

Лекція 3.

Тема. Хімічна експертиза будівельних і лакофарбових матеріалів.

Мета. Ознайомлення з експертизою будівельних і лакофарбових матеріалів, скла.

План лекції.

1. Основні види будівельних матеріалів і виробів.
2. Методи дослідження, що застосовуються при оцінці якості матеріалів даної групи.

Зміст лекції

1. Основні види будівельних матеріалів і виробів.

Будівельні матеріали – матеріали для зведення та ремонту будівель і споруд. Поряд зі «старими» матеріалами, такими як деревина і цегла, з початком промислової революції з'явилися нові будматеріали – бетон, сталь, скло і пластмаса. В даний час широко використовують попередньо напружений залізобетон і металопластик.

Основні види будівельних матеріалів та виробів:

- кам'яні природні будівельні матеріали та вироби з них;
- в'яжучі матеріали неорганічні і органічні;
- деревинні матеріали та вироби з них;
- металеві вироби.

Залежно від призначення, умов будівництва і експлуатації будівель і споруд підбираються відповідні будівельні матеріали, які володіють певними якостями і захисними властивостями від впливу на них різної зовнішнього середовища. З огляду на ці особливості, будь-який будівельний матеріал повинен володіти певними будівельно-технічними властивостями. Наприклад, матеріал для зовнішніх стін будівель повинен володіти найменшою теплопровідністю при достатній міцності, щоб захищати приміщення від зовнішнього холоду; матеріал споруди гідромеліоративного призначення – водонепроникністю і стійкістю до зволоження і висихання; матеріал для

покриття доріг (асфальт, бетон) повинен мати достатню міцність і малу здатність до стирання, щоб витримати навантаження від транспорту.

Портландцемент – гідралічна в'язка речовина, що отримується шляхом спільного тонкого помелу клінкеру і гіпсу.

Клінкер – продукт випалення до спікання (при $t > 1480^{\circ}\text{C}$) однорідної, певного складу природної або сировинної суміші вапняку або гіпсу. Сировинну масу обпалюють в обертових печах.

Портландцемент як в'язучу речовину використовують при приготуванні цементних розчинів і бетонів.

Шлакопортландцемент – у своєму складі має гідралічну добавку у вигляді гранульованого, доменного шлаку, що охолоджується за спеціальним режимом. Його отримують шляхом спільного помелу портландцементного клінкеру (до 3,5%), шлаку (20-80%), і гіпсового каменю (до 3,5%). Шлакопортландцемент характеризується повільним наростанням міцності в початкові терміни твердіння, однак надалі швидкість наростання міцності зростає. Він чутливий до навколишньої температури, стійкий при вплив на нього м'яких сульфатних вод, має знижену морозостійкість.

Карбонатний портландцемент отримують шляхом спільного помелу цементного клінкеру з 30% вапняку. Він володіє зниженим тепловиділенням при твердінні, підвищеною стійкістю.

Марка портландцементу – умовне позначення, що виражає мінімальні вимоги до межі міцності при стискання зразків зі стандартного цементного розчину, виготовлених, затверджених і випробуваних в умовах і в терміни, встановлені нормативною документацією (ДСТУ 10178, ДСТУ 310). Марку портландцементу отримують шляхом округлення в нижчу сторону до цілих значень (400, 500, 550 і 600) міцнісного ряду в $\text{кг}/\text{см}^2$, що визначається відповідним стандартом (наприклад, в даному випадку, ДСТУ 10178), величин міцності при стисненні зразків – половинок призм розміром $4 \times 4 \times 16$ см, попередньо випробуваних на міцність при згині у терміні виготовлення 28 діб. Зразки виготовляються (ДСТУ 310) з розчинної суміші 1:3 на стандартному

нормальному піску при В/Ц близькому до 0,40, зберігаються до випробувань. Для віднесення цементу до певної марки, крім нормованих значень міцності при стисканні у віці 28 діб, повинні бути також визначені нормовані значення міцності при вигині, а для швидкотверднучого портландцементу і шлакопортландцементу, крім міцності в 28 діб, також нормовані значення міцності при стисненні і вигині в віці 3 діб.

Активність цементу, що використовується для розрахунків складу бетону та ін. сумішей, є показником міцності на стиск зразка розміром 4x4x16 см у віці 28 діб.

Крім передбачених ДСТУ 10178 марок 400, 500, 550 і 600, виробник цементу за технічними умовами може випускати цементи більш низьких (300, 200) або більш високих марок (700 і вище).

Поряд з характеристикою міцності цементу шляхом віднесення його до тієї чи іншої марки, нормативні документи (ДСТУ 30515, ДСТУ 30744, ДСТУ 31108) передбачають можливість віднесення цементу до певного класу міцності.

Матеріали на основі цементу: листи азбестоцементні (шифер), труби азбестоцементні, цементно-піщані вироби (блоки стінові та фундаментні, облицювальні, плити перекриттів, тротуарна плитка та ін.).

Бетони – найголовніший будівельний матеріал. Бетон – штучний кам'яний матеріал, отриманий в результаті формування і затвердіння бетонної суміші. Бетонної сумішшю називають перемішану до однорідного стану пластичну суміш, що складається з в'язучої речовини, води, наповнювачів і спеціальних добавок.

Важкий бетон – основний конструкційний будівельний матеріал, тому оцінці його міцнісних властивостей приділяється велика увага. Характеристики міцності бетону визначаються строго відповідно до вимог стандартів. Використовується кілька показників, що характеризують міцність бетону.

Крім міцності до основних властивостей прийняти відносити деформативність, морозостійкість і теплофізичні властивості, які багато в чому

залежать від пористості і здатності бетону поглинати воду в період експлуатації.

Істотний недолік звичайного важкого бетону – велика густина (2400-2500 кг/м³). Знижуючи густину бетону, будівельники досягають як мінімум двох позитивних результатів: знижується маса будівельних конструкцій і підвищуються їх теплоізоляційні властивості.

Легкі бетони – бетони з густиною менше 1800 кг/м³ – універсальний матеріал для огорожувальних та несучих конструкцій житлових і промислових будівель. З них виготовляють більшість стінових панелей і блоків, плит покрівельних покриттів і каменів для укладання стін.

Бетон має недолік, властивий всім кам'яним як природним, так і штучним матеріалам, – він добре працює на стиск, але погано чинить опір вигину і розтягуванню. Щоб підвищити міцність бетонних конструкцій на розтягнення і вигин, в бетон укладають сталевий дріт або стержні, які називаються арматурою. Арматура в перекладі з латинської означає «озброєння», тобто сталева арматура як би озброює, зміцнює бетон. Армований сталевими стержнями бетон називають залізобетоном. Причиною, чому арматура приймає на себе більшу частину навантаження, є відмінність в модулях пружності сталі $2 \cdot 10^5$ МПа і бетону (2-3) 10^4 МПа. Через те, що модуль пружності сталі в 10 разів вище модуля пружності бетону, при навантаженні залізобетонного елемента напруги, що виникають в сталі, приблизно в 10 разів вищі, ніж напруги в бетоні, тобто в матеріалі відбувається перерозподіл навантаження. Бетон завдяки своїй щільності та водонепроникності, з одного боку, і лужній реакції цементного каменю в бетоні, з іншого, захищає сталь від корозії. Крім того, бетон як порівняно поганий провідник тепла захищає сталь від швидкого нагрівання при пожежах. Сталеві конструкції під час пожежі швидко нагріваються, сталь розм'якшується і вся конструкція починає деформуватися навіть під власною вагою. У залізобетонних конструкціях сталева арматура захищена від вогню шаром бетону.

Завдяки універсальності і комплексу цінних властивостей залізобетон на важкому і легкому бетоні використовують для будівництва всіх типів будівель та інженерних споруд. Так, масове будівництво житлових будинків здійснюється зі збірного залізобетону, причому з нього виконують всі елементи будівлі. У багатоповерхових цегляних будинках фундаменти і перекриття – залізобетонні. Промислові будівлі і інженерні споруди в основному зводять із залізобетону.

Склом називають переохолоджені рідини, які не встигли при охолодженні перейти в кристалічний стан. Іншими словами скло – це рідини, які мають нескінченно велику в'язкість. Останнє і надає їм багато властивостей твердого тіла. На відміну від істинно твердих тіл скла при нагріванні не плавляться, а розм'якшуються, поступово переходячи в пластичний, а потім і в рідкий стан. При охолодженні процес йде в зворотній послідовності. Ще одна відмінна риса стекол – ізотропність – однаковість властивостей у всіх напрямках.

Здатність до утворення скла характерна для багатьох мінеральних і органічних речовин. Найбільш яскраво ця здатність виражена у діоксиду кремнію (SiO_2) і спрлук на його основі – силікатів, до складу яких входить більшість природних мінералів. У склоподібному стану можуть перебувати і багато інших матеріалів, наприклад, полімери (всім відомий термін «плексиглас» – органічне скло). В останні роки навіть метали вдалося отримати в склоподібному стані.

У будівництві, за малим винятком, застосовують силікатне скло, що отримується в промислових масштабах з найпростішої мінеральної сировини: кварцового піску, крейди, соди та інших компонентів (далі замість терміна «силікатне скло» буде використовуватися термін "скло").

Прозорість і можливість забарвлення скла в будь-які кольори, висока хімічна стійкість, досить висока міцність і твердість, електроізоляційні і багато інших цінних властивостей роблять скло незамінним будівельним матеріалом. Його використовують не тільки для спорудження світлопрозорих конструкцій (вікон, вітражів, ліхтарів), але і як конструкційний і обробний матеріал. У

сучасному будівництві висотних будівель часто мають фасади, повністю виконані зі скла з поліпшеними декоративними, світловідбиваючими і теплозахисними властивостями. Крім того, зі скла отримують різні скловироби (блоки, труби, склопрофіліт), ефективні теплоізоляційні матеріали (піноскло і скляну вату), а також скловолокно і склотканини.

Необхідно відзначити, що на процес скловаріння витрачається дуже багато енергії, і при цьому в атмосферу надходить багато шкідливих викидів. Тому і екологічно, і економічно доцільно виробляти скловироби з вторинної сировини (склобою, скляного посуду). Це оцінили в більшості країн Західної Європи, де до 80% скла отримують саме таким чином.

В залежності від будови розрізняють тонку кераміку (черепок склоподібний або дрібнозернистий) і грубу (черепок крупнозернистий). Основні види тонкої кераміки – порцеляна, напівпорцеляна, фаянс, майоліка. Основний вид грубої кераміки – гончарна кераміка, крім того, розрізняють кераміку карбідну, боридну, силіцидну та ін.

Санітарно-технічну кераміку (раковини, унітази, труби, хімічний посуд) виготовляють з фаянсу і порцеляни.

Фаянс (від назви італійського міста Фаенца) – різновид тонкої кераміки, що отримується з білих глин (60-65%), кварцу (30-35%) і польового шпату (3-5%). Відформований з пластичної маси і висушений виріб піддають первинному випалу при температурі 1250-1280°C, після чого на його поверхню наноситься глазур і проводиться повторний випал (1050-1150°C) для глазурування. Поливання фаянсу необхідно, так як він має пористий черепок ($P = 20-25\%$) і високе водопоглинання.

Порцеляна – вироби тонкої кераміки з щільним черепком – отримують так само, як і фаянс з білих глин (близько 50%), але з великим вмістом польових шпатів (20-24%) і меншим вмістом кварцу (20-25%). Порцеляна має щільний, повністю спечений черепок, що просвічує в тонкому шарі. Порцелянові вироби санітарно-технічного призначення також покривають

глазур'ю для додання їм гладкості та підвищення санітарно-гігієнічних властивостей.

Керамічні санітарно-технічні вироби відрізняються декоративністю, універсальною хімічною стійкістю; завдяки твердій і гладкій поверхні вони легко чистяться, тривалий час зберігаючи свої властивості. Недолік таких виробів, як і кераміки в цілому, – крихкість. Незважаючи на це, кераміка залишається найкращим матеріалом для санітарно-технічних виробів.

Напівпорцеляна за властивостями займає проміжне положення між порцеляною і фаянсом, черепок білий, водопоглинання 3-5%, використовується у виробництві посуду.

Майоліка має пористий черепок, водопоглинання близько 15%, вироби мають гладку поверхню, блиск, малу товщину стінок, покриваються кольоровою глазур'ю і можуть мати декоративні рельєфні прикраси. Для виготовлення майоліки застосовується лиття. Сировина – білі глини (фаянсова майоліка) або червоні глини (гончарна майоліка), плавні, крейда, кварцовий пісок.

Гончарна кераміка має черепок червоно-коричневого кольору (використовуються червоні глини), великої пористості, водопоглинання до 18%. Вироби можуть покриватися безбарвними глазурями, розписуються кольоровими глиняними фарбами – ангобами.

Нанокераміка – керамічний наноструктурний матеріал (англ. Nanoceramics) – компактний матеріал на основі оксидів, карбідів, нітридів, боридів та інших неорганічних сполук, що складається з кристалітів (зерен) із середнім розміром до 100 нм. Нанокераміка застосовується для виробництва бронекераміки, генераторних ламп СВЧ-діапазону, підкладки для напівпровідникових приладів, ізоляторів для вакуумних дугогасильних камер, силових напівпровідникових приладів і електронно-оптичних перетворювачів в приладах нічного бачення.

Лак – розчин органічних полімерів штучно синтезованих або природного походження (смоли), в різних органічних розчинниках або воді. При затвердінні утворює прозору, блискучу або матову плівку.

Лаки представляють собою розчини твердих речовин в рідинах, здатних або випаровуватися, або висихати; тверді речовини – різні смоли, а рідинами-розчинниками служать етиловий (винний) і метиловий спирти, ефірні і рослинні масла, що висихають. Смоляний розчин, накладений на поверхню, що лакується, висихає, залишаючи тонку, прозору і блискучу плівку (в практиці звану лакуванням), властивості і якості якої визначають переваги взятого лаку.

За типом розчинників лаки поділяються на три основні групи: лаки спиртові, скипидарні і масляні. Кожна з названих груп має свій підбір смол, відрізняється своїми характерними властивостями і призначенням; виробництво лаків кожної групи вимагає особливих прийомів і пристосувань.

Лаки використовують для одержання прозорих покриттів, коли потрібно захистити й одночасно зберегти або особливо підкреслити структуру поверхні, що фарбується, головним чином цінних порід деревини. В цьому випадку лак наносять на підготовлену поверхню виробу. Лак як останній шар у системі багат шарового покриття додасть йому гарний зовнішній вигляд і підвищить експлуатаційні властивості.

Фарби – загальна назва для групи кольорових фарбуючих речовин, призначених для безпосереднього використання в тій чи іншій сфері побуту. За хімічним складом пігменти та виготовлені з них фарби поділяються на мінеральні (неорганічні солі або оксиди металів) і органічні (складні сполуки, в основному рослинного або тваринного походження). І ті й інші можуть бути натуральними (природними) і штучними (синтетичними).

Найчастіше, під словом «фарби» мають на увазі суспензії пігментів або їх суміші з наповнювачами, в зв'язуючому – оліфі, ПВА-емульсії, латексах або інших плівкоутворюючих речовинах. Фарби наносять безпосередньо на наявний матеріал або на ґрунт.

Фарби можуть бути призначені для розфарбовування або для забарвлення предметів для створення живописних полотен, розписів, для отримання декоративного покриття. Після висихання або полімеризації фарби утворюють забарвлену однорідну плівку, зазвичай непрозору або напівпрозору. Ще одним дуже важливим призначенням фарб є захист поверхні. Вони захищають метали від корозії, а деревину від висихання і гниття.

Розрізняють такі види фарб:

- акрилові фарби;
- водні (клейові) – напівпрозора акварель, і заглушена гуаш (сухі і рідкі фарби);
- верхові фарби (для тканини, устар.);
- воскові фарби;
- фарби для гриму;
- казеїнові фарби;
- олівець;
- керамічні фарби;
- фарби для волосся;
- фарби для тканин;
- фарби для поліграфії;
- масляні фарби, а також емалеві фарби, алкідні фарби;
- металізовані фарби для поліграфії;
- палітурні фарби;
- силікатні фарби;
- сумішеві фарби;
- темпера – на основі яєчного жовтка;
- емульсійні фарби;
- фарба для татуювання.

Лакофарбові матеріали (ЛФМ) – це композиційні склади, що наносяться на оброблені поверхні в рідкому або порошкоподібному вигляді рівномірними тонкими шарами і утворюють після висихання та затвердіння плівку, що має міцне зчеплення з основою. Сформовану плівку називають

лакофарбовим покриттям, властивістю якого є захист поверхні від зовнішніх впливів (води, корозії, температур, шкідливих речовин), надання їй певного виду, кольору і фактури.

ЛФМ поділяються на такі групи:

- фарба;
- емаль;
- лак;
- ґрунтовка;
- шпаклівка;
- антисептик;

2. Методи дослідження, що застосовуються при оцінці якості будівельних матеріалів, кераміки, лаків, фарб, скла.

Значний вплив на властивості будівельного матеріалу надають його мікро- і макроструктура. Основні структурні характеристики будівельних матеріалів багато в чому визначають їх фізичні, механічні, фізико-хімічні та хімічні властивості. До фізичних властивостей відносяться: середня густина; пористість; гігроскопічність; водовіддача; водо-, паро- і газопроникність; тепловодне, теплоємне і теплове розширення; вогнестійкість і вогнетривкість; акустичні властивості; морозостійкість. Механічні властивості об'єднують: гнучкість; пластичність; тиксотропію (здатність відновлювати свою структуру після руйнування). До фізико-хімічних властивостей відносять: дисперсність; гідрофільність; гідрофобність; корозію. На властивості будівельних матеріалів також впливають форма і розмір часток твердої речовини, з якого вони складаються.

Найбільш поширеними фізико-хімічними методами аналізу структури матеріалів є:

- петрографічний метод;
- електронна мікроскопія;
- рентгенографічний аналіз;

- диференційно-термічний аналіз;
- спектральний аналіз.

Петрографічний метод використовується для дослідження мінералів, будівельних матеріалів (цементу, бетону), скла, кераміки і т.д. Петрографічний аналіз включає два різних за своєю природою методи: мікроструктурний (мікроскопічний) та термічний. Мікроструктурний аналіз базується на визначенні в шліфах оптично постійних, характерних лише для певної кристалічної речовини, показників. За оптичними константами визначаються мінералогічний склад, а за співвідношенням та розташуванню речовин встановлюється його мікроскопічна структура. Мікроструктурний аналіз дозволяє класифікувати мінерали та штучні матеріали за складом та мікроструктурою для виявлення покладів природних ресурсів й виробничої технології. Зразки досліджуються за допомогою мікроскопа МБС (бінокулярний стереоскопічний різних модифікацій) в прозорих шліфах у світлі, що проходить, та різні їх фракції – у імерсійних препаратах. Аналіз також потребує наявності спеціального пристрою – «федорівського універсального стільця», що обертається. Термічний аналіз базується на вивченні теплових ефектів, що відбуваються внаслідок фізико-хімічних перетворень речовин при зміні температури, і які супроводжуються виділенням чи поглинанням тепла. Термічний аналіз використовується для діагностики мінерального складу різних речовин.

Метод світлової мікроскопії спрямований на визначення характерних для кожного матеріалу оптичних властивостей. Головні оптичні властивості мінералів – показники світлопереломлювання, оптичний знак, колір та ін. Існує кілька модифікацій даного методу: поляризаційна мікроскопія призначена для вивчення зразків у вигляді порошків в спеціальних імерсійних апаратах; мікроскопія в світлі, що проходить – для вивчення прозорих шліфів. Для проведення цих досліджень застосовують поляризаційні мікроскопи. **Електронна мікроскопія** застосовується для дослідження тонкокристалічної

маси. Сучасні електронні мікроскопи мають корисне збільшення до 300 000 разів, що дозволяє вивчити:

- форму і розміри окремих субмікроскопічних кристалів;
- процеси росту і руйнування кристалів;
- процеси дифузії;
- фазові перетворення при термічній обробці і охолодженні і ін.

Рентгенографічний аналіз – це метод дослідження будови і складу речовини шляхом експериментального вивчення дифракції рентгенівських променів в цій речовині. Застосування рентгенівського випромінювання для дослідження кристалічних речовин засноване на тому, що його довжина хвилі порівнянна з міжатомними відстанями в кристалічній решітці речовини, яка є природною дифракційною решіткою для рентгенівських променів.

Диференційно-термічний аналіз (ДТА) використовується для визначення мінерально-фазового складу будівельних матеріалів. Суть методу така, що про фазові перетворення в матеріалі можна судити за тепловими ефектами, що супроводжують ці перетворення. При фізичних і хімічних процесах перетворення речовини енергія у вигляді теплоти може поглинатися або виділятися з нього. Це метод дослідження, що полягає в нагріванні або охолодженні зразка з певною швидкістю і записі тимчасової залежності різниці температур між досліджуваним зразком і зразком порівняння (еталоном), що не зазнає жодних змін в розглянутому температурному інтервалі. Метод використовується для дослідження ліків, продуктів харчування і біологічних препаратів, органічних і неорганічних речовин. Можливо вимір наступних величин: температура склування, температура кристалізації, температура плавлення і температура сублімації.

Термічний аналіз дозволяє вимірювати зміну деякого фізичного показника – маси, лінійних розмірів, магнітної проникності або електропровідності при зміні температури. Часто виявляється можливим одночасно проаналізувати виділяються гази або досліджувати флюоресценцію, що виникає при нагріванні зразка. Ці явища дають інформацію щодо

поглинання і виділення зразком вологи та інших фаз, вказують на перебіг таких хімічних реакцій, як розкладання і окиснення.

Термогравіметричний метод аналізу базується на вимірюванні зміни маси досліджуваної речовини при нагріванні як показника хімічних перетворень в досліджуваному матеріалі. Метод є важливим доповненням до диференційно-термічного аналізу, так як криві втрати ваги дають нову інформацію і допомагають більш точно охарактеризувати кількісну сторону процесів, що протікають. При нагріванні може відбуватися як зменшення, так і збільшення ваги матеріалу. Зменшення ваги, як правило, обумовлюється виділенням з речовини газоподібних продуктів (CO_2 , SO_2 , парів H_2O і т.п.), а збільшення ваги – поглинанням речовиною кисню в процесі окиснення, CO_2 в процесі рекарбонізації. Однак для більшості мінералів збільшення ваги при нагріванні надзвичайно мале і їм нехтують. Втрати ж ваги, навпаки, значні, і саме на їх визначенні заснований даний метод аналізу.

Метод ртутної порометрії дозволяє визначати розподіл пор за розмірами в широкому діапазоні швидко і точно. Застосування порометрії – гірські породи і руди, пігменти, вуглець і графіт, каталізатори і мінерали, скло, плівки, адсорбенти, добрива, кам'яне вугілля, фільтри, наповнювачі, тканини і волокна, прокладки батарей, волокнисті пластини, вогнетривкі матеріали, папір, ядерне паливо, металеві шлаки і композитні матеріали. Порометри використовується для визначення мінімального діаметра пор, максимального розміру пор, середнього діаметра пор, розподілу пор за розмірами, рідинну і газову проникність в пористому матеріалі. Для цього зразок повністю змочується рідиною, яка повністю заповнює всі пори. Після цього на зразок подається газ під тиском і починає витіснятися рідина з пор зразка, долаючи капілярний ефект. Тиск поступово підвищують і повністю витісняють рідина із пор зразка, дозволяючи проходити газовому потоку через пори. Вимірюючи диференціальний тиск і показники потоку газу через змочений і сухий зразки, можна обчислити структурні характеристики пори. Результати характеризуються високу точність вимірювань і стабільністю.