interesante confirmări și complectări teoriei lui RIEDEL, alteori combătând rezultatele sale, precum și metoda stabilită de el pentru măsurarea adezivității. Nu întotdeauna însă părările exprimate au fost obiective, sau au arătat o înțelegere justă și o aprofundare suficientă a problemei, din partea autorilor respectivi.

In lumina izvorită din analizarea și confruntarea rezultatelor acestor diferite lucrări — inserate în bibliografia dela sfârșitul prezentei expuneri — vom înfățișa, în cele ce urmează, stadiul în care se prezintă astăzi problema adezivității dintre lianții bituminoși și agregatele minerale, problemă care este de o importanță hotărâtoare pentru stabilitatea și durata pavajelor bituminoase. Am socotit absolut necesar de a expune în primul rând considerațiile teoretice cari formează baza științifică a problemei, pentru o înțelegere mai ușoară a rolului și a importanței diferenților factori ce intervin în stabilirea adezivității dintre lianți și agregate, sau cari au o influență indirectă asupra ei, ca și pentru o exactă judecare a rezultatelor obținute și a părărilor exprimate de diferenți autori, cari s-au ocupat de această problemă. Astfel, vom putea face în urmă o justă apreciere a valabilității științifice și a valorii practice a numeroaselor metode propuse pentru măsurarea acestei proprietăți.



In cursul acestei expuneri vom arăta cari sunt punctele problemei tratate ce nu sunt suficient clarificate în prezent, pentru cari ar mai fi încă nevoie de cercetări experimentale. Cu ocazia prezentării rezultatelor unor cercetări personale — anunțate la sfârșitul introducerii — sperăm ca cel puțin o parte din aceste puncte să poată fi clarificate.



II. INTERPRETAREA ENERGETICĂ A FENOMENELOR DE ADEZIVITATE

Ințelesul practic al adezivității. Adezivitatea unui liant bituminos, față de un agregat mineral, înseamnă practic rezistența pe care o opune liantul bituminos de a fi îndepărtat de acțiunea apei, dela suprafața agregatului mineral.

Această rezistență se manifestă pe liniile de separare la cari apa și liantul bituminos vin în contact pe suprafața agregatului; ea este deci dependentă de puterile și reacțiunile existente la suprafețele-limite de contact dintre liant și agregat, și dintre fiecare din acestea două și apă. Astfel, fenomenele de adezivitate nu pot fi înțelese decât privindu-le în lumina nouilor cunoștințe ale chimiei capilare.

I. TENSIUNE INTERFACIALĂ ȘI SUPERFICIALĂ. ENERGIE LIBERĂ INTERFACIALĂ

Stim că între moleculele unei substanțe solide sau lichide domnesc puteri de atracție, care fac ca substanța — în lipsa unor alte puteri destul de mari, acționând din afară — să fie ținută strânsă la un loc; această proprietate este *coeziunea*.

Când două substanțe diferite stau în contact, puterile existente între moleculele fiecărei dintre ele acționează asupra moleculelor dela suprafața-limită de separare, sau suprafața de contact. Dar aceste puteri nefiind în general egale pentru cele două substanțe, moleculele din stratul-limită al uneia dintre ele vor fi atrase către suprafața de contact, iar ale celeilalte



către interior (în direcție opusă interfeței de contact). Dacă cele două substanțe nu reacționează chimic, sau au numai o slabă afinitate chimică reciprocă, și nici nu se disolvă una în alta, sau se disolvă numai parțial, puterile amintite dau naștere la o tensiune în interfața de contact, numită *tensiune interfacială* (Grenzflächenspannung) (8), care face ca această interfață să aibă tendința de a deveni cât mai mică cu putință.

In cazul particular când una dintre cele două substanțe în contact este aerul, tensiunea interfacială dintre un corp lichid sau solid și aer se numește *tensiune superficială*.

Exemplu: Forma sferică a micilor picături de mercur sau de alte lichide, în anumite condiții, ca și forma sferică sau elipsoidală a picăturilor unui lichid emulsionat în alt lichid, sau tendința de coagulare a emulsiilor și de flokulare a dispersiunilor, având ca efect scăderea interfeței totale de contact.

Tensiunea interfacială este deci o putere activă la interfața de contact a două substanțe, de ex. între apă și un liant bituminos, sau între acesta din urmă și un agregat mineral, sau între acesta și apă, etc. Interfața de contact posedă astfel o energie potențială, numită *energie liberă interfacială*. Notând această energie cu E și mărimea interfeței de contact a celor două substanțe cu F, avem relația

$$E = F \times S$$

unde S = valoarea tensiunii interfaciale, sau cantitatea de energie liberă pe 1 cm² al interfeței de contact.

S mai poate fi înțeles și ca fiind egal cu forța care acționează pe unitatea de lungime a marginii interfeței de contact, sau pe unitatea de lungime a unei secțiuni presupusă în această interfață. Tensiunea interfacială este deci proporțională cu forța care acționează în fiecare punct al interfeței de contact, sau al liniei care mărginește această interfață.

Mărimea tensiunii interfaciale, respectiv energia liberă interfacială, depinde de afinitatea chimică reciprocă a celor două substanțe care stau în contact și de gradul de solubilitate al uneia în celalătă. Ea este constrânsă — ca orice energie poten-



țială — ca să devie cât mai mică cu puțință. Această lege fundamentală comandă mai toate fenomenele chimico-capilare.

Scăderea energiei libere interfaciale rezultă prin producerea acelor fenomene posibile, cari au ca efect micșorarea fie a interfeței de contact F , fie a valorii tensiunii interfaciale S , fie a amândorora. Adeziunea lianților bituminoși la suprafața agregatelor minerale și deslocuirea lor sub acțiunea apei — deci și adezivitatea — sunt fenomene ce se supun acestei legi.

2. FENOMENE DE UDARE ȘI DE DESLOCUIRE

Pentru a ajunge la interpretarea energetică a fenomenelor de adezivitate dintre lianții bituminoși și agregatele minerale, în sistemul ternar liant-agregat-apă, este necesar să considerăm mai întâi fenomenul general de udare a solidelor de către lichide, în sistemul lichid-solid-aer. În expunerea ce urmează, ca și în tot cuprinsul acestei lucrări, vom întrebuița următoarele notații:

S_a = tensiunea superficială a lichidului a (de ex. apă);

S_l = » » » l (de ex. liant bituminos);

S_p = » » » solidului p (agregat, rocă, piatră);

S_{al} = » interfacială dintre lichidele a și l ;

S_{ap} = » » » lichidul a și solidul p ;

S_{lp} = » » » l » » p .

Dacă o picătură de lichid l pusă pe suprafață curată a unui solid p se întinde total, acoperind porțiunea F din această suprafață, atunci, odată cu dispariția suprafeței F solid-aer, se formează suprafața F lichid-aer și suprafața de contact F lichid-solid. Conform legii chimico-capilare mai sus amintită, acest fenomen este posibil atunci când rezultă o scădere a energiei libere totale de suprafață, deci când avem:

$$F \cdot S_l + F \cdot S_{lp} < F \cdot S$$

sau, pentru 1 cm^2 din suprafața F ,

$$S_l + S_{lp} < S_p. \quad (I)$$



Pentru ca un lichid să poată uda total un solid care se găsește în aer, trebuie deci ca suma tensiunii superficiale a lichidului cu tensiunea interfacială dintre lichid și solid să fie mai mică decât tensiunea superficială a solidului. Cu cât această inegalitate este mai pronunțată, cu atât lichidul udă mai bine solidul.

Accentuăm că *udare totală* nu înseamnă neapărat acoperirea întregii suprafețe a solidului, ci întinderea lichidului în întregime pe această suprafață, într'un strat foarte subțire, a cărui margine face deci cu suprafața solidului un *unghiu de udare* egal cu zero.

La fel pentru un alt lichid *a*, condiția de udare totală a acelaiaș solid *p* va fi

$$S_a + S_{ap} < S_p. \quad (2)$$

Pentru ca lichidul *l* să ude solidul *p* mai bine decât lichidul *a*, trebuie evident ca să avem (în baza aceleiaș legi)

$$S_l + S_{lp} < S_a + S_{ap}. \quad (3)$$

Cu toate că din relațiile (1) și (2) rezultă că o mică tensiune superficială a unui lichid este o condiție favorabilă fenomenului de udare, relația (3) ne arată totuși că nu singure valorile tensiunilor superficiale a două lichide hotărăsc care din ele udă mai bine un acelaș solid, ci suma tensiunii superficiale cu tensiunea interfacială lichid-solid respectivă. Putem deci să avem $S_a < S_l$, totuși dacă $S_{ap} > S_{lp}$ și aşa fel încât $S_{ap} - S_{lp} > S_l - S_a$, lichidul *l* va uda mai bine corpul *p*, decât îl udă lichidul *a*. Aceasta se poate întâmpla atunci când la contactul dintre *l* și *p* au loc anumite fenomene (solubilitate parțială, adsorbție, afinitate chimică etc.), care scoboară foarte mult tensiunea interfacială respectivă.

Fenomene de deslocuire. Când un corp *p* este mai întâi udat în întregime de un lichid *a*, atunci, pentru ca un alt lichid *l* să poată deslocui pe *a* dela suprafața lui *p*, trebuie să avem

$$S_{lp} < S_{ap}. \quad (4)$$

In adevăr, aceasta este forma la care se reduce relația (3), care exprimă condiția de mai bună udare, deoarece în acest caz

tensiunile superficiale S_l și S_a nu mai intervin, ne mai fiind vorba de o modificare a suprafeței în contact cu aerul. Deci, pentru ca un lichid să poată deslocui pe un altul dela suprafața unui solid, trebuie ca tensiunea lui interfacială cu solidul să fie mai mică decât tensiunea interfacială a celuilalt lichid cu același solid. Această condiție o vom obține printr'o demonstrație mai complectă.

3. UNGHIU DE UDARE. TENSIUNE DE ADEZIUNE. COEFFICIENT DE ADEZIUNE

Unghiu de udare. Să presupunem că lichidul l nu udă total solidul p , deci marginea unei picături din acest lichid, pusă pe suprafața plană și curată a solidului, face cu aceasta unghiul de udare θ_{lp} . Mărimea acestui unghi este determinată de raportul dintre cele trei forțe S_l , S_p

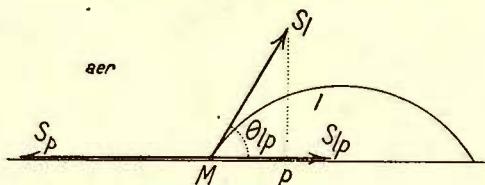


Fig. 1.

și S_{lp} , cari acționează asupra fiecărui punct M al marginii picăturii, fiecare din aceste forțe tinzând să reducă energia liberă de suprafață corespunzătoare, prin reducerea suprafeței respective. În acțiunea pe care o exercită asupra punctului M , deplasându-l pe suprafața lui p , forțele S_p și S_{lp} intervin cu toată intensitatea lor, pe când S_l intervine numai cu componenta $S_l \cdot \cos\theta_{lp}$, de pe direcția suprafeței. Starea de echilibru, respectiv mărimea unghiului de udare θ_{lp} , este determinată de relația

$$S_p = S_{lp} + S_l \cdot \cos\theta_{lp} \quad (5)$$

pe care o mai scriem — notând diferența $S_p - S_{lp}$ cu A_{lp} —

$$A_{lp} = S_p - S_{lp} = S_l \cdot \cos\theta_{lp}. \quad (6)$$

Tensiune de adeziune. Diferența $S_p - S_{lp}$ dintre tensiunea superficială a solidului și tensiunea interfacială lichid/solid — cu

alte cuvinte rezultanta acestor două forțe — este definită de FREUNDLICH ca tensiune de adeziune (8) a lichidului față de solid, fiind exprimată în dyne/cm. Ea ne arată tendința de întindere sau de contractare a lichidului pe suprafața solidului. În adevăr, scriind relația (6) sub forma

$$\cos \theta_{lp} = \frac{S_p - S_{pl}}{S_l} \quad (7)$$

observăm că — independent de valoarea lui S_l , care este întotdeauna mai mare decât zero — după cum vom avea $S_p - S_{lp} > 0$ sau < 0 , unghiul de udare θ_{lp} va fi $< 90^\circ$ sau $> 90^\circ$, adică lichidul va avea tendință să se întindă sau să se contracte pe suprafața solidului, rezultând întotdeauna o scădere a energiei libere de suprafață.

Coefficient de adeziune. Dacă tensiunea de adeziune $A_{lp} = S_p - S_{lp}$ ne arată, prin sensul ei pozitiv sau negativ, tendința de întindere respectiv de contractare a lichidului pe suprafața solidului, gradul acestei tendințe este reprezentat grafic prin unghiul de udare θ_{lp} și exprimat numeric prin cosinusul respectiv

$$\cos \theta_{lp} = \frac{S_p - S_{lp}}{S_l}.$$

El depinde atât de valoarea diferenței $S_p - S_{lp}$ (= tensiunea de adeziune a lichidului față de solid), cât și de aceea a lui S_l (= tensiunea superficială a lichidului).

Dar, în timp ce $\cos \theta_{lp}$ nu poate avea decât valori cuprinse între -1 și $+1$, expresia $\frac{S_p - S_{lp}}{S_l}$ poate să aibă și valori < -1 , precum și valori $> +1$, totul depinzând de raportul de mărime al celor trei forțe S_l , S_p și S_{lp} . Primul caz, când $\frac{S_p - S_{lp}}{S_l} < -1$, se întâmplă atunci când tensiunea interfacială dintre lichid și solid S_{lp} este atât de mare, încât să avem $S_{lp} > S_p + S_l$. În



acest caz lichidul nu udă de loc solidul (cazul unei picături de mercur pe o suprafață de sticlă). Cazul al doilea, când $\frac{S_p - S_{lp}}{S_l} > +1$, se întâmplă atunci când tensiunea interfacială lichid/solid S_{lp} este atât de mică — din cauza unor fenomene ce vor fi arătate într'un capitol viitor — încât să avem $S_{lp} < S_p - S_l$. În acest caz avem a face cu o udare totală a solidului p de către lichidul l .

Pentru aceste motive este în general preferabil de a da formulai tensiunii de adeziune următoarea expresie mai generală

$$A_{lp} = S_p - S_{lp} = S_l \cdot K_{lp}, \quad (8)$$

în care *coeficientul de adeziune*

$$K_{lp} = \frac{S_p - S_{lp}}{S_l} \quad (9)$$

poate avea nu numai valorile lui $\cos \theta_{lp}$, cuprinse între -1 și $+1$, dar și valori <-1 și $>+1$, aşa cum se poate întâmpla în realitate. Numai în cazurile când

$$S_p - S_l < S_{lp} < S_p + S_l, \quad (10)$$

vom avea

$$K_{lp} = \cos \theta_{lp}. \quad (11)$$

BARTELL și colaboratorii săi (1, 2) întrebuițează expresia de « constantă de adeziune » în locul aceleia de coeficient de adeziune, adoptată de noi ca fiind mai potrivită, valoarea lui K_{lp} variind atât cu lichidul l cât și cu solidul p .

S-ar putea obiecta că, din punct de vedere mecanic, nu s-ar putea admite existența unor sisteme lichid/solid pentru cari raportul $\frac{S_p - S_{lp}}{S_l}$ să aibă o valoare $>+1$ sau <-1 , deoarece în aceste cazuri punctul M (fig. 1) s-ar afla sub acțiunea unei rezultante diferită de zero, deci nu ar mai fi în echilibru. În realitate, oricărui ar fi valorile celor trei forțe S_l , S_p și S_{lp} , rezultanta lor acționează în același timp asupra tuturor

punctelor marginii picăturii, care rămâne astfel în echilibru în totalitatea ei. Așa de exemplu dacă avem

$$\frac{S_p - S_{lp}}{S_l} > +1, \text{ adică } S_p > S_{lp} + S_l$$

fiecare punct al marginii picăturii se află sub acțiunea unei rezultante

$$R = S_p - (S_{lp} + S_l) > 0$$

care trage de marginea picăturii în afară, chiar după întinderea ei totală ($\theta_{lp} = 0$). Picătura rămâne însă în echilibru în totalitatea ei, rezultantele cari acționează în puncte diametral opuse ale marginii picăturii echilibrându-se reciproc, două căte două. S-ar putea admite că această echilibrare se face prin intermediul coeziunii lichidului, care ar reprezenta astfel o patra forță, ce intră în joc atunci când picătura de lichid a fost întinsă la maximum ($\theta_{lp} = 0$), opunându-se la ruperea ei. De fapt, oricât de mică ar fi valoarea acestei coeziuni, ea este suficientă ca să împiedice ruperea picăturii. Căci aceeași lege — tendința energiei libere totale de suprafață de a deveni cât mai mică cu puțință — care provoacă întinderea la maximum a picăturii de lichid pe suprafața solidului atunci când $S_p > S_{lp} + S_l$, se opune la ruperea picăturii, deoarece prin această rupere s'ar forma suprafețe libere de solid (F), cu o energie liberă de suprafață (FS_p) superioară sumei energiilor libere ale suprafeței de lichid și interfeței solid/lichid dispărute ($FS_l + FS_{lp}$). Cu alte cuvinte, tendința de a supera a picăturii prin întindere fiind egalată de tendință de închidere a picăturii (tendința de întindere a marginilor rupturii), o cât de mică valoare a coeziunii, adăugată la aceasta din urmă, asigură stabilitatea (echilibrul) picăturii de lichid, oricare ar fi valoarea rezultantei celor trei forțe S_p , S_l și S_{lp} .

4. TENSIUNE DE ADEZIVITATE. HIDROFOBIE ȘI HIDROFILIE. COEFICIENT DE ADEZIVITATE

Având precizate aceste noțiuni asupra fenomenului de adeziune, să examinăm acum relațiile de energie la interfețele sistemului liant bituminos - agregat mineral - apă. Vom nota: a = apă; l = liant bituminos; p = piatră (rocă, agregat mineral).

Apa udă în general foarte bine suprafața curată a pietrelor. O picătură de apă, pusă pe o ascemenea suprafață, se întinde total (unghiul de șădare $\theta_{ap} = 0$) în majoritatea cazurilor. Dar și lianții bituminoși pot să ude foarte bine suprafața curată și uscată a pietrelor, dacă sunt destul de fluizi, sau, dacă sunt

aduși în prealabil la un grad de fluiditate suficientă, printr-o încălzire corespunzătoare, sau prin diluare, etc.

Tensiunea de adeziune a unui liant bituminos l față de roca p fiind

$$A_{lp} = S_p - S_{lp} \quad (12)$$

iar tehiunea de adeziune a apei a , față de aceeaș rocă p

$$A_{ap} = S_p - S_{ap}, \quad (13)$$

dacă notăm diferența acestor două valori cu A_{ap}^a vom avea:

$$A_{ap}^a = A_{lp} - A_{ap} = S_{ap} - S_{lp} \quad (14)$$

Diferența dintre tensiunea de adeziune a liantului bituminos și aceea a apei, față de o rocă oarecare, o putem defini ca *tensiune de adezivitate* a liantului față de rocă și este egală cu diferența dintre tensiunile interfaciale ale apei și liantului bituminos față de acea rocă. Semnificația acestei expresii rezultă din următoarea demonstrație:

Pe suprafața plană și curată a unei rocii punem o picătură de liant bituminos suficient de fluid, acoperind totul cu apă. Picătura de liant se va întinde sau se va contracta pe suprafața rocii, ajungând la o anumită stare de echilibru, pentru care marginea picăturii va face cu suprafața rocii *unghiul de udare* (sau *de contact*) θ_{lp}^a . Mărimea acestui unghi este determinată de raportul celor trei forțe S_{al} , S_{ap} și S_{lp} , reprezentând respectiv tensiunile interfaciale dintre apă/liant; apă/rocă și liant/rocă, cări acionează asupra fiecărui punct M al marginii picăturii, fiecare din aceste forțe tinzând să reducă energia liberă de suprafață corespunzătoare, prin reducerea suprafeței respective. Punctul M mișcându-se pe suprafața rocii, S_{ap} și S_{lp}

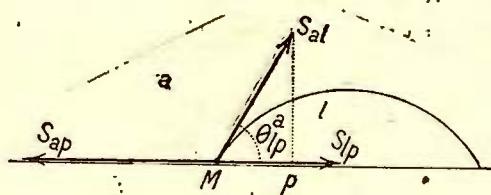


Fig. 2.

acționează cu toată intensitatea lor, în timp ce S_{al} intervine numai cu componenta $S_{al} \cdot \cos \theta_{lp}^a$. Starea de echilibru — respectiv mărimea unghiului θ_{lp}^a — este determinată de relația

$$S_{ap} = S_{lp} + S_{al} \cdot \cos \theta_{lp}^a \quad (15)$$

sau

$$S_{ap} - S_{lp} = S_{al} \cdot \cos \theta_{lp}^a \quad (16)$$

de unde scoatem

$$\cos \theta_{lp}^a = \frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{al}}. \quad (17)$$

Cu ajutorul acestei relații și a figurilor 2 și 3 putem înțelege ușor semnificația diferenței

$$A = A_{lp} - A_{ap} = S_{ap} - S_{lp} = S_{al} \cdot \cos \theta_{lp}^a, \quad (18)$$

pe care am numit-o tensiune de adezivitate¹⁾ — prin analogie cu tensiunea de adeziune în sistemul lichid/solid/aer — și care

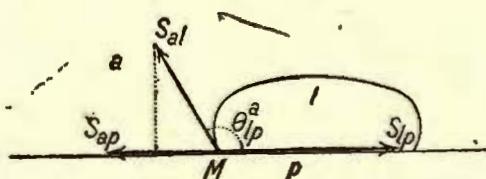


Fig. 3.

nu este altceva decât rezultanta tensiunilor interfaciale ale apei și liantului bituminos față de rocă, aceste tensiuni lucrând în sens opus pe suprafața rocii,

asupra liniei de separație dintre liant și apă. O valoare pozitivă a tensiunii de adezivitate A_{lp}^a — deci când tensiunea interfacială liant/rocă S_{lp} este mai mică decât tensiunea interfacială apă/rocă S_{ap} — înseamnă un unghiu de udare θ_{lp}^a al liantului față de rocă, în prezența apei, mai mic de 90° (cazul fig. 2); liantul bituminos are tendința să se întindă pe suprafața rocii, în dauna apei, roca este deci udată mai bine de liantul bituminos decât de apă, ea este *hidrofobă* în raport cu liantul bituminos. O valoare negativă a tensiunii

¹⁾ STEN HALBERG (13) definește această diferență ca «forță de adezivitate» a liantului bituminos față de rocă.

de adezivitate A_{lp}^a — deci când tensiunea interfacială liant/rocă S_{lp} este mai mare decât tensiunea interfacială apă/rocă S_{ap} — înseamnă un unghiu de udare θ_{lp}^a al liantului față de rocă, în prezența apei, mai mare de 90° (cazul fig. 3); liantul bituminos trebuie să se contracte dela suprafața rocii, în favoarea și sub acțiunea apei, roca este deci udată mai bine de apă decât de liantul bituminos, ea este *hidrofilă* în raport cu liantul bituminos.

Hidrofobia sau hidrofilia unei roci în sistemul ternar liant-rocă-apă, corespunzând cu sensul tensiunii de adezivitate a liantului față de rocă, depinde deci numai de mărimea tensiunilor interfaciale ale liantului și apei față de acea rocă, fiind independente de valoarea tensiunii interfaciale dintre liantul bituminos și apă.

Coeficient de adezivitate. Dacă tensiunea de adezivitate ne arată prin sensul ei, pozitiv sau negativ, tendința de întindere sau de contractare a liantului bituminos pe suprafața rocii, în dauna respectiv în favoarea apei, gradul acestei tendințe este reprezentat grafic prin unghiul de udare (sau de contact) θ_{lp}^a și exprimat numeric prin cosinusul acestui unghiu

$$\cos \theta_{lp}^a = \frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{al}}. \quad (19)$$

El depinde atât de valoarea tensiunii de adezivitate $S_{ap} - S_{lp}$, cât și de valoarea tensiunii interfaciale S_{al} dintre liantul bituminos și apă. Dar, în timp ce $\cos \theta_{lp}^a$ nu poate avea decât valori cuprinse între limitele -1 și $+1$, expresia $\frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{al}}$ poate să

aibă și valori < -1 , precum și valori $> +1$, totul depinzând de raportul de mărime al celor trei forțe S_{ap} , S_{lp} și S_{al} .

Primul caz, când $\frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{al}} < -1$, se întâmplă atunci când tensiunea interfacială dintre liant și rocă este atât de mare, încât să avem $S_{lp} > S_{ap} + S_{al}$; în acest caz apa izgonește com-

plexității liantului dela suprafața rocii, avem deci a face cu o totală lipsă de adezivitate între liant și rocă. Al doilea caz, când $\frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{al}} > +1$, se întâmplă atunci când la contactul dintre

liant și rocă au loc anumite fenomene — ce vor fi arătate într'un capitol viitor — cari scoboară atât de mult tensiunea interfacială dintre liant și rocă, încât să avem $S_{lp} < S_{ap} - S_{al}$; acesta ar fi cazul ideal, corespunzător unei adezivități maxime, când liantul bituminos ar izgini complet apa dela suprafața rocii.

Pentru aceste motive este în general preferabil de a da formulei tensiunii de adezivitate următoarea expresie mai generală

$$A_{lp}^a = A_{lp} - A_{ap} = S_{ap} - S_{lp} = S_{al} K_{lp}^a \quad (20)$$

în care *coeficientul de adezivitate*

$$K_{lp}^a = \frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{al}} \quad (21)$$

poate avea nu numai valorile lui $\cos\theta_{lp}^a$, cuprinse între -1 și $+1$, dar și valori < -1 și $> +1$, corespunzând astfel tuturor cazurilor posibile. În cazurile când

$$S_{ap} - S_{al} \leq S_{lp} \leq S_{ap} + S_{al}, \text{ deci } -1 \leq K_{lp}^a \leq +1, \quad (22)$$

avem egalitatea

$$K_{lp}^a = \cos\theta_{lp}^a. \quad (23)$$

Expresia de mai sus a coeficientului de adezivitate ne arată că valoarea sa absolută este cu atât mai mică, cu cât tensiunea interfacială apă/liant este mai mare. Această tensiune trebuie să atenuzeze atât hidrofobia cât și hidrofilia rocii în raport cu liantul bituminos. Acest fapt reiese și din figurile 2 și 3, în cari se vede că tensiunea interfacială apă/liant S_{al} lucrează întotdeauna de partea celei mai mici dintre forțele S_{ap} și S_{lp} , adică în sens opus cu rezultanta lor $S_{ap} - S_{lp}$.

Când roca este hidrofobă în raport cu liantul bituminos — acesta este cazul care trebuie urmărit în practică — adezivitatea va fi cu atât mai bună (K_{lp}^a cu atât mai mare), cu cât



tensiunile interfaciale ale liantului bituminos cu agregatul mineral și cu apă (S_{lp} și S_{al}) vor avea valori mai mici, și cu cât tensiunea interfacială dintre apă și agregatul mineral (S_{ap}) va fi mai mare. Toate mijloacele prin cari s'ar putea obține aceste efecte vor contribui în practică la creșterea adezivității dintre lianții bituminoși și aggregatele minerale.

* * *

Deși problema rezistenței pavajelor bituminoase față de acțiunea apei a preocupat, în deceniul anterior războiului, pe foarte mulți tehnicieni și cercetători de specialitate, recunoscându-se tot mai mult dependența acestei rezistențe de valoarea adezivității dintre lianți și aggregate, această proprietate a fost totuși confundată adesea cu adeziunea dintre aceste corperi, ceea ce este, evident, o eroare. Încercările întâlnite adesea în literatură, de a explica legătura rezistență sau defectuoasă dintre lianți și aggregate numai cu ajutorul noțiunilor tensiunii de adeziune și a unghiului de udare (unghiul marginii) a liantului față de agregat, în lipsa apei, nu pot duce la interpretări juste; aceste noțiuni fiind insuficiente pentru explicarea fenomenelor de adezivitate, pentru care trebuie să se țină neapărat seama, după cum am văzut, de relațiile de energie existente la interfețele de contact în sistemul ternar liant-aggregat-apă.

Folosirea noțiunii tensiunii de adezivitate, pentru explicarea fenomenelor de deslocuire a lianților bituminoși dela suprafața agregatelor minerale prin acțiunea apei, nu se întâlnește decât exceptional în literatură, sub o formă apropiată de aceea arătată mai sus. În special SREN HALBERG (13) folosește relațiile de energie dela interfețele sistemului ternar liant-rocă-apă pentru explicarea fenomenelor de adezivitate, numind diferența $S_{ap} - S_{lr}$ cu termenul de «forță de adezivitate». RIEDEL și WEBER (27), fără a folosi aceste relații de energie, afirmă totuși că hidrofobia unei roci — udarea mai bună a ei de liant decât de apă — este condiționată de o tensiune interfacială mai mică între rocă și liant decât între rocă și apă, adică așa cum am văzut.



Cât privește expresia și noțiunea coeficientului de adezivitate, acestea nu sunt întâlnite în literatură. Noi am socotit utilă introducerea lor în această lucrare, pentru a putea da o explicație și o exprimare numerică științifică a gradului adezivității lianților bituminoși față de agregatele minerale.

5. ENERGIE DE ADEZIUNE ȘI DE COEZIUNE. COEFICIENT DE INTINDERE

Se mai întâlnesc în literatură încercări de a aprecia gradul atracției dintre un solid și un lichid, cari stau în contact, cu ajutorul unor alte noțiuni, înrudite cu aceea a tensiunii de adeziune. Astfel, BARTELL și colaboratorii săi (1, 2) exprimă gradul acestei atracții prin *energia de adeziune* respectivă W_{lp} , a cărei valoare este dată de următoarea relație (în care noi am păstrat aceleași notății ca mai sus)

$$W_{lp} = S_l + S_p - S_{lp} = S_l + A_{lp}. \quad (24)$$

Căci, atunci când lichidul aderă la solid, pentru fiecare cm^2 de interfață de contact formată dispar tensiunile superficiale S_l și S_p și apare tensiunea interfacială S_{lp} , punându-se în libertate o cantitate de energie W_{lp} ; aşa dar

$$S_l + S_p = S_{lp} + W_{lp}, \quad (25)$$

de unde rezultă valoarea lui W_{lp} de mai sus. Aceasta ar fi deci energia care ar trebui dată pentru a separa din nou lichidul de solid, ea reprezentă astfel mărimea atracției dintre cele două corpuri.

Autorii deduc din relația (24) valoarea *energiei de coeziune* W_l a unui lichid, considerând în locul solidului p o altă cantitate de lichid l și ținând seama că la contactul a două porțiuni dintr'un acelaș lichid nu există nici o tensiune interfacială ($S_{ll} = 0$); deci

$$W_l = S_l + S_l + S_{ll} = 2S_l. \quad (26)$$

După CHARLES MACK (19), pentru ca un lichid să se poată întinde la suprafața unui solid, trebuie ca energia de adeziune



dintre ele să fie mai mare decât energia de coeziune a lichidului; de aceea, diferența dintre aceste două mărimi

$$W_{lp} - W_l = (S + S_p - S_{lp}) - 2S_l = S_p - S_{lp} - S_l = A_{lp} - S_l \quad (27)$$

este numită *coeficient de întindere*, această mărime reprezentând gradul udării lichidului față de solid. Autorul caută să aplice această relație, precum și relația (24) care dă valoarea energiei de adeziune, pentru a măsura experimental energiile corespunzătoare la contactul dintre bitumuri și câteva pulberi minerale (silice, calcar, argilă albastră).

Trebue să remarcăm însă, că pentru judecarea comportării sistemului liant bituminos-agregat mineral față de acțiunea apei, atât noțiunea de energie de adeziune cât și aceea de coeficient de întindere nu ne sunt de mare folos, formulele respective ținând seama numai de relația de energie dela interfața liant-agregat, nu și de acelea dela interfețele agregat-apă și liant-apă, cari intervin în stabilirea adezivității dintre lianți și aggregate, după cum am văzut. Dar noțiunile de mai sus nu au vreo utilitate nici chiar pentru aprecierea legăturii «uscate» dintre lianți și aggregate, această apreciere făcându-se în modul cel mai sigur prin gradul tendinței de întindere a liantului pe suprafața agregatului, care are cea mai exactă expresie în coefficientul de adeziune $K_{lp} = \frac{S_p - S_{lp}}{S_l}$, după cum gradul aceleiaș tendințe în prezența apei este exprimat de coefficientul de adezivitate $K_{lp}^a = \frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{al}}$.

Relațiile de mai sus sunt însă interesante din alt punct de vedere. Atât observațiile practice, cât și cele experimentale, au arătat că sub acțiunea eforturilor pur mecanice ruperea unui amestec bituminos, executat în bune condiții, se produce nu prin învingerea adeziunii dintre liant și agregat, ci a coeziunii liantului (pag. 10); deci, în mod normal, adeziunea este mai mare decât coeziunea. Aplicând formulele de mai sus, aceasta înseamnă că avem de regulă (W_{lp} mai mare decât W_l),



$$W_{lp} - W_l = S_p - S_{lp} - S_l > 0, \quad (28)$$

sau

$$S_p - S_{lp} > S_l \text{ deci } A_{lp} > S_l,$$

sau încă

$$\frac{S_p - S_{lp}}{S_l} = K_{lp} > +1.$$

Dar acesta este cazul celei mai bune adeziuni posibile (pag. 19). Cu alte cuvinte, în mod normal adeziunea amestecurilor bituminoase executate în bune condiții este întotdeauna atât de bună, încât, dacă am ține seama numai de relațiile de energie dela interfața liant-agregat, ar trebui să conchidem că distrugerea pavajelor bituminoase nu se datorează niciodată unei legături insuficiente între liant și agregat, astfel că nu ar mai prezenta nici un interes de a ne mai ocupa de această legătură. Aceasta este adevărat, dar numai pentru legătura «uscată» dintre liant și agregat, nu însă și pentru adezivitatea lor, care este determinată nu numai de relațiile de energie dela interfață liant-agregat, dar și de acelea corespunzătoare interfețelor agregat-apă și liant-apă. Acest fapt ne arată încă odată importanța tensiunii de adezivitate și a coeficientului de adezivitate — cari țin seama de toate aceste relații de energie — pentru înțelegerea fenomenelor de cari depinde stabilitatea pavajelor bituminoase față de acțiunea apei.

6. MANIFESTAREA ADEZIVITĂȚII IN PRACTICĂ

Examinarea relațiilor de energie la interfețele de contact dintre liantul bituminos, agregatul mineral și apă, cari au dus la stabilirea formulelor tensiunii și coeficientului de adeziune și a celor de adezivitate, a fost făcută sub presupunerea că liantul bituminos este suficient de fluid, pentru a se putea întinde sau contracta sub influența forțelor cari acționează asupra marginii sale de pe suprafața agregatului mineral. În practică, în afară de cazul survenirii unei ploi neașteptate în timpul lucrului, liantul se găsește în general mai mult sau mai puțin lipsit de fluiditate, atunci când amestecul bituminos se



găsește în situația de a suferi o acțiune îndelungată a apei. Înseamnă atunci că relațiile de energie stabilită mai sus nu mai sunt valabile în practică?

In momentul tratării agregatului mineral cu liantul bituminos, acesta este întotdeauna adus în prealabil într-o stare de fluiditate suficientă, fie prin încălzire, fie prin diluare cu solvenți organici volatili, sau prin emulsionare cu apă, fiind astfel capabil să se întindă ușor pe suprafața agregatului mineral. După răcire, sau după evaporarea disolventului sau a apei rămasă din emulsii, liantul bituminos își pierde fluiditatea câștigată temporar, rămânând puternic aderent la suprafața agregatului, sub forma unei pelicule subțiri.

Când intervine acțiunea apei, posibilitatea de îndepărțare a liantului dela suprafața agregatului depinde întru totul de raportul celor trei forțe S_{lp} , S_{ap} și S_{al} , întocmai ca și pentru un liant bituminos fluid; singura diferență fiind — în cazul când $S_{ap} < S_{lp}$ (deci când $A_{lp}^a = S_{ap} - S_{lp} < 0$) — că liantul nu se contractă în general de pe suprafața agregatului, decât dacă are o viscozitate destul de mică; dar el este desprins dela suprafața agregatului de acțiunea apei, care se infiltrează între această suprafață și pelicula de liant. Desprinderea liantului va fi cu atât mai ușoară, cu cât este mai mică valoarea algebraică a coeficientului de adezivitate

$$K_{lp}^a = \frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{al}} < 0, \quad (S_{ap} \text{ fiind } < S_{lp})$$

deci cu cât S_{lp} este mai mare și cu cât S_{ap} și S_{al} au valori mai mici. Odată ce această desprindere s'a produs, fie că liantul se contractă sau nu de pe suprafața rocii, consistența pavajului bituminos dispără și distrugerea lui sub influența acțiunilor mecanice nu va întârzia să se producă. (În ceea ce privește influența viscozității liantului, asupra timpului necesar pentru desprinderea lui de la suprafața agregatului sub acțiunea apei, vom reveni într'un capitol viitor).



III. POSIBILITATEA ACTUALĂ DE DETERMINARE A TENSIUNII DE ADEZIVITATE ȘI A COEFICIENTULUI DE ADEZIVITATE

Conform celor arătate mai sus, obținerea valorilor tensiunii și a coeficientului de adezivitate ale unui liant bituminos față de un agregat mineral, ale căror expresii sunt

$$A_{lp}^a = S_{ap} - S_{lp} = S_{al} \cdot K_{lp}^a \text{ și } K_{lp}^a = \frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{al}},$$

ne-ar da cea mai bună indicație asupra modului cum se va comporta amestecul celor două corpuri față de acțiunea apei, respectiv asupra probabilității de stabilitate a pavajului bituminos executat cu acele materiale. De aceea ne propunem de a examina în ce condiții și în ce măsură ar fi posibilă determinarea valorilor expresiilor de mai sus.

După cum am văzut, în cazurile când

$$S_{ap} - S_{al} \leq S_{lp} \leq S_{ap} + S_{al}, \text{ deci } -1 \leq K_{lp}^a \leq +1,$$

avem egalitatea $K_{lp}^a = \cos\theta_{lp}^a$.

In practică, ne-am mulțumi să putem determina coeficientul de adezivitate numai în aceste cazuri, când $0^\circ < \theta_{lp}^a < 180^\circ$; deoarece atunci când $\theta_{lp}^a = 0^\circ$ adezivitatea este atât de bună, că nu mai este nevoie să fie măsurată, iar cazul când $\theta_{lp}^a = 180^\circ$ corespunde unei lipse totale de adezivitate și nu mai prezintă nici un interes în practică.

Determinarea coeficientului de adezivitate s'ar putea deci reduce, practic, la măsurarea unghiului de udare a agregatului



mineral de către liantul bituminos, în prezența apei, dacă această operație ar fi posibilă. Nu cunoaștem însă până acum nici o metodă în acest scop.

De altă parte nu este posibilă, în general, nici determinarea tensiunii interfaciale dintre solide și lichide — în cazul de față S_{ap} și S_{lp} — nefiind de asemenea cunoscute metode pentru aceasta; pentru care motiv, iarăși, nu se poate determina nici tensiunea superficială a solidelor, care intră alături de tensiunea interfacială lichid/solid în expresia tensiunii și a coeficientului de adeziune

$$A_{lp} = S_p - S_{lp} = S_l \cdot K_{lp} \quad K_{lp} = \frac{S_p - S_{lp}}{S_l} = \frac{A_{lp}}{S_l}.$$

Numai determinarea tensiunii interfaciale dintre lichide — în cazul de față S_{al} — este posibilă, prin metode analoage cu acelea folosite la determinarea tensiunii superficiale a lichidelor.

Observăm însă, că pentru obținerea tensiunii de adezivitate A_{lp}^a nu este nevoie să determinăm separat pe S_{ap} și S_{lp} , ci numai diferența lor, sau echivalentul acestei diferențe, care este produsul $S_l \cdot K_{lp}^a$; tot astfel, tensiunea de adeziune A_{lp} poate să fie obținută în măsura în care este posibilă determinarea produsului $S_l \cdot K_{lp}$ ca atare, sau a factorilor săi S_l și K_{lp} . Dacă această operație este posibilă, atunci determinând separat tensiunile de adeziune ale liantului bituminos și apei față de aceeași rocă, diferența lor va fi egală cu tensiunea de adezivitate a liantului față de acea rocă (pag. 21)

$$A_{lp}^a = A_{lp} - A_{ap} = S_{ap} - S_{lp} = S_{al} \cdot K_{lp}^a.$$

I. DETERMINAREA TENSIUNII DE ADEZIUNE

Când unghiul de udare θ_{lp} al lichidului față de solid este cuprins între 0° și 180° , avem (pag. 19)

$$K_{lp} = \cos \theta_{lp}, \quad \text{deci} \quad A_{lp} = S_l \cdot \cos \theta_{lp}.$$

In aceste cazuri se va cunoaște valoarea tensiunii de adeziune dacă, în afară de tensiunea superficială S_l a lichidului, se va putea determina și unghiul său de udare θ_{lp} față de solid.



a) *Metoda lui FRICKE și MEYRING* (9). Autorii definesc ca « putere de udare » (Benetzungskraft) a unui liant față de o rocă produsul dintre tensiunea superficială a liantului și cosinusul unghiului său de contact (sau de udare, sau unghiul marginii) față de rocă, care deci nu este decât expresia definită în general ca tensiune de adeziune; iar cosinusul unghiului de contact este definit de autori ca reprezentând « capacitatea de udare » a liantului față de rocă — valoare pentru care noi am socotit mai potrivit termenul de coeficient de adeziune, cu un înțeles mai general.

Pentru determinarea *tensiunii superficiale* a liantilor bituminoși autorii au folosit atât metoda urcării în tuburile capilare, cât și metoda presiunii bulelor de gaz¹, determinările fiind executate la temperatura de 120°C. Valorile obținute cu ultima metodă erau în general cu 3—4 dyne mai mari decât cele obținute cu prima metodă, care ar prezenta desavantajul că citirea înălțimilor coloanelor de lichid nu poate fi făcută cu exactitate în cazul liantilor bituminoși, coloarea neagră a acestora împiedicând observarea bazei meniscurilor.

Relația exactă dintre tensiunea superficială a lichidelor și urcarea lor în tuburile capilare fiind (pag. 35)

$$S = \frac{r \cdot h \cdot d \cdot g}{2 \cos \theta},$$

iar autorii neglijând pe $\cos \theta$ — întrucât unghiurile de udare ale liantilor, determinate de dânsii, erau destul de mici (între 7 și 14°) — acest fapt constituie un motiv pentru ca valorile tensiunii superficiale obținute de autori cu această metodă să fie mai mici decât cele reale, cari s'ar obține aplicând formula exactă.

Pentru determinarea *unghiului marginii* sau de contact, autorii au întâmpinat multe dificultăți, cea mai importantă fiind prepararea suprafeței pe care se întinde picătura de liant, placă respectivă trebuind să fie perfect plană și lustruită, cu fețele paralele, și curățită de orice urme de impurități, cari influențând echilibrul picăturii pe placă modifică unghiul mar-

ginii. De aceea autorii au făcut măsurările lor pe plăci de sticlă, acestea putând să fie curățite, fără a fi atacate, cu amestec fierbinte de acid cromic și acid sulfuric, apoi spălate cu apă distilată, alcool și eter, și uscate pe baie de apă, complect ferite de praf. În timpul când se stabilește echilibrul picăturii de liant pe placă — precum și în timpul măsurării unghiului, dacă determinarea se face la cald — placa trebuie să stea perfect orizontal, fiind ținută la temperatură constantă. Autorii execută determinarea în două moduri:

1. Măsurând la temperatura ordinată unghiu marginii picăturii întărite pe placă, după ce s'a ajuns la starea de echilibru la temperatura de 120°C , într'un termostat special. Aparatul are un vizor fix și o placă-suport mobilă în jurul unei axe de rotație, care este perpendiculară pe axa optică a vizorului. Pe acest suport este așezată placa cu picătura, așa fel ca marginea acesteia să fie exact la întăierea dintre axa optică a vizorului și axa de rotație a suportului, în care punct ajunge o rază fixă de lumină. Prin inclinări potrivite ale suportului cu placa se măsoară unghiu razei reflectate, odată pe placa de sticlă lângă marginea picăturii, altădată chiar pe această margine. Diferența de unghiu citită este egală cu unghiu marginii picăturii.

2. Autorii măsoară acest unghiu și la cald, în care scop placa cu picătura de liant este așezată pe un suport masiv de alamă, aflat într'o baie de ulei de 140°C . În acest mod se asigură o temperatură de 120° plăcii cu picătura de liant, care la partea superioară stă în contact cu aerul. Poziția plăcii este perfect orizontală, marginea picăturii aflându-se în punctul de rotație al axei optice a unui vizor mobil. Unghiu citit în acest mod de lucru este egal cu dublul unghiului marginii picăturii.

Reflexul razei de lumină pe marginea picăturii calde este mai bun decât la picătura întărită, care poate să-și piardă luciul prin răcire, în cazul unei compozиii neomogene a liantului.

Cu toate măsurile luate de autori, unghiuurile măsurate pentru probe identice prezintă diferențe de valori ajungând până la 3 grade; de aceea autori au trebuit să execute câte

10—15 determinări pentru fiecare liant, luând media valorilor obținute.

Autorii au încercat să execute măsurători și pe plăci de diferite materiale întrebuințate la construcția pavajelor bituminoase, precum sgară de furnale înalte, sgară fosforică, grauwacke și bazalt. Dar cu toate că plăcile au fost preparate cu cea mai mare grijă, având suprafețele perfect şlefuite și lustruite, rezultatele nu au fost satisfăcătoare, valorile obținute pentru unghiul marginii picăturilor de liant fiind nesigure și nereproductibile. Cauza principală pentru nereușita acestor determinări este — după părerea autorilor — existența a numeroși pori fini la suprafața acestor materiale, care influențează răspândirea liantului pe aceste suprafețe, în funcție de tensiunea superficială și de viscozitatea liantului. O altă cauză importantă pentru nereușirea determinărilor este și marea dificultate de a curăți perfect aceste suprafețe, cari nu pot fi tratate cu acid cromico-sulfuric, fiind atacabile, curățirea trebuind deci să fie redusă numai la spălări cu lichide organice. De aceea autorii nici nu au publicat decât rezultatele determinărilor executate pe plăci de sticlă.

Părerea exprimată de autori, că rezultatele obținute cu asemenea plăci ar putea fi socotite valabile, în ceea ce privește comportarea lianților, și pentru diferite roci — constituise în majoritatea cazurilor din silicați, ca și sticla — este neadmisibilă. Numeroasele feluri de roci din natură, chiar când ar fi vorba numai de silicați, pot să prezinte o mare variație de compozitie; cu atât mai mare devine această variație prin prezența a diferiți oxizi, carbonați, etc. După cum a stabilit RIEDEL, chiar roci de același fel, dar de proveniență diferită, pot să prezinte diferențe considerabile în ceea ce privește proprietățile lor de ădezivitate.

Determinarea unghiului marginii (unghiul de udare) ar putea deci prezenta interes numai dacă ar putea fi executată, cu rezultate satisfăcătoare, asupra rocilor însăși cu cari se execută pavajele bituminoase, ceea ce nu s'a reușit. Dar chiar și atunci metoda nu ar fi utilă decât în scop de cercetări, fiind

prea complicată și dificilă pentru determinări curente, iar prepararea plăcilor de materiale într'un mod atât de special fiind cu totul necorespunzătoare condițiilor din practică.

In afara de aceasta, pentru a aplica metoda lui FRICKE și MEYRING la determinarea tensiunii de adezivitate, ar trebui să obținem atât valoarea lui A_{tp} , cât și a lui A_{ap} , la aceeași temperatură; ceea ce este imposibil cu această metodă, în care determinările asupra lianților bituminoși se fac la o temperatură superioară aceleia de fierbere a apei.

Din cele arătate, trebuie să conchidem că noțiunea unghiului marginii (sau de contact) nu prezintă până acum decât un interes teoretic, permîțând analizarea și înțelegerea ușoară a fenomenelor de adeziune și a celor de adezivitate, dar fără a se preta la determinări experimentale satisfăcătoare, nici chiar în scop de cercetări, cel puțin cu metodele de cari dispunem până în prezent.

b) *Metoda lui BARTELL și OSTERHOF. Presiune de deplasare.* BARTELL și colaboratorii săi (1), (2), (3), într'o serie de lucrări publicate în anii 1927—1928, au stabilit și au aplicat o metodă pentru determinarea tensiunii de adeziune a lichidelor în general, față de solide aduse în stare de pulbere puternic comprimată.

Această metodă, originală și interesantă ca principiu, conține însă o anumită operație care face ca, principal, exactitatea rezultatelor obținute să fie discutabilă, după cum vom vedea. În afara de aceasta, procedeul de lucru și de calcul folosit de autori prezintă anumite complicații inutile, cari însă pot să fie înălțurate, după cum vom arăta, în avanțajul simplicității și al duratei de lucru.

Metoda autorilor se bazează pe cunoscuta relație folosită la determinarea tensiunii superficiale a lichidelor, prin metoda urcării în tuburile capilare (fig. 4)

$$2\pi r \cdot S \cdot \cos\theta = \pi r^2 \cdot h \cdot d \cdot g$$

sau

$$S = \frac{r \cdot h \cdot d \cdot g}{2 \cos\theta}$$

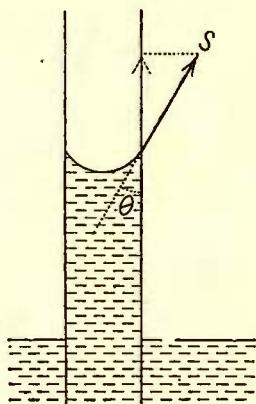


Fig. 4.

în care avem:

S = tensiunea superficială a lichidului (dyne/cm);

θ = unghiul de udare (sau de contact, sau unghiul marginii);

r = raza tubului capilar;

h = înălțimea la care se ridică lichidul în capilar;

d = densitatea lichidului;

g = accelerația gravitației.

Deoarece produsul $h \cdot d$ nu este decât presiunea pe cm^2 de secțiune, rezultată prin deplasarea lichidului în capilar — care echilibrează acțiunea tensiunii superficiale — relația (29) se mai poate scrie

$$S = \frac{r \cdot P \cdot g}{2 \cos \theta} \quad (30)$$

unde P este deci *presiunea de deplasare* sau de echilibrare.

In metoda autorilor, corpul solid — față de care urmează a se determina tensiunea de adeziune — este adus în stare de pulbere și comprimat la 150 sau 200 de atmosfere, într'un mic recipient de formă cilindrică, numit «celulă de deplasare». Spațiile fine dintre particulele solide astfel comprimate pot fi asimilate cu niște pori capilari, a căror rază medie r este determinată de autori după cum vom vedea mai târziu. Masa de pulbere comprimată în celulă se comportă față de lichide întocmai ca un tub capilar de rază r , din același material, putându-se determina presiunea de deplasare a lichidelor în acest sistem capilar cu ajutorul unui manometru cu mercur, sau al unui manometru cu gaz în care presiunea este făcută cu ajutorul unei bombe cu azot.

Celulă de deplasare constă dintr'un tub solid de alamă, deschis la amândouă capetele, în cari se pot fixa două dopuri cilindrice de alamă perforate, prevăzute la capătul interior cu câte un disc cu numeroase găuri, iar la cel exterior având fixate câte un tub îngust; unul din acestea, metalic, legându-se cu

manometrul, iar celalt, de sticlă, servind pentru observarea deplasării lichidului.

Pulberea uscată este introdusă în celulă la capătul care se va lega de manometru, fiind comprimată prin intermediul dopurilor la 200 de atmosfere, cu ajutorul unei prese hidraulice, adăugându-se pulbere și aplicând aceeași presiune până când se umple cca 2/3 din tub (diametrul interior al acestuia fiind de 2,5 cm iar lungimea de aprox. 8 cm). Peste această pulbere uscată se adaogă și se comprimă, în restul spațiului din celulă, pulbere perfect udată cu lichidul care se experimentează; apoi sub aceeași presiune de 200 atm. dopurile sunt fixate solid (prin șuruburi cu piulițe) de corpul celulei, legăturile trebuind să fie perfect etanșe. În felul acesta pulberea este menținută la un grad de comprimare constant (respectiv la volum constant), iar etanșeitatea aparatului complet montat trebuie să fie verificată la o presiune interioară de 20 de atmosfere.

Celula fiind legată de manometru cu capătul conținând pulberea uscată, lichidul, care se găsește atât în porii pulberii udate cât și în tubul indicator al celulei, și care trebuie să deplaneze aerul din porii pulberii uscate, va exercita o presiune în celulă, care se transmite la manometru. Dacă această tendință este echilibrată continuu — mărind presiunea în manometru prin rezervorul mobil de mercur, respectiv prin azotul din bombă — timpul pentru atingerea echilibrului de presiune în celula de deplasare este mult scurtat. Acest echilibru este atins atunci când nu se mai observă nici o tendință de deplasare a lichidului în tubul indicator al celulei. Presiunea din manometru, care rămâne atunci constantă, este presiunea de deplasare căutată; ea se exprimă în gr/cm^2 .

Tensiunea de adeziune a unui lichid a față de solidul p (pulberea comprimată) fiind dată de relația

$$A_{ap} = S_a \cdot \cos \theta_{ap},$$

în care S_a este tensiunea superficială a lichidului iar θ_{ap} unghiul său de udare cu solidul, iată cum procedează autorii pentru a determina pe A_{ap} :



Mai întâi ei determină rază r a porilor pulberii comprimată în celulă, printr'o operație asupra căreia vom reveni (această operație constituind partea slabă a metodei), măsurând apoi presiunea de deplasare P_{ap} , aşa cum s'a arătat mai sus. Determinând separat tensiunea superficială S_a a lichidului și introducând valoarea ei, precum și valorile lui r și P_{ap} , în relația (30), se obține

$$S_a = \frac{r \cdot P_{ap} \cdot g}{2 \cos \theta_{ap}}$$

din care se scoate valoarea lui $\cos \theta_{ap}$. Având astfel valoarea lui S_a și a lui $\cos \theta_{ap}$, produsul lor — spun autorii — ne dă valoarea tensiunii de adeziune A_{ap} .

Este inexplicabilă scăparea din vedere din partea autorilor, în toate publicațiile lor, că pentru aflarea tensiunii de adeziune prin metoda lor nu este nevoie de a se determina tensiunea superficială S_a a lichidului, și nici de a se cunoaște valoarea cosinusului unghiului de udare θ_{ap} . În adevăr, relația (30) se poate scrie

$$S \cdot \cos \theta = \frac{I}{2} r \cdot P \cdot g$$

deci

$$A_{ap} (= S_a \cdot \cos \theta_{ap}) = \frac{I}{2} r \cdot P_{ap} \cdot g. \quad (31)$$

Astfel, cunoscând pe r , singura determinare a presiunii de deplasare P_{ap} este suficientă pentru a cunoaște valoarea produsului $S_a \cdot \cos \theta_{ap} = A_{ap}$, fără a avea nevoie de a determina separat pe S_a și pe $\cos \theta_{ap}$.

Dar autorii complică și mai mult procedeul lor de lucru și respectiv de calcul — deși în mod tot atât de inexplicabil și de inutil — atunci când determină tensiunea de adeziune A_{lp} a unui lichid l , care are față de solidul p (pulberea comprimată) un unghiu de udare $\theta_{lp} = 0$. În acest caz — pretind autorii — este nevoie de a se găsi mai întâi un lichid a , nemiscibil cu l , care să aibă cu solidul p un unghiu de udare $\theta_{ap} > 0$. Tensiunea de adeziune A_{ap} a acestui lichid, față de solidul p , este determinată ca mai sus. După aceea, autorii determină presiunea de deplasare



P_{lp}^a a lichidului a de către lichidul l , din porii sistemului capilar format din pulberea solidului p . Această operatie este executată întocmai ca mai sus, cu singura diferență că în partea celulei de deplasare care va fi legată de manometru se comprimă pulbere udată cu lichidul a — umplându-se circa $2/3$ din spațiul celulei — peste care se comprimă pulbere udată cu lichidul l .

Notând cu S_{la} tensiunea interfacială dintre cele două lichide și cu θ_{lp}^a unghiul de contact al interfeței lor cu solidul p , relația corespunzătoare echilibrului de presiune¹⁾ în celula de deplasare este în acest caz

$$S_{la} = \frac{r \cdot P_{lp}^a \cdot g}{2 \cdot \cos \theta_{lp}^a}. \quad (32)$$

Determinând separat valoarea tensiunii interfaciale S_{la} și introducând-o în această relație împreună cu valorile lui r și P_{lp}^a , se va scoate valoarea lui $\cos \theta_{lp}^a$. Cunoscând astfel valorile lui S_{la} și $\cos \theta_{lp}^a$, se va cunoaște deci — spun autorii — și produsul lor $S_{la} \cdot \cos \theta_{lp}^a$. Cum însă

avem (fig. 5)

$$S_{la} \cdot \cos \theta_{lp}^a = S_{ap} - S_{lp},$$

și cum de altă parte
(pag. 21)

$$S_{ap} - S_{lp} = A_{lp} - A_{ap},$$

rezultă că

$$S_{la} \cdot \cos \theta_{lp}^a = A_{lp} - A_{ap};$$

de unde se scoate valoarea căutată a tensiunii de adeziune a lichidului l față de solidul p

$$A_{lp} = S_{la} \cdot \cos \theta_{lp}^a + A_{ap}. \quad (33)$$

Critica procedeului. După cum am spus mai sus, această complicație de lucru și de calcul, din partea autorilor metodei,

¹⁾ Fenomenul este explicat de noi la p. 44, relația (32) obținându-se din relația (39), prin înlocuirea diferenței $S_p - S_{lp}$ cu echivalentul său $S_{la} \cdot \cos \theta_{lp}^a$.

este cu totul inexplicabilă și inutilă pentru determinarea tensiunii de adeziune A_{lp} .

Mai întâi, nu avem nevoie — cum spun autorii — ca să determinăm tensiunea interfacială S_{la} și cosinusul unghiului de contact θ_{lp}^a pentru a cunoaște valoarea produsului $S_{la} \cdot \cos\theta_{lp}^a$; relația (32) putându-se încă scrie

$$S_{la} \cdot \cos\theta_{lp}^a = \frac{r \cdot P_{lp}^a \cdot g}{2}, \quad (34)$$

se vede că prin simpla determinare a lui P_{lp}^a și cunoașterea lui r se va obține direct valoarea produsului $S_{la} \cdot \cos\theta_{lp}^a$. Mai mult încă, nici nu avem de fapt nevoie să cunoaștem valoarea acestui produs — respectiv să executăm toate operațiile pentru obținerea lui i — după cum nu avem nevoie nici să găsim mai întâi un lichid a , nemiscibil cu l și udând solidul p cu un unghiu $\theta_{ap} < 0$, căruia să-i determinăm tensiunea de adeziune A_{ap} față de solidul p , spre a putea apoi obține cu ajutorul relației (33) și a celor precedente — aşa cum fac autorii — valoarea tensiunii de adeziune A_{lp} a lichidului l față de solidul p . Această valoare se poate obține prin simpla determinare, cu ajutorul celulei, a presiunii respective de deplasare P_{lp} , procedând întocmai ca și pentru lichidul a (pag. 38). Vom avea astfel direct

$$A_{lp} = \frac{I}{2} r \cdot P_{lp} \cdot g.$$

In adevăr, formula generală a tensiunii de adeziune a unui lichid l față de un solid p este (pag. 15)

$$A_{lp} = S_p - S_{lp} = S_l \cdot K_{lp},$$

formulă pe care o folosesc de repetate ori și autorii, în lucrările lor. Când unghiul de udare este cuprins între 0° și 180° , atunci $K_{lp} = \cos\theta_{lp}$. Dacă însă $\theta_{lp} = 0^\circ$, autorii spun că relația de mai sus este nedeterminată, ceea ce este o eroare. Relația este și în acest caz perfect determinată, K_{lp} fiind $\geq +1$ (după cum atunci când $\theta_{lp} = 180^\circ$ avem $K_{lp} \leq -1$). Coeficientul de adeziune K_{lp} are deci în orice caz o valoare bine determinată, el

reprezentând raportul dintre diferența $S_p - S_{lp}$ (= tensiunea de adeziune a lichidului față de solid) și S_l (= tensiunea superficială a lichidului)

$$K_{lp} = \frac{S_p - S_{lp}}{S_l} = \frac{A_{lp}}{S_l},$$

indiferent dacă valoarea acestui raport este cuprinsă între + 1 și — 1, sau dacă este < — 1 sau > + 1 (pag. 19). Aceasta a fost de altfel rațiunea pentru care s'a dat formulei de adeziune forma generală reprezentată de relația (8), pe care o folosesc și autorii, fără însă a-i înțelege utilitatea.

Astfel, oricare ar fi unghiul de udare al lichidului l față de solidul p , avem întotdeauna relația

$$A_{lp} (= S_p - S_{lp}') = S_l \cdot K_{lp} = 1/2 \cdot r \cdot P_{lp} \cdot g \quad (35)$$

în care P_{lp} este presiunea cu care lichidul l deplasează aerul din porii de rază r , ai sistemului capilar format din pulberea solidului p , comprimată în celula de deplasare. Determinând această presiune obținem direct tensiunea de adeziune $A_{lp} = 1/2 \cdot r \cdot P_{lp} \cdot g$. Iar dacă vrem să aflăm și valoarea coeficientului de adeziune K_{lp} , atunci determinăm tensiunea superficială S_l a lichidului și facem raportul $A_{lp} : S_l = K_{lp}$.

Determinarea razei porilor. După cum am văzut, determinarea tensiunii de adeziune cu ajutorul celulei de deplasare necesită cunoașterea razei medii r a porilor sistemului capilar, format de pulberea comprimată în interiorul celulei de deplasare. Pentru un acelaș grad de finețe a pulberii unui solid și acelaș grad de comprimare a ei în celulă (aceeași presiune), raza medie a porilor sistemului capilar, obținut în determinări diferite, este întotdeauna aceeași (altfel metoda nici nu ar fi aplicabilă).

Aceeași relație (35) și aceeași operație — măsurarea presiunii de deplasare — care servesc pentru determinarea tensiunii de adeziune (adică a produsului $S_l \cdot K_{lp}$) cunoscând pe r , sunt folosite și la determinarea lui r , cunoscând produsul $S_l \cdot K_{lp}$. În acest scop putem folosi oricare lichid ne-ar conveni, căruia să-i



cunoaștem — sau să-i putem determina pe altă cale — valoarea produsului $S_l \cdot K_{lp}$. Dar, dacă tensiunea superficială S_l a lichidului poate fi determinată ușor (fiind de altfel cunoscută pentru multe lichide), determinarea directă a lui K_{lp} , atunci când nu cunoaștem pe r , nu poate fi executată în condiții satisfăcătoare.

Teoretic, ar fi suficient să se aleagă un lichid care să aibă cu solidul p un unghiu de udare $\theta_{lp} > 0$ și să măsurăm pe cale optică acest unghiu, având atunci $K_{lp} = \cos\theta_{lp}$. Dar, după cum am văzut din lucrarea lui FRICKE și MEYRING, determinarea unghiului de udare este o operație foarte anevoieasă, necesitând o preparare cu totul specială a suprafeței solidului respectiv. În afară de aceasta, operația nu reușește cu cele mai multe roci, din cauza porozității acestora (pag. 34).

BARTELL și colaboratorii săi au socotit această chestiune rezolvată alegând un lichid care să aibă cu solidul p un unghiu de udare $\theta_{lp} = 0$ și aplicând — numai pentru determinarea lui r — relația

$$S_l = \frac{I}{2} r \cdot P_{lp} \cdot g,$$

adică admitând în acest caz pentru $K_{lp} = \cos\theta_{lp}$ valoarea $+1$.

Principial, acest procedeu este eronat, căci dacă $\theta_{lp} = 0$, $K_{lp} \geq +1$ (pag. 19). Chiar dacă întâmplător K_{lp} ar fi $= +1$, aceasta nu o putem ști și nici verifica, pentru un sistem capilar căruia nu-i cunoaștem valoarea lui r . De neînțeles însă, din partea autorilor, este faptul că ei consideră nedeterminată relația (35), când este vorba — r fiind cunoscut — de a determina valoarea produsului $S_l \cdot K_{lp}$, în cazul unui lichid care udă solidul cu un unghiu egal cu 0 , ceea ce am văzut că este inexact; dar folosesc tocmai un asemenea lichid, atunci când determină raza porilor sistemului capilar, și consideră relația ca determinată, luând în acest scop pentru K_{lp} valoarea $+1$, ceea ce principial constituie în adevăr o eroare.

Dar, după cum valorile lui $\cos\theta_{lp} = K_{lp}$, până la o anumită valoare a lui θ_{lp} , sunt foarte apropiate de $+1$ (sub această valoare), este posibil că și pentru cazurile când $\theta_{lp} = 0$, deci când $K_{lp} \gg +1$, valorile acestuia

să fie foarte apropiate de $+ 1$ (deasupra acestei valori). Practic deci, eroarea rezultată pentru valoarea lui r , determinată după procedeul autorilor, s-ar putea să fie neglijabilă.

Autorii metodei afirmă că au mai aplicat și alt procedeu pentru determinarea razei porilor, folosind relația lui POISEUILLE pentru viteza de curgere a lichidelor prin tuburi capilare; dar ei nu au publicat rezultatele respective, în toate lucrările lor fiind folosite numai rezultatele obținute prin procedeul descris mai sus.

BARTELL și SMITH (4), urmărind influența mărimii pulberii și a gradului ei de comprimare, au stabilit că pentru o pulbere mai fină este necesară o comprimare mult mai puternică, decât pentru o pulbere mai mare; căci altfel, nu toate granulele sunt prinse rigid, într-o masă compactă, și rezultatele obținute sunt nesigure și nereproductibile. În afară de aceasta, dacă raza porilor se apropiie de ordinul de mărime al razei acțiunii moleculare (10^{-6} cm), atunci metoda presiunii de deplasare poate să dea pentru raza porilor valori aparente mai mici decât cele reale. De aceea mărimea pulberii și gradul de comprimare trebuie astfel alese, încât raza porilor sistemului capilar obținut să fie mai mare decât aprox. 2×10^{-6} cm — limită stabilită experimental de autori — altfel rezultatele obținute prin metoda presiunii de deplasare nu sunt valabile.

ELLIOT L. Mc. MILLEN (22) a constatat că în cazul lichidelor viscoase timpul necesar pentru atingerea echilibrului de presiune în celula de deplasare este considerabil, putându-se comite erori importante în presiunile măsurate; de aceea tubul indicator al deplasării lichidului trebuie să fie foarte îngust (sitime de milimetru), pentru a se putea observa deplasarea foarte înceată a acestor lichide. Trebuie să observăm însă, că această măsură — capilaritatea tubului indicator — modifică de fapt sistemul capilar și echilibrul de presiune al lichidului, căruia îi va corespunde deci o altă relație decât aceea folosită de BARTELL. Măsura recomandată de Mc. MILLEN nu ar putea fi aplicată fără corecția corespunzătoare pentru relația de echilibru, despre care însă autorul nu pomenește nimic.



2. APLICAREA METODEI LUI BARTELL ȘI OSTERHOF PENTRU DETERMINAREA TENSIUNII DE ADEZIVITATE

Cu observațiile făcute și cu simplificarea rațională a procedeului de calcul și de lucru arătată de noi, metoda descrisă mai sus ar putea să fie aplicată pentru determinarea valorilor tensiunii de adezivitate și a coeficientului de adezivitate a liantilor bituminoși fluizi, față de diferite roci aduse în stare de pulbere comprimată. Aceasta s-ar putea realiza operând în două moduri diferite:

a) Determinând separat, pentru liantul bituminos și pentru apă, valorile P_{lp} și P_{ap} ale presiunilor de deplasare respective în sistemul capilar format din pulberea solidului p , comprimată în celula de deplasare, vom avea valorile tensiunilor de adeziune corespunzătoare

$$A_{lp} = \frac{1}{2} \cdot r \cdot g \cdot P_{lp} \quad \text{și} \quad A_{ap} = \frac{1}{2} \cdot r \cdot g \cdot P_{ap}$$

și făcând diferența lor vom avea valoarea tensiunii de adezivitate căutată (pag. 21)

$$A_{lp}^a = A_{lp} - A_{ap} = \frac{1}{2} \cdot r \cdot g \cdot (P_{lp} - P_{ap}). \quad (36)$$

b) Această valoare o putem obține și direct, prin o singură operație, comprimând în partea celulei dinspre manometru pulbere udată cu apă, peste care comprimăm pulbere udată cu liantul bituminos. Măsurând la manometru presiunea P_{lp}^a cu care liantul bituminos tinde să deplaseze apa din porii sistemului capilar, vom avea direct

$$A_{lp}^a = \frac{1}{2} \cdot r \cdot g \cdot P_{lp}^a. \quad (37)$$

In adevăr, fenomenul deplasării apei de către liant, din porii de rază r ai sistemului capilar format din pulberea comprimată a solidului p , este identic cu acela care s-ar petrece într'un tub capilar — din acelaș material p și având aceeași rază r — ale cărui capete sunt continuante cu două tuburi largi verticale, aşa cum este arătat schematic în figura 6. S_{lp} și S_{ap}



fiind tensiunile interfaciale ale liantului și apei față de solidul p (peretele tubului), și aceste forțe tinzând să micșoreze interfețele de contact respective, rezultanta lor ($S_{ap} - S_{lp}$), care acționează asupra fiecărui punct M al marginii meniscului despărțitor, va deplasa acest menisc până când acțiunea ei va putea fi echilibrată de diferența de presiune a celor două coloane de lichid, care apasă în sens opus asupra meniscului. Echilibrul va fi astfel dat de relația

$$2\pi r(S_{ap} - S_{lp}) = \pi r^2(h' \cdot d' - h \cdot d)g \quad (38)$$

în care $h \cdot d$ și $h' \cdot d'$ reprezintă produsele dintre înălțimile coloanelor de lichid, deasupra nivelului meniscului despărțitor, și densitățile respective. Deci $h' \cdot d' - h \cdot d$ nu este decât presiunea pe cm^2 de secțiune la nivelul meniscului, sau presiunea de deplasare P_{lp}^a . Așa dar putem scrie

$$2\pi r(S_{ap} - S_{lp}) = \pi r^2 \cdot P_{lp}^a \cdot g$$

de unde vom avea valoarea tensiunii de adezivitate căutată

$$A_{lp}^a = S_{ap} - S_{lp} = 1/2 \cdot r \cdot g \cdot P_{lp}^a \quad (39)$$

adică tocmai relația (37).

Observație. Relațiile (36) și (37) arată că

$$P_{lp}^a = P_{lp} - P_{ap}, \quad (40)$$

adică presiunea cu care un lichid deplasează pe un altul, din porii unui sistem capilar format din pulberea comprimată a unui solid, este egală cu diferența presiunilor cu care cele două lichide deplasează separat aerul din porii aceluiaș sistem capilar.

Determinarea coeficientului de adezivitate K_{lp}^a . Odată cunoscută valoarea tensiunii de adezivitate A_{lp}^a , este suficient să se

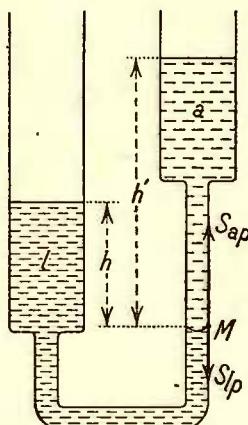


Fig. 6.

determină valoarea tensiunii interfaciale S_{la} dintre liantul bituminos și apă și a face raportul acestor două valori, care reprezintă coeficientul de adezivitate căutat

$$K_{lp}^a = \frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{la}} = \frac{A_{lp}^a}{S_{la}}.$$

Determinarea tensiunii interfaciale dintre un liant bituminos fluid și apă — ca și în general între două lichide oarecare, nemiscibile în orice proporții — poate fi executată prin metode analoage cu acelea folosite la determinarea tensiunii superficiale a lichidelor. Amintim spre exemplu metoda bazată pe deplasarea unui lichid de altul în tuburile capilare, care se poate executa într'un tub de sticlă având forma arătată în figura 6. Dacă lichidul l udă mai bine sticla decât lichidul a — în acest caz meniscul având concavitatea către a — se va turna întâi lichidul l în ramura opusă reperului M, până când nivelul se va ridica la capătul superior al capilarului, apoi se va turna lichidul a în cealaltă ramură, până când meniscul este adus în dreptul reperului M. Relația care corespunde echilibrului fiind (38)

$$2\pi r (S_{ap} - S_{lp}) = \pi r^2 (h' \cdot d' - h \cdot d) g,$$

și cum

$$S_{ap} - S_{lp} = S_{la} \cdot \cos\theta,$$

vom avea

$$2\pi r \cdot S_{la} \cdot \cos\theta = \pi r^2 (h' \cdot d' - h \cdot d) g$$

deci

$$S_{la} = \frac{r \cdot g (h' \cdot d' - h \cdot d)}{2 \cos\theta} \quad (41)$$

în care θ este unghiul de contact al interfeței celor două lichide cu suprafața sticlei (unghiul marginii meniscului cu peretele tubului).

Raza capilarului în punctul de reper M se determină cu ajutorul unui lichid b , care udă sticla cu un unghiu cunoscut



β , și a cărui tensiune superficială S_b și densitate d'' sunt cunoscute. Împlântând ramura cu reperul M în acest lichid, astfel încât nivelul să ajungă exact la reper, și măsurând înălțimea h'' a coloanei de lichid, vom avea

$$2\pi r \cdot S_b \cdot \cos\beta = \pi r^2 \cdot h'' \cdot d'' \cdot g, \text{ deci } r = \frac{2 S_b \cdot \cos\beta}{h'' \cdot d'' \cdot g}. \quad (42)$$

BARTELL și MILLER (1), care au folosit această metodă pentru determinarea tensiunii interfaciale a țigăilor brute față de apă, au aplicat relația $S_{la} = 1/2 \cdot r \cdot g (h' \cdot d' - h \cdot d)$, adică au neglijat factorul reprezentat de cosinusul unghiului de contact al interfeței celor două lichide cu sticlă, ceea ce constituie o eroare cu atât mai importantă, cu cât acest unghiu este mai mare.

Din cele arătate mai sus, se vede că aplicarea metodei presiunii de deplasare — stabilită de BARTELL și OSTERHOF — în scopul determinării tensiunii și a coeficientului de adezivitate al lianților bituminoși, față de aggregatele minerale, ar prezenta chiar în cazul lianților bituminoși fluizi serioase dificultăți, precum:

a) Operații numeroase și dificile (determinarea razei porilor sistemului capilar, a presiunii de deplasare, a tensiunii interfaciale liant-apă, a unghiului de contact al interfeței liant-apă cu sticlă, etc.).

b) O îndelungată durată de lucru pentru executarea acestor operații, și în special pentru măsurarea presiunilor de deplasare, echilibrul de presiune stabilindu-se foarte încet, cu deosebire pentru lianții cu o viscozitate mai ridicată.

c) Obținerea unor valori aproximative pentru raza porilor sistemului capilar, care întrând ca factor în expresia tensiunii și a coeficientului de adezivitate, valorile acestora vor fi eronate în acelaș raport ca și valoarea razei porilor. Aceeaș observație trebuie făcută și cu privire la tensiunea interfacială liant-apă.

Pentru lianții bituminoși obișnuiți, care au o viscozitate ridicată — putând fi chiar solizi — metoda nu ar fi direct aplicabilă

In acest caz determinările ar trebui să fie executate asupra unor soluții de liant în benzen, de concentrații crescătoare — conținând de exemplu 30, 40, 50, 60% etc. liant — deducându-se prin extrapolare valorile corespunzătoare liantului bituminos curat. Fără îndoială însă, că acest procedeu ar fi extrem de complicat și de dificil.

Din toate acestea rezultă că metoda presiunii de deplasare nu este convenabilă, în forma de astăzi, pentru determinarea adezivității dintre lianți și aggregate, nici chiar în scop de cercetări, și cu atât mai puțin pentru determinări practice. Cel mult — când raza porilor va putea fi determinată exact — dacă s-ar putea recomanda folosirea acestei metode în scopul de a verifica valabilitatea uneia sau alteia dintre metodele practice propuse pentru măsurarea adezivității, metode cu ajutorul cărora nu se obțin valori corespunzând nici uneia dintre expresiile energetice examineate mai sus, și cari vor fi descrise într'un capitol viitor.



IV. FACTORII PRIMORDIALI AI ADEZIVITĂȚII

Considerațiile energetice de mai sus ne-au dat o idee clară despre strânsa legătură a adezivității dintre lianții bituminoși și aggregatele minerale, de fenomenele de tensiune interfacială, respectiv de relațiile de energie existente la interfețele de contact ale sistemului liant-agregat-apă. Dar aceste relații de energie, după cum am văzut, nu se pretează la măsurători științifice exacte — cel puțin cu metodele de cari dispunem până acum — și cu atât mai puțin la determinări practice, curente.

Pentru acest motiv, ca și pentru o cunoaștere cât mai completă a cauzelor și a mecanismului adezivității, vom examina în cele ce urmează fenomenele cari stau în strânsă relație cu tensiunea interfacială, precum și factorii cari, influențând această proprietate, au acțiune asupra adezivității. Astfel, în acest capitol ca și în cel următor, vom examina problema adezivității sub aspectul chimic propriu zis; ceea ce pentru scopurile practice este de o utilitate mult mai mare decât considerațiile energetice expuse mai înainte, cu toată marea importanță a acestora în înțelegerea problemei.

I. INFLUENȚA MOLECULELOR POLARE ȘI A FENOMENELOR DE ADSORȚIE ASUPRA TENSIUNII INTERFACIALE

a) *Orientarea moleculelor polare.* Două substanțe cari se disolvă una în alta în orice proporții au o tensiune interfacială



egală cu zero, moleculele lor amestecându-se în mod intim. Din contra, tensiunea interfacială este mare între două substanțe care nu se dizolvă una în celalătă. În general, gradul de solubilitate a două substanțe este legat de tensiunea lor interfacială, și poate fi mărit provocând scăderea acestei tensiuni, prin adăugarea unei cantități dintr-o anumită substanță la una din ele. Câteva exemple vor înclesni înțelegerea acestor fenomene.

Un ulei parafinic, compus din hidrocarburi aciclice având amândouă capetele terminate prin grupe $-\text{CH}_3$, este insolubil în apă, față de care acest ulei are o tensiune interfacială ridicată, grupul de atomi $-\text{CH}_3$ neavând nici o afinitate cu moleculele de apă. Dacă în locul uleiului parafinic luăm acizi grași lichizi, ale căror molecule se deosebesc de hidrocarburile aciclice prin înlocuirea unui grup $-\text{CH}_3$, dela un capăt al moleculei, prin grupul carboxilic $-\text{COOH}$, acesta are pentru moleculele de apă o afinitate mai mare decât grupul $-\text{CH}_3$. La contactul cu apa, moleculele de acizi grași din imediata vecinătate a interfeței de contact se orientează cu capătul $-\text{COOH}$ către apă și cu capătul $-\text{CH}_3$ către acizii grași. Această orientare produce o scădere a tensiunii interfaciale dintre cele două substanțe și este cauzată de legea amintită mai sus (pag. 15), care cere ca energia liberă interfacială să devină cât mai mică posibil.

Existența orientării moleculelor polare este dovedită în mod neîndoios. Se știe că în timp ce o picătură de ulei de parafină pur, neutral, pusă pe o suprafață de apă, rămâne strânsă la un loc în formă lenticulară, o picătură de acid gras lichid se întinde spontan pe apă, într-o peliculă extrem de subțire. Pe cale röntgenografică s'a arătat — în special prin cercetările lui LANGMUIR, HARKINS și MARCELIN — că grosimea acestei pelicule este egală cu lungimea unei molecule a acidului gras respectiv, și că aceste molecule sunt orientate cu capătul $-\text{COOH}$ către apă și cu capătul $-\text{CH}_3$ în aer.

Dacă acum în locul acizilor grași luăm săpunul alcalin corespunzător — cu alte cuvinte înlocuind grupele $-\text{COOH}$ prin $-\text{COONa}$ sau $-\text{COOK}$ — tensiunea interfacială cu apa scade



foarte mult, putând ajunge până la zero, săpunurile alcaline amestecându-se cu apa aproape în orice proporții, sub formă de coloizi.

Grupele de atomi de felul -COOH sau -COONa etc., capabile de a fi orientate către interfața de contact a unui sistem, provocând astfel scăderea tensiunii interfaciale respective, se numesc grupe *polar-active* sau *polare*, aceste denumiri acordându-se și moleculelor care le conțin. Compoziția acestor grupe de atomi, polare, are o influență hotărâtoare asupra scăderii tensiunii interfaciale.

b) *Fenomene de adsorbție. Corpuri de «cuplaj».* Fenomenele de adsorbție, adăugate la cele de polarizare, contribue încă la scăderea tensiunii interfaciale. Astfel, dacă la sistemul ulei parafinic-apă, care are o tensiune interfacială ridicată, se disolvă în apă o cantitate mică de săpun de sodiu, moleculele acestuia, având capătul cu grupul -CH₃ solubil în uleiul parafinic și capătul cu grupul -COONa solubil în apă, se vor concentra la interfața de contact ulei-apă, orientându-se cu capătul -CH₃ către ulei și capătul -COONa către apă, micșorând astfel tensiunea interfacială a acestor două substanțe. Aceste molecule formează deci un fel de «punte» de legătură între ulei și apă. OSTWALD numește asemenea substanțe «corpuri de cuplaj».

Concentrarea prin adsorbție a moleculelor de săpun, la interfața de contact ulei-apă, echivalează cu înlocuirea contactului ulei-apă cu alte două: ulei-săpun și săpun-apă. Acest fapt este posibil întrucât, prin efectul polarizării moleculelor de săpun, suma energiilor libere interfaciale ulei-săpun și săpun-apă este mai mică decât energia liberă a interfeței ulei-apă, și producerea lui este o consecință a legii care obligă energia liberă interfacială de a tinde către cea mai mică valoare posibilă.

Intrucât fenomenele de adsorbție concentrează moleculele polare la interfața de contact, urmează că o cantitate foarte mică de săpun, adăugată sistemului ulei-apă, poate să producă o scădere foarte mare a tensiunii interfaciale; grosimea stra-

tului de molecule polarizate la interfața de contact nu are o influență prea mare asupra scăderii tensiunii interfaciale.

Toate aceste considerații, cu privire la influența moleculelor polare orientate și a fenomenelor de adsorbție asupra scăderii tensiunii interfaciale, sunt valabile în sistemul liant bituminos-agregat mineral - apă. Toți lianții bituminoși conțin în mod natural cantități mai mari sau mai mici de compuși saponificabili (acizi, anhidride acide etc.), sau alți compuși oxigenați sau sulfurați și combinații nesaturate etc., care dă acestor lianții un caracter polar, mai mult sau mai puțin pronunțat. Această polaritate naturală a lianților bituminoși joacă un rol important în stabilirea legăturii lor cu agregatele minerale, adsorbția moleculelor polare ale lianților la suprafața agregatelor producând scăderea tensiunii interfaciale respective, și făcând astfel posibilă realizarea unei bune adeziuni între aceste corpuri. După cum am mai spus, toți lianții bituminoși — aduși în prealabil la un grad suficient de fluiditate — udă în adevăr foarte bine suprafața curată și uscată a pietrelor, de pe care nu mai pot fi deslipiți pe cale pur mecanică.

Dar acest fapt nu este suficient pentru asigurarea unei bune adezivități a lianților față de aggregate. W. RIEDEL (24) a arătat experimental că adsorbția moleculelor polare (acizii naftenici) din uleiurile minerale, prin pulberi de diferite roci, nu este legată de hidrofobia sau de hidrofilia rocii (adică de udarea e mai bună de ulei decât de apă, și invers); această adsorbție putându-se produce atât cu roci hidrofobe, cât și cu roci hidrofile. Polaritatea lianților bituminoși, respectiv producerea fenomenelor de adsorbție, este deci o condiție necesară, dar nu și suficientă, pentru a asigura stabilitatea legăturii dintre liant și agregat față de acțiunea apei, adică o bună adezivitate.

ADSORBȚIA CHIMICĂ ȘI ADEZIVITATEA

Dacă adsorbția moleculelor polare ale uleiurilor, la suprafața pulberilor, provoacă întotdeauna scăderea energiei libere



interfaciale corespunzătoare, această scădere trebuie să fie însă mai puțin importantă în cazul pulberilor hidrofile, decât al celor hidrofobe. Așa își explică RIEDEL de ce este posibilă deslocuirea ulterioară a uleiului prin apă, în cazul rocilor hidrofile, deslocuire care trebuie să fie însoțită de o nouă scădere a energiei libere interfaciale, altfel nu s-ar produce. Acest fapt nu se petrece în cazul rocilor hidrofobe; ceea ce înseamnă că energia liberă interfacială în sistemul ulei - rocă hidrofobă a ajuns la o valoare minimală, care nu ar mai putea fi depășită în jos, prin deslocuirea uleiului prin apă, ca în sistemul ulei - rocă hidrofilă. Această scădere mai mare a energiei libere interfaciale în sistemul ulei - rocă hidrofobă se explică numai în ipoteza că în acest caz se petrece — în afară de simpla adsorbție, care este reacția primară — o altă reacție, secundară, care provoacă o nouă scădere a energiei libere interfaciale. Această nouă reacție nu poate fi decât o reacție chimică între moleculele polare ale uleiului și suprafața rocii, după cum vom vedea.

Natura forțelor cari leagă moleculele unei substanțe lichide de suprafața unui corp solid, la care ele sunt adsorbite, nu este în toate cazurile bine lămurită. Uneori moleculele adsorbite nu suferă vreo schimbare importantă de constituție, putând fi îndepărtați din nou, mai mult sau mai puțin ușor, prin extragere cu anumiți disolvenți. Această adsorbție simplă și reversibilă este în general de natură fizică, legăturile născute fiind dela molecule la molecule. Alteori însă, moleculele adsorbite nu mai pot fi extrase prin nici un mijloc fără a fi distruse, adsorbția este nereversibilă. În aceste cazuri anumiți atomi sau grupuri de atomi, ale moleculelor adsorbite, sunt legați de anumiți atomi sau grupuri de atomi ale moleculelor suprafeței corpului solid, luând naștere adevărate combinații chimice. Legăturile create de adsorbția chimică pot fi astfel mult mai puternice decât cele rezultate prin simpla adsorbție fizică. Ele se pot produce fie direct între două substanțe, fie — după cum am văzut — prin intermediul unui «corp de cuplaj», adsorbit la interfața de contact.



Producerea acestor fenomene de adsorbție chimică este de o importanță capitală, în stabilirea legăturilor care asigură o bună adezivitate între lianții bituminoși și suprafața agregatelor minerale.

Deosebit de interesante sunt în această privință lucrările lui W. RIEDEL (24) asupra cauzelor adezivității, publicate în anul 1934. Autorul a demonstrat în primul rând, prin cercetări experimentale, că la amestecul intim al unui ulei mineral cu următoarele corpuri bazice: CO_3Mg , CO_3Ca , Fe_2O_3 și Al_2O_3 — aduse în stare de pulbere fină pentru a mări suprafața de contact — acizii naftenici din ulei sunt adsorbiți la suprafața pulberilor, de care o parte din ei sunt legați prin fenomene de adsorbție simplă, altă parte însă formând adevărate combinații chimice (naftenați). În adevăr, după îndepărțarea uleiului — care în cazul CO_3Mg și CO_3Ca conține mici cantități de naftenați — extractul cu benzină al pulberilor conține de asemenea naftenați, în cantități mai apreciabile pentru CO_3Mg și CO_3Ca , și mai reduse pentru Fe_2O_3 și Al_2O_3 . Extractul următor, cu apă, mai conține ceva naftenați în cazul CO_3Mg și CO_3Ca , însă extractul următor, cu alcool, conține în toate cazurile cantități importante de acizi naftenici liberi — și cu deosebire în cazul Al_2O_3 — care deci au fost simplu adsorbiți la suprafața pulberilor. Continuând extracția cu alcool, se mai separă din ce în ce mai greu și oarecare cantitate de naftenați; însă oricât să se prelungă extracția, chiar cu alcool cald, pulberile rămân hidrofobe (nu sunt udate de apă), ceea ce dovedește existența unui înveliș foarte fin de naftenați la suprafața granulelor pulberii. Numai tratând pulberea cu acid clorhidric, care distrug naftenații, se pun iarăși în libertate oarecare cantități de acizi naftenici liberi.

Existența acestui înveliș foarte subțire de naftenați insolubili la suprafața granulelor pulberilor, de care sunt puternic legați chimicește, provoacă hidrofobia acestor pulberi.

In mod analog demonstrează RIEDEL existența fenomenelor de adsorbție și a reacțiilor chimice cu suprafața corpurilor solide, în cazul lianților bituminoși. Extrăgând un calcar bitu-



minos, fin pulverizat, cu benzen cald până la epuizare (timp de o săptămână), pulberea rămasă, liberată complect de benzen, nu este udată de apă. Extractul alcoolic asupra acestei pulberi conține acizi asfaltogenici și mici cantități de săruri respective de calciu. La tratarea cu acid clorhidric a pulberii rămasă după extracție se separă un rezidu brun uleios, saponificabil prin hidrat de potasiu. Toate acestea dovedesc existența în jurul granulelor de calcar a unui înveliș subțire de acizi asfaltogenici și combinații respective de calciu, insolubile în benzen și în apă, solubile în parte în alcool, cari provoacă hidrofobia pulberii. Așa numitul «bitumen insolubil», din rocile de asfalt natural, este format din combinații ale acizilor asfaltogenici cu anumite particule dela suprafața rocilor respective, combinații cari s'au produs printr'un contact foarte îndelungat și cari sunt puternic adsorbite.

3. INFLUENȚA COMPOZIȚIEI CHIMICE A AGREGATELOR MINERALE ASUPRA ADEZIVITĂȚII

Adsorbția moleculelor polare orientate ale lianților bituminoși la interfața de contact cu agregatele minerale, producând deci o importantă scădere a tensiunii lor interfaciale, va avea ca efect creșterea capacității de udare a lianților față de agregate, permîțând astfel realizarea unei bune adeziuni între aceste corpuri. Pentru ca legăturile rezultate să fie rezistente la acțiunea apei, trebuie însă ca suprafața agregatelor să aibă o astfel de compozиie, încât să fie capabilă de a reacționa cu moleculele polare ale lianților bituminoși, formând acele combinații puternic adsorbite și insolubile în apă, cari provoacă hidrofobia agregatelor, după cum am văzut mai sus.

Prin determinări executate asupra a numeroase minerale și corpuri simple, RIEDEL a arătat că metalele, oxizii metalici, hidroxizii și carbonații lor naturali sau precipitați — cu excepția celor alcalini — sunt în general hidrofobi, fiind capabili, prin caracterul lor bazic, de a reacționa cu moleculele polare ale uleiurilor. Tot hidrofobe au fost găsite și mineralele sul-



furoase sau sulfurile precipitate. Cuarțul, silicea hidratată și acidul stanic sunt hidrofili, nefiind capabili de a reacționa cu moleculele acide ale uleiurilor. Tot hidrofili sunt și sulfatii, cromati și în general toate acele coruri (combinații chimice) neutrale, al căror acid fiind mai tare decât acizii uleiurilor, nu poate fi deslocuit de acestia în combinațiile respective. De asemenea sunt hidrofile și acele combinații ale căror baze sunt metalele alcaline, cu cari acizii uleiurilor formează produse (săpunuri) solubile în apă.

Dar fenomenul de udare fiind în funcțiuie de proprietățile suprafeței corpului solid, pot exista cazuri — naturale sau provocate — când un corp hidrofil să se comporte ca și când ar fi hidrofob, și invers. Astfel explică RIEDEL, de exemplu, hidrofobia unor anumite nisipuri roșietice, ale căror granule de cuarț au pe suprafața lor mici cantități aderente de compuși ferici. Tot astfel se poate provoca hidrofobia unor coruri hidrofile, prin acoperirea suprafeței lor cu un strat foarte subțire de substanță hidrofobă, de ex. Ba(OH)_2 , Ca(OH)_2 , ciment etc., fenomen care este folosit în practică la ameliorarea proprietăților de adezivitate ale agregatelor minerale.

După RIEDEL, corurile hidrofobe sau hidrofile față de uleiurile minerale se clasează în principiu la fel față de lianții bituminoși, datorită același posibilități de reacție ale suprafeței lor cu moleculele polare, cari în cazul bitumurilor sunt acizii asfaltogenici.

In practică, judecarea hidrofobiei sau hidrofiliei diferitelor roci întrebuintate la construcția pavajelor bituminoase este mult mai grea, din cauza complexității de compoziție a rocilor și chiar a mineralelor componente; această complexitate fiind și mai mult mărită prin produsele rezultate din fenomenele de metamorfoză și de alterare, suferite de roci. Rocile de acelaș fel, dar de origini diferite, pot să prezinte în practică o mare diferență de adezivitate, față de unul și același liant bituminos.

Cercetările experimentale executate de RIEDEL l-au dus la concluzia că acele coruri cari au în compoziția lor un exces de molecule de oxizi bazici, față de moleculele de oxizi acizi,

sunt hidrofobe, iar cele care au un exces de molecule de oxizi acizi sunt hidrofile. Când raportul dintre procente de molecule de oxizi bazici și cei acizi este egal cu 1, atunci corpul este hidrofob dacă acidul său este mai slab decât acizii moleculelor polare ale fazelor uleioase, și hidrofil dacă acidul său este mai tare, sau dacă baza moleculelor sale este constituită și din alcalii.

Principiul care hotărăște în practică hidrofobia sau hidrofilia mineralelor sau a rocilor rămâne deci acelaș: posibilitatea de reacție a moleculelor polare ale liantilor bituminoși cu suprafața corporilor solide, cu formarea de combinații insolubile în apă.

Astfel arată RIEDEL, de exemplu, că toți feldspații sunt hidrofili, având un exces de molecule de SiO_2 față de moleculele de oxizi bazici; în plus, o parte din oxizii bazici fiind alcalini. Pentru acelaș motiv este hidrofilă mica albă; mica neagră este hidrofilă numai când conține potasiu, în caz contrar fiind hidrofobă. Argilele sunt hidrofile având un exces de molecule de SiO_2 față de moleculele de Al_2O_3 și de alți oxizi bazici. Serpentinul, margaritul și fassaitul au fost găsite hidrofobe, având un exces de molecule de oxizi bazici asupra moleculelor de SiO_2 , pe când natrolitul, spuma de mare și kaolinitul sunt hidrofile, având un exces de molecule de SiO_2 . Minerale ca wollastonit, disthen, hypersten, diopsid, etc., pentru care raportul teoretic între moleculele de oxizi bazici și moleculele de SiO_2 este 1, au fost găsite în realitate de RIEDEL ca hidrofobe când acest raport era > 1 , și hidrofile când raportul era < 1 ; acest raport fiind stabilit prin analiză chimică, iar hidrofobia sau hidrofilia direct pe cale experimentală, prinț' o metodă de determinare a adezivității, stabilită de autor, pe care o vom arăta mai târziu.

Același lucru a găsit RIEDEL și pentru' diferite roci. De exemplu un bazalt cu 40,8% mol. de SiO_2 și $> 50\%$ mol. de oxizi bazici era foarte hidrofob, pe când un alt bazalt cu peste 50% mol. de SiO_2 era hidrofil. Alte roci, ca porfir, sienit, trass, experimentate de autor, au dat acelaș rezultat. Granitul,



format din cuart, feldspat și mica, este în general hidrofil; numai când mica este biotit și nu conține potasiu, RIEDEL arată că granitul poate să fie hidrofob, cristalele de mica neagră (nepotasică), hidrofobă, formând o rețea de puncte de legătură între granit și liantul bituminos. Calcarele, în general, au fost găsite hidrofobe, CO_3Ca fiind un corp bazic; când însă procentul de silice sau de silicați hidrofili în calcar crește, gradul său de adezivitate cu lianții bituminoși scade. Cimentul Portland este hidrofob, fiind constituit dintr'un amestec de silicați, aluminați și ferați de calciu, puternic bazici.

In rezumat, rezultatele cercetărilor experimentale executate de RIEDEL arată că principalul factor care hotărăște hidrofobia agregatelor minerale, respectiv buna lor adezivitate cu lianții bituminoși, este posibilitatea de reacție între suprafața agregatelor (caracter bazic) și moleculele polare (caracter acid) ale lianților bituminoși, cu formarea de combinații insolubile în apă; iar hidrofilia agregatelor, respectiv reaua lor adezivitate cu lianții bituminoși, fiind determinată de imposibilitatea unor asemenea reacții (în general caracter acid al agregatelor), sau de producerea lor într-o proporție redusă, sau de formarea de combinații solubile în apă (baze alcaline).

Aceste concluzii sunt în perfectă concordanță cu interpretarea chimico-energetică — mai sus expusă — a fenomenelor de adezivitate și a factorilor determinanți respectivi, între cari adsorbția chimică a moleculelor polare ale lianților bituminoși la suprafața agregatelor minerale joacă primul rol.

4. INFLUENȚA CARACTERULUI CHIMIC ȘI A VISOZITĂȚII LIANȚILOR BITUMINOȘI ASUPRA ADEZIVITĂȚII

a) *Influența caracterului chimic al lianților bituminoși.* Deși RIEDEL a arătat în mod neîndoios, în lucrările sale, că principalul factor care hotărăște adezivitatea este posibilitatea de reacție dintre suprafața agregatelor minerale și moleculele polare ale lianților bituminoși, el a accentuat totuși că variația

atât de mare a gradului de adezivitate, corespunzând diferitelor amestecuri ale acestor corpuși, este legată în mod principal de caracterul chimic al agregatelor și mult mai puțin de acela al liantilor. Căci, în principiu, lianții bituminoși de diferite proveniențe nu s-ar deosebi prea mult unii de alții în privința posibilității de reacție față de un agregat oarecare, în general toți lianții având în compoziția lor molecule polare (compuși acizi), capabile de reacție cu suprafața bazică a rocilor.

Dacă rolul capital, jucat de caracterul chimic al agregatelor minerale în stabilirea adezivității, a fost cu prisosință demonstrat de experiențele lui RIEDEL, rezultatele sale cu privire la influența naturii și a viscozității liantilor bituminoși, asupra acestei proprietăți, nu pot fi însă considerate concluziente; experiențele lui RIEDEL în această privință nefiind executate cu un număr destul de mare de lianți bituminoși, și nici destul de variați ca origine și viscozitate. În plus, chiar rezultatele obținute de autor nu demonstrează o egalitate generală de comportare a diferenților lianți, față de una și aceeași rocă.

Puținele cercetări executate în această direcție de alți experimentatori sunt de asemenea necomplete și neconcluzente. Totuși, mulți autori și-au exprimat părerea că adezivitatea este legată și de felul liantului, nu numai de acela al agregatului.

Relații exacte între compoziția chimică a liantilor bituminoși și adezivitatea lor față de una și aceeași rocă nu ne putem aștepta ca să obținem, din cauza marelui complexitate de compoziție a liantilor bituminoși, din care nu cunoaștem decât clase cu totul generale de compuși. Cercetări în această direcție aproape că nu există. A. R. LEE¹⁾ a găsit, față de una și aceeași rocă, mari diferențe în gradele de contracție ale liantilor bituminoși, și cu deosebire ale celor fluidificați, pentru cari natura uleiurilor — de gudron sau minerale — și chiar diferențele calității ale acelorași uleiuri joacă un rol important.

Intr-o lucrare publicată în anul 1939, referitoare la compoziția chimică a câtorva bitumuri românești naturale și de

¹⁾ OBERBACH (23), Teer und Bitumen 1936.

petrol (7), noi am arătat că bitumurile naturale de Matița și de Derna-Tătărăș au un grad de adezivitate mult mai mare față de diferite roci, decât bitumurile de petrol, datorit unui conținut mai important în acizi asfaltogenici și anhidride acide, adică în molecule polare, active. Tot astfel un bitum obținut dintr'un țieți de Băicoi, având un conținut în acizi asfaltogenici și anhidride acide mai ridicat decât al unui bitum obținut dintr'un țieți de Merișor, avea și o adezivitate mai bună față de diferite roci.

In concordanță cu aceste rezultate, ca și cu interpretarea de mai sus a cauzelor adezivității, trebuie să admitem că această proprietate este strâns legată și de compoziția chimică a lianților bituminoși, poate tot atât de mult ca și de aceea a agregatelor minerale. Căci nu numai conținutul în molecule polare poate să varieze pentru diferenți lianți bituminoși, dar și natura acestor compuși activi, respectiv capacitatea lor de reacție cu suprafața agregatelor și — mai ales — rezistența pe care o opun față de acțiunea deslocuitoare a apei acești compuși polari, fixați prin adsorbție la suprafața rocilor, sau produsele lor de reacție, fixate chimic la această suprafață.

Chiar rezultatele cercetărilor lui RIEDEL, amintite mai înainte, arată că naftenații formați din reacția acizilor unui acelaș ulei, cu un acelaș corp bazic (CO_3Ca , sau CO_3Mg , sau Fe_2O_3 , sau Al_2O_3), au o comportare variată, unii fiind relativ ușor solubili în apă, alții mai greu, iar alții insolubili nu numai în apă, dar chiar în solventi organici (benzen, alcool). Cu atât mai variată va putea fi comportarea produselor de reacție ale moleculelor polare (acizi, anhidride acide) ale unor lianți bituminoși de natură, origine și fabricație diferită.

Executarea de cercetări experimentale, cu privire la raportul dintre compoziția chimică a lianților bituminoși și adezivitatea lor față de agregatele minerale, ar fi de cea mai mare importanță pentru rezolvarea practică a problemei adezivității; aceasta fiind calea care ar putea duce la fabricarea de lianți bituminoși cu o adezivitate cât mai bună, față de un număr cât mai mare de roci. Obținerea unor astfel de lianți ar repre-

zenta soluția ideală a problemei adezivității, mult mai avantajoasă decât « innobilarea » suprafeței agregatelor minerale, care necesită manoperă pe șantier — deci mână de lucru, timp pierdut și spațiu suficient — și un important surplus de cheltuieli.

Ameliorarea proprietăților de adezivitate ale lianților bituminoși, prin adăugare de produse active în masa lor, nu a dat până în prezent rezultate prea satisfăcătoare. Cercetările pentru obținerea de lianți bituminoși ameliorați din punct de vedere al adezivității, sistematic conduse, ar trebui să ia simultan în considerare și selecționarea lianților după origine (natura chimică) și tratament (fabricație), nu toți lianții fiind la fel de susceptibili de a fi ameliorați. După cum am menționat, într-o publicație viitoare vom arăta rezultatele cercetărilor noastre în această direcție, cari în prezent sunt în curs de complectare.

b) *Influența viscozității lianților bituminoși.* Nu ne referim aici la viscozitatea la care lianții sunt aduși temporar prin încălzire, în momentul tratării agregatului mineral; căci orice liant poate să fie adus la o viscozitate suficient de mică, printr-o încălzire cōrespunzătoare, avantajele acestei măsuri fiind arătate într'un capitol viitor. Care este însă influența viscozității inițiale a liantului bituminos, respectiv a viscozității pe care o posedă liantul amestecat cu masa de agregat mineral, la temperatură ordinată, asupra rezistenței opusă față de acțiunea deslocuitoare a apei?

Această întrebare se pune cu deosebire pentru bitumuri, naturale sau de petrol, cari sunt folosite de tehnica rutieră cu o întreagă gamă de viscozități. În adevăr, gradul de penetratie al diferitelor feluri de bitumuri, nefluidificate, variază dela 10/20 și până peste 300/350¹⁾, viscozitatea acestor lianți nesuferind o modificare însemnată cu timpul, după ameste-

¹⁾ Tehnica rutieră actuală folosește și așa zise „uleiuri asfaltice”, cu o viscozitate mult mai redusă decât aceea a bitumurilor.

carea lor cu agregatul mineral. Aceasta spre deosebire de gudroanele de cărbuni, întrebuințate în unele țări ca lianți bituminoși, cari, după amestecarea lor cu agregatul mineral, suferă treptat un proces de maturizare (evaporare, oxidare, polimerizare), având ca efect o îngroșare și chiar o întărire a lor, însotită în general de o creștere însemnată a adezivității; fenomene cari au fost constataate prin numeroase observații practice, ca și prin experiențe de laborator.

Influența viscozității bitumurilor asupra adezivității nu este încă definitiv lămurită, cercetările executate în această privință fiind insuficiente și neconcludente, de aceea și părerile exprimate nu sunt în general concordante. Unii autori, sprijiniți pe faptul bine cunoscut că adeziunea este întotdeauna mai mare decât coeziunea, atribue acestei proprietăți, respectiv viscozității liantului, un rol hotărâtor în stabilirea adezivității. Afirmația făcută în această formă este desigur greșită, ea fiind valabilă pentru valoarea adeziunii dintre liant și agregat, nu însă și pentru aceea a adezivității, care este întotdeauna mai mică decât adeziunea (pag. 21 și 85).

A. R. LEE¹⁾ și OBERBACH (23) susțin că atât felul lianților bituminoși, cât și viscozitatea lor, au o mare influență asupra contracției lianților la suprafața agregatelor minerale. MALLISON (20) afirmă că adezivitatea gudroanelor față de agregatele minerale este dependentă de viscozitatea lor. Alți autori atribue de asemenea viscozității lianților bituminoși un rol mai mult sau mai puțin important în stabilirea adezivității. Dar toate aceste afirmații nu au fost demonstate prin fapte și experiențe suficiente.

STEN HALBERG (13) arată că observațiile făcute de Institutul Suedez de drumuri au dus la concluzia că viscozitatea ridicată a lianților bituminoși reprezintă o condiție favorabilă adezivității, dar nu este suficientă, ea singură, pentru a împiedica deslocuirea lianților de la suprafața agregatelor, sub acțiunea apei. Când adezivitatea este insuficientă, deslipirea

¹⁾ TEMME (29), Teer und Bitumen 1936 (374).

filmului de liant de pe suprafața rocilor se produce în orice caz, chiar dacă bitumurile viscoase nu se contractă ca cele moi.

GEISSLER și RIEDEL (12) nu recunosc viscozitatea lianților bituminoși o influență propriu zis asupra adezivității, ci numai asupra vitezei cu care se produce acțiunea deslocuitoare a apei; o viscozitate mai mare poate în adevăr să încetinească această acțiune, dar nicidcum să o impiedice, rezultatul final fiind însă acelaș și depinzând în mod principal de proprietățile agregatului mineral.

Potrivit concluziei la care am ajuns mai sus, după care trebuie să admitem dependența adezivității nu numai de compoziția chimică a agregatelor minerale, dar și de aceea a lianților bituminoși, influența viscozitatii acestor lianți asupra adezivității nu poate fi urmărită decât la serii de bitumuri obținute fiecare dintr-o aceeaș materie primă și prin acelaș tratament. Asemenea cercetări sistematice nu au fost făcute nici de RIEDEL și nici de alții cercetători, chestiunea influenței viscozitatii lianților bituminoși — și în special a bitumurilor — asupra adezivității rămânând în general nerezolvată.

Pornind dela aceeaș materie primă, o serie de bitumuri de viscozitate cresătoare se obține fie prin concentrarea masei bituminoase (îndepărtarea fracțiunilor ușoare prin distilare în vid), dar mai ales prin suflare cu aer; aceasta având ca efect, dacă nu o oxidare propriu zisă, dar cel puțin deshidrogenarea unor molecule, urmată de polimerizarea lor. Este deci probabil ca creșterea viscozitatii bitumurilor prin suflare cu aer să fie însoțită de o modificare importantă a compoziției lor chimice; încât, pe lângă o rezistență mecanică mai mare a bitumurilor viscoase, față de acțiunea deslocuitoare a apei, nu este exclus ca să avem în mod real și o adezivitate superioară a acestor bitumuri, datorită acestei modificări a compoziției lor chimice. Din nefericire, studiul compoziției chimice a bitumurilor, chiar limitat la determinarea claselor generale de compuși chimici, este legat de mari dificultăți de lucru și multă pierdere de timp, după cum a fost arătat de noi în lucrarea mai sus amintită (7).



Din punct de vedere practic, ar fi interesant de urmărit cel puțin influența pe care o are asupra adezivității creșterea viscozității la serii de bitumuri de aceeaș origine, și cari au suferit acelaș tratament. Rezultatele cercetărilor noastre în această direcție — în curs de executare — vor fi arătate într'o publicație viitoare.



V. INFLUENȚA UNOR FACTORI SECUNDARI ASUPRA ADEZIVITĂȚII

Problema adezivității este cōmplicată în practică prin existența unor factori secundari, cari pot să aibă o influență deosebit de importantă asupra adezivității, înlesnind sau îngreunind realizarea unui contact intim și stabilirea unor legături rezistente între lianții bituminoși și suprafața agregatelor minerale. Dar, după cum vom vedea mai jos, explicarea acțiunii tuturor acestor factori de ordin secundar — independenți în general de natura agregatelor și a lianților — este în perfectă concordanță cu interpretarea fenomenelor chimico-capilare, al căror rol în stabilirea adezivității dintre lianții bituminoși și aggregatele minerale a fost expus mai sus.

1. INFLUENȚA UMIDITĂȚII

Lăsând pentru moment la o parte cazul tratamentelor cu emulsiuni, umiditatea dela suprafața și din interiorul agregatelor minerale are în general o influență defavorabilă, uneori dezastruoasă, asupra adezivității lor cu lianții bituminoși; prezența unui strat interpus de apă împiedicând contactul direct și intim între filmul de liant și suprafața agregatului — condiție generală absolut necesară pentru obținerea unei bune aderențe.

In general, lianții bituminoși pot să ude foarte bine suprafața rocilor uscate, cu condiția de a fi aduși în prealabil la o anumită stare de fluiditate, printr'o încălzire corespunzătoare.

Dar această fluiditate a liantului scade repede prin răcire, la venirea în contact cu suprafața agregatului umed, încât liantul nu poate să deslocuiască filmul de apă aderent la această suprafață, mai ales din porii, fisurile și toate neregularitățile ei, chiar în cazul unui agregat hidrofob. Dacă, printr'un amestec energetic, se reușește în unele cazuri — de exemplu pentru bitumurile foarte moi — ca să se învăluiască și aggregatele umede, învelișul realizat în aceste condiții nu este rezistent, putându-se contracta dela sine de pe aceste aggregate, și cu atât mai mult sub efectul acțiunilor mecanice (cilindrare, circulație) și al acțiunii apei din exterior.

Chiar și aerul dela suprafața agregatelor umede contribue la împiedicarea unui contact direct și intim între această suprafață și liantul bituminos; căci un liant suficient de fluid poate izgăni aerul din porii și neregularitățile unei suprafețe uscate, nu însă și din acelea ale unei suprafețe umede.

Prezența unui strat interpus de apă și de aer, inert față de moleculele polare ale liantului bituminos, micșorează tendința de orientare și de concentrare a acestor molecule la interfața de contact cu agregatul mineral. Astfel, fenomenul de adsorbție chimică, cu formare de combinații rezistente la acțiunea apei, se produce într-o măsură mult mai redusă în cazul agregatelor umede; acest inconvenient fiind cu atât mai important, cu cât gradul de umiditate al agregatului este mai mare.

Dar dacă starea uscată a agregatelor minerale este o condiție necesară pentru obținerea unei bune aderențe a liantilor bituminoși la suprafața lor, aceasta nu scade cu nimic importanța hidrofobiei agregatelor, ca și pe aceea a polarității liantilor. Un liant bituminos oarecare aderă, în adevăr, tot atât de bine la o rocă hidrofilă uscată, ca și la una hidrofobă uscată; legătura lui față de roca hidrofilă este însă mult mai puțin rezistentă la o acțiune prelungită a apei, care se va infiltra cu încetul între filmul de liant și suprafața hidrofilă, ceea ce nu se întâmplă în cazul unei suprafețe hidrofobe. O bună adezivitate nu înseamnă numai o bună aderență a liantului la suprafața agregatului, mai trebuie ca această aderență să fie rezistentă

acțiunea apei. Pentru asigurarea acestei rezistențe, starca uscată a agregatului la amestecul cu liantul bituminos — cu excepția cazului emulsiilor — este o condiție necesară, dar nu și suficientă.

Cazul emulsiilor. În tratamentele la rece executate cu emulsiile de lianți bituminoși, este necesar — mai ales în cazul folosirii emulsiilor nestabile, și chiar a celor semistabile — ca aggregatele să fie umezite în prealabil cu apă lipsită de duritate (apă de ploaie, sau apă epurată, sau alcalinizată); aceasta în scopul de a favoriza pătrunderea emulsiei, înainte de rupere, în toate spațiile dintre pietre, ca și în toate miciile goluri și chiar în porii suprafeței lor. Cu multe emulsiile se pot obține pavaje foarte bune, bitumul depus din aceste emulsiile, pe aggregatele care au fost în prealabil umezite, reușind să câștige o foarte bună adezivitate față de aceste aggregate. Cum se explică aceste cazuri?

Mai întâi, ztât din constatăriile practice cât și prin experiențe de laborator, s'a stabilit că o bună adezivitate între agregat și liantul depus din emulsiile poate să rezulte numai după evaporația completă a apei emulsiei, până la această uscare existând oricând pericolul îndepărțării liantului sub acțiunea ploaiei. În al doilea rând, nu toate emulsiile dau rezultate bune. Cercetări recente, executate de KLEINERT (16), au arătat că felul emulgatorului poate să influențeze foarte mult adezivitatea față de aggregatele minerale, a bitumurilor depuse din emulsiile, uneori această influență fiind foarte favorabilă, alteleori redusă, sau chiar defavorabilă.

Explicația acestei acțiuni variate a emulgatorului asupra adezivității trebuie căutată în faptul că emulgatorul nu dispără odată cu apa emulsiei, ci rămâne — mai mult sau mai puțin adsorbit — la interfața de contact dintre liant și agregat. După compozitia sa, emulgatorul va putea să joace fie rolul unui « corp de cuplaj » între aceste două faze, deci întărinind legăturile dintre liant și agregat, fie, din contra, să aibă rolul unui strat izolator, deci împiedicând contactul liantului cu agregatul și slabind legătura lor.

In cazurile favorabile, acțiunea emulgatorului s-ar mai putea explica și prin provocarea orientării și a concentrării prealabile a moleculelor polare ale liantului către suprafața particolelor emulsiei, preparând astfel liantul pentru o mai bună adsorbire a părților sale active, după ruperea emulsiei și depunerea liantului pe suprafața agregatului.

2. INFLUENȚA INCĂLZIRII PREALABILE A AGREGATELOR MINERALE

După cum am mai spus, lianții bituminoși pot avea o foarte bună aderență la suprafața agregatelor minerale uscate, dacă sunt aduși în prealabil la un anumit grad de fluiditate, printr'o încălzire corespunzătoare.

De altă parte, este un fapt bine cunoscut, că încălzirea prealabilă a agregatelor la o temperatură ridicată (180—220°C) are un efect favorabil asupra adezivității. Această influență nu este însă datorită numai uscării complete a agregatului, pentru care ar fi suficientă o încălzire la o temperatură mult mai joasă; încălzirea agregatului la o temperatură mai ridicată gonește aerul ce se află în porii și în fisurile suprafeței sale, permitând astfel liantului — fluidificat prin încălzire prealabilă — de a veni în contact direct și cât mai intim cu această suprafață.

Pe lângă aceasta, producerea fenomenelor de orientare și de migrare a moleculelor polare ale liantului bituminos, către suprafața agregatului mineral, fiind funcțione de viscozitatea liantului, menținerea acestuia un timp mai îndelungat în stare fluidă, în contact cu agregatul încălzit, favorizează și prelungesc posibilitatea producerii acestor fenomene. Foarte probabil că o temperatură mai ridicată este favorabilă și reacțiunii chimice dintre moleculele active ale liantului și suprafața agregatului, creându-se astfel condițiile optime pentru producerea fenomenelor de adsorbție chimică, care, după cum am văzut, formează baza legăturilor rezistente ce iau naștere între lianții bituminoși și aggregatele minerale.



Explicația influenței favorabile a încălzirii prealabile a materialelor — lianți și agregate — asupra adezivității este deci în perfectă concordanță cu interpretarea științifică, mai sus expusă, a fenomenelor de adezivitate.

3. INFLUENȚA PREZENȚEI ARGILEI ȘI A PRAFULUI LA SUPRAFAȚA AGREGATELOR MINERALE

Se poate întâmpla adesea, ca materialele ce urmează a fi amestecate sau acoperite cu lianți bituminoși să nu fie curate, suprafața lor fiind acoperită cu un strat subțire de argilă sau de praf. Aceste impurități pot să provină fie din alterarea rocilor (formare de argile), fie din însăși operația de sfârmare — mai ales în cazul rocilor moi, sau cari conțin anumite părți moi, sfârmicioase — fie chiar și prin impurificarea ulterioară a pietrei sfârmate, în timpul depozitării sau după întinderea ei pe șosea, mai înainte de a fi tratată cu liant.

Potibilitatea producerii fenomenelor de adsorbție fizică și chimică, a moleculelor polare ale lianților bituminoși la suprafața agregatelor minerale, fiind o condiție necesară pentru stabilirea unei bune adezivități între aceste corperi, prezența unui strat interpus de materii străine va putea să influențeze asupra adezivității, împiedicând producerea acestor fenomene într'un grad mai mic sau mai mare, după natura acestor impurități, ca și după proporția și gradul lor de aderență la suprafața agregatelor.

Acțiunea defavorabilă a argilei asupra adezivității — fie că ea se găsește la suprafața granulelor agregatului, sau în filer, sau chiar în liant (cazul asfalturilor naturale) — este de mult timp cunoscută. Adevărată explicație a acestei acțiuni a fost dată însă numai la apariția lucrărilor lui RIEDEL.

In adevăr, s'a afirmat de către mulți autori că acțiunea argilei ar avea, în prezența apei, un efect emulsionant asupra liantului bituminos, producând astfel « destrămarea » pavajului. Alți autori, printre cari HERMANN (15) poate fi citat în primul loc, pretind că umflarea și desagregarea pavajelor bitu-



minoase sub acțiunea apei se datoră proprietății pe care o au argilele de a absorbi o mare cantitate de apă — egală cu de câteva ori volumul lor — mărindu-și astfel foarte mult volumul, la fel cu alte coloide cu fază dispersă solidă.

Prima explicație, care susține acțiunea emulsionantă a argilelor, este inaceptabilă din cauza marelui viscozitatei a lianților bituminoși în general. Chiar pentru lianții cu viscozitate mică, cum ar fi gudroanele și bitumurile fluide, explicația emulsionării ar fi în orice caz insuficientă, și tot astfel este și explicația umflării argilelor sub acțiunea apei. Căci, în adevăr, pentru ca aceste fenomene să se poată produce, trebuie mai întâi ca apa să ajungă în contact cu argila, deslocuind filmul de liant dela suprafața granulelor acesteia. Dar aceasta nu înseamnă altceva decât că argila are o rea adezivitate cu lianții bituminoși, fapt explicat de RIEDEL prin excesul de molecule de SiO_2 față de moleculele de Al_2O_3 și de alți oxizi bazici. (In forma cea mai pură a argilei, care este kaolinitul, raportul mol SiO_2 : mol Al_2O_3 este egal cu 2). Din această cauză, argile sunt incapabile să reacționeze cu moleculele polare ale lianților bituminoși, la fel ca toate rocile hidrofile. Astfel, chiar în cazul unei roci hidrofobe, prezența unui strat de argilă la suprafața granulelor dă un caracter hidrofil suprafetei acestor granule; fenomen cu atât mai pronunțat, cu cât este mai importantă cantitatea de argilă care împiedică liantul de a veni în contact direct cu agregatul.

De altfel, umflarea sub acțiunea apei a amestecurilor de agregate minerale cu lianți bituminoși nu este datorită numai argilei, putându-se produce și pentru amestecuri total lipsite de argilă, de exemplu pentru amestecuri făcute cu cuarț pur, fin granulat. GEISSLER (10) a arătat experimental că umflarea unor asemenea amestecuri sub acțiunea apei este în funcție de adezivitatea agregatului mineral, datorindu-se înfiltrării apei între filmul de liant și suprafața granulelor. Amestecurile făcute cu agregate hidrofile se umflă puternic sub acțiunea apei, cele făcute cu agregate hidrofobe nu se umflă aproape de loc.

În special caracterul filerului din amestecul bituminos este



hotărîtor pentru măsura în care acest amestec se umflă sub acțiunea apei, din cauza marii suprafețe de contact dintre liant și granulele fine ale filerului.

Prezența unui strat subțire de praf la suprafața agregatelor minerale, ce urmează a fi tratate cu lianții bituminoși, va avea de asemenea o influență defavorabilă asupra adezivității, în cazul când acest praf are, ca și argila, o adezivitate rea cu liantul bituminos, cum este în general cazul prafului adus de vânt, provenind din materii pământoase.

Cât privește praful provenind din operația de sfârmare a rocilor, având în general acelaș caracter ca și roca respectivă, prezența sa nu va avea nici o influență asupra adezivității, dacă condițiile de lucru asigură o bună învăluire a tuturor particulelor agregatului mineral. Căci, independent de caracterul hidrofil sau hidrofob al prafului, prezența acestuia poate împiedica contactul direct între liant și agregat, în cazul când liantul are o fluiditate redusă, întărinindu-se înainte de a răzbate prin stratul de praf până la suprafața agregatului; fapt care ar avea desigur un efect defavorabil asupra adezivității. Evitarea acestui inconvenient ține însă într'o foarte mare măsură de îngrijirea condițiilor de lucru.

4. INFLUENȚA STRUCTURII AGREGATELOR MINERALE

Sunt autori cari atribue structurii agregatelor o influență predominantă în stabilirea adezivității lor cu lianții bituminoși. Astfel A. R. LEE¹⁾ afirmă că deosebirea de comportare în practică, a diferitelor aggregate minerale, nu depinde atât de relația chimică dintre lianții bituminoși și aceste aggregate, cât mai ales de proprietățile lor fizice, mecanice și geometrice (cristalinice), ca și de viscozitatea lianților. Mai adesea încă, se afirmă că porozitatea și asprimea suprafeței agregatelor ar avea o influență favorabilă asupra legăturilor dintre acestea și lianții bituminoși.

¹⁾ Lucrare referată de TH. TEMME (29).

Spre deosebire de aceştia, GEISSLER și RIEDEL (12), cari au arătat cei dintâi, prin studii experimentale, că adezivitatea dintre lianți și agregate este hotărîtă în primul rând de caracterul lor chimic, precum și toți partizanii acestei teorii, atribue structurii agregatelor și felului suprafetei lor o importanță redusă în stabilirea adezivității.

In realitate, atât din observații practice cât și prin experiențe de laborator, s'a constatat că și în categoria rocilor cu adezivitate bună, ca și în a celor cu adezivitate rea cu lianții bituminoși, există atât roci poroase, cu suprafața aspră și neregulată, cât și roci compacte, cu suprafața netedă.

Dacă din cele expuse mai înainte s'a putut vedea, în adevăr, rolul primordial pe care îl joacă caracterul chimic al agregatelor minerale și polaritatea lianților bituminoși în stabilirea adezivității dintre aceste corpuri, în ceea ce privește structura agregatelor, și mai ales felul suprafetei lor, influența pe care o pot exercita asupra adezivității poate să fie, după împrejurări, foarte variată.

In cazul rocilor cu o structură compactă, ale căror suprafete de spărtură se prezintă fără pori, interstiții, fisuri, sau goluri adânci, influența suprafetei asupra adezivității este de mică importanță. In adevăr, udarea complectă a acestor suprafete de către lianții bituminoși este ușor de realizat; dar totodată, asemenea suprafete nu opun obstacole de ordin fizic deslocuirii lianților sub acțiunea apei, dacă această deslocuire nu este împiedicată de legături de ordin chimic.

Fenomenul este mai complicat în cazul acelor roci, ale căror suprafete de spărtură sunt poroase și aspre, sau prezintă o rețea de fisuri și de goluri înguste între cristale. Toate aceste goluri și neregularități ale suprafetei pot să constituie, după împrejurări, atât avantaje cât și desavantaje pentru adezivitatea rocilor cu lianții bituminoși.

In adevăr, este mult mai dificilă udarea unor asemnătoare suprafete de către lianții bituminoși, decât a suprafetelor compacte și netede, lianții pătrunzând foarte greu — mai ales dacă viscozitatea lor este ridicată — în aceste mici goluri și fisuri

pline de aer. Dacă aceste spații rămân libere, apă va pătrunde ușor în ele, de unde apoi își va exercita acțiunea de deslocuire asupra filmului de liant de pe suprafața dimprejur. În asemenea împrejurări, chiar rocile cu caracter hidrofob pot să aibă o adezivitate redusă; cele cu caracter hidrofil vor avea o adezivitate excepțional de rea.

Invers va fi cazul, dacă se iau toate măsurile pentru ca liantul bituminos să pătrundă adânc în toate golorile și porii suprafetei agregatului (micșorare suficientă a viscozității liantului prin încălzire, de asemenea încălzirea prealabilă a agregatului la o temperatură ridicată, amestec prelungit, etc.). În asemenea condiții, golorile și neregularitățile suprafetei, bine pătrunse de liant, vor forma obstacole fizice pentru pătrunderea apei la suprafața pietrelor, și această rezistență de ordin mecanic se va adăuga la aceea a legăturilor de ordin chimic, care depinde de natura agregatului și de aceea a liantului. În acest mod, chiar adezivitatea rocilor hidrofile poate să fie influențată în bine; iar dacă roca mai are și un caracter mai mult sau mai puțin hidrofob, adezivitatea poate să fie excepțional de bună.

Această interpretare a influenței felului suprafetei agregatului asupra adezivității, deși perfect logică, nu este însă sprijinită până în prezent de suficiente observații practice, sau de demonstrații experimentale precise; fapt explicabil prin aceea că influența felului suprafetei asupra adezivității este legată, după cum am văzut, și de alți factori, în primul rând de viscozitatea la care este adus liantul, apoi de umiditatea agregatului, sau de gradul lui de încălzire prealabilă, etc.

În legătură cu acest subiect, trebuie menționat faptul că numeroși practicieni atribue reaua adezivitatea pietrișurilor cu lianții bituminoși suprafetei lor netede, căpătată în urma rostogolirii lor îndelungate. Noi credem mai curând că adevărata explicație a relei adezivități a pietrișurilor trebuie căutată în faptul că ele reprezintă materiale selecționate prin marea lor duritate, care le-a făcut să reziste la o îndelungată acțiune mecanică. Aceste materiale fiind în general de natură sili-



cioasă — deci acidă — suprafața lor nu poate să aibă decât o foarte slabă afinitate față de lianții bituminoși, ale căror părți active sunt de asemenea de natură acidă. Cu altă ocazie vom arăta rezultatele experiențelor noastre asupra acestor materiale, care prezintă o importanță practică deosebită, dată fiind buna rezistență a pietrișurilor în general la acțiunile mecanice, precum și marea lor răspândire în natură, deci ușurința de procurare.

5. INFLUENȚA FILERULUI

Prin filer (Füller, umplutură) se înțelege pulberea fină, obținută din măcinarea unor anumite roci, care se adaogă în amestecul de agregat mineral cu liant bituminos, în scopul principal de a-i micșora golarile până la un anumit grad. Totodată, adaosul de filer mai prezintă avantajul de a produce o întărire a liantului bituminos, importantă și utilă în special în cazul bitumurilor moi. În plus, dacă filerul este bine ales, rezultă și o creștere a rezistenței la întindere a amestecului, datorită forțelor de adeziune ce iau naștere între filer și liant, forțe care sunt mai mari decât cele de coeziune ale liantului.

Rocile poroase, cum ar fi cenușele vulcanice, kieselgurul, creta etc., sunt improprii pentru prepararea filerelor, asemenea roci absorbind o mare cantitate de liant, pe care apoi îl cedează sub efectul circulației, pe timp călduros. Proporția în care se adaogă filerul variază după tipul de pavaj, respectiv după granulometria masei minerale, dela câteva procente până la circa 30% (cazul asfaltului turnat) din masa minerală.

In ceea ce privește influența asupra adezivității amestecului de agregat mineral cu liantul bituminos, adaosul de filer are în general un efect favorabil, cu condiția alegerii rocilor din care este preparat filerul. Foarte întrebuintate în acest scop sunt calcarele compacte, care dau bune rezultate. Th. TEMME (30), într'un articol rezumând expunerile lui NICHOLSON, Dow, WINTERKORN și alții, la o ședință din anul 1936 a asociației tehnicienilor de pavaje asfaltoase din America, arată că în multe cazuri adezivitatea rea a unor aggregate minerale era

ameliorată prin adăos de filer de calcar. De asemenea filerul de hidrat de calciu, în proporție de numai 1% și chiar mai puțin, poate să aibă un efect deosebit de favorabil asupra adezivității, uneori adăugat singur la agregatul mineral, alteleori împreună cu filer de calcar. Acești autori susțin că influența filerului asupra adezivității poate să fie atât de importantă, încât nici nu ar mai fi de folos a se determina adezivitatea agregatului singur; care poate să aibă o valoare cu totul diferită de aceea a adezivității amestecului său cu filerul.

Conform interpretării științifice mai sus expusă a cauzelor adezivității, numai un filer hidrofob, având el însuși o bună adezivitate cu liantul bituminos, poate să mărească adezivitatea amestecului în care a fost adăugat. W. GEISSLER (10), determinând umflarea sub acțiunea apei, timp de 30 de zile, a unor probe comprimate de mortar asfaltic, conținând 20—35% filer, a stabilit că această umflare depinde în mod hotărîtor de caracterul chimic al filerului. Așa de exemplu în cazul unui mortar asfaltic, suferind fără filer o umflare de 6% din volum, adaosul de 34,6% filer hidrofil (obținut dintr-o ardezie) creștea umflarea la 9% din volum, pe când adaosul de filer hidrofob (făină de calcar) scobora umflarea la 1%. Un filer cu bune proprietăți de adezivitate poate deci să acopere și să compenseze în parte adezivitatea insuficientă a părților minerale mai mari, fapt care se explică prin marea suprafață de contact a filerului cu liantul bituminos.

Explicația lui OBERRACH (23), după care creșterea adezivității prin adăos de filer nu ar fi decât o consecință a creșterii viscozității liantului, este evident eronată; căci dacă orice filer mărește mai mult sau mai puțin viscozitatea liantului, o pulbere hidrofilă, cum ar fi de exemplu argila, nu numai că nu mărește și adezivitatea, dar este foarte dăunătoare adezivității, fapt bine cunoscut. Pentru acelaș motiv este inexactă și interpretarea lui MALLISON (20), care, în sensul teoriei «structurii» susținută de dânsul, admite că ameliorarea adezivității prin adăos de filer, întocmai ca și prin adăos de ozocherit sau de gudron de lignit, s'ar datora producerii unei structuri mai



pronunțate a liantului bituminos, însotită de o modificare a suprafeței de contact; ceea ce ar avea ca efect o creștere a rezistenței mecanice a filmului de liant împotriva acțiunii apei. În ceea ce privește influența adaosului de ozokerit și de gudroane asupra adezivității, vom reveni cu altă ocazie, când vom trata problema ameliorării adezivității bitumurilor.

In fine, adaosul de filer, având ca efect reducerea golurilor masei minerale, mărește compactitatea amestecului, și prin aceasta micșorează putința de acces și de atac a apei; fapt care însă nu este în legătură directă cu fenomenul de adezivitate.

6. INFLUENȚA FLUIDIFIANȚILOR

Pentru complectarea capitului influenței factorilor secundari asupra adezivității dintre lianții bituminoși și aggregatele minerale, ar fi de examinat și influența fluidifianților, interesul acestei chestiuni rezultând din marea desvoltare pe care a luat-o în ultimii ani folosirea bitumurilor fluide în tehnica rutieră, din cauza costului redus și a ușoarei executări a pavajelor cu acești lianți. Datele care se găsesc însă în literatură asupra adezivității bitumurilor fluidificate sunt foarte reduse și cu totul neconcludente.

Dificultățile întâmpinate pentru lămurirea acestei chestiuni sunt datorite varietății factorilor care intervin în stabilirea adezivității bitumurilor fluidificate față de aggregatele minerale, precum: solubilitatea liantilor bituminosi în mediul dissolvant — respectiv posibilitatea precipitării unor părți componente — volatilitatea solventului și gradul său de evaporare din amestec cu timpul, modificarea inițială și mai ales cea finală a viscozității liantului, modificarea compoziției chimice a liantului, depinzând de natura solventului și mai ales de compoziția chimică a reziduului acestuia după evaporarea părților volatile, etc. Fiecare dintre acești factori poate să aibă o influență mai mică sau mai mare asupra adezivității.

Intr-o lucrare publicată în anul 1936, asupra adezivității bitumurilor fluidificate cu distilate de gudron de huilă,



GEISSLER și KLEINERT (11) au arătat că evaporarea fluidifiantilor atinge circa 60% după 35 de zile, după care se ajunge la o stare de echilibru. Adezivitatea amestecurilor de roci cu bitumuri fluide este uneori mai bună, alteori mai rea decât a celor cu bitumuri simple. Prezența în uleiurile fluidifiante a fenolilor superiori, cu molecule mari și insolubile în apă, care sunt capabile să reacționeze cu suprafața rocilor bazice, ar fi favorabilă adezivității față de aceste roci. Cu rocile hidrofile, toate bitumurile fluide au o adezivitate rea. Uleiurile neutre au o acțiune defavorabilă asupra adezivității lianților bituminoși, chiar față de rocile hidrofobe.

In ceea ce privește adezivitatea bitumurilor fluidificate cu distilate de petrol, nu se găsesc date în literatură. Pe alocuri, se menționează în treacăt că folosirea distilatelor de petrol ca fluidifianti pentru bitumuri ar da rezultate mai rele decât distilatele de gudroane de cărbuni. In această privință sunt în curs de execuție o serie de experiențe personale, ale căror rezultate vor fi arătate cu altă ocazie.

Oricare ar fi influența diferenților factori secundari asupra adezivității, ea nu scade cu nimic importanța caracterului chimic al agregatelor minerale și al lianților bituminoși, care rămâne factorul primordial, cu rolul cel mai important pentru stabilirea unei bune adezivități între aceste corpuri. Anumite condiții pentru acești factori secundari pot să fie mai mult sau mai puțin necesare pentru a asigura o bună învăluire a agregatului mineral cu liantul bituminos, dar nu sunt suficiente pentru ca amestecul obținut să fie și rezistent la o acțiune îndelungată a apei. Pentru aceasta este nevoie de existența unor legături de ordin chimic între lianți și agregate, determinate de polaritatea lianților bituminoși și de caracterul bazic al agregatelor minerale, după cum am văzut.

Inainte de a încheia acest capitol, trebuie să amintim că unii autori și practicieni atribue încă adezivității dintre agregatele minerale și lianții bituminoși un rol secundar, în rezis-



vajelor bituminoase față de acțiunea desagregantă a apei; această rezistență depinzând — după aceste păreri — de condițiile de execuție ale pavajului, precum: granulometria agregatului mineral, proporția de liant bituminos, compactatea pavajului — în special închiderea lui la suprafață — asigurarea drenajului pentru scurgerea apei în locurile expuse, etc.

Este foarte adevărat că toate aceste condiții de lucru au o mare importanță pentru durata pavajului, cu cât închiderea lui este mai bună și scurgerea apei mai bine asigurată, cu atât posibilitatea de acțiune a apei asupra masei bituminizate fiind mai redusă. Dar nu e mai puțin adevărat că aceste condiții nu pot fi întotdeauna îndeplinite, cu deosebire în metodele economice de lucru (procedeele de amestec la rece, sau cele prin îmbibare, etc.), iar acțiunea apei în timpul topirii zăpezii, cel puțin asupra straturilor superficiale ale pavajului, nu poate fi în nici un caz evitată. Asigurarea unei bune adezivități între materialul mineral și lianții bituminoși rămâne astfel o problemă de cea mai mare însemnatate pentru tehnica pavajelor bituminoase.



VI. MĂSURAREA PRACTICA A ADEZIVITĂȚII

Încă de acum un deceniu și jumătate, de când rolul adezivității dintre lianții bituminoși și agregatele minerale, în rezistență și durata șoselelor asfaltate, a început să apară tot mai lămurit, diferiți cercetători, cari s'au ocupat cu această problemă, au căutat să stabilească metode practice pentru măsurarea adezivității. Prințipiu acestor metode variază după modul în care autorii lor interpretau legăturile ce iau naștere între lianții bituminoși și agregatele minerale, rezultatele obținute fiind mai puțin sau mai mult satisfăcătoare, după felul și eficacitatea acțiunilor folosite de metodele respective pentru desfacerea acestor legături. În cele ce urmează vom face o descriere sumară a acestor diferite metode, arătând mai ales — în lumina interpretării de mai sus a fenomenelor și factorilor de cari depinde adezivitatea — care este valabilitatea lor științifică și utilitatea lor practică.

I. FOLOSIREA UNOR PROPRIETĂȚI SAU FENOMENE FIZICO-CHIMICE PENTRU APRECIEREA ADEZIVITĂȚII

Dacă în ultimii ani aproape toți cercetătorii, cari s'au ocupat cu problema adezivității, au căutat să determine rezistența opusă de amestecurile de lianți și agregate față de acțiunea apei, aplicată într'o formă sau alta, nu tot astfel era privită problema la început. Cercetătorii de acum 14—17 ani credeau că se poate ajunge la măsurarea adezivității determinând an-



mite proprietăți fizico-chimice ale lianților bituminoși singuri, sau ale agregatelor minerale.

a) A. W. Dow în 1928, WILHELMI în 1931 și alții, credeau că există proporționalitate între *puterea de adsorbție* a agregatelor minerale față de lianții bituminoși și adezivitatea amestecurilor respective. Această afirmație nu este valabilă în mod general, fiind dovedit că unele granite, deși având o mare putere de adsorbție, dădeau foarte rele rezultate în pavajele bituminoase.

Cercetările lui W. RIEDEL (*loc. cit.*) au arătat că adsorbția acizilor naftenici din uleiurile minerale, prin pulberi de diferite roci, nu este legată de hidrofobia sau de hidrofilia rocii, această adsorbție putându-se produce atât cu roci hidrofobe, cât și cu roci hidrofile.

Cu ocazia unor cercetări personale — cari vor fi arătate într'o publicație viitoare — noi am constatat că produsul industrial silicagel, cu deosebit de bune proprietăți de adsorbție, are o rea adezivitate cu bitumurile. Acelaș lucru l-am constatat și pentru pulberi de diatomite, caracterizate de asemenea prin bune proprietăți adsorbante.

Conform cu cele mai sus arătate asupra cauzelor adezivității, adsorbția simplă a unor constituenți ai lianților bituminoși, la suprafața agregatelor minerale, nu este suficientă pentru a asigura o bună adezivitate între aceste corpuri. Pentru aceasta trebuie ca adsorbția să nu fie reversibilă sub acțiunea apei, adică să avem o adsorbție chimică, cu formare de produse insolubile în apă; ceea ce implică, după cum am văzut, o anumită relație între compoziția chimică a agregatelor minerale și aceea a lianților bituminoși.

b) NELLENSTEYN în 1929, Mc. BAIN în acelaș an, NEUMANN în 1932 și alții; atribuiau *tensiunii superficiale* a lianților bituminoși un rol mai mult sau mai puțin important în stabilirea adezivității lor față de aggregatele minerale. După acești autori, udarea unui solid de către un lichid fiind cu atât mai bună



cu cât tensiunea superficială a lichidului este mai mică, s'ar putea, din măsurarea tensiunii superficiale a liantilor bituminoși aduși în stare fluidă, să se tragă concluzii asupra adezivității lor cu agregatele minerale.

Această părere este evident greșită, tensiunea superficială a unui lichid fiind o proprietate a lui în raport cu aerul, și nicidecum în relație cu faza solidă. Se știe că apa, care are o tensiune superficială de aproape 73 dyne/cm, poate în multe cazuri să îndepărteze lianții bituminoși dela suprafața agregatelor minerale, cu toate că acești lianți au o tensiune superficială mult mai scăzută (circa 25—35 dyne/cm pentru bitumi și 35—40 dyne/cm pentru gudroane); iar soluțiile apoase de CO_3Na_2 sau de săruri neutrale (ClNa , SO_4Na_2 etc.), după cum a arătat RIEDEL (27), deși au o tensiune superficială foarte puțin diferită de aceea a apei simple, îndepărtează încă mai puternic lianții bituminoși dela suprafața agregatelor minerale. Aceste fapte dovedesc îndeajuns că tensiunea superficială, singură, nu poate să ne dea o indicație asupra adezivității.

De altfel, din cele expuse mai înainte, am văzut că nici chiar fenomenul de udare simplă, respectiv de adeziune, nu depinde numai de tensiunea superficială a lichidului, ci de suma acestiei cu tensiunea interfacială dintre lichid și solid (pag. 16 și urm.); iar în ce privește fenomenele de deslocuire, respectiv de adezivitate dintre lianții bituminoși și agregatele minerale, acestea sunt legate numai de raporturile de mărime ale tensiunilor interfaciale dintre cele trei faze: apa, liantul bituminos și agregatul mineral (pag. 21). Am arătat într'un capitol anterior cări sunt dificultățile ce se opun la folosirea relațiilor dintre aceste trei tensiuni interfaciale, pentru determinarea practică a adezivității dintre lianții bituminoși și agregatele minerale.

c) Cu totul lipsită de utilitate practică și de o valabilitate științifică foarte relativă este metoda preconizată de CHARLES MACK (19), pentru a determina *energia de adeziune* și coeficientul de întindere al asfalturilor față de pulberile minerale.

Intrebuințând aceleași notații pe care le-am folosit în capitolalele precedente, expresia energiei de adeziune este (pag. 26)

$$S_l + S_p - S_{lp} = A_{lp} + S_l,$$

iar aceea a coeficientului de întindere (pag. 27)

$$S_p - S_{lp} - S_l = A_{lp} - S_l.$$

Pentru determinarea tensiunii superficiale S_l a asfalturilor, autorul folosește atât metoda lui BERGGREN, lucrând cu fire de asfalt suspendate, cât și metoda obișnuită a urcării lichidelor în tuburi capilare, lucrând cu soluții de 20, 40, 60 și 80% asfalt în benzen și extrapolând pentru 100% asfalt. Valorile obținute cu cele două metode sunt destul de concordante.

Pentru determinarea tensiunii interfaciale S_{lp} a asfalturilor față de pulberi, autorul determină mai întâi « volumul de depunere »¹⁾ în 40 cmc soluție de asfalt în benzen — de concentrație crescătoare — al unei cantități de pulbere minerală, care este de 10 gr pentru silice și 5 gr pentru calcar și pentru argilă albastră — acestea fiind pulberile experimentate de autor. Deoarece volumul de depunere în soluția de concentrația 60% asfalt în benzen este în toate cazurile acelaș ca și în soluția de 50% concentrație — și chiar de 40% concentrație în cazul silicei și al calcarului — autorul deduce că volumul de depunere ar fi acelaș și pentru 100% asfalt. Din aceste volume de depunere autorul calculează apoi tensiunile interfaciale asfalt-pulbere respective, cu ajutorul unei relații lineare de forma

$$S_{lp} = m + n \times \text{Vol. depunerii}, \quad (43)$$

în care parametrii m și n au valori constante pentru diferite asfalturi, față de aceeași pulbere, dar variază pentru diferite pulberi.

De fapt, autorul a stabilit existența unor asemenea relații între volumele de depunere — determinate de el — ale acestor

¹⁾ Volumul ocupat de o anumită cantitate de pulbere, după depunerea ei completă, timp de circa 3 săptămâni, într'un anumit volum de lichid.

pulberi în 7 lichide pure diferite, și valorile tensiunilor interfaciale S_{la} ale acelor lichide pure față de apă — determinate altă dată de BARTELL și OSTERHOF¹⁾ — adică

$$S_{la} = m + n \times \text{Vol. depunerii.} \quad (44)$$

Aplicarea acestor relații, cu aceleași valori ale parametrilor m și n , pentru a calcula valorile tensiunilor interfaciale asfalt-pulbere S_{lp} , o face autorul bazându-se pe rezultatele a două lucrări ale lui BARTELL și colaboratorii săi. În prima din aceste lucrări²⁾, autori au stabilit că între tensiunile de adeziune A_{lp} ale unei serii de lichide pure față de silice și față de cărbune, și energiile de imersiune ale acelorași lichide în apă — cari sunt egale cu tensiunile de adeziune lichid/apă respective A_{la} — există, cu aproximație, o relație lineară; iar în a doua lucrare²⁾, autori au găsit că tensiunile de adeziune A_{lp} , ale lichidelor pure față de diferite solide hidrofile, au aproximativ aceeașă mărime. De unde s'ar deduce că «relațiile de energie la interfețele dintre lichidele pure și corpurile hidrofile sunt similare cu relațiile de energie la interfețele acelorași lichide cu apa».

Trecând peste aproximarea repetată a acestor rezultate, pe care el se bazează, CHARLES MACK calculează astfel tensiunile interfaciale S_{lp} dintre asfalturi și pulberi din volumele de depunere ale acestor pulberi în asfalturi — determinate aşa cum s'a arătat mai sus — aplicând relațiile lineare (43), în cari parametrii m și n au aceleași valori ca în relațiile (44).

Mai departe însă, autorul nu arată cum calculează valorile energiilor de adeziune și pe acelea ale coeficientilor de întindere respectivi, în expresiile cărora, în afară de tensiunea superficială S_l a asfalturilor și tensiunea interfacială asfalt/pulbere S_{lp} , mai intră și tensiunea superficială S_p a pulberilor, care este nedeterminabilă. Autorul prezintă totuși în lucrarea sa o serie de cifre pentru valorile acestor expresii. Examinând aceste cifre

¹⁾ BARTELL and OSTERHOF, Journ. Phys. Chem. 1933, 37 (549).

²⁾ BARTELL and JENNINGS, Journ. Phys. Chem. 1934, 38 (499).

— și anume, făcând calculele în mod invers — se poate vedea că autorul a introdus în aceste expresii, în toate cazurile, valoarea 72 în locul lui S_p .

Dar aceasta nu este decât valoarea tensiunii superficiale (S_a) a apei, și este absolut falsă procedarea autorului de a considera tensiunile superficiale ale corpurilor solide — fie chiar numai a celor hidrofile — egale între ele, precum și cu tensiunea superficială a apei. Aceasta ar însemna — întrucât energia de coeziune este egală cu îndoitul tensiunii superficiale (pag. 26) — că toate corpurile solide au aceeași coeziune, egală cu aceea a apei, ceea ce este un neadevăr izbitor.

Chiar dacă autorul ar fi stabilit un procedeu practic și științificește valabil pentru determinarea valorilor energiei de adeziune și a coeficientului de întindere, tot nu ar fi fost de mare folos pentru determinarea adezivității dintre lianți și agregate, pentru motivele arătate mai înainte (pag. 27). Metoda aplicată însă de autor, nu numai că ar fi greoaie și mult prea complicată pentru practică, dar este și nevalabilă în principiu. Dacă am socotit totuși util să ne ocupăm de dânsa, am făcut aceasta pentru motivul că am găsit de repetate ori citată această metodă în literatură, fără a se fi făcut vreo apreciere asupra lipsei ei de valoare științifică și practică.

d) Tot în legătură cu folosirea unor anumite fenomene fizico-chimice pentru aprecierea adezivității, amintim aici și metoda *flotației*¹⁾, care permite împărțirea unei mase minerale, fin divizată, în părți hidrofile cari rămân în apă, și părți hidrofobe cari plutesc pe apă, rămânând în faza uleioasă sau la limita de separare a acestei faze de cea apoasă. Această metodă poate fi folosită pentru cercetarea proprietăților de adezivitate ale filerelor, cari vor fi excluse dela întrebunțare dacă se dovedește astfel că ar conține o proporție importantă de părți hidrofile.

¹⁾ Această metodă ar putea foarte bine să fie încadrată între metodele — examineate mai jos — cari folosesc acțiunea apei la rece, pentru determinarea adezivității.

e) În sfârșit, *viscozitatea* lianților bituminoși a fost socotită de diferiți autori ca fiind proprietatea care ar avea o importanță hotărîtoare, în ceea ce privește puterea lor de lipire față de aggregatele minerale; această părere fiind bazată pe constatarea că adeziunea dintre lianți și aggregate este — în condiții îngrijite de lucru — mai mare decât coeziunea lianților, iar viscozitatea nu este decât o formă de exprimare practică și convențională a coeziunii.

Această afirmație este valabilă numai pentru adeziune, în lipsa apei, nu însă și pentru adezivitatea liantului față de agregat, în sistemul ternar liant-agregat-apă, care este întotdeauna mai mică decât adeziunea.

In adevăr, am văzut că tensiunea de adezivitate A_{lp}^a a unui liant bituminos, față de un agregat mineral, este egală cu rezultanta dintre tensiunea de adeziune A_{lp} a liantului față de agregat și tensiunea de adeziune A_{ap} a apei față de același agregat, aceste forțe lucrând în sens opus asupra marginii liantului, pe suprafața agregatului (pag. 21):

$$A_{lp}^a = A_{lp} - A_{ap} = S_{ap} - S_{lp}.$$

Deoarece apa udă bine suprafața curată a agregatelor, avem în general $A_{ap} > 0$. Relația de mai sus ne arată deci că

$$A_{lp}^a < A_{lp},$$

adică adezivitatea este întotdeauna mai mică decât adeziunea dintre liant și agregat. Mai mult decât atât, dacă $A_{ap} > A_{lp}$, ceea ce se întâmplă când $S_{ap} < S_{lp}$, avem $A_{lp}^a < 0$.

Spre deosebire de adeziune, adezivitatea dintre un liant bituminos și un agregat mineral poate deci să aibă o valoare mai mică decât coeziunea liantului, și chiar o valoare egală cu zero, sau negativă, aceasta depinzând de mărimea relativă a celor două tensiuni interfaciale S_{ap} și S_{lp} . Prin urmare, viscozitatea liantului bituminos — care, după cum am spus, nu este decât o formă de exprimare practică și convențională a coeziunii sale — nu poate, în general, să ne dea o indicație asupra adezivității aceluia liant față de aggregatele minerale, cu toate



că o valoare ridicată a viscozității liantului poate să încetineze, după cum am văzut, și deci să întârzie desprinderea acestuia de pe suprafața agregatului, sub acțiunea apei. Numai pentru bitumuri de aceeaș origine și cari au suferit acelaș tratament, ar putea să existe o relație directă între adezivitate și viscozitatea lianților, ceea ce însă nu este demonstrat până în prezent.

2. FOLOSIREA ACȚIUNILOR MECANICE PENTRU DETERMINAREA ADEZIVITĂȚII

Din cele arătate mai sus, am văzut că nu există în general un paralelism între adezivitatea amestecurilor bituminoase și viscozitatea lianților bituminoși respectivi. Un asemenea paralelism nu va putea deci să existe nici între adezivitatea lianților și rezistența amestecurilor bituminoase la rupere (întindere), la sfârmare (compresiune, penetrație), sau la orice alte solicitări pur mecanice, unde nu intervine acțiunea apei. Toate metodele bazate pe determinarea rezistenței unui amestec bituminos la asemenea solicitări nu ne dă o măsură asupra adezivității sale, ci asupra coeziunii liantului bituminos și a proprietăților fizice ale agregatului mineral.

Dacă, în practică, diferențele solicitări mecanice datorite circulației pot să contribue la distrugerea pavajelor bituminoase, acest fapt poate să fie privit nu numai ca o consecință a distrugerii legăturii dintre liantul bituminos și agregatul mineral sub acțiunea apei, datorită unei reale adezivități între aceste materiale, dar și ca o dovedă fie a întrebunțării unor materiale necorespunzătoare în ceea ce privește proprietățile lor fizice (roci friabile, sau lianți bituminoși lipsiți de plasticitate etc.), fie a unor condiții de lucru defectuoase (proporție insuficientă de liant, amestec neomogen etc.).

De aceea, în folosirea acțiunilor mecanice pentru cercetarea adezivității dintre lianții bituminoși și aggregatele minerale, valoarea rezistenței amestecului bituminos la asemenea acțiuni nu are nici o legătură cu adezivitatea; numai scăderea valorii acestei rezistențe, în urma acțiunii apei asupra amestecului

bituminos, poate să ne dea o idee asupra adezivității dintre liant și agregatul mineral.

Notând cu R valoarea rezistenței inițiale la o acțiune mecanică oarecare a amestecului bituminos, înainte de acțiunea apei, și cu R' valoarea rezistenței finale, după ce amestecul a suferit această acțiune, scăderea procentuală a rezistenței este dată de formula

$$100 \frac{R - R'}{R}$$

care este folosită în toate metodele de acest fel.

Chiar și în aceste condiții, indicațiile obținute nu sunt decât relative, valoarea expresiei de mai sus depinzând de mărimea celor două valori R și R' , dintre care prima, independentă de adezivitate, este legată de proprietățile fizice ale componentelor amestecului, pe când ultima depinde atât de aceste proprietăți, cât și de valoarea adezivității dintre liant și agregat.

Să presupunem două amestecuri făcute în aceeași proporție, cu aceeași rocă, dar cu doi lianți bituminoși diferenți, liantul 1 având o viscozitate mai mare decât liantul 2, amândoi având însă o adezivitate la fel de rea față de rocă. Pe când rezistențele inițiale R_1 și R_2 ale celor două amestecuri — de exemplu la compresiune — sunt mult diferite din cauza diferenței de coeziune dintre cei doi lianți, rezistențele finale R'_1 și R'_2 , după exercitarea acțiunii apei, pot să fie foarte apropiate între ele, dat fiind că în ambele cazuri legătura dintre particulele minerale este distrusă. Dar chiar dacă R'_2 ar fi simțitor mai mare decât R'_1 , scăderea procentuală a rezistenței ar putea totuși să fie mai mare pentru amestecul făcut cu liantul 2, după cum arată următorul exemplu:

$$R_1 = 70 \quad R'_1 = 35$$

$$R_2 = 120 \quad R'_2 = 50$$

$$100 \frac{R_1 - R'_1}{R_1} = 50\%$$

$$100 \frac{R_2 - R'_2}{R_2} = 58,3\%$$

Cu toate că scăderea procentuală a rezistenței amestecurilor bituminoase, în urma acțiunii apei, ne-ar indica o adezivitate



mai rea pentru amestecul făcut cu liantul mai viscos, acest amestec va avea totuși o comportare mai bună în practică, rezistența lui finală fiind mai mare decât a aceea a amestecului făcut cu liantul mai subțire.

Dar în afară de aceasta, determinarea rezistenței amestecurilor bituminoase la diferite acțiuni mecanice constituie în toate cazurile o probă cu rezultate nesigure, cari variază cu durata de timp în care se produce deformarea corpului, respectiv cu viteza de creștere a forței solicitante. Acest fapt se datorează mării plasticități a lianților bituminoși, cari asigură și amestecurilor bituminoase, într'un mare grad, această proprietate.

In adevăr, la corpurile tari elastice mărimea deformării — atât timp cât limita de elasticitate nu este atinsă — crește proporțional cu lucrul mecanic efectuat de forța solicitantă, pentru producerea deformării. Această energie mecanică este total înmagazinată în masa corpului elastic, sub formă de energie potențială (starea de tensiune a corpului deformat elastic), și la descărcarea corpului de forța solicitantă ea este din nou și total redată sub formă de energie mecanică, care reduece corpul în forma inițială. Acest fenomen nu este influențat de viteza de creștere a forței solicitante, de aceea și rezultatele obținute la măsurarea rezistenței corpuri elastice la diferite acțiuni mecanice sunt independente, sau aproape independente de această viteză, constituind date sigure asupra comportării acestor corpi.

Altfel stau lucrurile în cazul corpuri plastice. Lucrul mecanic executat de forța solicitantă pentru deformarea acestor corpi este transformat — într'o proporție mai mică sau mai mare, după gradul de plasticitate al corpului — în energie termică, care produce deformarea plastică, nereversibilă, a acestor corpi. Cu cât creșterea solicitării se face mai cu încetul, cu atât corpul plastic poate să suporte o solicitare și o deformare mai mare, fără să se rupă; pe când, dacă forța este aplicată brusc, corpul plastic se poate rupe sub o solicitare cu mult mai mică, comportându-se aproape ca un corp casant.



De aceea rezultatele obținute la măsurarea rezistenței corpurilor plastice la diferite acțiuni mecanice, depinzând foarte mult de viteza de creștere a forței solicitante, nu constituiesc date certe asupra comportării acestor corpuri; aceasta într'o măsură cu atât mai mare, cu cât gradul de plasticitate al corpului este mai ridicat.

In general, la aparatelor obișnuite pentru măsurarea rezistenței la compresiune sau la întindere, creșterea solicitării nu se poate face cu aceeaș viteză, spre a avea rezultate comparabile pentru determinările executate cu diferite probe, în cazul corpurilor plastice. Pentru aceste motive — la cari mai trebuie adăugate și cele arătate mai sus — metode de acest fel nu sunt indicate, și nici nu prea sunt întrebuințate, în scopul de a se obține informații asupra adezivității amestecurilor bituminoase, decât în puține locuri. Așa sunt de exemplu următoarele două metode, încercate de Institutul Italian de cercetări pentru construcția drumurilor, din Milano.

Prima metodă constă în lipirea a două bucăți de piatră, cu suprafața plană și sflesuită, printre o peliculă subțire de liant bituminos, măsurând după aceea forța de tragere necesară pentru desprinderea lor, creșterea acestei forțe făcându-se cu anumită iuțelă, cât mai constantă posibil. Operația se repetă cu probe cari, după lipire, au suferit acțiunea apei. Pe această cale s'a constatat o diferență importantă între comportarea rocilor hidrofobe și a celor hidrofile. Totuși rezultatele nu sunt satisfăcătoare, ele depinzând de creșterea forței de tragere. Institutul Suedez pentru drumuri a căutat să înlăture acest inconvenient, aplicând forța de rupere cu ajutorul unui dispozitiv pendular anume construit, pentru ca ruperea să se facă într'o fracțiune de secundă, evitând astfel orice deformare plastică a liantului bituminos. Rezultatele nu au fost totuși mai satisfăcătoare (13).

A doua metodă a Institutului Italian pentru drumuri caută să imite acțiunea unui vehicul care frânează, determinând în



acest fel rezistență la uzură (roadere), a amestecului bituminos. Pentru aceasta, proba este supusă la acțiunea de frecare a unei roți care nu se poate rostogoli, fiind mișcată cu ajutorul unui mic motor. Operația se execută cu intreruperi determinate, îndepărându-se de fiecare dată materialul desprins din probă încercată și mărind greutatea încărcăturii, care apasă pe roată, cu câte 2 kg. Se continuă astfel până când proba este străbătută de roată. Prin această metodă s'a dovedit de asemenea că umezeala are o influență dăunătoare asupra rezistenței la uzură, atunci când proba de amestec bituminos a fost făcută cu un agregat hidrofil.

In normele germane DIN 1996 se prevede pentru probele de asfalt turnat, după o lăsare în apă timp de 28 de zile, o scădere a rezistenței la compresiune de cel mult 10% din valoarea inițială, iar pentru probele de sandasfalt, ca și pentru cele de beton fin asfaltic, această limită este de 20% în aceleași condiții. (Pentru alte tipuri de pavaje bituminoase nu sunt date limite în această privință). Normele conțin suficiente indicații asupra preparării probelor, dar în privința aparatului și a modului în care se face determinarea rezistenței la compresiune aceste norme nu prevăd nici o indicație specială, afară de aceea că înaintarea plăcii, care produce compresiunea asupra probei, să se facă «pe cât posibil cu acelaș număr de milimetri pe minut».

Intr'o lucrare publicată în anul 1937, W. HARTLEB și K. SCHULTZ (14) pretind a fi stabilit o «metodă practică pentru determinarea adezivității», cu ajutorul căreia se poate aprecia «capacitatea de lipire sub acțiunea apei» (Bindesfähigkeit unter Wassereinwirkung) între un liant bituminos și o rocă. De fapt, propunerea autorilor constă în determinarea scăderii procentuale, sub acțiunea apei, a rezistenței la întindere a unor corpuri de probă (amestec bituminos), preparate astfel încât agregatul mineral să aibă granulometria stabilită de Wilhelm¹

¹⁾. Bitumen 1935, S. 1177.

entră betonul bituminos fin, iar proporția de liant bituminos iind aceea corespunzătoare procentului de goluri al acestui agregat, comprimat la 800 kg/cm^2 (după Hermann P.). Corpurile de probă, de circa 400 gr fiecare și cu o secțiune de rupere de 16 cm^2 , sunt obținute comprimând amestecul bituminos — încălzit la 100°C pentru gudroane și la 140°C pentru bitumuri — prin 20 de lovitură date cu un ciocan de 12 kg, dela o înălțime de 25 cm. După 24 de ore de lăsare în aer, trei probe sunt saturate cu apă în vid, la temperatură ordinară, timp de trei ore. Aceste probe de sub apă, precum și alte trei în stare uscată, sunt apoi ținute timp de 24 de ore la o temperatură egală cu punctul de înmumiere K.S. al liantului bituminos, după care se determină rezistența la întindere a tuturor probelor cu ajutorul unei mașini hidraulice (Tonindustrie, Berlin) acționată manual, cu o creștere a solicitării de $0,125 \text{ kg/cm}^2/\text{sec}$. Autorii consideră adezivitatea amestecurilor ca « bună » pentru o scădere a rezistenței, sub acțiunea apei, mai mică de 40%, « suficientă » pentru o scădere de 40—60% și « rea » când scăderea este mai mare de 60%.

Modul de lucru folosit și propus de autori nu constituie propriu zis o metodă nouă — aceasta reiese din cele arătate mai sus — și nici nu poate fi considerat ca o perfecționare a metodelor de acest gen, propuse mai înainte, pe cari le-am amintit. În adevăr, timpul de 24 de ore de lăsare în apă a amestecului bituminos, la temperaturi mai mult sau mai puțin joase, este cu totul insuficient pentru aprecierea comportării sale sub acțiunea apei în practică, unde această acțiune poate să fie cu mult (de sute de ori) mai îndelungată. Când normele germane — DIN 1996/Noemvrie 1935 — admit, după o lăsare în apă timp de 28 de zile, o scădere a rezistenței la compresiune de cel mult 20% pentru probele de sandasfalt și de beton fin asfaltic, și numai 10% pentru cele de asfalt turnat, se înțelege ușor că de arbitrară și de îndoialnică este propunerea autorilor, de a considera ca bune probele cari suferă o scădere a rezistenței până la 40% și ca mulțumitoare cele cu o scădere de 40—60%, sub o acțiune a apei timp de numai 24 de ore.



De altfel, din lucrarea autorilor nu se poate vedea nici care este gradul de reproductibilitate a rezultatelor obținute, respectiv de siguranță a măsurătorilor efectuate, în operații — amestec, saturare cu apă, încălzire etc. — diferite. Aceasta ar fi fost cu atât mai interesant de știut, cu cât chiar autorii arată că cele mai mici greșeli în privința respectării vitezei de încălzire și a menținerii stricte a temperaturii pot să ducă la mari abateri pentru valorile obținute. Aparatul de întindere folosit de autori nu permite menținerea corpului la temperatura dorită în timpul întinderii — de unde poate să rezulte o complectă discordanță între temperatura corpului în timpul acestei operații și aceea la care a fost ținut în prealabil 24 de ore (egală cu punctul de înmuiere K. S. al liantului) — și nici nu asigură o viteză constantă de întindere; condiții care sunt absolut necesare pentru obținerea unor rezultate comparabile.

Dacă ținem deci seama de influența pe care o pot avea toate aceste condiții de lucru din cursul unei determinări, ne putem aștepta la mari diferențe între rezultatele căpătate prin determinări deosebite. și este foarte probabil că tocmai această nesiguranță a cifrelor obținute să fie cauza pentru care, contrar interpretării formulate de autori, rezultatele determinărilor execute de dânsii nu arată o concordanță a curbelor ce reprezintă « valoarea lipirii sub acțiunea apei » a diferenților lianți bituminoși, față de diferențele roci (HARTLEB și SCHULTZ, *loc cit.* 14, graficul fig. 14, p. 37, și tabloul VII, p. 39).

Este locul aici să amintim de un ingenios și interesant aparat construit de OSKAR MARTIN (21), cu care se poate măsura rezistența la sfârșire prin penetrație cu ajutorul unui ac sau prin presiune cu ajutorul unei bile, a unui corp de probă (amestec bituminos) ținut la temperatura dorită. Pătrunderea acului sau a bilei în corpul de probă se face cu o viteză perfectă constantă, a cărei valoare se poate modifica după dorință și care poate să fie precis controlată cu ajutorul unei lunete. Cu același aparat se poate determina și rezistența la forfecare a corpului de probă.

Executând asemenea determinări asupra amestecurilor în stare uscată, ale unui anumit nisip de mare — acelaș întotdeauna — cu diferenți lianți bituminoși, la temperaturi egale cu punctul de înmuiere al acestora, autorul a urmărit să măsoare astfel puterea de lipire («Bindefähigkeit») a lianților bituminoși, care depinde de coeziunea lianților și de adeziunea lor la nisipul ales. Autorul nu a folosit aparatul său în scopul de a determina scăderea rezistenței amestecurilor bituminoase sub influența apei, dar acest aparat, prin exactitatea măsurătorilor pe care le permite, s'ar preta mai bine decât oricare altul pentru acest scop.

Oricare ar fi însă aparatul folosit, aplicarea metodelor mecanice în scopul determinării adezivității — proprietate care depinde în principal de corelația dintre liant și agregat — prezintă întotdeauna inconvenientul dependenței rezultatelor de proprietățile fizice ale componentelor și în special de coeziunea liantului, după cum am văzut. În plus, acțiunea apei la temperaturi joase asupra amestecurilor bituminoase producându-se foarte încet, mai ales în cazul lianților cu o viscozitate mai ridicată, timpul de lăsare în apă a probei pentru determinarea scăderii rezistenței trebuie să fie foarte îndelungat, numai astfel putându-se obține indicații reale. Timpul de 28 de zile prevăzut de normele germane — care nu numai că este necesar, dar poate să fie chiar insuficient, cu deosebire în cazul bitumurilor viscoase — arată că asemenea metode nu ar putea fi folosite în mod practic, pentru controlul curent și continuu al materialelor puse în lucru pe șantier.

3. FOLOSIREA ACȚIUNII APEI LA RECE PENTRU DETERMINAREA ADEZIVITĂȚII

Cei mai mulți cercetători, plecând dela constatarea că în natură acțiunea apei este cauza principală a distrugerii pavajelor bituminoase, au căutat să folosească această acțiune pentru măsurarea adezivității dintre aggregatele minerale și lianții bituminoși.



Simpla acțiune a apei la rece, în liniște sau chiar sub agitare, în timpul relativ scurt cât poate să dureze o încercare de laborator, este însă ineficace asupra amestecurilor făcute cu lianții bituminoși normali, având o penetrație cuprinsă între 10/20 și 300/350 de grade. Numai uleiurile asfaltice și bitumurile fluide, emulsiile bituminoase și poate unele gudroane subțiri, pot fi deslocuite în aceste condiții dela suprafața agregatelor minerale, din amestecurile cu adezivitate rea. De îndată ce lianții bituminoși sunt ceva mai viscoși — până la 300/350 grade penetrație — filmul de liant rezistă acțiunii apei la rece, în încercările de laborator.

Dacă, totuși, în natură acțiunea desagregantă a apei asupra unor pavaje bituminoase se produce la temperatură ordinară, aceasta este posibil sub influența factorului «timp», care prelungeste acțiunea apei de mii de ori mai mult decât în încercările de laborator; această acțiune fiind ajutată și de numeroase acțiuni mecanice. În afara de aceasta, învăluirea agregatelor minerale cu liant bituminos, în cele mai multe procedee de lucru din practică, nu se obține niciodată atât de perfect ca în metodele de laborator, rămânând suficiente puncte slabe de atac, pentru acțiunea apei. Fără îndoială, din aceste puncte, în cari apa ajunge fără nici o greutate în contact cu suprafața pietrei, începe acțiunea ei de infiltrare între pelicula de liant și suprafața agregatelor hidrofile. Asemenea zone de atac mai pot lua naștere și prin strivirea unor granule minerale, fie în timpul cilindrării, fie sub efectul circulației.

Pentru a se putea obține cu metode rapide de laborator desluuirea lianților bituminoși din amestecurile cu adezivitate rea, chiar în cazurile când acestea sunt făcute cu lianți având o viscozitate ridicată, s'a căutat să se poțeșteze acțiunea apei, fie prin încălzire, fie prin alte mijloace chimice.

In cele ce urmează vom trece mai întâi în revistă diferitele metode cari folosesc acțiunea apei la rece.

a) *Metoda lăsării în apă (Wasserlagerung)* la temperatură ordinară, a probei de material mineral acoperit cu un film



subțire de liant bituminos, observându-se după un timp oarecare dacă liantul s'a contractat de pe suprafața materialului mineral, nu este eficace decât în cazul lianților bituminoși cu viscozitate mică (uleiuri asfaltice, bitumuri fluide, emulsii bituminoase, etc.). Obișnuit, materialul mineral se prepară sub formă de granule de cățiva mm, cari se amestecă cu 3—4% liant bituminos într'o capsulă, la o temperatură corespunzătoare viscozității liantului (circa 50—70°C). Dacă materialul mineral este poros, se ia o proporție mai mare de liant, de exemplu 5%. Amestecul este trecut într'un vas larg, cu fundul drept, unde este împrăștiat și lăsat în repaos ½ oră, sau o oră, sau 24 de ore, la temperatura ordinată; apoi este acoperit cu apă și lăsat astfel 24 de ore, după care timp se observă în ce măsură suprafața granulelor a fost desgolită de liantul bituminos, sub acțiunea apei.

În cazul lianților bituminoși fluizi, rezultatele observate pentru acțiunea apei, după o lăsare în aer de ½ de oră, sau o oră, pot să fie foarte diferite de acelea observate după o lăsare în aer de 24 de ore, a agregatului învăluit de liant; desgolirea fiind mult mai redusă în ultimul caz, din cauza creșterii viscozității liantului prin evaporarea disolventului.

Această metodă nu poate avea decât o valoare practică redusă, aplicarea ei fiind limitată la o categorie restrânsă de lianți bituminoși, a căror viscozitate este destul de mică. În plus, după cum a observat RIEDEL (25), chiar și în aceste cazuri se pot obține rezultate nesigure. Căci dacă liantul nu este prea subțire, deși apa se infiltrează la suprafața pietrei hidrofile sub pelicula de liant, este totuși posibil ca acesta să nu se contracte; dar în acest caz el poate fi ușor desprins de pe piatră, pe cale mecanică, ceea ce nu se întâmplă dacă adezivitatea lui față de piatră este în adevăr bună. Cu cât viscozitatea lianților bituminoși este mai mare, cu atât mai înșelătoare vor fi rezultatele obținute cu această metodă, aceste rezultate indicând o adezivitate aparentă cu mult mai favorabilă decât aceea existentă în practică.

Aceste considerații explică pentru ce în normele germane DIN 1995 nu s'a prevăzut proba lăsării în apă decât într'un

scop cu totul limitat (U₃₀ și U₃₇), și anume, numai pentru controlul proprietăților de adezivitate ale emulsiilor bituminoase, gudroanelor întrebuiștate la rece și bitumurilor fluide. Proba U₃₀ prevede că un cub de bazalt de 3—5 cm latură, acoperit — prin împlântare — cu emulsie bituminoasă sau cu gudron fluid, lăsat să se usuce în aer timp de 24 de ore și apoi ținut sub apă alte 24 de ore, trebuie să-și păstreze învelișul de liant complect închis pe suprafața lui. Aceeaș condiție se cere și în cazul bitumurilor fluide (proba U₃₇), cu diferența că proba se execută cu criblură de bazalt de 3/7 mm, amestecată cu bitum fluid — încălzit la 70° — în proporție de 5/100, lăsată ½ oră într'un vas închis și apoi ținută sub apă timp de 24 de ore.

Este important de observat că această probă, adoptată de normele germane, nu este prevăzută pentru determinarea proprietăților de adezivitate ale lianților bituminoși în general, față de aggregatele minerale cu cari urmează a fi amestecați în practică. Ea servește doar pentru a verifica o condiție de calitate oarecum minimală — în raport numai cu bazaltul — a unei categorii restrânse de lianți bituminoși, cu viscozitate mică; și aceasta încă fără rezultate prea sigure, deoarece adezivitatea bazaltului prevăzut de norme — ca și a diverselor roci în general — poate să varieze foarte mult cu proveniența lui (pag. 56). Cu atât mai mult, deci, această condiție minimală — rezistența învelișului de liant la acțiunea apei reci, timp de 24 de ore — va fi îndeplinită de bitumurile normale, având o penetrație cuprinsă între 10/20 și 300/350 de grade.

Cercetările lui SUIDA, JEKEL și HALLER (28), asupra adezivității gudroanelor de șosele față de diferite roci, executate cu ajutorul metodei lăsării în apă timp de 3 ore a amestecurilor, au arătat că deslocuirea liantului este dependentă — în afară de diferite proprietăți ale liantului și ale rocii — de valoarea P_H-ului apei, chiar în limitele întâlnite obisnuit în practică (5,8—8). Această dependență nu este aceeașă pentru toate amestecurile, ea variază dela caz la caz, manifestându-se fie printr'un minimum de adezivitate — la punctul de neutralitate (P_H = 7),

sau în apropiere, sau chiar mai departe de el — fie printr'o scădere continuă a adezivității, mai des cu creșterea P_H -ului apei, mai rar cu scăderea sa. De altă parte, rezultatele obținute de autori au mai arătat că această dependență este cu atât mai importantă, cu cât adezivitatea amestecului bituminos este mai mică, în timp ce pentru amestecurile cu adezivitate bună această dependență este neînsemnată — scăzând de regulă cu creșterea P_H -ului apei — sau este chiar inexistentă.

Această ultimă constatare a autorilor este deosebit de interesantă, întrucât ea arată că metoda lăsării în apă nu este proprie în nici un caz pentru cercetarea proprietăților de adezivitate ale amestecurilor bituminoase. Căci în cazul liantilor bituminoși cu viscozitate mică și cu slabe proprietăți de adezivitate rezultatele obținute vor fi nesigure, ele variind cu P_H -ul apei; iar față de lianții cu o viscozitate mai ridicată metoda lăsării în apă este ineficace, după cum am văzut. Acestea sunt desigur cauzele pentru carei diferiți autori, care au aplicat aceasta metodă spre a cerceta proprietățile de adezivitate ale amestecurilor bituminoase preparate cu diferite roci, au obținut în general rezultate foarte discordante dela un autor la altul.

O oarecare înăspire a metodei lăsării în apă se obține prin agitarea amestecului bituminos în timpul acțiunii apei, $\frac{1}{2}$ de oră sau o oră; totuși rezultatele sunt prea puțin diferite de cele de mai sus.

b) *Metoda «plăcii»*, propusă de A. R. LEE (18), folosește de asemenea acțiunea apei la rece, în liniște, dar sub altă formă. Pe o placă de zinc se formează un film de liant de 0,5 mm grosime, pe care se lipesc probe șlefuite de diferite roci, ca un mozaic. După 15 minute se acopere cu apă, iar după 24 de ore se examinează probele, îndepărând pe acelea de pe care s'a desprins liantul; acestea au adezivitatea cea mai rea. Se lasă iarăși sub apă, repetând observarea după alte 24 de ore, etc.

Această metodă, în afară de faptul că este ineficace pentru lianții bituminoși cu o viscozitate mai ridicată, mai prezintă și inconvenientul că folosește suprafețe șlefuite ale pietrelor, care

au o comportare diferită de aceea a suprafețelor rezultate din spargere.

c) *Metoda lui DAVID și CURTIUS* este aplicabilă numai pentru amestecuri de agregate minerale cu uleiuri asfaltice sau cu bitumuri fluide. 50 gr de amestec, într-o capsulă, se tratează cu apă adăugată picătură cu picătură și amestecând mereu cu o spatulă, astfel ca amestecul să rămână mereu aglomerat. Dacă agregatul mineral este udat mai bine de ulei decât de apă, atunci amestecul nu primește decât puțină apă. Din contra, dacă apa udă agregatul mai bine decât uleiul, ea este reținută repede de amestec, care primește astfel o cantitate mare de apă, tot odată putându-se observa cum uleiul se desprinde de pe piatră, plutind pe suprafața apei.

d) *Metoda folosită de California Division of Highways* pentru determinarea proprietăților de adezivitate ale filerelor, este de asemenea aplicabilă numai pentru lianții bituminoși, fluizi. 50 gr de liant și 10 gr de filer — trecut prin sita cu ochiuri de 0,074 mm — se pun într-un flacon de 250 cmc, introducându-se într-o baie de 60° C, și se agită cu un agitator care face 1500 turării pe minut. După 5 minute de agitare se adaugă 100 cmc de apă distilată și se mai agită încă 5 minute. Se lasă să se depună până la limpezire și se determină % de filer depus pe fundul flaconului. Un filer de bună calitate nu separă nimic pe fund. Se admite totuși ca utilizabil și un filer care depune pe fundul flaconului cel mult 25% din greutate.

e) *O altă metodă folosită de California Division of Highways* se aplică asupra amestecurilor preparate astfel încât compoziția agregatului mineral, ca și proporția de liant bituminos, să corespundă condițiilor din practică. 50 gr de amestec, împărtășiat (granulele cât mai deslipite unele de altele), se pun cu 100 cmc apă distilată într'un flacon Ehrlenmeyer, astupat cu dop șlefuit, și se agită timp de un minut, după care se



observă dacă apa s'a turburat și dacă s'a produs vreo desgolire a materialului mineral, de învelișul bituminos. În caz contrar se mai agită încă 3 minute și se observă din nou. Dacă este cazul, se mai agită alte 7 minute, eventual alte 15 minute și în sfârșit 30 de minute. Dacă amestecul bituminos rezistă și la această ultimă agitare, se admite în general că adezivitatea lui este bună.

Condițiile în cari este făcut amestecul, ca și modul de încercare, ar face ca această metodă să fie foarte potrivită pentru scopuri practice. Totuși și această metodă este ineficace față de lianții bituminoși cu o viscozitate mai ridicată; simpla acțiune a apei la rece, chiar sub agitare puternică, nefiind în stare să producă contractarea liantului de pe suprafața pietrelor, dacă acest liant nu este destul de moale.

f) *Proba de umflare.* Intre toate metodele folosite pentru obținerea de informații asupra comportării amestecurilor bituminoase la acțiunea apei, proba umflării lor în apă este aceea care corespunde cea mai mult condițiilor din practică. Ea se poate executa fie asupra unor amestecuri, în cari atât compoziția granulometrică a agregatului mineral cât și proporția de liant bituminos pot fi variate după dorință, pentru a corespunde unui tip oarecare de pavaj, fie asupra unor mostre luate chiar din pavajul bituminos executat pe șosea.

Când proba urmează a se executa asupra unui amestec preparat în laborator, acesta este turnat după răcire într'o formă cubică sau cilindrică de oțel, de circa 7 cm înălțime, și comprimat puternic, printr'un număr de isbituri sub o anumită greutate, sau prin compresiune de 4—500 atm. sau chiar mai mult. Probei scoasă din formă i se determină volumul, fie prin măsurarea dimensiunilor, fie în modul adoptat în normele germane DIN 1996 (probele U54—U56), după cum urmează:

Proba de amestec este cântărită în aer (G_1), apoi se așează într'un vas, acoperindu-se cu apă distilată și introducându-se cu totul într'un exicator de vid, unde se face cu ajutorul unei pompe cel mai bun vid posibil, timp de 3 ore. După restabilirea

presiunii atmosferice se ține sub apă încă 2 ore. Proba scoasă din apă este ștearsă cu o cârpă umedă de picăturile cari atârnă și cântărită repede în aer (G_2), și după aceea în apă distilată (G_3), cu ajutorul unei sârme atârnată de brațul unei balanțe. Diferența $G_2 - G_3$, reprezentând împingerea apei, este egală cu volumul probei¹⁾.

După aceea proba este ținută sub apă timp de 28 de zile la temperatură ordinară, după care i se determină din nou volumul, întocmai ca mai sus. Diferența de volum, rezultată prin umflarea probei în apă, raportată la volumul inițial și înmulțită cu 100, reprezintă umflarea % în volum a probei. Dacă se fac aceleasi cântăriri ca mai sus la 1, 2, 4, 6, 10, 15 etc. zile, se poate urmări mersul umflării în timp.

Un foarte interesant studiu experimental asupra umflării probelor de mortar asfaltic a fost publicat de GEISSLER (10) în 1934. Materialul mineral folosit de autor la facerea amestecurilor era constituit din 65—80% nisip (de 0,09—2 mm) și 35—20% filer, ambele părți componente fiind obținute atât din roci hidrofobe, cu bună adezivitate, cât și din roci hidrofile, cu rea adezivitate față de lianții bituminoși. Ca liant bituminos a fost întrebuițat un bitum de 180/200 grade penetrație, adăugat în amestec în proporție variabilă, dela aproximativ 5/100 până la 25/100 în volum, față de agregatul mineral. Autorul a realizat astfel atât amestecuri poroase și sărace în liant bituminos, cât și amestecuri dense, cu un exces de liant bituminos, urmărind mersul umflării acestor diferite amestecuri precum și procentul de apă absorbit, în interval de 30 de zile de lăsare în apă. Rezultatele obținute de autor se rezumă astfel:

1° Umflarea amestecurilor de aggregate minerale și lianții bituminoși sub acțiunea apei este în strânsă dePENDENȚĂ de adezivitatea lor, fiind foarte importantă pentru aggregatele hidrofile — în unele cazuri s-au obținut umflări mai mari de 8—10% din volum — și foarte mică pentru cele hidrofobe.

¹⁾ Diferența $G_1 - G_3$ reprezintă volumul porilor, iar raportul $\frac{G_1}{G_1 - G_3}$ este egal cu greutatea unității de volum.

2° Caracterul filerului joacă în general un rol determinant în ceea ce privește măsura în care se produce umflarea amestecurilor bituminoase sub acțiunea apei.

3° Influența golurilor amestecului bituminos asupra umflării este de o importanță secundară, în sensul că umflarea unui amestec bituminos dens se va produce mai cu încetul decât aceea a unui amestec poros, ajungând însă în ambele cazuri — deși după intervale de timp diferite — la aceeași valoare finală, dacă amestecurile sunt făcute cu același agregat mineral și același liant.

Rezultatele obținute de GEISSLER sunt deosebit de interesante în ceea ce privește influența caracterului agregatelor minerale — hidrofil sau hidrofob — asupra umflării amestecurilor bituminoase respective sub acțiunea apei. Păcat însă că autorul nu a lucrat decât cu un singur liant bituminos — un bitum de 180/200 grade penetrație — încât din acest rezultat nu se poate trage nici o concluzie cu privire la influența caracterului și a viscozității lianților, asupra umflării amestecurilor bituminoase respective sub acțiunea apei. De asemenea nu putem să dacă metoda este eficace și în cazul bitumurilor cu viscozități mai ridicate, de exemplu sub 80/100 grade penetrație.

In ceea ce privește hidrofobia sau hidrofilia materialului mineral experimentat, respectiv adezivitatea bună sau rea a acestui material în raport cu lianții bituminoși, autorul s'a sprijinit pe rezultatele căpătate cu metoda lui RIEDEL și WEBER, pe care o vom descrie mai jos. Astfel rezultatele obținute de GEISSLER, prin metoda umflării, reprezintă o verificare și o confirmare pe altă cale, a valabilității metodei lui RIEDEL și WEBER pentru determinarea adezivității.

In normele germane DIN 1996, singurele probe cerut pentru amestecurile bituminoase, în legătură cu proprietățile lor de adezivitate, sunt scăderea rezistenței la compresiune umflarea sub acțiunea apei timp de 28 de zile. Prima din ele, după cum am arătat mai sus, nu ne poate da indicații exacte asupra adezivității amestecurilor bituminoase; în afară de aceasta, metoda nu poate fi aplicată în mod curent, din cauză

duratei lungi prevăzută pentru acțiunea apei — durată care este necesară mai ales în cazul amestecurilor compacte. Umflarea maselor bituminoase sub acțiunea apei este un fapt care se petrece întocmai și în natură, fiind provocat numai de infiltrarea apei între filmul de liant și suprafața agregatului mineral, din cauza unei adezivități rele sau insuficiente între aceste două corpuri. Determinarea acestei umflări ar fi deci deosebit de utilă pentru judecarea șanselor de stabilitate și de durată a pavajelor bituminoase; totuși, lunga durată de experimentare, cerută și de această metodă, o face neaplicabilă pentru controlul curent al materialelor ce se pun în lucru. În acest scop este necesară o metodă expeditivă, cu care să se poată da imediat rezultatele. Din lipsă de date experimentale, nu știm dacă proba umflării este eficace și în cazul bitumurilor cu viscozitate ridicată, timpul de 28 de zile fiind probabil insuficient pentru a se produce umflarea, sub acțiunea apei, a amestecurilor executate cu aceste bitumuri.

Pe baza rezultatelor experimentale obținute cu această metodă, asupra a diferite mostre luate din pavaje bituminoase care au avut o comportare bună sau rea în practică, normele germane DIN 1996 prevăd pentru umflarea maximă permisă sub acțiunea apei, timp de 28 de zile, o limită de 2% din volum pentru probele de sandasfalt și de beton de gudron, și de 1% din volum pentru probele de asfalt turnat și de beton asfaltic. După cum se vede, aceste limite sunt foarte joase în comparație cu umflările de peste 8—10% din volum, găsite de GEISSLER pentru amestecurile făcute cu agregate minerale hidrofile.

4. FOLOSIREA ACȚIUNII APEI POTENȚIONATĂ PRIN INCĂLZIRE, SAU AJUTATĂ DE ALTE ACȚIUNI CHIMICE

Din cele mai sus arătate, am văzut că simpla acțiune a apei la rece asupra amestecurilor bituminoase, în încercările de laborator, este ineficace pentru aprecierea proprietăților de adezivitate ale acestor amestecuri, în cazul lianților bituminoși

cu o viscozitate mai ridicată. De aceea s'a simțit nevoie de a se recurge la o potenționare a acțiunii apei, fie prin încălzire, fie prin mijloace chimice ajutătoare, care să compenseze lipsa factorului «timp» în metodele curente de cercetare din laborator; totodată, dozarea după dorință a acestei potenționări a acțiunii apei făcând posibilă o diferențiere mult mai înaintată a materialelor, din punct de vedere al acestei importante proprietăți, care este adezivitatea. Vom descrie mai jos cele mai principale metode de acest gen, propuse pentru determinarea adezivității dintre lianții bituminoși și agregatele minerale.

a) După o metodă propusă de NICHOLSON în anul 1932, amestecul de agregat mineral cu liant bituminos este încălzit în apă la diferite temperaturi crescătoare, agitând timp de o oră la fiecare temperatură. Cu cât este nevoie de o încălzire la o temperatură mai ridicată pentru a se produce separarea liantului de agregat, cu atât adezivitatea amestecului este mai bună.

Autorul explică creșterea puterii de deslocuire a apei prin încălzire, în sensul că tensiunea interfacială S_{ap} dintre apă și agregatul mineral ar scăda mult mai repede cu urcarea temperaturii, decât tensiunea interfacială S_{lp} dintre liantul bituminos și agregatul mineral, încât la un moment dat putem să avem $S_{ap} < S_{lp}$. Agregatul mineral fiind atunci udat mai bine de apă decât de liantul bituminos, acesta va fi deslocuit de apă dela suprafața pietrelor.

Nu știm dacă această explicație a autorului este cea adevarată, deoarece nu putem determina tensiunile interfaciale dintre lichide și solide nici la temperatura ordinată, cu atât mai mult nu știm cum variază aceste tensiuni cu temperatura. S-ar putea tot atât de bine să avem chiar la temperatura ordinată $S_{ap} < S_{lp}$, dar din cauza unei viscozități mai ridicate a liantului bituminos, acesta să nu poată fi deslocuit de apă într'un timp relativ scurt, decât prin încălzirea amestecului la o anumită temperatură, necesară pentru a scăpa viscozității liantului la un anumit grad.



Oricare ar fi explicația adevărată, potenționarea treptată a acțiunii apei prin încălzire, pentru a compensa lipsa factorului timp din practică, este un fapt judicios, constituind un avantaj al acestei metode față de cele descrise mai înainte. Prin acest mijloc se pot diferenția, în ceea ce privește gradul de adezivitate, multe amestecuri bituminoase, cari judecate după acțiunea apei la rece asupra lor par la fel de bune.

Cu tot acest avantaj, metoda rămâne ineficace față de amestecurile cu o adezivitate mai bună — S_{lp} destul de mic — sau făcute cu bitumuri mai viscoase, cari nu se separă nici la fierbere. Aceste amestecuri nu se mai pot diferenția între ele pe această cale. Pe lângă aceasta, metoda nu este destul de expediativă, necesitând un timp de experiență de câteva ore numai pentru producerea separării amestecului.

b) După o altă metodă propusă de NICHOLSON, amestecul de agregat mineral cu liant bituminos este preparat astfel ca să conțină cantități crescătoare de benzen — corespunzând de exemplu la 80%, 60%, 40% etc. bitum în benzen — fiecare din aceste amestecuri fiind agitata cu apă, timp de o oră, la temperatură de 21°C . Adezivitatea dintre liantul bituminos și agregatul mineral este cu atât mai bună, cu cât este nevoie de o proporție mai mare de benzen pentru a se produce separarea.

In afara de faptul că această metodă este tot atât de puțin expediativă ca și precedenta, dar fluxarea liantului bituminos cu benzen nu are ca efect numai micșorarea viscozității acestuia — ceea ce se obține în metoda precedentă prin încălzirea amestecului bituminos în apă, la temperaturi crescătoare — pentru a ușura acțiunea de deslocuire a apei în cazul când $A_{ap} > A_{lp}$; ci adăugarea de benzen înseamnă introducerea unui factor, care poate să modifice cu totul forțele moleculare existente la interfața de contact a liantului bituminos cu agregatul mineral, adică valoarea tensiunii interfaciale S_{lp} , respectiv valoarea tensiunii de adeziune $A_{lp} = S_p - S_{lp}$ și a celei de adezivitate $A_{lp}^a = A_{lp} - A_{ap} = S_{ap} - S_{lp}$. De aceea nu credem că această metodă ar putea să dea rezultate juste.

c) *Metoda lui RIEDEL și WEBER* (27), pentru determinarea gradului de adezivitate al amestecurilor de aggregate minerale cu lianți bituminoși, folosește acțiunea apei la cald (fierbere), ajutată de acțiunea chimică a carbonatului de sodiu disolvat în apă în concentrații crescătoare, până la soluție molară (m). Autorii au stabilit următoarele zece concentrații pentru soluțiile de CO_3Na_2 , la cari corespund 10 grade de adezivitate:

Concentrarea soluției de CO_3Na_2	Gradul de adezivitate
o (apă distilată)	0
m/256	1
m/128	2
m/64	3
m/32	4
m/16	5
m/8	6
m/4	7
m/2	8
m	9
nici o separare	10

Pentru prepararea amestecurilor autorii utilizează de preferință rocile reduse în granule de mărimea k_2 ($= 0,2 - 0,6$ mm) — separate între sitele DIN Nr. 10, cu 100 ochiuri/cm², și Nr. 30, cu 900 ochiuri/cm² — cari sunt amestecate cu lianții bituminoși în proporție de 71% vol. rocă (granule) și 29% vol. liant bituminos. Amestecul se face la o temperatură care variază (60—160° C) cu viscozitatea liantului bituminos, astfel ca acesta să fie destul de fluid în momentul amestecului. După răcire în aer timp de 24 de ore, se fierbe circa 0,5 gr de amestec bituminos într'o eprubetă cu 6 cmc de apă distilată, timp de un minut. Dacă se produce separarea majorității granulelor de liantul bituminos, adezivitatea amestecului este considerată de gradul 0. În caz contrar se repetă operația cu alte 0,5 gr amestec și 6 cmc soluție de CO_3Na_2 de concentrația m/256, eventual și cu soluții mai concentrate, până când se obține



separarea. Gradul de adezivitate este acela care corespunde concentrației soluției cu care s'a obținut separarea.

Dacă de exemplu la fierberea cu apă distilată, precum și la fierberea cu soluțiile m/256 și m/128, nu se produce decât separarea unei proporții reduse de granule ($< 1/2$), și abia la fierbere cu soluția m/64 se obține separarea majorității granulelor, atunci adezivitatea este de gradul 0—3. La fel putem avea amestecuri cu gradul de adezivitate 1—4, sau 3—5 etc. Toate asemenea cazuri se explică prin faptul că rocile sunt în general constituite din amestecuri de cristale de diferite minerale, aflătoare în proporții variate și având grade diferite de adezivitate față de un acelaș liant bituminos. În felul acesta autorii obțin o diferențiere cu mult mai înaintată a diferitelor amestecuri de agregate minerale cu lianții bituminosi, în ceea ce privește gradul lor de adezivitate.

O primă și foarte importantă diferențiere se obține la proba de fierbere a amestecurilor cu apă distilată, prin faptul că la temperatura de 100°C toți lianții bituminosi aflându-se în stare mai mult sau mai puțin fluidă, influența viscozității lor asupra rezistenței la acțiunea deslocuitoare a apei este redusă într-o foarte mare măsură. Amestecurile bituminoase care nu rezistă la proba fierberii cu apă distilată timp de un minut au o adezivitate rea, sau cel puțin insuficientă. Afinitatea dintre liantul bituminos și suprafața agregatului mineral este în aceste cazuri prea slabă, pentru a constitui o legătură capabilă de a rezista unei îndelungate acțiuni a apei la rece; toate celelalte condiții din practică, în care amestecurile bituminoase sunt obligate să suferă această acțiune, fiind — după cum am văzut — mult mai puțin favorabile decât în experiențele de laborator (pag. 94).

Amestecurile bituminoase care rezistă la proba fierberii cu apă distilată au o adezivitate mai mult sau mai puțin bună, și ele sunt diferențiate mai departe prin fierbere cu soluții de sodă, de concentrații crescătoare, având o acțiune deslocuitoare care crește cu concentrația. Adezivitatea unui amestec este cu atât mai bună, cu cât este nevoie de o soluție mai

concentrată pentru a se obține separarea granulelor minerale de liantul bituminos.

Rezultatele obținute de RIEDEL și WEBER cu ajutorul acestei metode se pot rezuma după cum urmează:

1º Față de aceeași lianți bituminoși, diferite roci au grade de adezivitate foarte diferite.

2º Roci de acelaș fel, dar de proveniență diferită, pot avea o adezivitate cu totul diferită, față de aceeași lianți bituminoși. Totuși, se pot stabili «grosso modo» tipuri de roci care au în general o adezivitate bună, altele care au o adezivitate rea cu lianții bituminoși.

3º Numărul amestecurilor bituminoase care rezistă la proba fierberii cu apă distilată este mai mare decât al celor care nu rezistă la această probă (gradul o de adezivitate).

4º Când agregatul mineral este constituit din roci cu o compoziție complexă — unele minerale fiind hidrofile, altele hidrofobe în raport cu lianții bituminoși — separarea amestecului la proba fierberii cu apă, respectiv cu soluții de sodă, este numai parțială.

5º Față de aceleași roci, diferenți lianți bituminoși în general au grade de adezivitate puțin diferite. Cu alte cuvinte, gradul de adezivitate al unui amestec bituminos depinde în principal de caracterul rocii, și mult mai puțin de acela al liantului.

Autorii arată că gradele de adezivitate dela o până la 10, obținute cu metoda lor, nu reprezintă valori absolute, ci relative, căci între aceste grade și concentrațiile soluțiilor de sodă respective nu este o relație lineară; dar pentru scopuri practice, de control, ele sunt perfect corespunzătoare și utilizabile.

Prin lucrările publicate ulterior de RIEDEL, ale cărui interesante rezultate au fost expuse pe larg mai înainte (cap. IV), autorul a arătat în mod neîndoios că principalul factor care hotărăște adezivitatea este posibilitatea de reacție dintre moleculele polare ale lianților bituminoși și suprafața agregatelor minerale, cu formare de combinații insolubile în apă. Intrucât,

de regulă, aceste molecule polar-active ale lianților bituminoși au caracter acid, rocile bazice (hidrofobe) au în general o adezivitate bună, iar cele acide (hidrofile) au o adezivitate rea cu lianții bituminoși.

Apariția lucrărilor lui RIEDEL și WEBER, urmate de acelea ale lui RIEDEL, a provocat cel mai viu interes în lumea practicienilor și a cercetătorilor de specialitate, aceste lucrări scoțând în relief, după cum am văzut, adevăratale fenomene care stau la baza adezivității. W. GEISSLER (10), P. A. VALTON (31), STEN HALBERG (13), H. KLEINERT (16), G. H. KLINKMANN (17) și mulți alții au recunoscut valoarea și importanța acestor lucrări, iar numeroși tehnicieni, antreprenori, proprietari de cariere și diferite autorități au confirmat concordanța rezultatelor obținute de autori, cu constatările lor practice (25). Dacă au fost totuși unii care nu au înțeles, sau nu au voit să înțeleagă importanța acestor lucrări și valoarea metodei stabilită de RIEDEL și WEBER pentru determinarea adezivității, aceasta se explică fie prin faptul că rezultatele obținute de autori răsturnau anumite păreri sau chiar teorii, fie pentru că aceste rezultate periclitau unele interese financiare, depreciind materialul furnizat de anumite întreprinderi.

Dată fiind importanța rezultatelor obținute de RIEDEL și WEBER prin lucrările lor, precum și faptul că metoda stabilită de acești autori permite, mai bine și mai ușor decât oricare alta, obținerea unei diferențieri înaintate a amestecurilor bituminoase cu privire la gradul lor de adezivitate, respectiv la rezistența acestor amestecuri față de acțiunea apei, vom examina diferențele obiecțiuni ce au fost aduse acestei metode, pentru a vedea dacă și în ce măsură sunt ele întemeiate.

OBERBACH (23) pretinde că RIEDEL deplasează problema adezivității prin cercetările sale, metoda stabilită împreună cu WEBER referindu-se la rezistența împotriva acțiunii apei a amestecului de agregat mineral - liant bituminos, și nu la forța de lipire dintre aceste corpuri, adică la adeziunea lor. Această afirmație apare cu atât mai curioasă, cu cât OBERBACH însuși este de acord că o separare a liantului de agregat din amestec,



pe cale pur mecanică, nu este posibilă¹⁾). Acest fapt, recunoscut în mod general de către specialiști, neînsemnând altceva decât că adeziunea dintre liant și agregat, în lipsa apei, este întotdeauna mai mare decât coeziunea liantului, rezultă că problema adezivității nici nu are sens să fie pusă în mod practic, decât în sistemul ternar liant-agregat-apă.

De altfel am văzut, prin considerații chimico-energetice, că această proprietate este funcțione de tensiunile interfaciale dintre cele trei faze, și că existența unei bune adezivități este condiționată de producerea unei adsorbții chimice — nereversibile sub acțiunea apei — a moleculelor polare ale liantului bituminos, la suprafața agregatului mineral.

P. HERMANN (15) nu contestă că rocile în stare pură ar putea avea grade diferite de adezivitate, față de lianții bituminoși. Dar, după părerea sa, aceste diferențe sunt fără importanță în practică, unde umezeala rocilor, praful, argila și alte produse de alterare dela suprafața lor, porozitatea și asprimea acestei suprafețe, ca și gradul de fluiditate al liantului bituminos în momentul amestecului, au o influență mult mai mare asupra legăturii dintre lianți și roci, decât caracterul lor chimic.

Afirmația făcută sub această formă și cu aceste concluzii este desigur greșită. Căci pentru a avea o bună adezivitate, nu este suficient — cum ar rezulta din afirmațiile lui HERMANN — de a evita rocile alterate, de a le avea în stare curată și de a le usca printr-o încălzire prealabilă, de a asigura o anumită stare de fluiditate a liantului bituminos în momentul tratării agregatului, etc. Toate aceste condiții sunt mai mult sau mai puțin necesare pentru a asigura o bună înveluire a agregatului mineral cu liantul bituminos, dar nu sunt suficiente pentru a avea și o bună adezivitate. Pentru aceasta este nevoie, în plus, ca legătura realizată în cele mai bune condiții, între cele două corpuri, să fie rezistentă la o ulterioară acțiune îndelungată a apei. Aici intervine însă rolul adezivității, respectiv necesitatea unor legături de ordin chimic între liant și agregat, determinate de caracterul chimic al suprafetei agregatului mineral și

¹⁾ OBERBACH, *loc. cit.*, p. 271.

de polaritatea liantului bituminos. Starea fizică a suprafeței agregatului mineral poate să aibă și ea, după condițiile de lucru, o influență favorabilă sau defavorabilă asupra adezivității, fără însă ca acest fapt, după cum am văzut, să scadă cu nimic importanța caracterului chimic al suprafeței agregatului și a polarității liantului.

Relativ la mărimea granulelor recomandată de RIEDEL și WEBER (0,2—0,6 mm), s'a obiectat că rezultatele determinărilor executate cu un material atât de mărunt nu sunt valabile și pentru split, sau pentru spărturi mai mari, cari s'ar desgoli mult mai ușor de liantul bituminos la proba de fierbere. Autorii au ales aceste dimensiuni reduse ale granulelor pentru a asigura o bună probă medie a materialului și pentru ușurința cu care se execută fierberea acestor granule; dar metoda se aplică foarte bine și cu granule de câțiva mm și chiar mai mari, bineînțeles executând fierberea într'un vas corespunzător. După cum am văzut, există metode pentru determinarea adezivității cari nu se aplică decât materialului adus în stare de pulbere; ceea ce constituie desigur un desavantaj al acestor metode. Metoda lui RIEDEL și WEBER are însă și acest avantaj de a se putea executa cu o mărime variată a materialului. Este chiar de recomandat a se ține seama dacă materialul va fi întrebuințat în construcție sub formă de filer, sau în granule mai mari; aceasta pentru motivul că reducerea materialului în pulbere poate să crească rolul unor anumite părți constitutive ale rocii, cari pot să aibă altă adezivitate decât granulele sau spărturile mai mari, obținute din aceeași rocă. Tot odată se va ține seama că pentru a se obține o bună învăluire a granulelor, un material mai mare nu are nevoie de aceeași proporție de liant, ca unul mărunt. Această proporție trebuie să fie apropiată de aceea care se întrebuințează în practică, evitându-se un exces prea mare de liant. După cum au constatat autorii metodei, separarea granulelor din amestec, la fierberea cu soluției de CO_3Na_2 , este influențată de proporția liant-roca.

O obiecție mai generală s'a adus metodei cu privire la fierberea amestecului bituminos, prin care acesta este pus în situația



de a suferi acțiunea apei la o temperatură cu mult superioară aceleia din natură. Această suprasolicitare — pretind unii autori — ar avea alte efecte, mult mai puternice decât poate avea în practică acțiunea apei la rece, deci proba de fierbere ar fi prea severă pentru o apreciere justă a adezivității. Aceeași autori își manifestă preferința pentru metoda lăsării în apă a amestecurilor timp de 24 de ore la temperatura ordinată, sau pentru proba de umflare în apă.

După cum am văzut, toate metodele care folosesc acțiunea apei la rece pentru separarea amestecurilor bituminoase sunt ineficace când lianții au o viscozitate mai ridicată. Amestecurile făcute cu asemenea lianți arătând întotdeauna o bună rezistență la proba lăsării în apă timp de 24 de ore și chiar mult mai mult, ar urma — după rezultatele acestei probe — ca toate pavajele executate de exemplu cu bitumuri având până la 300/350 grade penetrație să aibă foarte bune proprietăți de adezivitate. Ori nu acesta este cazul general în practică, unde zsemenea pavaje se distrug adesea prin acțiunea apei din ploi și din zăpezi, sau a umezelii solului.

De fapt, amestecurile bituminoase de pe șosele suportă acțiunea apei la rece în condiții mult mai defavorabile decât în laborator. Este destul să amintim învăluirea imperfectă a materialului mineral cu liantul bituminos, în cele mai multe procedee de lucru, și acțiunile mecanice puternice și îndelungate (cilindrare, circulație), care crează zone slabe de atac la suprafața pietrelor, pentru acțiunea de infiltrare a apei sub pelicula de liant. Dar mai ales influența factorului «timp», de mii de ori mai îndelungată decât în încercările de laborator, are un rol cu totul diferit decât în aceste încercări, reușind mai curând sau mai târziu a face simțită lipsa de adezivitate prin separarea liantului de agregat, chiar și în cazul pavajelor executate cu lianți bituminoși având o viscozitate ridicată.

Încălzirea amestecurilor bituminoase în apă la fierbere, timp de un minut, are ca scop de a scobori puternic viscozitatea liantului bituminos, ușurând acțiunea de deslocuire a apei — în cazul amestecurilor bituminoase care au o adezivitate



insuficientă — și obținându-se astfel într'un timp foarte scurt acelaș efect, care se obține în practică după un timp mult mai îndelungat. Potenționarea acțiunii apei prin încălzire apare deci numai ca o compensare a lipsei factorului timp în încercările de laborator, și nicidecum ca o suprasolicitare nepermisă, capabilă de a schimba relațiile de energie existente la interfețele de contact ale celor trei faze: liant-roca-apă, prin modificarea raportului tensiunilor interfaciale respective.

Deși nu cunoaștem cum variază cu temperatura aceste tensiuni (valorile lor nefiind cunoscute nici la temperatura ordinată) totuși, orice obiecții ce s-ar aduce probei de fierbere — că ar reprezenta o suprasolicitare prea severă față de acțiunea apei în practică, sau că ar distrugе echilibrul coloido-chimic al bitumurilor și tot odată proprietățile lor de lipire¹⁾ etc. — sunt răsturnate de simpla constatare, făcută de autorii metodei, că cele mai multe amestecuri bituminoase rezistă la proba fierberii cu apă (pag. 107). În realitate, există roci ale căror amestecuri cu diferite bitumuri normale rezistă perfect la această probă, oricât am prelungi fierberea; și acelaș lucru l-am constatat noi pentru amestecurile cu diferite roci, ale unor bitumuri naturale. Aceasta înseamnă că nu fierberea însăși este cauza separării liantului bituminos de agregatul mineral, ci lipsa de adezivitate dintre cele două corpuri; aceasta depinzând de proprietățile rocii — în special de caracterul ei chimic — și de natura liantului bituminos.

In general, dacă adezivitatea amestecului bituminos este bună, separarea nu se produce la fierberea cu apă distilată, chiar dacă am prelungi această fierbere mult mai mult decât un minut; iar dacă adezivitatea este rea, nici nu este de fapt nevoie întotdeauna de fierberea amestecului pentru a se

¹⁾ Această afirmație, făcută de OBERBACH (23), arată o confuzie din partea autorului între fenomenul de lipire în lipsa apei — care depinde atât de adeziunea dintre liant și roca, cât și de coeziunea liantului — și fenomenul de adezivitate, care nu poate fi înțeles decât în sistemul ternar liant-roca-apă, depinzând numai de tensiunile interfaciale respective și fiind independent de coeziunea liantului.

produce separarea, ci numai de o încălzire la o temperatură mai puțin sau mai mult ridicată, necesară pentru fluidificarea liantului bituminos. Pentru simplificarea execuției și pentru a obține date comparabile — aceasta mai ales în cazul fierberii cu soluții de CO_3Na_2 — autorii metodei recomandă fierberea întotdeauna a amestecului bituminos timp de un minut.

Totuși, când autorii au încercat proprietățile de adezivitate ale unor uleiuri grele față de diferite roci, au făcut agitarea cu apă la temperatura ordinată, încălzirea ne mai fiind necesară din cauza fluidității uleiurilor. Dar acesta este și cazul uleiurilor asfaltice și al lianților bituminoși fluizi. Se pune astfel întrebarea, până la ce grad de viscozitate a lianților bituminoși se poate aplica proba fierberii recomandată de RIEDEL și WEBER; iar sub acest grad de viscozitate a lianților, dacă agitarea cu apă a amestecurilor trebuie făcută la temperatura ordinată, sau sub o încălzire moderată, de exemplu 50—60° C?

In cazul bitumurilor normale, întrebuițate în mod obișnuit — având până la 300/350 grade penetrație — fierberea amestecurilor este necesară pentru a produce fluidificarea liantului și poate fi aplicată întotdeauna fără rezerve. Dacă la această probă se produce separarea în majoritate sau numai parțială a amestecului, adezivitatea este rea, respectiv insuficientă; dacă nu se produce separarea, adezivitatea este mai mult sau mai puțin bună, sau cel puțin suficientă.

Proba de fierbere cu apă distilată a amestecurilor bituminoase, pentru cercetarea adezivității lor, este deci de cea mai mare importanță în practică, amestecurile cari nu rezistă la această probă nefiind recomandate de a fi întrebuițate la construirea pavajelor bituminoase. De aceea proba de fierbere cu apă distilată trebuie executată și repetată cu cea mai mare grijă, mai ales că ea nu este în toate cazurile aşa de simplă, din cauza complexității de compozиție a rocilor (adezivitate diferită a mineralelor componente).

Pentru amestecurile cari rezistă la proba de fierbere cu apă distilată, metoda lui RIEDEL și WEBER permite ca să distingem dacă ele au o adezivitate mai puțin bună, sau mai bună,

sau foarte bună, determinând gradul de adezivitate al amestecurilor prin fierbere cu soluții de CO_3Na_2 de concentrații crescătoare. Și pentru aceasta s'a adus obiecțiunea că o asemenea solicitare nu există în natură, fiind cu mult mai severă chiar decât acțiunea apei la fierbere. OBERBACH (23) afirmă că fierberea cu soluții de sodă distrug coeziunea și puterea de lipire a liantului bituminos, provocând chiar o emulsionare a lui. Aceste obiecțiuni sunt însă răsturnate de faptul că, pentru a fi separate, unele amestecuri au nevoie de fierbere cu soluții diluate de sodă (sau chiar numai cu apă), altele cu soluții concentrate, iar altele nu se separă nici la fierbere cu soluția molară (gradul de adezivitate 10), cum este cazul constatat de noi pentru amestecurile a diferite roci cu bitumurile naturale de Matița și de Derna-Tătărush, sau pentru amestecurile unor anumite roci cu multe bitumuri normale.

Aceste constatări dovedesc îndeajuns că fierberea amestecului bituminos cu soluțiile de CO_3Na_2 nu modifică chimic liantul bituminos și nu-i distrug proprietățile de adezivitate — altfel ar trebui să se constate acest fapt pentru toate amestecurile — ceea ce înseamnă că tensiunea interfacială S_{lp} dintre liant și agregat nu este influențată de prezența carbonatului de sodiu în apă, nici chiar la temperatura de 100°C . Dacă totuși puterea de deslocuire a soluțiilor crește cu concentrația în CO_3Na_2 , aceasta nu poate să însemne altceva, decât că tensiunea interfacială S_{ap} dintre agregat și soluția de carbonat scade când concentrația acesteia crește, putând deveni la un moment dat mai mică decât tensiunea interfacială S_{lp} dintre liant și agregat; atunci vom avea

$$A_{lp}^a = A_{lp} - A_{ap} (= S_{ap} - S_{lp}) < 0,$$

deci liantul va fi deslocuit de soluția de carbonat dela suprafața agregatului.

De altă parte, creșterea alcalinității soluției de CO_3Na_2 mărint afinitatea ei chimică față de liantul bituminos — care are caracter acid — va avea ca efect și o scădere a tensiunii interfaciale S_{al} dintre liant și soluția de carbonat; ceea ce

înseamnă o creștere a valorii absolute a coeficientului de adezivitate dintre liant și agregat (pag. 23)

$$K_{lp}^a = \frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{al}}$$

care reprezintă gradul tendinței de întindere ($K_{lp}^a > 0$) sau de contractare ($K_{lp}^a < 0$) a liantului pe suprafața agregatului, în dauna, respectiv în favoarea soluției de carbonat. După cum am văzut mai înainte, tendința lui S_{al} fiind de a atenua atât hidrofobia cât și hidrofilia agregatului față de liant, deci micșorarea valorii sale reliefând mai bine aceste proprietăți (pag. 24), producerea acestui fenomen în cazul de față este un argument în plus, pentru eficacitatea determinării gradului de adezivitate al amestecurilor bituminoase prin fierbere cu soluții de sodă de concentrații crescătoare, după metoda lui RIEDEL și WEBER.

Concentrația minimă a soluției de carbonat, necesară pentru a produce la fierbere deslocuirea liantului bituminos dela suprafața agregatului mineral, ne dă astfel în mod efectiv o măsură practică a gradului lor de adezivitate. Pentru ușurință de exprimare, autorii metodei au însemnat cu numerile 1—10 gradele de adezivitate corespunzătoare concentrațiilor soluțiilor de CO_3Na_2 recomandate de ei.

Mentionăm că RIEDEL și WEBER au experimentat și soluții de alți electroliți: ClNa , SO_4Na_2 , $\text{Fe}(\text{CN})_6\text{K}_4$ și Na-citrat, pentru deslocuirea lianților din amestecurile bituminoase. Rezultatele obținute sunt analoage cu cele arătate mai sus pentru CO_3Na_2 , cu diferența că pentru separarea aceluias amestec, concentrațiile minime necesare ale soluțiilor scad când numărul de valențe al anionilor sărurilor respective creste.

După cum am văzut, între toate metodele care folosesc acțiunea apei la rece pentru cercetarea adezivității amestecurilor bituminoase, proba umflării în apă este aceea care corespunde cea mai mult condițiilor din practică, fiind introdusă și în normele germane DIN 1996 din anul 1935. Am văzut de asemenea că cercetările lui GEISSLER au arătat o strânsă dependență între umflarea amestecurilor bituminoase și valoarea adezivității lor, determinată după metoda lui RIEDEL și WEBER (pag. 101). Această bună concordanță între rezultatele

obținute cu cele două metode este o dovedă în plus de valoarea acestei din urmă metode, care are și marelle avantaj de a fi mult mai ușor de executat și de a necesita un timp de experimentare incomparabil mai scurt decât proba umflării. În afară de aceasta, nu știm — din lipsă de date — dacă proba umflării este eficace și în cazul amestecurilor preparate cu lianți bituminoși având o viscozitate ridicată, în timp ce metoda lui RIEDEL și WEBER se aplică față de orice lianți bituminoși.

În practică există diferite sisteme de pavaje bituminoase, în cari atât învăluirea agregatului mineral cu liantul bituminos, cât și compactitatea masei bituminoase, sunt realizate într'un grad diferit, astfel încât posibilitatea de acces a apei în interiorul pavajului și pericolul deslocuirii liantului bituminos dela suprafața agregatului mineral vor fi mai însemnate sau mai reduse. În afară de aceasta, și situația topografică și climatică a șoselei oferă un rol diferit acțiunii apei asupra pavajului bituminos. Astfel, după sistemul de pavaj aplicat și după situația șoselei, vor trebui alese neapărat aggregate minerale și lianți bituminoși având o adezivitate maximă între ele, sau vor putea fi întrebuințate și materiale cu proprietăți de adezivitate mai reduse. Aplicarea metodei lui RIEDEL și WEBER pentru determinarea gradului de adezivitate este astfel de o deosebită utilitate, făcând posibilă o selecționare justă a materialelor, care să asigure amestecului bituminos gradul de adezivitate necesar în fiecare caz.

Pentru aprecierea proprietăților de adezivitate ale rocilor în general, RIEDER (26) recomandă determinarea întotdeauna a gradului lor de adezivitate cu doi lianți normali de tip mijlociu, și anume cu un bitum « Spramex » 200 (Rhenania-Ossag) și un gudron rutier T II, ale căror proprietăți sunt:

Bitum « Spramex » 200 (Bit. II, DIN 1995)

Punct de înmuiere K. S.	25—30° C
Idem, inel și bilă	38—44° C
Punct de picurare (Ubbelohde)	49—54° C
Punct de rupere (Fraas)	sub—15° C
Penetrația la 25° C	180/200
Ductilitatea la 25° C	> 100 cm



Gudron rutier T II (DIN 1995)

Densitatea la 25°C $\leq 1,24$

Viscozitatea la 30°C (consistometrul pentru gudroane,
cu orificiu de scurgere de 10 mm) 20—100 sec.

Distilația:

Până la 170°C : Apă (total) 0,5% gr

Distilat (fără apă) 1,0% gr

Între 170 — 270°C (numai distilat) 8—16% gr

Între 270 — 300°C 6—12% gr

Peste 300°C (calculat) 12—26% gr

Smoală reziduală, calculată pentru un punct de

înmuiere K. S. de 67°C 60—70% gr

Conținutul în Fenol $\leq 3\%$ vo

» » Naftalen $\leq 4\%$ gr

» » Antracen brut $\leq 3,5\%$ gr

» » Carbon liber 5—18% gr

Chiar dacă în practică s-ar lucra cu altii lianți superiori, aceste determinări sunt totuși necesare — arată RIEDEL — în scopul de a se obține date comparative asupra rocilor, a căror influență asupra adezivității amestecurilor bituminoase este mai mare decât aceea a lianților bituminoși. În cazul întrebunțării unor lianți speciali, se va determina în plus și gradul de adezivitate al amestecurilor preparate cu acești lianți, putând astfel aprecia eventuale calități deosebite ale acestora. Aceste rezultate vor putea fi valorificate în raport cu sistemul de pavaj aplicat și cu situația șoselei.

Pe baza a numeroase determinări experimentale, comparate cu tot atât de numeroase observații din practică, fie ale sale, fie a diferiți specialiști, constructori sau autorități, RIEDEL a întocmit în anul 1936 un tablou (27), în care arată care este gradul minim de adezivitate al rocilor — determinat în raport cu lianții normali mai sus arătați — care este necesar pentru diferite sisteme de pavaje: asfalturi comprimate sau turnate (beton asfaltic, sandasfalt), macadame asfaltice prin îndopare sau penetrație, tratamente superficiale etc., ținând seama dacă se lucrează la cald sau la rece, cu lianți bituminoși obișnuiți, cu lianți fluizi sau cu emulsii bituminoase, precum și de faptul dacă șoseaua este situată înti'un loc umed sau uscat.

Pentru scopuri practice, RIEDEL arată că este suficientă în general următoarea împărțire:

Gradul de adezivitate o	adezivitate rea,
» » » 1—3	» suficientă,
» » » 4—10	» bună.

In câteva articole publicate în anul 1936 — cari au fost citate în cursul expunerii de mai sus — RIEDEL a arătat că rezultatele cercetărilor sale și ale determinărilor experimentale executate cu metoda sa au primit numeroase confirmări practice, din partea a diferiți tehnicieni, furnizori de piatră sau autorități de drumuri, ca și prin observațiile sale proprii și ale altor specialiști recunoscuți. Cele arătate mai sus dovedesc fără îndoială baza științifică și rațională a metodei lui RIEDEL și WEBER, precum și multiplele și importantele avantaje pe cari le prezintă această metodă, față de toate celelalte metode propuse pentru determinarea adezivității.

Ca detalii de aplicare, credem că executarea amestecului cu granule mai mari — de exemplu între 2 și 5 mm, în loc de 0,2/0,6 mm — ar avea avantajul unei mai bune observări a deslocuirii liantului bituminos la proba de fierbere, iar proporția de liant-agregat propusă de autor — 29/71 vol. — este prea mare față de aceea întrebunțată efectiv în practică, de care ar trebui să se țină seama la prepararea amestecului bituminos în laborator. Asupra acestor modificări și a avantajelor pe cari le prezintă vom reveni cu ocazia publicării unor cercetări personale, asupra proprietăților de adezivitate ale diferitelor tipuri de roci din țară.

d) *Metoda lui H. KLEINERT* (16) ar reprezenta o modificare a metodei lui RIEDEL și WEBER, aplicabilă și utilă — afirmă autorul — în cazurile când la fierberea amestecului bituminos cu apă distilată separarea liantului de agregat este numai parțială, deci când s'ar obține grade de adezivitate egale cu 0—1, 0—2, 0—3 etc. Intrucât cantitatea de bitum separat la fierbere ar fi cu atât mai importantă, cu cât agregatul conține o proporție

mai mare de minerale cu adezivitate rea, și cum bitumul deslipit de agregat este antrenat de bulele de vaporii la partea superioară, separând acest bitum și stabilind procentul său în raport cu bitumul care învăluia inițial agregatul, se va avea o măsură a proporției de minerale cu adezivitate rea, în agregat. Cantitatea de bitum separat depinzând însă și de condițiile în cari este executat amestecul bituminos, ca și fierberea lui, autorul fixează aceste condiții în forma următoare:

Agregatul este redus în granule de 0,6—2,0 mm și amestecat cu liantul bituminos în proporție de 30% vol. bitum și 70% vol. granule, la temperatura de 60° C. (În cazul emulsiilor se va usca complet amestecul în vid, la 60° C, după care se va amesteca din nou). După lăsare în repaos timp de 24 de ore, se fierbe 10 gr de amestec cu 150 cmc apă distilată, într'un pahar de 250 cmc, timp de 2 minute (dela începutul fierberii), paharul fiind ținut într'o baie de 110—115° C. Bitumul separat prin fierbere este reținut de o sită, împlânată aproape de suprafața lichidului din pahar. După răcire se separă și se cântărește bitumul depus pe sită și pe pereții paharului. Dacă bitumul separat reprezintă < 25% din cel inițial, adezivitatea amestecului este considerată de autor ca bună; pentru 25—50% bitum separat adezivitatea este suficientă, iar pentru mai mult de 50% bitum separat adezivitatea este insuficientă.

Acest mod de a aprecia adezivitatea amestecurilor bituminoase ni se pare cu totul impropriu, cantitatea de liant separat depinzând nu numai de adezivitatea dintre liant și agregat, dar și de excesul de liant în amestec, care este foarte mare. Însuși autorul metodei a constatat că se produce întotdeauna o separare de bitum, chiar și în cazul când nu se observă nici o desgolire a agregatului de liant.

Cu toate că metoda prevede o proporție constantă între liant și agregat, în realitate excesul de liant variază dela un amestec la altul, depinzând atât de porozitatea agregatului mineral, cât și de viscozitatea liantului bituminos. Variația acestor factori face ca agregatul să absoarbă uneori o proporție mai mică din liantul adăugat, alteori mai mare. Chiar dacă s-ar

reduce proporția de liant în amestec, nu s'ar putea totuși avea un acelaș exces de liant pentru diferite amestecuri. Astfel, cu metoda propusă de KLEINERT nu se pot obține date comparabile, cari să ne poată da indicații exacte asupra adezivității amestecurilor bituminoase. Această metodă nu poate deci fi privită în nici un caz ca o perfecționare a metodei lui RIEDEL și WEBER, chiar restrânsă la cazurile când fierberea cu apă distilată, după metoda acestor autori, produce o separare parțială, rezultând un grad de adezivitate egal cu 0—1, 0—2, 0—3, etc.





VII. RECAPITULARE ȘI CONCLUZII PRACTICE

In construirea pavajelor bituminoase există în general un anumit factor de nesiguranță în ceea ce privește stabilitatea lor față de acțiunea desagregantă a apei, de care depinde durata acestor pavaje, respectiv importanța cheltuelilor pentru întreținerea lor. Această nesiguranță se datorează unei cunoașteri insuficiente a proprietăților de adezivitate ale agregatelor minerale și lianților bituminoși, care intră în compunerea acestor pavaje.

Practic, *adezivitatea* unui amestec de agregat mineral cu liant bituminos înseamnă rezistență acestui amestec împotriva acțiunii deslocuitoare a apei, adică a infiltrării acesteia între suprafața agregatului mineral și pelicula de liant bituminos, care învăluie agregatul și asigură legătura masei.

Confundarea adezivității cu adeziunea dintre liant și agregat este o eroare. Pe când adeziunea este un fenomen care are loc într'un sistem de forma lichid/solid/aer, sau lichid/lichid/aer, sau chiar solid/solid/aer, adezivitatea nu are înțeles decât în sistemul liant/agregat/apă. Rezultatele interpretării energetice a acestor fenomene se rezumă astfel :

Tensiunea de adeziune A_{lp} a unui lichid l față de un solid p, în general, este egală cu diferența dintre tensiunea superficială S_p a solidului și tensiunea interfacială S_{lp} dintre solid și lichid

$$A_{lp} = S_p - S_{lp}.$$

Tensiunea de adezivitate A_{lp}^a a unui liant bituminos l față de un agregat mineral p este egală cu diferența tensiunilor de



adeziune ale liantului bituminos și apei a , față de agregatul mineral; sau încă este egală cu rezultanta tensiunilor interfaciale ale apei și liantului față de agregat

$$A_{lp}^a = A_{lp} - A_{ap} = S_{ap} - S_{lp}.$$

Valori negative ale tensiunii de adezivitate — deci când $S_{ap} < S_{lp}$ — înseamnă că apa tinde să deslocuiască liantul dela suprafața agregatului; acesta este *hidrofil* în raport cu liantul bituminos. Valori pozitive ale aceleiaș expresii — deci când $S_{ap} > S_{lp}$ — înseamnă că liantul rezistă la acțiunea deslocuitoare a apei; agregatul mineral este *hidrofob* în raport cu liantul bituminos..

Raportul tensiunii de adezivitate la tensiunea interfacială S_{al} dintre liant și apă ($S_{al} > 0$) reprezintă *coeficientul de adezivitate* al liantului bituminos față de agregatul mineral

$$K_{lp}^a = \frac{A_{lp}^a}{S_{al}} = \frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{al}}.$$

Pentru diferite amestecuri de lianți și aggregate, K_{lp}^a poate varia dela valori = — 1 și chiar < — 1, cari corespund la cea mai complectă lipsă de adezivitate, până la valori = + 1 și chiar > + 1, cari corespund la cea mai bună adezivitate între liant și rocă. Intre — 1 și + 1, K_{lp}^a este egal cu cosinusul unghiului de contact θ_{lp}^a al interfeței liant/apă cu suprafața rocii.

Valoarea algebraică a acestei expresii ar putea reprezenta teoretic gradul adezivității liantului față de agregat, dar ea nu poate fi determinată în mod practic. *Toate mijloacele prin cari se poate micșora valoarea lui S_{lp} , sau mări valoarea lui S_{ap} , vor contribui la creșterea adezivității.* Scăderea eventuală a lui S_{al} va reliefa și mai mult existența unei bune sau a unei rele adezivități între liant și agregat.

Rezultatele examinării problemei sub aspectul chimic pot fi recapitulate după cum urmează:

Orientarea și concentrarea la interfața de contact cu aggregatele minerale a *moleculelor polar-active*, conținute în mod natural de diferiți lianți bituminoși, producând o importantă scădere a tensiunii interfaciale respective, măresc capacitatea



de udare a lianților față de aggregate, provocând astfel realizarea unei bune adeziuni între aceste corpuri.

Această adsorbție simplă nu este însă suficientă pentru asigurarea și a unei bune adezivități, compușii adsorbiți putând fi îndepărtați mai mult sau mai puțin ușor, sub acțiunea apei. Rezistența legăturii dintre liant și agregat, față de această acțiune, este condiționată de existența unei *adsorbții chimice*, nereversibilă sub acțiunea apei, a moleculelor polare de natură acidă ale lianților bituminoși, la suprafața bazică a agregatelor minerale.

Factorul care hotărăște hidrofobia, respectiv buna adezivitate a agregatelor minerale cu lianții bituminoși, este deci *posibilitatea de reacție între suprafața agregatelor (caracter bazic) și moleculele polare ale lianților bituminoși (caracter acid), cu formare de combinații insolubile în apă*; iar hidrofilia, respectiv reaua adezivitate a agregatelor minerale cu lianții bituminoși, fiind determinată de lipsa unor asemenea reacții (în general caracter acid al agregatelor), sau de producerea lor într'o proporție redusă, sau încă de formare de compuși solubili în apă (baze alcaline).

Caracterul bazic al agregatelor minerale, condiționat de prezența unui exces de molecule de oxizi bazici — excluzând pe cei alcalini — față de moleculele de SiO₂ și de alți oxizi acizi, are astfel o importanță capitală pentru existența unei bune adezivități; cu cât acest exces este mai mare, cu atât adezivitatea va fi mai bună. Variația raportului moleculelor de oxizi bazici la cei acizi, în compoziția unor roci de acelaș fel, dar de origini diferite, explică marea diferență de adezivitate pe care aceste roci pot să o prezinte în practică, față de un acelaș liant bituminos. Aceste fapte au fost demonstate de RIEDEL prin bogate și valoroase cercetări experimentale.

Compoziția chimică a lianților bituminoși joacă de asemenea un rol deosebit de important în stabilirea adezivității lor față de aggregatele minerale. Nu numai conținutul în molecule polare poate să varieze pentru diferiți lianți bituminoși, dar și natura acestor compuși activi, respectiv capacitatea lor de



reacție cu suprafața agregatelor, și mai ales rezistența pe care o opun față de acțiunea deslocuitoare a apei acești compuși polari, fixați prin adsorbție la suprafața agregatelor, sau produsele lor de reacție, fixate chimic la această suprafață.

O viscozitate ridicată a liantilor bituminoși mărește rezistența mecanică a acestora împotriva acțiunii deslocuitoare a apei; dar acest factor nu este suficient, el singur, pentru a asigura amestecurilor bituminoase o legătură rezistentă la o acțiune îndelungată a apei.

Fabricarea de lianți bituminoși cu o adezivitate cât mai bună, față de un număr cât mai mare de roci, ar reprezenta soluția practică ideală pentru asigurarea stabilității pavajelor bituminoase față de acțiunea apei, mult mai avantajoasă decât înnobilarea suprafetei agregatelor minerale.

Problema adezivității este complicată în practică prin existența unor *factori secundari*, cari pot să aibă în anumite împrejurări o influență deosebită de importanță asupra adezivității, înlesnind sau îngreunând realizarea unui contact intim și stabilirea unor legături rezistente între lianții bituminoși și suprafața agregatelor minerale.

Întrebuințarea de roci nealterate (evitarea prezenței argilei), curate și uscate — exceptând cazul tratamentelor cu emulsii — eventual încălzirea lor prealabilă la o temperatură relativ ridicată, ca și asigurarea unui anumit grad de fluiditate pentru lianții bituminoși în timpul tratării agregatelor, sunt condiții favorabile și chiar necesare unei bune adezivități între aceste corpuși, dar nu sunt suficiente.

In cazul tratamentelor cu emulsii, felul emulgatorului poate avea o influență deosebită asupra adezivității, fie în bine, fie în rău; o bună adezivitate nu va putea însă rezulta decât după evaporarea completă a apei emulsiei.

Asprimea și neregularitatea suprafetei agregatelor, prezența de pori, interstiții, fisuri etc. în aceste suprafete vor avea o influență favorabilă asupra adezivității, dacă se iau toate măsurile ca liantul să pătrundă cât mai bine în aceste goluri și neregularități; în caz contrar, adezivitatea va fi influențată în rău.

Influența filerului asupra adezivității poate să fie foarte însemnată, din cauza enormei interfețe de contact între filer și liant; pentru ca această influență să fie favorabilă, trebuie ca filerul însuși să aibă o bună adezivitate cu lianții bituminoși.

Influența fluidifiantilor lianților bituminoși asupra adezivității este nelămurită până în prezent, din cauza numeroșilor factori cări intervin în aceste cazuri.

Oricare ar fi influența diferenților factori secundari asupra adezivității, ea nu scade cu nimic importanța caracterului chimic al agregatelor minerale și al lianților bituminoși, care rămâne factorul primordial, cu rolul cel mai important pentru stabilirea unei bune adezivități între aceste corpuși. Anumite condiții pentru acești factori secundari sunt mai mult sau mai puțin necesare, pentru a asigura o bună învăluire a agregatului mineral cu liantul bituminos, dar nu sunt suficiente pentru ca amestecul obținut să fie și rezistent la o acțiune îndelungată a apei. Pentru aceasta este nevoie de existența unor legături de ordin chimic între lianți și agregate, determinate de polaritatea lianților bituminoși — în special de compușii de natură acidă — și de caracterul bazic al agregatelor minerale.

Pentru determinarea gradului de adezivitate al unui amestec bituminos, condițiile de rezistență ale materialului mineral la diferite acțiuni mecanice nu ne spun nimic. De asemenea viscozitatea liantului bituminos, tensiunea lui superficială și chiar puterea de adsorbție a agregatului mineral nu ne dau nici o indicație. Adezivitatea este funcționează de tensiunile interfațiale ale sistemului liant/agregat/apă, ale căror valori nepuțind însă fi determinante, nu pot fi folosite practic pentru măsurarea adezivității.

Dintre numeroasele metode propuse în acest scop, cea mai mare parte nu dau rezultate satisfăcătoare, sau au numai o valoare practică limitată.

Determinarea rezistenței unui amestec bituminos la diferite acțiuni mecanice nu ne dă o măsură asupra adezivității sale, ci asupra coeziunii liantului și a proprietăților fizice ale agregatului. Chiar scăderea rezistenței amestecului bituminos,

sub influența acțiunii apei, nu poate să ne dea decât o indicație relativă asupra adezivității, deoarece rezultatele obținute depind în orice caz și de proprietățile fizice ale componentelor amestecului. În plus, marea plasticitate a lianților bituminoși, care asigură această proprietate într'un mare grad amestecurilor bituminoase, face ca rezultatele să varieze cu durata de timp în care se produce deformarea acestor corpușe plastice.

Folosirea acțiunii apei asupra amestecului de agregat mineral cu liant bituminos este calea cea mai indicată pentru măsurarea practică a adezivității dintre aceste corpușe. Spre deosebire de ceea ce se întâmplă în natură, unde factorul «timp» intervine cu un rol deosebit de important, simpla acțiune a apei la rece, în liniște sau chiar sub agitare, în timpul relativ scurt cât poate să dureze o încercare de laborator, este neficace asupra amestecurilor făcute cu lianți bituminoși normali, având o penetrație cuprinsă între 10/20 și 300/350 de grade. Toate metodele de determinarea adezivității, bazate pe singura acțiune a apei la rece, chiar sub agitare puternică, nu pot avea decât o valoare practică redusă, nefiind aplicabile decât la o categorie restrânsă de lianți bituminoși, a căror viscozitate este destul de mică. De îndată ce lianții bituminoși sunt ceva mai viscoși, filmul de liant rezistă acțiunii apei la rece în încercările de laborator, fără însă ca aceasta să însemne neapărat o adezivitate bună. Chiar pentru lianții bituminoși subțiri rezultatele obținute nu sunt sigure, deslocuirea lianților din amestecurile cu adezivitate redusă fiind funcțiune de valoarea P_H -ului apei — ceea ce nu se întâmplă pentru amestecurile cu o adezivitate mai bună.

Proba umflării amestecurilor bituminoase sub acțiunea apei la temperatura ordinată, timp de 28 de zile, ar corespunde poate cea mai mult condițiilor din practică, dar ea nu poate constitui o probă de aplicare curentă, din cauza duratei lungi de experimentare. În cazul lianților cu viscozități mai ridicate, probabil că observarea umflării ar cere un timp cu mult mai îndelungat decât 28 de zile.



Pentru a se putea obține cu metode rapide de laborator deslocuirea lianților bituminoși din amestecurile cu adezivitate insuficientă, chiar în cazurile când acești lianți au o viscozitate ridicată, este necesar să se potenționeze acțiunea apei prin încălzire sau prin alte mijloace chimice ajutătoare, compensându-se astfel lipsa factorului « *timp* » din natură. Agitarea amestecurilor bituminoase cu apă la temperaturi crescătoare permite o apreciere mai bună a adezivității acestor amestecuri, decât acțiunea apei la rece; dar ea rămâne totuși ineficace față de amestecurile cu o adezivitate mai bună, sau făcute cu lianții mai viscoși, cari nu se separă nici la fierbere. Adăugarea de benzen sau de alți disolvenți organici în amestecul bituminos, modificând tensiunea interfacială liant/agregat, nu poate duce la rezultate juste:

Metoda lui RIEDEL și WEBER, care folosește acțiunea apei la fierbere timp de un minut, ajutată de acțiunea chimică a carbonatului de sodiu disolvat în apă în proporții crescătoare, reprezintă cel mai bun mijloc pentru determinarea gradului de adezivitate al amestecurilor bituminoase. Dacă detaliile de aplicare ale acestei metode (mărimea granulelor, proporția de liant bituminos etc.) sunt susceptibile de a fi modificate în scopul unei perfecționări a metodei, principiul ei este perfect rațional și valabil științificește. Încălzirea amestecurilor bituminoase cu apă la fierbere, timp de un minut, are ca scop de a provoca o puternică scoborîre a viscozității lianților bituminoși, ceea ce permite acțiunii deslocuitoare a apei — în cazul amestecurilor bituminoase cu o adezivitate insuficientă — de a produce într'un timp foarte scurt acelaș efect, care se obține în practică după un timp mult mai îndelungat. Amestecurile bituminoase cari nu rezistă la proba fierberii cu apă distilată, timp de un minut, au o adezivitate rea, sau cel puțin insuficientă. Cele cari rezistă la această probă au o adezivitate mai mult sau mai puțin bună, sau cel puțin satisfăcătoare; gradul de adezivitate al acestor amestecuri este apreciat mai departe prin fierbere cu soluții de sodă de concentrații crescătoare, a căror tensiune interfacială față de agregate scade cu creșterea concentrației,



deci puterea lor deslocuitoare asupra lianților crescând în acelaș timp. Această probă nu modifică chimic lianții bituminoși și nu influențează tensiunea lor interfacială față de aggregate, ea permite deci o diferențiere reală și tot odată mult mai înaintată a amestecurilor bituminoase, cu privire la rezistența lor față de acțiunea desagregantă a apei.

Concluzii practice. Stabilitatea pavajelor bituminoase, față de acțiunea desagregantă a apei, depinde de proprietățile de adezivitate ale materialelor care intră în compunerea acestor pavaje. Aceste proprietăți sunt legate în general, în ceea ce privește lianții bituminoși, de conținutul lor în compuși polar-activi, de natură acidă, iar în ceea ce privește aggregatele minerale de caracterul lor bazic, determinat de prezența unui exces de molecule de oxizi bazici — excluzând pe cei alcalini — față de moleculele de SiO_2 și de alți oxizi acizi.

Practic, nu poate fi vorba de analizarea compoziției chimice a lianților bituminoși și a agregatelor minerale, pentru controlul curent al proprietăților lor de adezivitate. Acest control, care este totuși absolut necesar pentru alegerea unor materiale proprii, poate fi efectuat mult mai ușor și mai corespunzător scopului urmărit, determinând direct, pentru fiecare amestec de liant bituminos și agregat mineral, gradul de adezivitate corespunzător; ceea ce în prezent se poate obține în modul cel mai sigur cu ajutorul metodei lui RIEDEL și WEBER.

Această metodă, de o execuție simplă și expeditivă, are și avantajul de a putea fi aplicată pentru o mărime a materialului mineral variind dela pulbere până la câțiva mm, și chiar mai mult; de asemenea se poate executa cu o proporție variată de liant bituminos, și este chiar de recomandat a se întrebuința proporția de liant corespunzătoare amestecului bituminos în practică. Adoptarea acestei metode, pentru controlul obligator și curent al proprietăților de adezivitate ale materialelor întrebuințate la construcția pavajelor bituminoase, ar fi nu numai utilă, dar și absolut necesară, pentru a se evita folosirea unor materiale necorespunzătoare.



Gradul de adezivitate al unui amestec de agregat mineral cu liant bituminos depinzând de caracterele ambilor compoziți, este necesar ca el să fie determinat pentru fiecare amestec bituminos întrebuită la construcția pavajelor bituminoase.

Cu lianții bituminoși obișnuiți, majoritatea rocilor dau amestecuri care rezistă la proba de fierbere cu apă distilată, fiind deci bune sau cel puțin întrebuitabile la construirea pavajelor bituminoase. Acele roci însă, care au în general, cu diferenții lianții bituminoși, un grad de adezivitate foarte scăzut (0, 0-1, 0-2 etc.), trebuie evitate în principiu în construcția acestor pavaje, cel puțin atât timp cât industria nu va reuși să fabrice lianții bituminoși care să aibă o adezivitate bună și cu aceste roci. Astfel este cazul de exemplu pentru granit și cuarțite în general, și foarte probabil și pentru alte categorii de roci. Numai dacă întâmplător s-ar dispune de un liant cu deosebit de bune proprietăți de adezivitate — cum ar fi de exemplu cazul bitumurilor naturale de Matița sau de Derna-Tătărush până la un anumit grad de penetrație, care au față de toate rocile un grad de adezivitate foarte ridicat, ceea ce este cu totul excepțional — s-ar putea folosi fără risc în construcția pavajelor bituminoase și asemenea roci, controlând în prealabil gradul de adezivitate al amestecurilor bituminoase respective.

Tot astfel lianții bituminoși, care au în general cu diferențe roci un grad de adezivitate foarte scăzut, ar trebui excluși în principiu din construcția pavajelor bituminoase. Când întrebuitarea lor nu poate fi totuși evitată, se va da o deosebită atenție la alegerea agregatului mineral, ale cărui caracter influențează în cea mai mare măsură adezivitatea amestecului bituminos. Acest agregat va trebui căutat printre rocile cu un caracter bazic cât mai pronunțat.

In general, cu cât unul din compoziții unui amestec bituminos — liant sau agregat — are proprietăți de adezivitate mai reduse, iar întrebuitarea lui nu poate fi totuși evitată, cu atât celalalt component trebuie ales cu proprietăți de adezivitate mai bune, astfel încât amestecul bituminos să aibă un grad suficient de adezivitate.

Rezistența amestecului bituminos la simpla probă de fierbere cu apă distilată nu este suficientă în toate cazurile; *gradul de adezivitate necesar pentru amestecul bituminos întrebuințat la construcția unui pavaj depinde de sistemul de pavaj aplicat, de condițiile speciale de lucru, precum și de situația topografică și climatică a șoselei.* Cu cât compactitatea pavajului este mai mică — granulometria agregatului mineral, stabilită pe principiul golurilor minime, mai puțin riguroasă — și cu cât proporția de liant este mai redusă, învăluirea particulelor minerale cu liant mai imperfectă, închiderea pavajului la suprafață și drenajul pentru scurgerea apei în locurile expuse mai puțin asigurate, cu atât posibilitatea de pătrundere a apei în masa pavajului bituminos și pericolul acțiunii sale desagregante vor fi mai mari. Aceste diverse condiții de construcție depend de sistemul de pavaj aplicat, și cu cât ele sunt mai defavorabile, cu atât gradul de adezivitate al amestecului bituminos trebuie să fie mai ridicat, deci materialele, lianți și aggregate, alese mai cu atenție. Si cu atât mai mare trebuie să fie această grijă la construcția pavajelor bituminoase în regiunile umede, cu ploi dese, sau în locurile joase, expuse inundațiilor sau infiltrării apei subterane.

Pentru a putea decide dacă un material este propriu sau nu pentru construcția unui pavaj bituminos, trebuie deci să se țină seama neapărat de sistemul de pavaj ce urmează a fi aplicat și de condițiile speciale de lucru — la cald sau la rece, cu lianți normali sau fluizi, sau cu emulsii bituminoase, etc. — precum și de situația topografică și climatică a șoselei, pentru a ști dacă trebuie cerut amestecului bituminos un grad de adezivitate mai ridicat, sau ne putem mulțumi și cu unul mai redus.

In general, pericolul desagregării pavajelor bituminoase sub acțiunea apei, în cazul unei adezivități insuficiente, este cel mai mare pentru tratamentele superficiale, de asemenea pentru macadamele asfaltice prin semipenetratie și penetratie, sau îndopare, și mai ales dacă se lucrează cu emulsii bituminoase și cu lianți bituminoși fluizi; pavajele asfaltoase turnate la cald și puternic cilindrate, ca betonul asfaltic și sandasfaltul,

și mai ales asfaltul comprimat (bătut cu maiul), sunt evident mai puțin expuse pătrunderii apei și desagregării. În primele cazuri se vor alege materiale cu cât mai bune proprietăți de adezivitate, în ultimele cazuri se vor putea întrebuița și materiale cu proprietăți de adezivitate mai reduse, dar excludând în orice caz pe acelea care dă amestecuri bituminoase cu gradul de adezivitate zero.

Oricare ar fi sistemul de pavaj aplicat, agregatul mineral va trebui să provină din roci nealterate, să fie curat și — exceptând cazul tratamentelor cu emulsii — să fie cât mai uscat posibil, iar liantul bituminos să fie adus, în momentul tratării agregatului, la un grad de fluiditate suficientă, pentru a se obține o învăluire cât mai completă a tuturor granulelor minerale cu liantul bituminos. Încălzirea prealabilă a agregatului mineral — atunci când e posibil — la o temperatură ajungând până la $180-220^{\circ}\text{C}$, favorizează această învăluire și permite realizarea unui contact intim între liantul bituminos și suprafața granulelor minerale.

Pentru prepararea filerului, a cărui influență asupra adezivității amestecurilor bituminoase poate să fie deosebit de importantă, se vor alege întotdeauna roci cu foarte bune proprietăți de adezivitate, cum sunt de pildă calcarele compacte, formate pe cât posibil din CO_3Ca curat.

Alegerea unor aggregate minerale și a unor lianții bituminoși cu bune proprietăți de adezivitate — pe lângă condiții de lucru îngrijite — constituie un mijloc simplu și ieftin pentru a asigura stabilitatea pavajelor bituminoase față de acțiunea desagregantă a apei și a mării astfel durată lor. Surplusul de cheltuieli, ce eventual ar rezulta din selecționarea materialelor și aducerea lor de la o distanță mai mare, va fi compensat în scurt timp prin scăderea considerabilă a cheltuielilor de întreținere a acestor pavaje. În același timp se vor înlătura și toate inconvenientele ce rezultă pentru circulație din starea mereu deteriorată a șoselelor, sau din aflarea lor în veșnică reparație.

Spre a fi posibilă alegerea ușoară în practică a materialelor ce urmează a fi întrebuițate pentru construcția diferitelor

sisteme de pavaje bituminoase, astfel ca amestecul bituminos să aibă gradul de adezivitate necesar în fiecare caz, ar fi nevoie să se studieze în primul rând proprietățile de adezivitate ale diferitelor categorii de roci din toate carierele de piatră exploatare, și chiar ale diverselor varietăți pe cari pot să le prezinte rocile exploatare în fiecare carieră, întrucât aceeaș rocă poate să aibă, după locul de proveniență, proprietăți de adezivitate foarte diferite, depinzând de caracterul ei mai mult sau mai puțin bazic sau acid, respectiv de compoziția ei chimico-mineralogică. De asemenea ar fi nevoie să se studieze cât mai complet proprietățile de adezivitate ale diferitelor categorii de lianți bituminoși normali, fluizi sau emulsionați, fabricați de industria de petrol sau provenind din exploataările de astfalt natural, ținându-se seama de originea (natura chimică), tratamentul (fabricația) și viscozitatea lianților, ca și de felul fluidifiantilor sau al emulgatorilor, și eventual de produsele ce s-ar putea adăuga în lianții bituminoși pentru ameliorarea proprietăților lor de adezivitate.

Fabricarea de lianți bituminoși cari să aibă cât mai bune proprietăți de adezivitate față de toate rocile, inclusiv cele acide, ar reprezenta evident soluția practică ideală a problemei adezivității, asigurând o stabilitate maximă a pavajelor bituminoase față de acțiunea desagregantă a apei. Realizarea acestui deziderat aparține poate viitorului. În prezent, la construirea unui pavaj bituminos trebuie să se controleze neapărat proprietățile de adezivitate ale materialelor ce se vor intrebuința, excludând pe acelea cari dau amestecuri bituminoase având un grad de adezivitate inferior celui socotit minimum necesar în fiecare caz, ținându-se seama, după cum am văzut, de sistemul de pavaj aplicat, de condițiile speciale de lucru și de situația topografică și climatică a șoselei.



BIBLIOGRAFIE

1. BARTELL F. E. and MILLER F. L. Degree of Wetting of Silica by Crude Petroleum Oils. *Industr. Engin. Chem.* 1928, Vol. 29, Nr. 7.
2. BARTELL F. E. and OSTERHOF H. I. The Work of Adhesion between Solid and Liquid Phases. *Zeitschr. physiol. Chemie* 1927, Bd. II, Nr. 130.
3. BARTELL F. E. and OSTERHOF H. I. Determination of the Wettability of a Solid by a Liquid. *Industr. Engin. Chem.* 1927, Vol. 19, Nr. 11.
4. BARTELL F. E. and SMITH C. N. Adhesion Tension Values of Different Types of Carbon Black against Water and against Benzene. *Industr. Engin. Chem.* 1929, Vol. 21, Nr. 11.
5. DAHLBERG BIRGER. Ueber die Haftfestigkeit bituminöser Bindemittel an Gesteinen. *Asph. u. Teer Strass.* 1934, H. 30.
6. DEMETRESCU I. Bitumul, gradul de rentabilitate și siguranță în construcția drumurilor. *Bul. A.G.I.R.*, 1935. Nr. 4.
7. DIMITRIU M. Compoziția chimică a câtorva bitumuri românești și adezivitatea lor la rocile de pavaje. Institutul Geologic, *Studi: Tehnice și Economice*, Seria B, Nr. 13.
8. FREUNDLICH H. Kappillarchemie, 3-e Auflage, 1923, Leipzig.
9. FRICKE R. und MEYRING K. Die Klebekraft von Strassenteeren und ihren Gemischen mit Asphalt und Bitumen. *Asph. u. Teer Strass.* 1932, H. 13.
10. GEISSLER W. Die Bedeutung der Haftfestigkeit zwischen Mineral und Bindemittel, für den bituminösen Strassenbau. *Bitumen* 1934, H. 8 (191).
11. GEISSLER W. und KLEINERT H. Haftfestigkeitsuntersuchungen von Verschnittbitumen an Gesteinen. *Asph. u. Teer Strass.* 1936, H. 25 (481), 26 (500), 28 (533).
12. GEISSLER W. und RIEDEL W. Zur Frage der Haftfestigkeit. *Teer u. Bit.* 1936, H. 35.



13. HALBERG STEN. Faktoren, die auf die Wasserbeständigkeit der bituminösen Beläge einwirken. *Asph. u. Teer Strass.* 1940, H. 48 (503), 49. (513).
14. HARTLEB W. und SCHULTZ K. W. Über den Bindewert unter Wasser-einwirkung von Teeren und anderen bituminösen Strassenbaubindemitteln. *Forschungsarbeiten aus dem Strassenwesen* 1937, Berlin.
15. HERMANN P. Die Frage der Haftfestigkeit an Gestein und bituminösen Bindemittel, wie Bitumen und Teer, und ihre Bedeutung für die Praxis. *Asph. u. Teer Strass.* 1935, H. 44 (905).
16. KLEINERT H. Haftfestigkeitsuntersuchungen von Bitumenemulsionen. *Asph. u. Teer Strass.* 1941, H. 1 (5), 2 (19), 3 (29).
17. KLINKMANN G. H. Zur Frage der Haftfestigkeit. *Asph. u. Teer Strass.* 1941, H. 23 (271).
18. LEE A. R. (Uebersetzt von K. NEUBRONNER). Die Haftfestigkeit bei den bituminöser Strassenbaustoffen. *Asph. u. Teer Strass.* 1937, H. 20 (272).
19. MACK CHARLES. Physico-Chemical Aspects of Asphalt Pavements. *Industr. Engin. Chem.* 1935, Vol. 27, Nr. 12.
20. MALLISON H. und SCHMIDT H. Teersplit und Wasser. *Asph. u. Teer Strass.* 1939, H. 4 (51), 5 (59), 6 (75), 7 (91).
21. MARTIN OSKAR. Ueber Untersuchungen und Messung der Bindekraft bituminöser Stoffe. Danzig. Berlin, 1936.
22. MC. MILLEN ELLIOTT. Wetting of Pigments and Its Relation to Various Paint Characteristic. *Industr. Engin. Chem.* 1929, Vol. 21, Nr. 12.
23. OBERBACH J. Die Kochprobe auf Haftfestigkeit rach RIEDEL und WEBER und die Praxis. *Teer u. Bit.* 1936, H. 24, 25.
24. RIEDEL W. Ueber die Ursachen der Haftfestigkeit. *Asph. u. Teer Strass.* 1934, H. 11, 22, 24, 46—49.
25. RIEDEL W. Haftfestigkeit in Theorie und Praxis. *Asph. u. Teer Strass.* 1936, H. 8 (119), 10 (191).
26. — Die Auswertung des Haftfestigkeitsbestimmung für die Praxis. *Asph. u. Teer Strass.* 1936, H. 49 (977).
27. RIEDEL W. und WEBER H. Ueber die Haftfestigkeit bituminöser Bindemittel an Gesteinen. *Asph. u. Teer Strass.* 1933, H. 37—41, 43, 44.
28. SUIDA H., JKEL O. und HALLER K. Ueber Eigenschaften von Bindemitteln und ihre Haftfestigkeit an Strassenbaugesteinen. *Asph. u. Teer Strass.* 1939, H. 17 (253), 18 (267), 19 (283), 20 (295).
29. TEMME TH. Das Problem der Haftfestigkeit von Bindemittel gegenüber Gestein (Zusammenfassung einer Aufsatz von A. R. LEE). *Teer u. Bit.* 1936, H. 31.



-
30. TEMME TH. Die Frage der Zwischenflächenbeziehungen in Bitumen-Mineralgemischen (nach V. NICHOLSON, A. W. DOW, H. F. WINTERKORN u. a.). *Teer u. Bit.* 1937, H. 11.
31. VALTON P. A. (Ueersetzt von K. NEUBRONNER). Ueber das Haftvermögen bituminöser Bindemittel am Gestein. *Asph. u. Teer Strass.* 1938, H. 33 (524).
32. WILHELMI R. Wechselbeziehungen zwischen Mineral und Bindemittel. *Asph. u. Teer Strass.* 1938, H. 23 (331).





Institutul Geologic al României

LES BASES THÉORIQUES ET PRATIQUES DU PROBLÈME DE L'ADHÉSIVITÉ (RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS PRATIQUES)

PAR

MIHAIL DIMITRIU
INGÉNIEUR INSPECTEUR GÉNÉRAL

Dans la construction des pavages bitumineux existe en général un certain facteur d'insécurité, relatif à leur stabilité en présence de l'action désagrégeante de l'eau, qui décide sur la durée de ces pavages, aussi bien que sur l'importance des dépenses pour leur entretien. Cette insécurité est due à une insufisante connaissance des propriétés d'adhésivité des agrégats minéraux et des liants bitumineux, qui entre dans la composition de ces pavages.

Pratiquement, *l'adhésivité* d'un mélange d'agrégat minéral avec un liant bitumineux signifie la résistance de ce mélange contre l'action disloquante de l'eau, c'est-à-dire contre l'infiltration de celle-ci entre la surface de l'agrégat minéral et la pellicule de liant bitumineux, qui enveloppe l'agrégat et assure l'assemblage de la masse.

La confusion de l'adhésivité avec l'adhésion du liant à l'agrégat est une erreur. Pendant que l'adhésion est un phénomène qui a lieu dans un système de la forme liquide/solide/air, ou liquide/liquide/air, ou même solide/solide/air, l'adhésivité n'a pas de sens que dans le système liant/agrégat/eau. On résume comme il suit les résultats de l'interprétation énergétique de ces phénomènes:



La tension d'adhésion A_{lp} d'un liquide l par rapport à un solide p , en général, est égale avec la différence entre la tension superficielle S_p du solide et la tension interfaciale S_{lp} entre solide et liquide

$$A_{lp} = S_p - S_{lp}.$$

La tension d'adhésivité A_{lp}^a d'un liant bitumineux l par rapport à un agrégat minéral p est égale à la différence des tensions d'adhésion du liant bitumineux et de l'eau a , par rapport à l'agrégat minéral; ou bien elle est égale à la résultante des tensions interfaciales de l'eau et du liant envers l'agrégat

$$A_{lp}^a = A_{lp} - A_{ap} = S_{ap} - S_{lp}.$$

Des valeurs négatives pour la tension d'adhésivité — lorsque $S_{ap} < S_{lp}$ — signifient que l'eau tend à disloquer le liant à la surface de l'agrégat, celui-ci est *hydrophile* par rapport au liant bitumineux. Des valeurs positives pour la même expression — donc lorsque $S_{ap} > S_{lp}$ — signifient que le liant résiste à l'action disloquante de l'eau; l'agrégat minéral est *hydrophobe* par rapport au liant bitumineux.

Le rapport de la tension d'adhésivité à la tension interfaciale S_{al} entre le liant et l'eau ($S_{al} > 0$) représente le *coefficient d'adhésivité* du liant bitumineux par rapport à l'agrégat minéral

$$K_{lp}^a = \frac{A_{lp}}{S_{al}} = \frac{S_{ap} - S_{lp}}{S_{al}}.$$

Pour divers mélanges de liants et agrégats, K_{lp}^a peut varier dès valeurs $= -1$ et même < -1 , qui correspondent à un manque total d'adhésivité, jusqu'à des valeurs $= +1$ et même $> +1$, qui correspondent à la meilleure adhésivité entre le liant et la pierre. Dans l'intervalle de -1 à $+1$, K_{lp}^a est égal au cosinus de l'angle de contact θ_{lp}^a de l'interface liant/eau avec la surface de la pierre.

La valeur algébrique de cette expression pourrait représenter théoriquement le degré de l'adhésivité du liant envers



l'agrégat, mais elle ne peut pas être déterminé pratiquement. *Tous les moyens par lesquels on pourra réduire la valeur du S_{lp} , ou augmenter la valeur du S_{ap} , serviront à l'accroissement de l'adhésivité.*

La diminution éventuelle du S_{al} mettra plus fort en relief l'existence d'une bonne ou d'une mauvaise adhésivité entre le liant et l'agrégat.

Les résultats de l'examen du problème sous l'aspect chimique peuvent être résumés comme il suit:

L'orientation et la concentration à l'interface de contact avec les agrégats minéraux des *molécules polaire-actives*, contenues naturellement par les divers liants bitumineux, produisent un important abaissement de la tension interfaciale correspondante, en augmentant la capacité de mouillage des liants envers les agrégats et en provocant ainsi la réalisation d'une bonne adhésion entre ces substances.

Mais cette simple adsorption n'est pas suffisante pour assurer aussi une bonne adhésivité, les composés adsorbés pouvant être plus ou moins facilement disloqués par l'action de l'eau. La résistance du lien entre le liant et l'agrégat contre cette action est conditionnée par l'existence d'une *adsorption chimique*, irréversible sous l'action de l'eau, des molécules polaires avec caractère acide des liants bitumineux, à la surface basique des agrégats minéraux.

Le facteur qui détermine l'hydrophobie, par conséquent la bonne adhésivité des agrégats minéraux avec les liants bitumineux, c'est donc *la possibilité de réaction entre la surface des agrégats (caractère basique) et les molécules polaires des liants bitumineux (caractère acide), avec formation de combinaisons insolubles dans l'eau*; et l'hydrophilie, donc la mauvaise adhésivité des agrégats minéraux avec les liants bitumineux, étant déterminée par l'absence de telles réactions (en général caractère acide des agrégats), ou par leur production en proportion réduite, ou bien par la formation de combinaisons solubles dans l'eau (bases alcalines).

Le caractère basique des agrégats minéraux, conditionné par l'existence d'un excès de molécules d'oxydes basiques — en excluant



les alcalins — par rapport aux molécules de SiO₂ et d'autres oxydes basiques, a ainsi une importance capitale pour l'existence d'une bonne adhésivité; plus cet excès est grand, plus l'adhésivité sera meilleure. La variation du rapport des molécules d'oxydes basiques aux oxydes acides, dans la composition des roches semblables mais d'origine différente, explique la grande différence que ces roches peuvent présenter dans la pratique, en ce qui concerne leur adhésivité avec le même liant bitumineux. Ces faits ont été démontrés par RIEDEL, à l'aide de nombreuses et valeureuses recherches expérimentales.

La composition chimique des liants bitumineux joue aussi un rôle très important dans l'existence de leur adhésivité envers les agrégats minéraux.. Non seulement le contenu en molécules polaires peut varier pour divers liants bitumineux, mais aussi la nature de ces composants actifs, par conséquent leur capacité de réaction avec la surface des agrégats, et surtout la résistance que ces molécules actives, fixées par adsorption à la surface des agrégats, ou leurs produits de réaction, fixées chimiquement à cette surface, en opposent contre l'action disloquante de l'eau.

Une viscosité élevée des liants bitumineux augmente aussi la résistance mécanique de ceux-ci contre l'action disloquante de l'eau; mais ce facteur n'est pas suffisant pour assurer, par lui seul, la stabilité des mélanges bitumineux en présence d'une action prolongée de l'eau.

La fabrication des liants bitumineux ayant une bonne adhésivité, par rapport au plus grand nombre possible d'agrégats minéraux, représenterait la solution pratique idéale pour l'assurance de la stabilité des pavages bitumineux en présence de l'action de l'eau, solution de beaucoup plus avantageuse que l'ennoblissement de la surface des agrégats minéraux.

Le problème de l'adhésivité est compliquée dans la pratique par l'existence de certains facteurs secondaires, qui peuvent avoir dans certaines circonstances une grande influence sur l'adhésivité, en facilitant ou en gênant la réalisation d'un contact



intime et d'un lien résistant entre les liants bitumineux et la surface des agrégats minéraux.

L'utilisation des roches inaltérées (l'évitement de la présence de l'argile), propres et desséchées — en exceptant le cas des traitements avec des émulsions — éventuellement leur échauffement préalable à une température relativement élevée, ainsi que l'assurance d'un certain degré de fluidité pour les liants bitumineux au moment du traitement des agrégats, sont des conditions favorables et même nécessaires pour une bonne adhésivité, mais elles ne sont pas suffisantes.

Dans le cas des traitements avec des émulsions, la nature de l'émulgateur peut avoir une importante influence, bonne ou mauvaise, sur l'adhésivité; néanmoins, une bonne adhésivité ne pourra pas résulter qu'après l'évaporation totale de l'eau de l'émulsion.

La rugosité et l'irrégularité de la surface des pierres, la présence des pores, interstices, fissures etc. dans ces surfaces, auront une influence favorable sur l'adhésivité, si on prend toutes les mesures afin que le liant pénètre dans tous ces creux et irrégularités; en cas contraire, l'adhésivité sera influencée en mal.

Le «filler» peut avoir une très importante influence sur l'adhésivité, à cause de son énorme surface de contact avec le liant. Pour que cette influence soit favorable, il faut que le «filler» ait lui-même une bonne adhésivité avec les liants bitumineux.

L'influence des fluidifiants des liants bitumineux sur l'adhésivité n'est pas clarifiée jusqu'à présent, à cause de nombreux facteurs qui interviennent dans ces cas.

Quelle que serait l'influence de divers facteurs secondaires sur l'adhésivité, elle ne diminue en rien l'importance du caractère chimique des agrégats minéraux et des liants bitumineux, qui reste le facteur primordial, ayant le rôle le plus important pour la réalisation d'une bonne adhésivité. Certaines conditions pour ces facteurs secondaires sont plus ou moins nécessaires pour assurer un bon enveloppement de l'agrégat minéral avec du liant



bitumineux, mais elles ne sont pas suffisantes pour que le mélange obtenu soit aussi résistant à une action prolongée de l'eau. Pour cela est nécessaire l'existence des liens d'ordre chimique entre les liants et les agrégats, qui sont déterminés par la polarité des liants bitumineux — spécialement par leurs composés acides — et par le caractère basique des agrégats minéraux.

Pour déterminer le degré d'adhésivité d'un mélange bitumineux, les conditions de résistance des matériaux minéraux à diverses actions mécaniques ne nous disent rien. De même, la viscosité du liant bitumineux, sa tension superficielle et même le pouvoir d'adsorption de l'agrégat minéral ne nous donnent aucune indication. L'adhésivité est en fonction des tensions interfaciales du système liant/agrégat/eau, dont les valeurs ne pouvant pas être déterminées, ne peuvent pas être utilisées pratiquement pour mesurer l'adhésivité.

Parmi les nombreuses méthodes proposées dans ce but, la majeure partie ne donne pas des résultats satisfaisants, ou ont seulement une valeur pratique limitée.

La détermination de la résistance d'un mélange bitumineux à diverses actions mécaniques ne nous donne aucune indication sur son adhésivité, mais sur la cohésion du liant et sur les propriétés physiques de l'agrégat. Même la diminution de la résistance du mélange bitumineux sous l'influence de l'action de l'eau ne peut pas nous donner qu'une indication relative sur l'adhésivité, les résultats obtenus dépendant en tout cas des propriétés physiques des composants du mélange. Outre cela, à cause de la grande plasticité des liants bitumineux, qui assure cette propriété à un degré élevé aussi aux mélanges bitumineux, les résultats qu'on obtient varient avec la durée du temps dans laquelle on produit la déformation de ces corps plastiques.

L'utilisation de l'action de l'eau sur le mélange de l'agrégat minéral avec le liant bitumineux est la voie la plus indiquée, pour mesurer pratiquement leur adhésivité. Contrairement à ce qui se passe dans la nature, où le facteur « temps » intervient dans



une mesure très importante, la simple action de l'eau à froid, en repos ou même avec agitation, dans le temps relativement court qu'un essai de laboratoire peut durer, est inefficace dans le cas des mélanges faits avec des liants bitumineux normaux, ayant une pénétration entre 10/20 et 300/350 degrés. Toutes les méthodes pour la détermination de l'adhésivité, basées sur la seule action de l'eau à froid, même avec une agitation vigoureuse, ne peuvent pas avoir qu'une valeur pratique réduite, n'étant pas applicables que pour une catégorie restreinte de liants bitumineux, dont la viscosité est assez petite. Dès que les liants bitumineux sont un peu plus visqueux, le film de liant résiste à l'action de l'eau à froid, dans les essais de laboratoire, mais sans que cela signifie toutefois une bonne adhérité. Même pour les liants bitumineux mous les résultats obtenus ne sont pas sûrs, la disloquation des liants dans les mélanges qui ont une adhérité réduite étant en fonction de la valeur du P_H de l'eau — ce qui ne se passe pas dans le cas des mélanges ayant une adhérité meilleure.

L'essai de gonflement des mélanges bitumineux sous l'action de l'eau à la température ordinaire, durant 28 jours, correspondrait peut-être le mieux aux conditions de la pratique; mais cet essai ne peut pas avoir une application courante, à cause de la longue durée d'expérimentation. Dans le cas des liants ayant une viscosité plus élevée, il est probable que l'observation du gonflement nécessiterait un intervalle beaucoup plus prolongé que 28 jours.

Pour obtenir avec des méthodes rapides de laboratoire la dislocation des liants bitumineux dans les mélanges ayant une adhérité insuffisante, lors même que ces liants ont une viscosité élevée, il est nécessaire de potentier l'action de l'eau à l'aide de l'échauffement ou d'autres moyens chimiques adjoints, en compensant ainsi l'absence du facteur « temps » de la pratique. L'agitation des mélanges bitumineux avec de l'eau, à des températures croissantes, permet une appréciation meilleure de l'adhésivité de ces mélanges, que ne le permet pas l'action de l'eau à froid; mais cette méthode reste toutefois inefficace en



présence des mélanges ayant une adhésivité meilleure, ou faits avec des liants plus visqueux, qui ne sont pas séparés même à l'ébullition. L'addition de benzène ou d'autres dissolvants organiques dans le mélange bitumineux, en modifiant la tension interfaciale liant/agrégat, ne peut pas conduire aux justes résultats.

La méthode de RIEDEL et WEBER, qui utilise l'action de l'eau à l'ébullition pendant une minute, aidée par l'action chimique du carbonate de sodium dissout dans l'eau à proportions croissantes, représente le meilleur moyen pour la détermination du degré d'adhésivité des mélanges bitumineux. Si les détails de l'application de cette méthode (les dimensions des grains, la proportion du liant bitumineux; etc.) sont susceptibles d'être modifiés dans le but d'un perfectionnement de la méthode, son principe est parfaitement rationnel et scientifiquement valable. L'échauffement des mélanges bitumineux avec de l'eau à l'ébullition, pendant une minute, a pour but de provoquer un fort abaissement de la viscosité des liants bitumineux, ce qui permet à l'action disloquante de l'eau — dans le cas des mélanges bitumineux à une adhésivité insuffisante — de produire dans un intervalle très court le même effet, qu'on obtient dans la pratique dans un intervalle de beaucoup plus prolongé. Les mélanges bitumineux qui ne résistent pas à l'essai de l'ébullition avec de l'eau distillée, pendant une minute, ont une adhésivité mauvaise, ou tout au moins insuffisante. Les mélanges qui résistent à cet essai ont une adhésivité plus ou moins bonne, ou tout au moins satisfaisante. Le degré d'adhésivité de ces mélanges est apprécié plus loin par ébullition avec des solutions de soude à concentration croissante, dont la tension interfaciale envers les agrégats en diminuant avec la croissance de la concentration, leur pouvoir disloquant sur les liants croît simultanément. Cet essai ne modifie pas chimiquement les liants bitumineux et n'influence pas leur tension interfaciale envers les agrégats; il permet donc une différenciation réelle et en même temps beaucoup plus avancée des mélanges bitumineux, au point de vue de la résistance contre l'action désagrégeante de l'eau.



Conclusions pratiques. La stabilité des pavages bitumineux, en présence de l'action désagrégeante de l'eau, dépend des propriétés d'adhésivité des matériaux qui entrent dans la composition de ces pavages. Ces propriétés sont liés en général, en ce qui concerne les liants bitumineux, à leur contenu en molécules polaire-actives, à composition acide, et en ce qui concerne les agrégats minéraux à leur caractère basique, déterminé par la présence d'un excès de molécules d'oxydes basiques — en excluant les alcalins — par rapport aux molécules de SiO_2 et d'autres oxydes acides.

Pratiquement, on ne peut pas songer à analyser la composition chimique des liants bitumineux et des agrégats minéraux, pour le contrôle courant relatif à leurs propriétés d'adhésivité. Ce contrôle, qui pourtant est absolument nécessaire pour pouvoir choisir des matériaux propres, peut être effectué beaucoup plus facilement et plus conformément au but poursuivi, en déterminant directement pour chaque mélange d'agrégat minéral et de liant bitumineux le degré d'adhésivité correspondant; ce qu'on peut obtenir aujourd'hui le plus sûrement à l'aide de la méthode de RIEDEL et WEBER.

Cette méthode, d'une exécution simple et expéditive, a aussi l'avantage de pouvoir être appliquée pour des dimensions des matériaux minéraux variant de la poudre jusqu'à quelques millimètres et même de plus. De même, la méthode peut être exécutée avec une proportion variable de liant bitumineux, et il est même recommandable d'utiliser la proportion de liant qui correspond au mélange bitumineux dans la pratique. L'adoption de cette méthode, pour le contrôle obligatoire et courant des propriétés d'adhésivité des matériaux utilisés pour la construction des pavages bitumineux, serait non seulement utile, mais aussi absolument nécessaire, pour éviter l'utilisation des matériaux impropre.

Le degré d'adhésivité du mélange d'un agrégat minéral avec un liant bitumineux en dépendant des caractères des deux composants, il est nécessaire qu'il soit déterminé pour chaque mélange bitumineux utilisé à la construction des pavages bitumineux.

Avec les liants bitumineux ordinaires, la majorité des pierres donnent des mélanges résistants à l'essai de l'ébullition avec de l'eau distillée, étant donc bonnes ou tout au moins utilisables pour la construction des pavages bitumineux. Les roches qui ont en général, avec divers liants bitumineux, un degré d'adhésivité très bas (0, 0-1, 0-2 etc.), doivent être évitées par principe dans la construction de ces pavages, au moins jusqu'à ce que l'industrie réussira à fabriquer des liants bitumineux ayant une bonne adhésivité avec ces roches aussi. C'est le cas, par exemple, pour les granites et pour les quartzites en général, et très probablement aussi pour d'autres catégories de roches. Seulement si on disposait d'un liant bitumineux ayant des propriétés d'adhésivité exceptionnellement bonnes — comme serait par exemple le cas des asphaltes naturels de Matitza et de Derna-Tataros, jusqu'à un certain degré de pénétration — on pourrait utiliser sans risque aussi ces roches pour la construction des pavages bitumineux, mais en contrôlant au préalable le degré d'adhésivité des mélanges en question.

Tout de même, les liants bitumineux, dont le degré d'adhésivité avec diverses roches est en général très bas, devraient être exclus par principe dans la construction des pavages bitumineux. Si leur utilisation ne peut pas pourtant être évitée, on donnera la plus grande attention à la sélection de l'agrégat minéral, dont les caractères ont la plus grande influence sur l'adhésivité du mélange bitumineux. Cet agrégat devra être cherché parmi les roches ayant un caractère basique des plus prononcés possible.

Généralement, *plus l'un des deux composants du mélange bitumineux — liant ou agrégat — a des propriétés d'adhésivité inférieures, plus l'autre composant doit être sélectionné pour qu'il ait des propriétés d'adhésivité meilleures, de telle sorte que le mélange bitumineux ait un degré d'adhésivité satisfaisant.*

La résistance du mélange bitumineux au simple essai de l'ébullition avec de l'eau distillée n'est pas suffisante en tous les cas. *Le degré d'adhésivité nécessaire pour le mélange bitumineux utilisé à la construction d'un pavage dépend du système de*

pavage appliqué, des conditions spéciales de travail, ainsi que de la situation topographique et climatique de la route. Plus la compacité du pavage est petite — la granulation de l'agrégat minéral, établie sur le principe des creux minima, moins rigoureuse — et plus la proportion du liant est réduite, l'enveloppement des particules minérales avec du liant imparfait, la fermeture du pavage à la surface et le drainage pour l'écoulement de l'eau dans les lieux exposés moins assurés, plus la possibilité de pénétration de l'eau dans la masse du pavage bitumineux et le péril de son action désagrégeante seront grands. Ces diverses conditions de construction dépendent du système de pavage appliqué, et plus sont-elles défavorables, plus le degré d'adhésivité du mélange bitumineux doit être élevé, donc les matériaux — liants et agrégats — choisis avec plus d'attention. Et d'autant plus grand doit être le soin dans la construction des pavages bitumineux dans les régions humides, avec des pluies fréquentes, ou dans les contrées basses, exposées aux inondations ou à l'infiltration de l'eau souterraine.

Pour pouvoir décider si certains matériaux sont propres pour la construction d'un pavage bitumineux, il faut donc absolument tenir compte du système de pavage qu'on va appliquer, des conditions spéciales de travail — à chaud ou à froid, avec des liants normaux ou fluides, ou avec des émulsions bitumineuses, etc. — ainsi que de la situation topographique et climatique de la chaussée, pour savoir s'il faut prétendre pour le mélange bitumineux un degré d'adhésivité plus élevé, ou si on peut admettre un degré plus réduit.

Généralement, le danger de la désagrégation des pavages bitumineux par l'action de l'eau, en cas d'une adhésivité insuffisante, est le plus grand pour les traitements superficiels, de même pour les macadames asphaltiques par pénétration, semipénétration ou de type « Einstreudecke », et surtout si on travaille avec des émulsions bitumineuses ou avec des liants bitumineux fluides. Les pavages asphaltiques exécutés à chaud et fortement cylindrés, comme sont le béton asphaltique et

le mortier asphaltique (« Sandasphalt »), et surtout l'asphalte comprimé, sont évidemment les moins exposés à la pénétration de l'eau, donc à la désagrégation. Dans les premiers cas on choisira des matériaux avec les meilleures propriétés d'adhésivité, dans les derniers on pourra utiliser aussi des matériaux avec des propriétés d'adhésivité inférieures, mais en excluant en tout cas ceux qui donnent des mélanges bitumeux ayant un degré d'adhésivité égal à zéro.

Quel que soit le système de pavage appliqué, l'agrégat minéral doit provenir des roches inaltérées, doit être propre et — en exceptant le cas du traitement avec des émulsions — doit être le plus sec possible, pendant que le liant bitumineux doit être porté à une fluidité suffisante, pour pouvoir en obtenir un enveloppement complet de tous les grains minéraux avec du liant bitumineux. L'échauffement préalable de l'agrégat minéral — quand cela est possible — à une température montant à 180—220° C, favorise cet enveloppement et permet la réalisation d'un contact intime entre le liant bitumineux et la surface des grains.

Pour la préparation du « filler », dont l'influence sur l'adhésivité des mélanges bitumeux peut être très importante, on choisira toujours des roches avec de très bonnes propriétés d'adhésivité, comme sont par exemple les calcaires compacts, constitués autant que possible par du CO_3Ca pur.

La sélection des agrégats minéraux et des liants bitumeux avec de bonnes propriétés d'adhésivité — à côté des conditions surveillées de travail — constitue un moyen simple et peu couteux, pour assurer la résistance des pavages bitumeux contre l'action désagrégeante de l'eau, en augmentant ainsi leur durée. Le surplus des dépenses, qui résulterait éventuellement de la sélection des matériaux et de leur transport des lieux plus éloignés, sera compensé en court temps par la diminution considérable des dépenses pour l'entretien de ces pavages. Simultanément on évitera aussi tous les inconvénients qui résulteraient pour la circulation, par l'état toujours détérioré des routes et par leur permanente réparation.



Pour qu'il soit possible, dans la pratique, un choix facile des matériaux qu'on va utiliser pour la construction de divers systèmes de pavages bitumineux, de sorte que le mélange bitumineux ait le degré d'adhésivité nécessaire pour chaque cas, il faudrait étudier premièrement les propriétés d'adhésivité de diverses catégories de roches de toutes les carrières exploitées, et même de diverses variétés que peuvent présenter les roches exploitées dans chaque carrière; cela parce que la même roche peut avoir, d'après le lieu de provenance, des propriétés d'adhésivité très différentes, dépendantes de son caractère plus ou moins basique ou acide, c'est-à-dire de sa composition chimique-minéralogique. De même il serait nécessaire d'étudier le plus complètement possible les propriétés d'adhésivité de diverses catégories de liants bitumineux normaux, fluides ou émulsionnés, fabriqués par l'industrie pétrolière ou provenant des exploitations d'asphalte naturel, en tenant compte de l'origine (la nature chimique), du traitement (la fabrication) et de la viscosité des liants, ainsi que de la nature des fluidifiants et des émulgateurs, éventuellement aussi des produits qu'on pourrait additionner aux liants bitumineux pour l'amélioration de leurs propriétés d'adhésivité.

La fabrication de liants bitumineux qui aient les meilleures propriétés d'adhésivité possibles avec toutes les roches — inclusivement les acides — représenterait évidemment la solution pratique idéale du problème de l'adhésivité, en assurant la plus grande stabilité des pavages bitumineux en présence de l'action désagrégeante de l'eau. La réalisation de ce désideratum appartient peut être à l'avenir. A présent, dans la construction d'un pavage bitumineux il faut contrôler impérieusement les propriétés d'adhésivité des matériaux qu'on va utiliser, en excluant ceux qui donnent des mélanges bitumineux ayant un degré d'adhésivité inférieur à celui apprécié comme minimum nécessaire dans chaque cas, en tenant compte, comme nous l'avons vu, du système de pavage appliqué, des conditions spéciales de travail, ainsi que de la situation topographique et climatique de la route.





Institutul Geologic al României

TABLA DE MATERII

	<u>Pagina</u>
I. Introducere	3
II. Considerații preliminare	6
III. Interpretarea energetică a fenomenelor de adezivitate	13
Ințelesul practic al adezivității	13
1. Tensiune interfacială și superficială. Energie liberă interfacială	13
2. Fenomene de udare și de deslocuire	15
3. Unghiu de udare. Tensiune de adeziune. Coeficient de adeziune	17
4. Tensiune de adezivitate. Hidrofobie și hidrofilie. Coeficient de adezivitate	20
5. Energie de adeziune și de coeziune. Coeficient de întindere	26
6. Manifestarea adezivității în practică	28
IV. Posibilitatea actuală de determinare a tensiunii de adezivitate, și a coeficientului de adezivitate	30
1. Determinarea tensiunii de adeziune	31
a) Metoda lui FRICKE și MEYRING. Măsurarea unghiului de udare	32
b) Metoda lui BARTELL și OSTERHOF. Presiune de deplasare	35
2. Aplicarea metodei lui BARTELL și OSTERHOF pentru determinarea tensiunii de adezivitate	44
Determinarea coeficientului de adezivitate	45
Determinarea tensiunii interfaciale dintre un liant bituminos fluid și apă	46
V. Factorii primordiali ai adezivității	49
1. Influența moleculelor polare și a fenomenelor de adsorbție asupra tensiunii interfaciale	49
a) Orientarea moleculelor polare	49
b) Fenomene de adsorbție. Corpuri de «cuplaj»	51



	Pagina
2. Adsorbția chimică și adezivitatea	52
3. Influența compozitionei chimice a agregatelor minerale asupra adezivității	55
4. Influența caracterului chimic și a viscozității lianților bituminoși asupra adezivității	58
V. Influența unor factori secundari asupra adezivității	65
1. Influența umidității	65
2. Influența încălzirii prealabile a agregatelor minerale .	68
3. Influența prezenței argilei și a prafului la suprafața agregatelor minerale	69
4. Influența structurii agregatelor minerale	71
5. Influența filerului	74
6. Influența fluidifiantilor	76
VI. Măsurarea practică a adezivității	79
1. Folosirea unor proprietăți sau fenomene fizico-chimice pentru aprecierea adezivității	79
2. Folosirea acțiunilor mecanice pentru determinarea adezivității	86
3. Folosirea acțiunii apei la rece pentru determinarea adezivității	93
4. Folosirea acțiunii apei potenționată prin încălzire, sau ajutată de alte acțiuni chimice	102
Metoda lui RIEDEL și WEBER	105
VII. Recapitulare și concluzii practice	121
Bibliografie	133
 Les bases théoriques et pratiques du problème de l'adhésivité (Résumé et conclusions pratiques)	137

61710





Institutul Geologic al României

C. 37.247



Institutul Geologic al României