



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI,
PROTECȚIEI SOCIALE ȘI
PERSOANELOR VÂRSTNICE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OIPOSDRU



UNIVERSITATEA
TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

AXA PRORITARĂ 1 "Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere".

DOMENIUL MAJOR DE INTERVENȚIE 1.3 "Dezvoltarea resurselor umane în educație și formare profesională"

TITLUL PROIECTULUI: "Școală universitară de formare inițială și continuă a personalului didactic și a trainerilor din domeniul specializărilor tehnice și ingineresti - DidaTec"

COD CONTRACT: POSDRU/87/1.3/S/60891

BENEFICIAR: Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Modulul 3: Proprietățile generale ale materialelor de construcție: proprietăți mecanice - încercări nedistructive. Lianți minerali: ipsosul de construcții

Autor: S.I. dr. ing. Larisa Meliță
Departamentul de Căi Ferate, Drumuri, Poduri și Materiale
Universitatea Tehnică de Construcții București

Scop



Modulul 3 al cursului de *Materiale de Instalații* vă face o prezentare a principalelor încercări nedistructive asupra materialelor și vă familiarizează cu noțiunile de bază în studiul lianților minerali, cu referire la ipsosul de construcții.

Obiective

La finalul Modulului 3 veți putea să:



1. Enumerați, definiți și prezentați principalele încercări nedistructive ale materialelor.
2. Precizați care sunt avantajele și dezavantajele utilizării metodelor nedistructive.
3. Definiți și explicați principiile de obținere, proprietățile și domeniile de utilizare ale ipsosului de construcții.
4. Enumerați, să precizați modul de obținere, proprietățile și domeniile de utilizare ale altor lianți din ghips.

Durată



Durata medie de studiu individual: 2 ore.



3.1. Metode nedistructive de încercare a materialelor

Metodele nedistructive de încercare ale materialelor sunt metode moderne și rapide, utilizate pentru determinarea caracteristicilor materialelor și a comportării lor într-un timp îndelungat, fără distrugerea epruvetelor sau elementelor de construcții.

Avantajele utilizării acestor metode, față de metodele clasice distructive, sunt următoarele:

- Permit încercări direct pe construcție ("*in situ*"); în acest caz metodele clasice distructive sunt impracticabile sau dificil de realizat;
- Încercările se pot repeta pe aceleași epruvete;
- Aceleași epruvete se pot utiliza și pentru alte tipuri de încercări;
- Sunt rapide și economice.

Dezavantajul acestor metode este acela că sunt mai puțin precise decât metodele distructive.

Exemplu:

- ✓ Pentru un beton necunoscut determinarea rezistenței la compresiune, prin metode nedistructive, poate să fie realizată cu o aproximație de $\pm 50\%$, iar dacă se cunosc caracteristicile betonului și există probe martor aceasta aproximație poate să scadă până la $\pm 10\%$.

Pentru ca rezultatele metodelor nedistructive să fie cu o aproximație cât mai mică, față de cele ale metodelor distructive, trebuie să se găsească coeficienți de influență și curbe de etalonare proprii, specifice fiecărui material analizat.

După principiul de încercare se cunosc metode nedistructive: *mecanice, acustice, atomice, electromagnetice, electrice și electronice etc.*

3.1.1. Metode mecanice

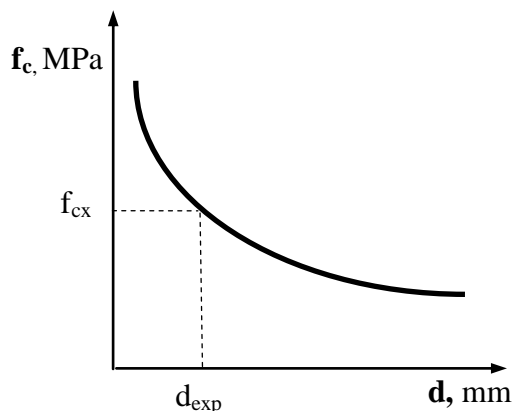
Aceste metode se bazează pe legătura dintre duritatea superficială a materialelor și rezistențele lor mecanice. Astfel, rezultatele obținute oferă informații referitoare numai la stratul superficial al materialului, de aceea sunt încercări de control preliminar și orientativ a calității materialului. În acest sens se cunosc: metoda bazată pe amprentă și metoda bazată pe recul.

a) Metoda bazată pe amprentă se referă la legătura dintre mărimea unei amprente lăsate de o bilă mobilă, proiectată cu o anumită energie pe suprafața unui material prin intermediul aparatului numit sclerometru și rezistența la compresiune a materialului.

Dacă se notează cu D , diametrul bilei și cu d , diametrul amprentei bilei pe suprafața materialului (de exemplu, beton întărit), rezistența la compresiune se calculează cu relația empirică:

$$f_c = C_t \left(\frac{d}{D} \right)^{-4} \quad (3.1)$$

unde: C_t - coeficient total de corecție care depinde de coeficienții parțiali de influență, privind poziția sclerometrului C_p , maturitatea C_m și respectiv umiditatea betonului C_u , stabiliți experimental și dați în standard, prin relația: $C_t = C_p \cdot C_m \cdot C_u$.



Rezistența la compresiune a materialului de analizat se mai poate calcula și prin intermediul unei curbe de etalonare (fig. 3.1) obținută fie experimental, fie dată în literatura tehnică de specialitate. În acest caz se măsoară diametrul amprentei d_{exp} , iar prin interpolare la curba de etalonare se determină valoarea rezistenței la compresiune f_{cx} .

Figura 3.1. Curbă de etalonare a rezistenței la compresiune a betonului funcție de diametrul amprentei

b) Metoda bazată pe recul folosește tot sclerometrul care, după lovirea materialului de încercat prin intermediul bilei, cu o anumită energie, are un recul: liniar sau unghiular, în funcție de tipul aparatului. Astfel, se face o corelare între indicele de recul al sclerometrului și rezistența la compresiune fie: prin metoda curbei unice date de prospectul aparatului, fie prin metoda curbei de etalonare, fie prin metoda coeficienților.

3.1.2. Metode acustice

Aceste metode utilizează ultrasunete care sunt vibrații sonore cu o frecvență superioară limitei auzului uman (20-200 kHz) și sunt de două feluri: *metode acustice de impuls* și *metode acustice de rezonanță*. În determinările pe materiale de construcție, de exemplu, pentru încercări pe betonul întărit se utilizează frecvențe de 40-100 KHz.

a) Metodele acustice de impuls se bazează pe modificarea vitezei și timpului de propagare a ultrasunetelor printr-un material funcție de caracteristicile acestuia (rezistența la compresiune, modulul de elasticitate, defectele) dar și funcție de modificarea proprietăților, de exemplu ca urmare a proceselor de priză și întărire ale cimentului în beton.

Aparatul de încercare se numește betonoscop și este prezentat în fig. 3.2. Acesta măsoară timpul de trecere t , al unui impuls ultrasonor, produs de un generator G , care excită cristalul piezoelectric al unui emițător E , ce este pus în contact cu proba printr-un material subțire cuplant; după ce trece prin probă, semnalul ultrasonor se îndreaptă spre receptorul R , amplificatorul A și este vizualizat pe ecranul tubului catodic C , al aparatului. Odată cu emiterea semnalului ultrasonor se comandă și circuitul de măsurare a timpului.

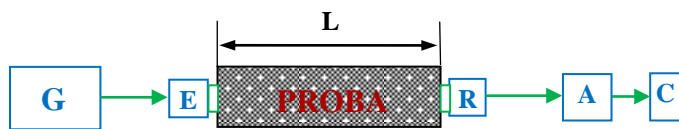


Figura 3.2. Schema instalației unui betonoscop pe proba de analizat

Dacă se cunosc lungimea epruvetei L și timpul de trecere al ultrasunetului prin probă t , se poate determina viteza de propagare a ultrasunetului.

Metoda se aplică, în special, pentru evaluarea gradului de omogenitate (compactitate) a betonului și estimarea rezistenței la compresiune.

a1) Determinarea rezistenței la compresiune a betonului

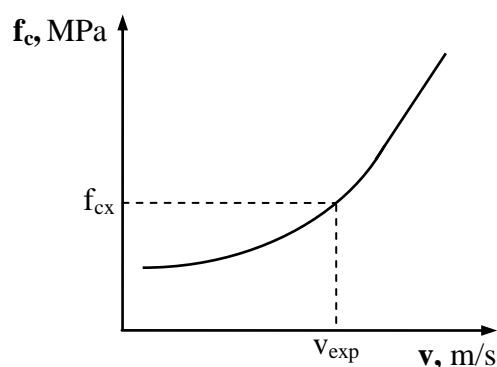
Printr-un material solid compact viteza de propagare a ultrasunetelor este de cca. 5 000 m/s, iar prin aer de 340 m/s așadar, cu cât materialul are mai multe fisuri, goluri, pori, cu atât viteza de propagare a ultrasunetelor este mai mică. Și cum compactitatea materialului este în strânsă legătură cu

rezistența la compresiune, prin viteza de propagare a ultrasunetelor se poate determina rezistența la compresiune astfel:

$$f_c = a \cdot e^{b \cdot v} \quad (3.2)$$

unde: v este viteza ultrasunetelor, iar a și b sunt constante, ce depind de dozajul componentelor betonului, de compactare, de modul de conservare etc.

La fel ca și la metodele anterioare și aici se poate utiliza o curbă de etalonare, ca cea din fig. 3.3, pentru determinarea rezistenței la compresiune, obținută pe un beton standard (preparat cu ciment Portland fără adaosuri și dozaj de 300 kg/m^3 , cu agregat de balastieră, 0-31 mm, păstrat în condiții standard și încercat la vârsta de 28 zile).



Cu viteza de propagare a ultrasunetelor, pe proba de analizat v_{exp} , se determină, prin interpolare, pe curba de etalonare rezistența la compresiune f_{cx} care, apoi, trebuie corectată prin înmulțire cu coeficientul total de influență C_t ce depinde de alți coeficienți parțiali astfel:

$$C_t = C_c \cdot C_d \cdot C_a \cdot C_g \cdot C_\phi \cdot C_u \cdot C_m \cdot C_p \quad (3.3)$$

Figura 3.3. Dependenta rezistenței la compresiune a betonului de viteza de propagare a ultrasunetelor

unde: C_c coeficient parțial de influență a tipului de ciment, C_d a dozajului de ciment, C_a a naturii agregatului, C_g a fracțiunii fine a agregatului (0-1 mm), C_ϕ a dimensiunii maxime a agregatului, C_u a umidității betonului, C_m a maturității betonului și C_p a adaosurilor, care sunt date în standard.

a2) Defectoscopia se utilizează pentru identificarea și măsurarea golurilor, fisurilor, rosturilor de turnare, cuiburilor de segregare, altor defecte.

Într-un material, care prezintă goluri, timpul de propagare al ultrasunetelor, în dreptul golului este mai mare față de timpul corespunzător de propagare prin materialul unde nu există goluri. Când un impuls ultrasonor întâlnește un gol (o cavitate) acesta îl ocolește deci, se mărește timpul de propagare.

În fig. 3.3a este prezentat schematic drumul ultrasunetelor prin material, în afara și în dreptul golului, iar în fig. 3.3b este prezentat un detaliu de calcul al diametrului golului, considerând că acesta este situat la jumătatea timpului parcurs de ultrasunet.

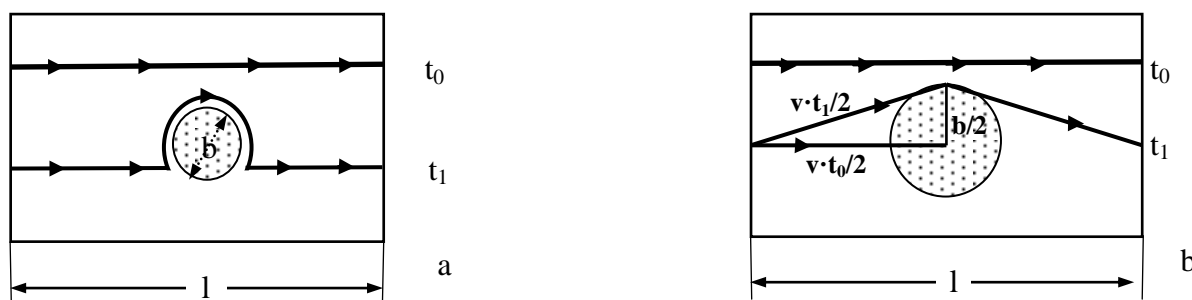


Figura 3.3 (a) Drumul ultrasunetelor printr-un material cu și fără goluri
(b) Detaliu de calcul al diametrului golului

✓ Calculul diametrului golului

Se fac următoarele notații:

t_0 – timpul mediu de propagare al ultrasunetului prin secțiunea materialului cât mai compactă (fără goluri);

t_1 – timpul de propagare al ultrasunetului în dreptul golului;

v – viteza de propagare a ultrasunetului;

b – diametrul golului;

l – distanța dintre punctele de măsurare.

Din triunghiul dreptunghic format, în fig. 3.3b, prin aplicarea teoremei lui Pitagora, se obține:

știind că definiția vitezei este, $v = \frac{\text{distanța}}{\text{timp}}$, m/s

$$\frac{b}{2} = \sqrt{\frac{v^2 \cdot t_1^2}{4} - \frac{v^2 \cdot t_0^2}{4}} = \frac{v}{2} \cdot \sqrt{t_1^2 - t_0^2} \Rightarrow b = \frac{l}{t_0} \cdot \sqrt{t_1^2 - t_0^2} = l \cdot \sqrt{\left(\frac{t_1}{t_0}\right)^2 - 1}$$

Așadar, diametrul golului este dat de relația:

$$b = l \cdot \sqrt{\left(\frac{t_1}{t_0}\right)^2 - 1} \quad (3.4)$$

b) Metodele acustice de rezonanță se bazează pe legătura care există între frecvența unei epruvete și modulul de elasticitate dinamic al materialului; se aplică numai pe epruvete de laborator (prisme, cilindri) și sunt indicate a fi utilizate la determinarea constantelor elasto - dinamice a betonului, în studiul comportamentului la îngheț-dezgheț repetat și a comportamentului betonului în medii agresive.

b1) Metoda de determinare a modulului de elasticitate dinamic relativ al betonului supus la multiple cicluri de îngheț-dezgheț repetat

Metoda constă în determinarea modulului de elasticitate dinamic pe baza variației frecvențelor proprii de vibrație la încovoiere a betonului, supus la mai multe cicluri de îngheț-dezgheț repetat. Epruvetele prismatice pe care se fac determinările, la vârsta de 28 zile, se saturează cu apă (vezi Modulul 1, §.1.2.2f) și apoi se supun la multiple cicluri de îngheț-dezgheț. Pentru aceasta se măsoară, mai întâi, frecvența proprie de vibrație la încovoiere a epruvetelor martor (nesupuse la îngheț-dezgheț) f_0 , apoi se măsoară frecvența proprie de vibrație la încovoiere a acelorași epruvete supuse la n cicluri de îngheț – dezgheț f_n , după care se calculează modulul de elasticitate dinamic relativ $E_{r,n}$ cu relația:

$$E_{r,n} = \left(\frac{f_n}{f_0}\right)^2 \cdot 100, \% \quad (3.5)$$

unde:

f_0 – frecvența proprie de vibrație la încovoiere a epruvetelor înainte de supunerea la îngheț-dezgheț, în herți; f_n - frecvența proprie de vibrație la încovoiere a epruvetelor după n cicluri îngheț-dezgheț, în herți.

Schema montajului pentru determinarea modulului de elasticitate dinamic relativ este prezentat în fig. de mai jos.

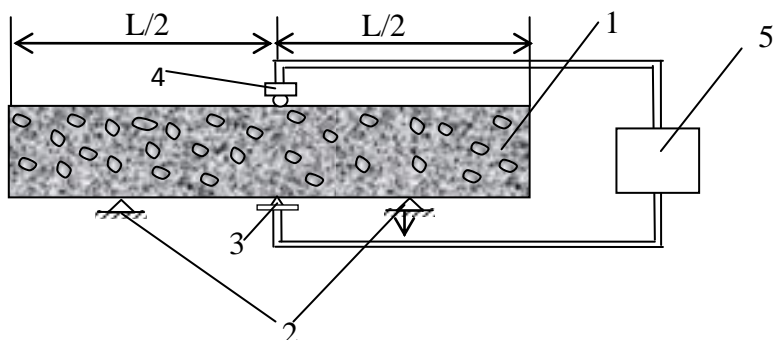


Figura 3.4. Dispozitiv de încercare pentru determinarea modulului de elasticitate dinamic relativ la îngheț – dezgheț

- 1 - epruvetă prismatică de beton
- 2 - reazeme
- 3 - transductor emițător de vibrații
- 4 - transductor receptor
- 5 - aparat pentru determinarea frecvenței proprii la încovoiere

Modulul de elasticitate dinamic relativ este un indicator pentru aprecierea rezistenței la îngheț-dezgheț repetat a betonului. Prin urmare, se consideră ca rezistență la îngheț – dezgheț este dată de numărul maxim de cicluri succesive, pe care epruvetele de beton pot să le suporte, fără să sufere modificări de structură, adică fără să se reducă modulul de elasticitate dinamic relativ cu mai mult de 15% față de valorile obținute pe epruvetele martor.

3.1.3 Metodele atomice utilizate în construcții se bazează pe radiații cu putere mare de penetrație: *radiații X* și γ , ce interacționează cu electronii atomilor materialelor de analizat, și *neutroni rapizi*, ce interacționează cu nucleele atomilor materialelor. Aceste metode se folosesc pentru determinarea unor caracteristici ale materialelor cum ar fi: densitatea, umiditatea, poziția armăturii, grosimea elementelor de construcții, defectele, viteza de coroziune, dozajul de bitum al materialelor asfaltice, etanșeitatea instalațiilor etc.

Ca principiu, se bazează pe atenuarea exponențială a radiațiilor incidente, pe măsură ce străbat un material, conform relației:

$$I_x = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x} \quad (3.6)$$

unde: I_0 - intensitatea inițială a fascicului, I_x - intensitatea aceluiași fascicul după ce a străbătut un strat absorbant de grosime x , μ - coeficientul liniar de atenuare, dependent de natura materialului și energia radiației.

Defectosopia radiologică constă în identificarea defectelor interne ale materialelor pe baza atenuării radiațiilor incidente atunci când acestea străbat un material cu defecte.

Se consideră un material, de grosime x , cu un defect de grosime Δx (fig. 3.5). Legea atenuării radiațiilor, pentru zona de material cu defect, este dată de relația:

$$I_x = I_0 \cdot e^{-[\mu(x-\Delta x) + \mu' \Delta x]} \quad (3.7)$$

unde: μ este coeficientul liniar de atenuare al materialului, iar μ' al defectului.

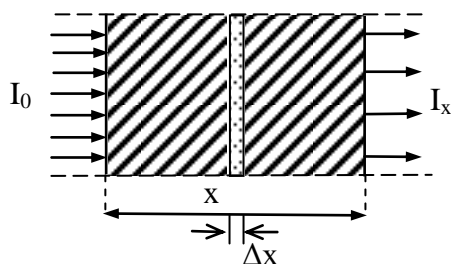
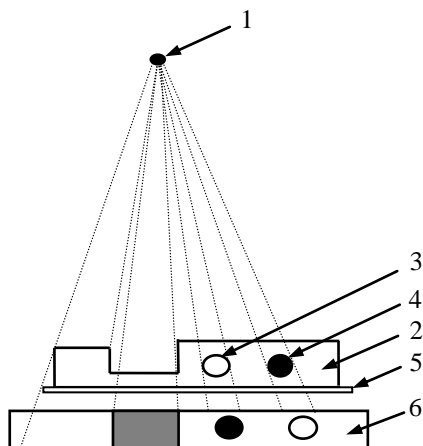


Figura 3.5. Atenuarea radiațiilor într-un material cu defecte

Trecerea radiațiilor prin zonele cu și fără defecte ale materialului se face diferențiat, iar sesizarea acestor diferențe de intensități face posibilă identificarea defectelor, sub forma unor radiografii, obținute pe film, ca cea din fig. 3.6.



Metodele radiologice permit și interpretări cantitative, prin măsurarea dimensiunilor defectelor și numărul lor, poziția corpurilor străine și a armăturilor, de exemplu, din betonul armat etc.

Figura 3.6. Identificarea defectelor prin radiografie. 1 – sursa de radiații, 2 – piesa de examinat, 3 – por, 4 – incluziune, 5 – film radiografic, 6 – imaginea pe film.

3.2 Lianți minerali

3.2.1 Definiție și clasificare

Lianții minerali (anorganici) sunt materiale naturale sau artificiale utilizate pentru legarea, între ele, a altor materiale cu scopul obținerii de conglomerate artificiale rezistente, elemente de construcții sau structuri.

De obicei se folosesc sub formă de pulbere, iar cea mai largă utilizare o au lianții corespunzători sistemelor apoase. Astfel, se pot defini ca fiind sisteme disperse care, prin amestecare cu apa sau soluții apoase, formează o pastă lucrabilă (plastică) și care, cu timpul, în anumite condiții, se întărește datorită interacțiunilor fizico-chimice dintre componenți formând o masă solidă rigidă.

Lianții minerali sunt utilizați fie la legarea între ele a materialelor granulare (nisip, pietriș) fie a materialelor unitare (cărămizi, plăci, blocuri) cu scopul obținerii elementelor de construcție cu condiția ca aceștia să prezintă o aderență cât mai bună la materialele pe care le leagă, să se întărească într-un timp relativ scurt, după întărire să nu prezinte variații mari de volum care să afecteze stabilitatea elementelor de construcție și să prezinte rezistențe mecanice.

Clasificarea lianților anorganici se face după diverse criterii:

- După modul de obținere: *naturali și artificiali*;
- După comportarea lor față de apă: *hidraulici și nehidraulici*;
- După conținutul de adaosuri: *unitari și micști*;
- După compoziția chimică, criteriul principal care determină caracteristicile de utilizare ale acestora. Deoarece există o multitudine de lianți minerali, compoziția chimică va fi precizată, pentru fiecare liant studiat, în capitolele următoare.

Lianții *nehidraulici* sau *aerieni* se întăresc numai în mediu uscat, iar după întărire nu rezistă la acțiunea dizolvantă a apei; structura lor de rezistență, în contact temporar sau permanent cu apa, se degradează de aceea se utilizează numai în construcțiile care nu sunt supuse acțiunii apei. După utilizare cei mai importanți sunt: argilele (lianți nehidraulici naturali), respectiv varurile și ipsosurile (lianți nehidraulici artificiali).

Lianții *hidraulici* se întăresc în prezența apei, soluțiilor apoase sau într-o atmosferă umedă, iar după întărire rezistă acțiunii dizolvante a apei; cei mai utilizați sunt cimenturile silicioase.

O schemă generală de clasificare a lianților poate fi cea prezentată în figura 3.7.

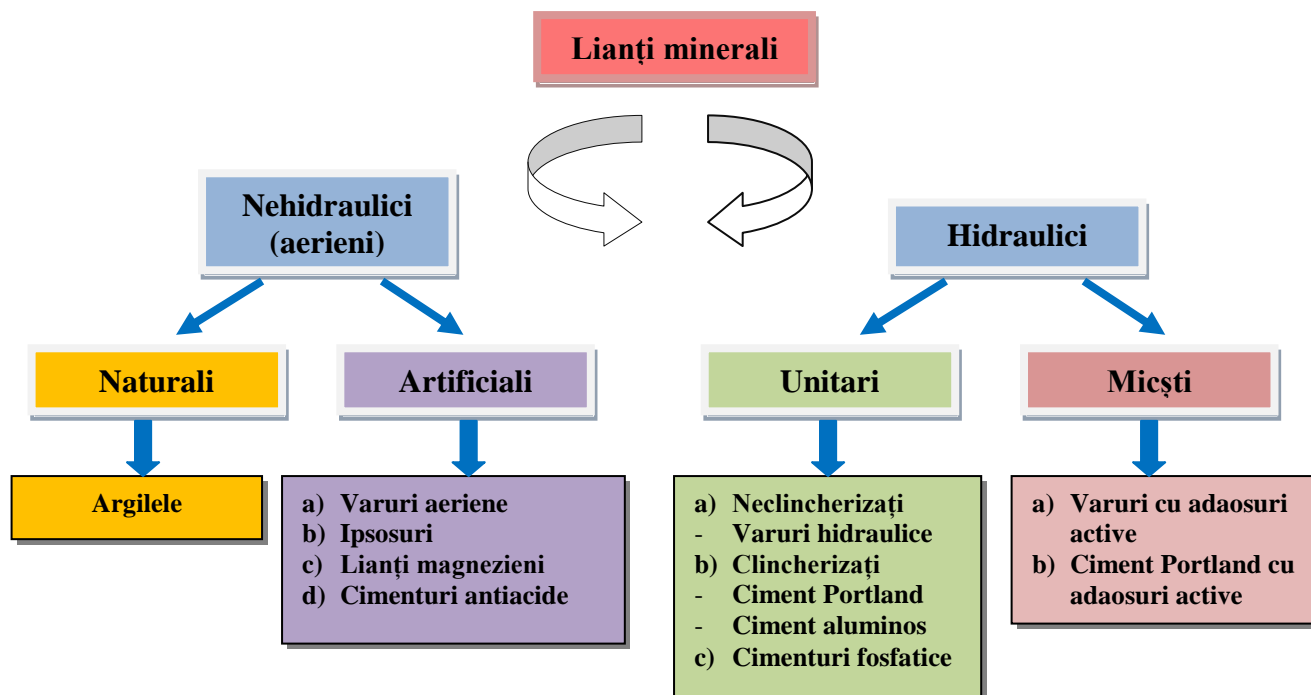


Figura 3.7 Clasificarea generală a lianților minerali

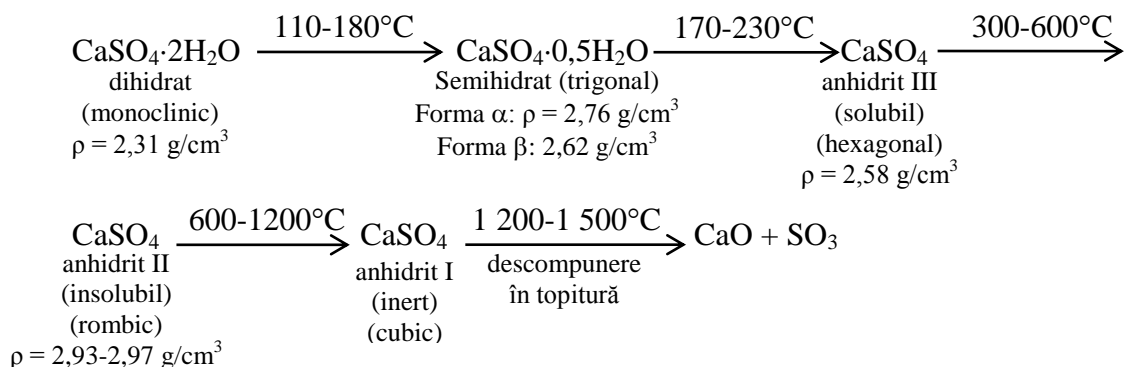
3.2.2 Lianți nehidraulici – Ipsosurile

Principii de obținere

Ipsosurile (lianții pe bază de ghips) sunt lianți nehidraulici artificiali care se obțin prin deshidratarea totală sau parțială a ghipsului ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), prin încălzire la diverse temperaturi, iar componenții principali sunt sulfatul de calciu semihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) și anhidritul (CaSO_4). Procesul este reversibil, prin amestecarea cu apă a $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ și a CaSO_4 aceștia se rehidratează la $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (sulfat de calciu dihidrat), transformându-se în solide rezistente. Lianții pe bază de sulfat de calciu pot fi *unitari* – conțin doar semihidrat sau anhidrit, sau *micști* – conțin pe lângă semihidrat și anhidrit și cantități variabile de: var, ciment, zgură, cenușă de termocentrală etc.

Materia primă principală pentru obținerea ipsosurilor o constituie roca de ghips, dar pot fi folosite și alte subproduse din industria chimică cum ar fi fosfoghipsul sau fluoroghipsul. De asemenea, ipsosurile se mai obțin din zăcămintele naturale de anhidrit natural sau alabastru. Acesta din urmă este o varietate de ghips, masiv și compact, foarte pur, utilizat la obținerea de ipsosuri speciale utilizate în medicină și pentru obținerea de ornamente (ipsosul de modelaj).

Deshidratarea ghipsului se face prin încălziri progresive, conform următoarei scheme:

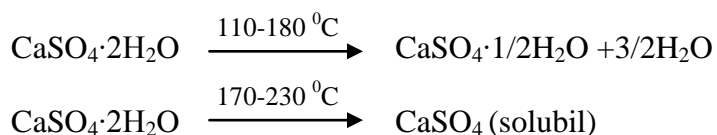


Așa cum se observă din schema de mai sus, procesul de deshidratare se desfășoară prin pierderea apei de cristalizare a dihidratului cu formarea, într-o primă etapă, a semihidratului (forme α și β) la temperaturi cuprinse între 110-180⁰C, iar apoi a anhidritului III la temperaturi cuprinse între 170-230⁰C, cu structură poroasă care permite, ulterior, pătrunderea apei cu ușurință și reformarea dihidratului. Odată cu creșterea temperaturii, între 300-600⁰C, anhidritul III din sistemul hexagonal, se transformă în anhidrit II, în sistem rombic, cu o structură mai stabilă și mai compactă, fapt constatat și de densitățile acestuia; este insolubil, dar reactivitatea cu apa poate fi favorizată prin prezența activatorilor chimici, ca de exemplu: KHSO₄, CaO etc. Între 600 și 1200⁰C se formează anhidritul I, inert, care cristalizează într-o formă mult mai compactă (cubică) de aceea reacția cu apa nu are loc nici în prezența activatorilor chimici. Începând cu temperatura de 1200⁰C are loc descompunerea termică, în topitură, a anhidritului I la CaO și SO₃.

După *temperatura de obținere*, lianții din ghips se împart în lianți din ghips de temperatură joasă, cum ar fi ipsosul de construcții, ipsosul de mare rezistență și lianți din ghips de temperatură înaltă cum ar fi cimentul de anhidrit, ipsosul de pardoseală.

După *compoziție*, ipsosurile se pot clasifica în: ipsosuri pe bază de semihidrat (α și β) – vezi schema transformărilor - cu sau fără adaosuri și ipsosuri pe bază de anhidrit cu sau fără adaosuri.

3.2.2.1 Ipsosul de construcție se obține prin deshidratarea ghipsului (CaSO₄·2H₂O), la temperaturi de până la 200⁰C, și este alcătuit din semihidrat (α și β) și anhidrit solubil, conform reacțiilor:



O importanță practică deosebită o are, după condițiile tehnologice de fabricație, semihidratul care prezintă două modificări dimorfe: α și β (fig. 3.8). Forma α se obține prin deshidratarea controlată a ghipsului, în prezența *vaporilor de apă*, în autoclave când se obțin cristale prismatice alungite și împâslite, iar forma β se obține prin încălzirea ghipsului *în aer*, în urmă căreia se obțin cristale mărunte, insuficient dezvoltate, cu aspect pământos. Datorită particularităților structurale menționate acestea prezintă caracteristici diferite, așa cum sunt prezentate în tab.3.1.

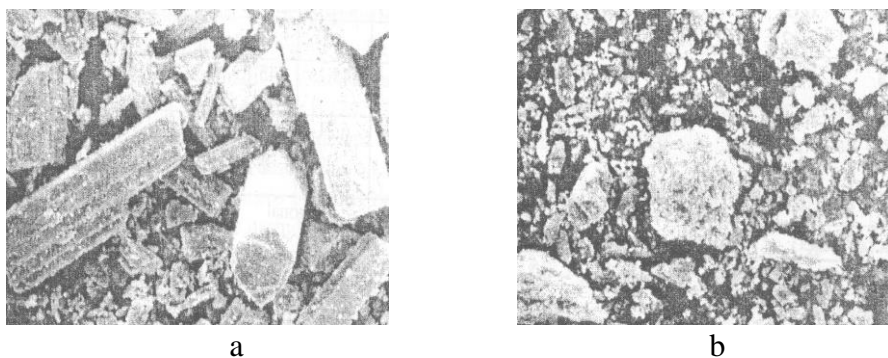
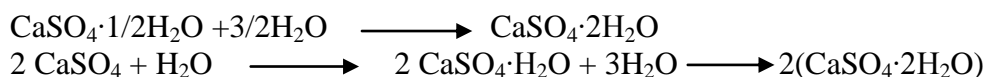


Figura 3.8 Fotografii realizate cu SEM ale semihidratului (a) forma α și (b) forma β

a) *Priza și întărirea*

Prin amestecarea ipsosului cu apă se formează o pastă plastică, a cărei vâscozitate crește rapid, până la transformarea acesteia într-un solid rigid și rezistent; se formează ca urmare a proceselor fizico-chimice care au loc în urma rehidratării, în soluție, a semihidratului și anhidritului solubil cu formare de dihidrat, conform reacțiilor:



Dihidratul care se formează are solubilitate redusă, de 2g/L la 20°C, față de cea a semihidratului care este de 8,8 g/L la 20°C, de aceea soluția devine rapid suprasaturată și începe să cristalizeze. Cristalele care se formează inițial cresc și când ajung la dimensiuni coloidale (fig.3.8a) formează o pastă ce prezintă o bună plasticitate și poate fi ușor prelucrată. Pe măsură ce cristalele continuă să crească și să se dezvolte, cantitatea de apă adăugată la amestecare se micșorează și pasta își pierde din plasticitate, proces ce marchează *începutul de priză* (fig.3.8b); dezvoltarea în continuare a cristalelor duce la formarea unei împâslituri de cristale aciculare, iar evaporarea apei din soluția saturată de dihidrat, rămasă între cristale, favorizează pierderea completă a plasticității pastei și transformarea acesteia într-o masă rigidă, care marchează *sfârșitul de priză* (fig.3.8c).

Tabel 3.1. Caracteristicile formelor α și β ale semihidratului

Caracteristici	α	β
Timpul de priză, min	10	9-13
început sfârșit	20-22	25-35
Apa pentru pastă de consistență standard, %	35-38	45-90
Rezistența la compresiune, după uscare, MPa	40-56	11-14
Rezistența la încovoiere, după uscare, MPa	12	5
Densitatea, după uscare, kg/m ³	1 600	1 070-1 130

Priza este procesul de transformare a pastei plastice într-o masă rigidă, ca urmare a creșterii vâscozității acesteia, între anumite limite de timp, stabilite convențional. Ipsosul pentru construcție are o priză rapidă: începutul de priză este după 4 minute, iar sfârșitul de priză înainte de 30 minute.

Ulterior prizei, urmează procesul de *întărire* care duce la creșterea rezistențelor mecanice, în timp, ca urmare a sudării macrocristalelor și microcristalelor de dihidrat (fig.3.8d) și evaporării apei din soluția saturată de dihidrat; acestea au valori maxime după aproximativ 7 zile. Reumezirea ipsosului întărit duce la scăderea considerabilă a rezistențelor mecanice deoarece apa slăbește legăturile intercristaline prin solubilizare.

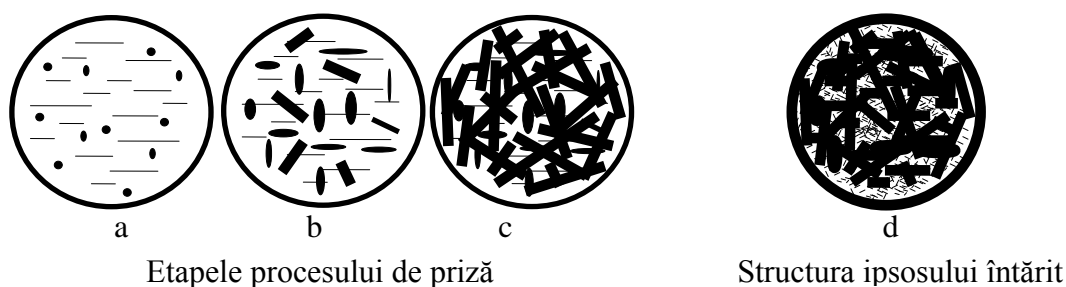


Figura 3.8 Etapele prizei și întăririi ipsosului

Procesele fizico-chimice caracteristice prizei și întăririi ipsosului sunt exoterme, iar în timpul întăririi volumul acestuia crește cu cca. 1%.

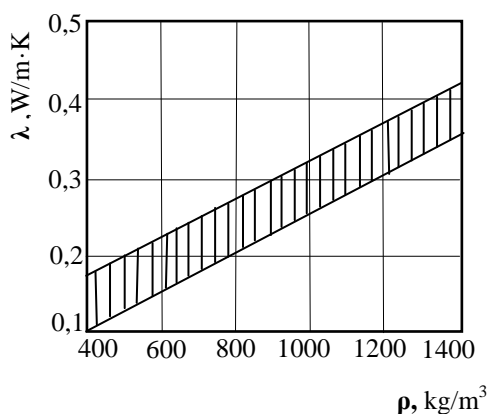
Principalii factori care influențează priza și întărirea ipsosului sunt: temperatura de calcinare, suprafața specifică și aditivii chimici. Aceștia din urmă pot avea rolul de întârziere a prizei sau de accelerare a prizei astfel:

- *întârzietorii de priză* micșorează solubilitatea semihidratului și anhidritului dar o măresc pe cea a dihidratului, de exemplu: Na_2SiO_3 , Na_2CO_3 , CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sau formează pelicule în jurul microcristalelor de dihidrat, micșorându-le astfel viteza de creștere, de exemplu: cleiul de oase, glicerina, zahărul, polimerii organici, citratul de sodiu, acidul citric, tartric, boric etc;
- *acceleratorii de priză* cresc solubilitatea semihidratului sau acționează ca germeni de cristalizare, de exemplu: NaCl , KCl , Na_2SO_4 , K_2SO_4 , HCl , H_2SO_4 , ghips.

Cei mai utilizați aditivi sunt aditivii întârzietori de priză, deoarece păstrează pasta plastică de ipsos un timp suficient (de la zeci de minute la câteva ore) astfel încât să facă posibilă efectuarea de lucrări cu ipsos.

b) Proprietățile ipsosului întărit

Ipsosul de construcții întărit este un material poros cu **porozitatea totală** mare, P_{tot} de cca. 50-60%, ca urmare a necesității unei cantități mari de apă de amestecare (cca. 50%) pentru prepararea pastei de consistență standard (vezi Materiale de Instalații, Lucrări de laborator –Lucrarea nr. 3) față de apa necesară conform reacțiilor chimice: de 26% pentru anhidrit și 18,6% pentru semihidrat. Pentru lianții din ipsos conținând preponderent semihidrat β , apa necesară preparării unei paste de consistență standard este de 40-60%, iar pentru cei pe bază de semihidrat α este sensibil mai mică (tab. 3.1). Excesul de apă se evaporă conferind materialelor pe bază de ipsos bune proprietăți de izolare termică



și fonică. Cu cât ipsosul întărit este mai poros cu atât prezintă proprietăți termoizolatoare mai bune. În fig. 3.9 este evidențiată dependența coeficientului de conductivitate termică, λ de densitatea ipsosului întărit, ρ în stare uscată. Umplerea porilor cu apă, datorită absorbției de umiditate din mediul înconjurător, înrăutățește proprietățile termoizolatoare ale ipsosului, conductivitatea termică a apei fiind de 25 ori mai mare decât a aerului (din porii ipsosului întărit).

Figura 3.9. Dependența conductivității termice, λ de densitatea, ρ pentru ipsosul întărit

Densitatea aparentă este în jur de 1000 kg/m^3 fiind influențată de natura materialului și de porozitatea acestuia.

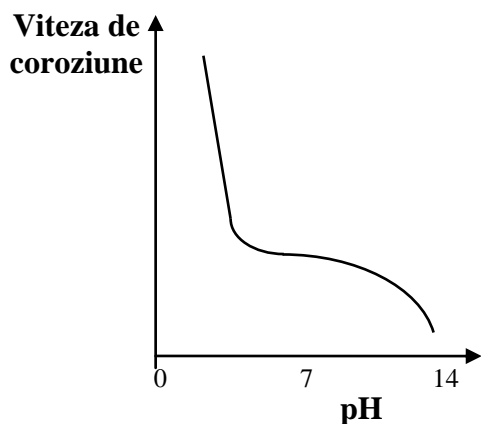
Stabilitatea la mediul umed a lianților pe bază de ipsos este redusă. Cu cât ipsosul întărit este mai poros, el absoarbe mai ușor apa dintr-o atmosferă umedă deoarece 90% din volumul total de pori reprezintă pori capilari interconectați. Astfel se explică ușurința cu care ipsosul absoarbe apa, când se află într-un mediu umed, dar și ușurința cu care această apă este eliminată într-un mediu cu umiditate relativ scăzută. Prin urmare se stabilește un echilibru între umiditatea higroscopică a ipsosului, de 0,2% și 0,4 %, și umiditatea relativă atmosferică de 80% respectiv 95%, de exemplu.

Lianții din ghips au o **comportare bună la acțiunea focului (incendii)** deoarece $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ pierde treptat apă, iar CaSO_4 este stabil termic până la 1200°C . Din acest motiv ipsosurile sunt recomandate pentru confecționarea unor straturi de protecție rezistente la acțiunea incendiilor.

Rezistențele mecanice ale ipsosului întărit depind de porozitate și de conținutul în umiditate al materialului și pot să scadă considerabil, cu 60-70%, chiar la conținuturi mici de umiditate. Aceasta sugerează că moleculele de apă se adsorb și formează pelicule pe suprafața cristalelor de dihidrat din ipsosul întărit, diminuând astfel contactele intercristaline. La solicitări mecanice peliculele de apă joacă rol de lubrifianț, favorizând alunecarea cristalelor de sulfat de calciu dihidrat, unele față de altele,

cu efect negativ asupra proprietăților mecanice ale ipsosului întărit. De aceea se recomandă ca produsele din ipsos să fie exploatate numai în mediu uscat (unde umiditatea atmosferică este mai mică de 60%), motiv pentru care este numit și liant aerian.

Pentru îmbunătățirea comportării la apă a ipsosului întărit acesta se poate amesteca cu cantități mici de ciment Portland (sub 10%) sau cu substanțe hidrofoabe ca acizi oleici, uleiuri siliconice, polimeri organici. Ipsosul nu poate fi utilizat în amestec cu cimentul, în proporție mai mare de 10%, deoarece formează, compuși mineralogici expansivi prin expansiune sulfatică (vezi Modulul 4). Din același motiv nu se aplică direct pe betonul de ciment. De asemenea se mai recomandă acoperirea suprafețelor produselor din ipsos cu straturi protectoare insolubile și hidrofoabe (uleiuri siliconice, materiale din polimeri organici).



Deoarece produsele pe bază de ipsos au un pH între 6 și 7,5, în prezența umidității au un **efect corosiv puternic asupra armăturii de oțel obișnuit**. Împiedicarea efectului coroziv se poate face prin adaos de pastă de var (20%) în ipsos, care duce la creșterea pH-ului, micșorând astfel viteza de coroziune a oțelului (fig. 3.10), având, totodată, și rolul de întârziator de priză. De asemenea se poate face protecția armăturii de oțel cu straturi metalice prin zincare, de exemplu, când se obține plasa de rabiț.

Figura 3.10. Influența pH-ului asupra vitezei de coroziune a fierului și aliajelor sale

c) Domenii de utilizare

Ipsosul de construcții se utilizează singur sau în amestec cu var pentru prepararea mortarelor pentru tencuieli interioare, a gleturilor, pentru unele lucrări de reparații, pentru pozarea instalațiilor electrice, aplicat pe plasă de rabiț (galvanizat) pentru pozarea conductelor instalațiilor electrice.

Ipsosul, singur sau în amestec cu diverse agregate minerale sau vegetale, este utilizat pentru obținerea de elemente prefabricate (blocuri, plăci, panouri, plinte) pentru compartimentare, acolo unde umiditatea relativă este sub 60%. Pentru armarea elementelor din ipsos se poate utiliza carton, fibre vegetale și animale, țesături și împâslituri la care ipsosul are o bună aderență și nu apare procesul de coroziune. Se pot obține elemente prefabricate, cu rezistențe mecanice superioare, prin armarea dispersă a ipsosului cu fibre de sticlă tip E, datorită compatibilității fibrelor de sticlă cu matricea de ipsos, prin pH-ul neutru spre slab acid de 5,5-6 al soluției apoase din pori.

Se mai utilizează la obținerea gleturilor, pentru finisarea tencuielilor interioare sau se aplică direct pe suprafața pereților sau planșelor (eliminând tencuielile obișnuite), în straturi subțiri de pastă, obținându-se suprafețe continue și netede. Se mai întrebuințează pentru lucrări de stucatură sau de rostuire, în industria ceramică pentru confecționarea tiparelor de ceramică fină.

În prezența substanțelor spumante se obține ipsosul celular, caracterizat de o scăzută conductivitate termică ($\lambda < 0,12 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) deci, cu o capacitate ridicată de izolare termică.

Plăcile *gips-carton*, obținute prin tehnologia Rigips, sunt recomandate a se utiliza pentru obținerea de pereți despărțitori, a amenajărilor interioare, a mansardelor, tavanelor false etc. Aceste plăci sunt rezistente la foc, umiditate și asigură o bună izolare termică și fonică (vezi § 3.2.2.2f).

În tab. 3.2 sunt prezentate caracteristicile orientative pentru câteva tipuri de ipsos de construcții.

În afară de domeniul construcțiilor ipsosul de mai folosește în: turnătorie, agricultură, ceramică, sculptură, papetărie, fabricarea de cretă, a unor jucării, pictură, proteze și mulaje dentare, chirurgie etc.

Tabelul 3.2. Caracteristici ale unor ipsosuri de construcții

Caracteristici	Ipsos de tencuială cu aplicare		Ipsos de stucatură	Ipsos pentru elemente prefabricate
	manuală	mecanică		
Compoziție	β - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ + aditivi întârzietori	β - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ + $\text{CaSO}_4(\text{II})$ + aditivi întârzietori	β - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	β - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$
Finețe de măcinare: $R_{200\mu\text{m}}$, %	≤ 20	≤ 20	≤ 10	≤ 10
Raport apă/ipsos	55-80	45-65	70-80	70-80
Timp de priză, min., început sfârșit	40-90 60-120	60-120 120-240	≥ 4 6-30	≥ 4 ≥ 6
Densitate, kg/m^3 , în stare: umedă uscată	1 200-1 400 850-1 100	1 500-1 600 1 000-1 200	- 950-1 050	- 600-1 300
Porozitate, %	50-60	50-54	55-60	55-60
Rezistența în stare uscată, MPa, la: - încovoiere - compresiune	1-2 2,5-4	1-2 2,5-5	$\geq 2,5$ -	- 6-15
Conductivitate termică în stare uscată, $\text{W/m} \cdot \text{K}$	0,2-0,35	0,25-0,38	-	0,29-0,64

3.2.2.2 Alți lianți din ghips

a) Ipsosul de mare rezistență

Este un ipsos care conține, în principal α - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (cel puțin 90%) ceea ce îi conferă, după întărire, rezistențe mecanice mari și duritate ridicată. Datorită acestor caracteristici se folosește pentru realizarea de planșee și șape, pe care se aplică linoleum sau parchet. Ipsosul pentru șape se folosește sub formă de mortar în care agregatul poate fi nisip cuarțos, calcar sau anhidrit natural, cu dimensiunea maximă a granulelor, de regulă, de 2 mm. Mortarul poate fi :

- mortar vârtos – cu consistența de pământ umed și se aplică prin ștampare;
- mortar pentru șape autonivelante – cu consistență de pastă fluidă care se aplică prin turnare. Pentru acest tip de mortar se adaugă obligatoriu aditivi fluidizanți, iar începutul de priză trebuie să fie de minimum 60 minute. Prin expunerea acestuia, timp de 10-12 zile, în aer liber, la temperaturi $\geq 15^\circ\text{C}$ și umidități relative $\leq 75\%$ are loc uscarea sa, după care rezistențele la compresiune pot ajunge la $35\text{-}45 \text{ N/mm}^2$, iar cele la încovoiere la $7\text{-}9 \text{ N/mm}^2$.

Ipsosul pe bază de semihidrat, în amestec cu 1% clincher de ciment Portland alb și 5% wolastonit fibros (mineral natural pe bază de calciu și acid silicic cu temperatura de topire de 1540°C), mai poate fi folosit pentru realizarea de forme de turnare sub presiune a metalelor neferoase.

b) Ipsosul de modelaj

Acest tip de ipsos conține, în principal $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ împreună cu cantități mici de $\alpha\text{-semihidrat}$, pentru îmbunătățirea rezistențelor mecanice. Se obține la fel ca ipsosul pentru construcții, însă din materii prime mai curate (alabastru, de exemplu), cu un conținut redus de impurități colorate, și este mai fin măcinat. Dacă are un conținut de $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ de minim 87% și gradul de alb de 78% atunci este un ipsos de calitate a II-a, iar dacă are un conținut de $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ de cel puțin 92% și un grad de alb de 82% este un ipsos de calitate I. Este utilizat la obținerea de ornamente interioare, pentru mulaje, forme de turnare pentru industria ceramică de porțelan și faianță. Finețea de măcinare, exprimată prin restul pe sita de 200 μm , este de 2,5-4%, apa pentru pasta de consistență standard este de 70-90 $\text{cm}^3/100$ g ipsos, începutul de priză de cel puțin 8 minute, iar sfârșitul de priză este cuprins între 10 și 20 minute. Rezistențele mecanice la compresiune pe probe întărite, la 7 zile, și uscate la masă constantă pot fi de cel puțin 10 N/mm^2 , iar cele la încovoiere de cel puțin 4,5 N/mm^2 .

c) Ipsosul alaunat

Se fabrică prin arderea, în doua faze, a ghipsului. În prima fază se arde piatra de ghips, la temperaturi de 150-200°C, iar produsul rezultat se amestecă cu o soluție de alaun ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) cu care face priză. După întărire se arde din nou la circa 600°C și se macină fin. Din ipsos alaunat se obțin produse compacte, cu rezistențe mecanice mari, care se pot lustrui frumos, iar în amestec cu pigmenți minerali formează materiale care imită marmura.

d) Ipsosul de pardoseală

Este alcătuit exclusiv din anhidrit II și se obține prin calcinarea ghipsului la temperaturi înalte (900-1000°C). Pe lângă anhidrit mai conține și cantități mici de CaO (rezultat din disocierea CaSO_4) care are și rol de activator. Se compactează foarte bine în timpul prizei, care este lentă: începe după cel puțin 2 ore și se termină după 5-7 ore, iar rezistența mecanică la compresiune după 28 de zile este de 10-20 N/mm^2 . Este un material cu proprietăți termo- și fono-izolatoare, cu rezistență la uzură și elasticitate ridicată. În afară de obținerea de pardoseli interioare se mai folosește pentru tencuieli interioare, precum și la fabricarea elementelor prefabricate.

Pentru punerea în lucrare, la realizarea de pardoseli, pasta de ipsos se toarnă pe un strat de nisip și se compactează, după 10-15 ore de la turnare, până la 75% din grosimea inițială (sau când începe separarea apei la suprafață). După întărire, care durează 10-15 zile, se aplică pe pardoseală un strat hidrofobizant peste care se pune materialul de finisaj.

e) Ipsosul sanitar

Conține $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ și se utilizează în medicină pentru confecționarea corsetelor în ortopedie și pentru tipare dentare. Materia primă este un ghips de mare puritate, finețea de măcinare exprimată prin restul pe sita de 200 μm este de maximum 2%, apa pentru pasta de consistență standard variază între 70-90 $\text{cm}^3/100$ g ipsos, începutul de priză este de cel puțin 4 minute, iar sfârșitul de priză peste 10 miute. Pentru un astfel de ipsos rezistența la încovoiere din tracțiune trebuie să fie de cel puțin 1,5 N/mm^2 .

f) Plăci prefabricate din ipsos

f1) Plăcile de gips – carton (tehnologia Rigips) sunt alcătuite dintr-un miez compozit pe bază de ipsos așezat între două folii de carton, pentru a forma plăci rectangulare plate. Se utilizează, în mod

special, pentru protecție la foc, izolare acustică și termică, de exemplu, pentru finisări uscate ale căptușelilor pereților, pentru plafoane fixe sau suspendate, pentru pereți despărțitori sau ca protecție a coloanelor și grinzilor structurii de rezistență a clădirilor, pentru aplicații de pardoseală și izolații.

Sunt notate cu **GC**, notație urmată de o literă care precizează domeniul de utilizare: H-absorbție redusă de apă, E-pentru izolații, F-rezistență la foc, R-rezistență mare etc. (SR EN 520+A1/2010).

f2) Plăcile de ipsos armate cu țesătură sau împâslitură sunt alcătuite dintr-un miez de ipsos armat cu fibre care pot fi anorganice și/sau organice aranjate într-un material țesut sau nețesut pentru a forma plăci rectangulare plate. Mai pot conține adaosuri, umpluturi și fibre, dispersate în miezul de ipsos. Se utilizează pentru protecție la foc, acustică, izolare termică sau rezistență la alungire, de exemplu, pentru a oferi pereților finisări uscate ale căptușelilor, pentru fixarea și suspendarea plafoanelor, pentru compartimentări sau placări ale stâlpilor sau grinzilor de rezistență, pentru pardoseli, conducte de ventilație sau de extracție a fumului, mascări ale cablurilor și pentru izolații.

Sunt notate cu **GM**, notație urmată de litere ce le caracterizează proprietățile specifice: H-absorbție redusă de apă, I-densitate crescută la suprafață, R-rezistență mare, F-rezistență la foc (SR EN 15283-1+A1/2010).

f3) Plăcile de ipsos armate cu fibre sunt alcătuite dintr-un miez de ipsos armat cu fibre, care pot fi anorganice și/sau organice, dispersate în miez, eventual cu adaosuri și umpluturi, pentru a forma plăci rectangulare plate. Se utilizează pentru protecție la foc, acustică, izolare termică sau rezistență la forfecare, de exemplu, pentru finisări uscate ale căptușelilor pereților, pentru fixarea și suspendarea plafoanelor, pentru compartimentări sau placări ale stâlpilor sau grinzilor de rezistență, pentru pardoseli și aplicații de izolații.

Sunt notate cu **GF**, notație urmată de o literă, la fel ca mai sus, pentru a le caracterizate proprietățile specifice, cum ar fi: H, I, R, sau W pentru o absorbție redusă a apei la suprafață (SR EN 15283-2+A1/2010).

Condiții de calitate

Principalele criterii de apreciere a calității ipsosurilor sunt: culoarea, finețea de măcinare, apa necesară pentru obținerea unei paste de consistență standard, timpul de priză și rezistențele mecanice (vezi Materiale de Instalații, Lucrări de laborator - Lucrarea nr.3).

- a) **Finețea de măcinare** se determină prin trecerea ipsosului prin site, cu latura ochiurilor de 200 μm și 100 μm ., urmată de cântărirea restului de pe fiecare sită, iar rezultatul se exprimă în %.
- b) Se determină cantitatea de **apă necesară obținerii unei paste de consistență standard**, prin încercări succesive; se consideră că pasta are consistență standard dacă diametrul turtei, formate prin ridicarea unui inel standard, umplut cu pastă, este cuprins între 78 și 80 mm.
- c) **Timpul de priză** se determină cu ajutorul aparatului Vicat și constă în măsurarea timpului, în minute, considerat de la prepararea pastei de consistență standard până când aceasta opune o anumită rezistență la pătrunderea acului aparatului Vicat.
- d) **Rezistențele mecanice** se determină cu ajutorul mașinilor de încercat, pe epruvete prismatice de 40 mm x 40 mm x 160 mm, confecționate din pastă de consistență standard. Pe trei epruvete se determină rezistența la încovoiere, iar rezultatul se exprimă ca media aritmetică a rezultatelor individuale. Rezistența la compresiune se determină ulterior pe jumătățile de prismă obținute, din ruperea prin încovoiere.



Bibliografie



1. Maria Popescu, *Materiale de Construcții*, Institutul de Construcții București, 1990.
2. Maria Georgescu, Annemarie Puri, *Chimia Lianților Anorganici*, Editura Politehnica Press, București, 2004, ISBN 973-8449-71-5.
3. Maria Gheorghe, *Materiale de Construcție, Vol. 1*, Editura Conspress, București, 2010, ISBN 978-973-100-107-4.
4. Liliana Crăciunescu, Eugenia Popa, *Materiale de Construcție*, Editura Matrix Rom, București, 2004, ISBN 973-685-787-5.
5. Ion Robu, Maria Popescu, *Matériaux de Construction, 2*, Editura Conspress, București, 2005, ISBN 973-7797-66-3, ISBN 978-973-7797-98-8.
6. Alexandrina Simion, *Materiale de Construcție, Vol. 1*, UTCB multiplicare, 1997.
7. SR EN 520+A1/2010, Plăci de gips-carton. Definiții, specificații și metode de încercări.
8. SR EN 15283-1+A1/2010, Plăci de ipsos armate cu fibre. Definiții, condiții și metode de încercare. Partea 1: Plăci de ipsos armate cu țesătură sau împâslitură.
9. SR EN 15283-2+A1/2010, Plăci de ipsos armate cu fibre. Definiții, condiții și metode de încercare. Partea 2: Plăci de ipsos cu fibre.





Test de autoevaluare – MODULUL 3

Completați spațiile libere:

1. După principiul de încercare se cunosc metode nedistructive:.....
2. Metodele mecanice se bazează pe legătura dintre și
3. Defectosopia se utilizează pentru identificare și măsurarea
4. Metodele acustice de rezonanță se bazează pe legătura care există între și

Bifați căsuța corespunzătoare:

5. Lianții nehidraulici sau aerieni se întăresc numai în mediu uscat, iar după întărire nu rezistă la acțiunea dizolvantă a apei.
Adevărat ☐ Fals ☐
6. Ipsosul de construcție se obține prin deshidratarea ghipsului ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), la temperaturi de până la 100°C , și este alcătuit din semihidrat (α și β) și anhidrit solubil.
Adevărat ☐ Fals ☐
7. Priza este procesul de transformare a pastei plastice într-o masă rigidă, ca urmare a creșterii vâscozității acesteia, între anumite limite de timp, stabilite convențional.
Adevărat ☐ Fals ☐
8. Întărirea duce la creșterea rezistențelor mecanice, în timp, ca urmare a sudării macrocristalelor și microcristalelor de dihidrat.
Adevărat ☐ Fals ☐
9. Produsele pe bază de ipsos au un pH între 8 și 8,5.
Adevărat ☐ Fals ☐
10. Plăcile *gips-carton*, obținute prin tehnologia Rigips, sunt rezistente la foc, umiditate și asigură o bună izolare termică și fonică.
☐





Adevărat

Fals

☐

Răspunsuri

- 1. Mecanice, acustice, atomice, electromagnetice, electrice și electronice etc. (pag. 2)**
- 2. Duritatea superficială a materialelor și rezistențele lor mecanice. (pag. 2)**
- 3. Golurilor, fisurilor, rosturilor de turnare, cuiburilor de segregare, altor defecte. (pag. 4)**
- 4. Frecvența unei epruvete și modulul de elasticitate dinamic al materialului (pag. 5)**
- 5. Adevărat (pag. 7)**
- 6. Fals (pag. 9)**
- 7. Adevărat (pag. 10)**
- 8. Adevărat (pag. 10)**
- 9. Fals (pag. 12)**
- 10. Adevărat (pag. 12)**

