

ЛЕКЦІЯ «Теплоізоляційні матеріали»

1. Призначення і різновиди теплоізоляційних матеріалів

Теплоізоляційними називають будівельні матеріали, що мають малу теплопровідність і здатні зберігати стабільні фізико-механічні і теплотехнічні властивості в умовах експлуатації.

Теплоізоляційні матеріали характеризуються пористою будовою і, як наслідок цього, малою густиною (не більше 600 кг/м³).

Призначення і класифікація теплоізоляційних матеріалів

Теплоізоляційні матеріали, які застосовуються у футеровках теплових агрегатів мають наступні призначення:

1) Максимально можливе обмеження теплових втрат через футеровку в оточуюче середовище.

2) Зменшення матеріалоємності теплових установок (виходячи з умов техніки безпеки експлуатації печей при розрахунках товщини стін температуру їх зовнішньої поверхні футеровки на робочих місцях приймають не вище 45°C; при екранізації зовнішньої поверхні стін їх температура може бути підвищена до 120°C).

3) Зменшення витрат тепла і часу, необхідних на розігрів стін печей до заданої технологічної температури.

Теплоізоляційні матеріали, які мають менше значення коефіцієнту теплопровідності λ , а також меншу густину ρ і повну теплоємність c вигідно відрізняються від звичайних щільних вогнетривів. Для порівняння ізоляційної здатності цих матеріалів слід пам'ятати, що вогнетриви мають λ_0 від 0,7 (у шамоту) до 6,15 Вт/(м·°C) (у магнезиту), в той час як λ_0 у теплоізоляційних матеріалів коливається в межах від 0,03 до 0,3 Вт/(м·°C).

Теплоізоляційні матеріали класифікують за рядом ознак:

- за своїм походженням їх поділяють на природні і штучні.
- за температурою застосування теплоізоляційні матеріали поділяють на три групи:

- низькотемпературні, що не використовуються при нагріванні вище за 900°C;

- середньотемпературні, які мають діапазон застосування 900-1200°C;

- високотемпературні – від 1200°C та вище.

- *За формою й зовнішнім виглядом* розрізняють теплоізоляційні матеріали:

- штучні тверді (плити, шкарлупи, сегменти, цегли, циліндри);

- гнучкі (мати, шнури, джгути);

- пухкі й сипучі (вата, перлітовий пісок, спучений вермикуліт).

Залежно від *твердості* (відносної деформації) виділяють:

- матеріали м'які (М) - мінеральна й скляна вата, вата з каолінового й базальтового волокна,

- напівтверді (П) - плити зі шпательного скловолокна на синтетичному з'язувачі та ін.,

- жорсткі (Ж) - плити з мінеральної вати на синтетичному з'язувачі,

- підвищеній жорсткості (ПЖ),

- тверді (Т).

За густиною теплоізоляційні матеріали ділять на марки: 15, 25, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600 (цифра відповідає об'ємній густині в кг/м³).

По теплопровідності теплоізоляційні матеріали розділяються на класи:

- А - низької теплопровідності до 0,06 Вт/(м·К),

- Б - середньої теплопровідності - від 0,06 Вт/(м·К) до 0,115 Вт/(м·К),

- В - підвищеної теплопровідності - від 0,115 Вт/(м·К) до 0,175 Вт/(м·К).

2 Природні теплоізоляційні матеріали

В якості природних теплоізоляторів використовують азбест, перліт, діатоміт і трепел.

Азбест розповсюджений в природі у формі волокнистої маси. На базі азбесту виготовляють різноманітні ізоляційні матеріали: вату, войлок, картон, шнури, плити.

При нагріванні вище 500°C азбест внаслідок дегідратації розруйнується, перетворюючись у порошок. Плавиться він при температурі вище 1500°C .

Перліт – гірська порода вулканічного походження, яка після випалювання спучується і набуває об'єм у 10 разів більше, ніж до випалювання. При цьому утворюється перлітовий пісок високої пористості (розмір пор коливається від 0,5 до 10 мкм). Перлітовий пісок застосовується для виконання теплоізоляційного шару засипки між сталевим кожухом і вогнетривкою кладкою, а також для виробництва перлітокерамічних та перлітоцементних виробів.

Діатоміт являє собою пористі осадові утворення з панцирів мікроводоростей (діатомій), які складаються в основному з аморфного кремнезему.

Трепел представляє собою нагромадження кремнеземистих скелетів радіолярій і губок.

Діатоміт і трепел застосовують в сирому і випаленому стані у вигляді засипок і готових виробів. Вони витримують температуру до 900°C . Вироби випускаються трьох марок (по об'ємній густині): 500, 600 і 700 з відповідними значеннями коефіцієнтів теплопровідності $\lambda_0 = 0,18; 0,21$ і $0,27$ Вт/(м $\cdot^{\circ}\text{C}$).

Механічна міцність таких виробів низька. Межа міцності при стисненні коливається від 60 до 150 Н/см 2 . ВАТ «Диатомовый комбинат» налагодив

виробництво пінодіатомітової теплоізоляційної цегли КПД-400. Фізико-хімічні властивості якої наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Фізико-хімічні показники цегли пінодіатомітової теплоізоляційної КПД-400

Найменування	Показник
Геометричні розміри (механічна обробка по шести гранях), мм×мм×мм	246×122×64 (±0,5 мм) 250×123×65 (±0,5 мм)
Густина, кг/м ³	465
Теплопровідність, Вт/(м·К) не більше при (200 ±3)°С при (400 ±5)°С при (600 ±5)°С	0,121 0,138 0,156
Межа міцності при стиску, МПа не менше	1,1
Лінійна температурна усадка при температурі 900°С, %, не більше	1,5
Максимальна температура застосування, °С	900
Хімічний склад діатоміту:	
Оксид кремнію, SiO ₂	81,78
Оксид титану, TiO ₂	0,27
Оксид заліза, Fe ₂ O ₃	2,48
Оксид алюмінію, Al ₂ O ₃	5,48
Оксид магнію, MgO	0,78
Оксид кальцію, CaO	0,3
Оксид натрію, Na ₂ O	0,18
Оксид калію, K ₂ O	1,25
Оксид сірки, SO ₃	0,21
Оксид марганцю, MnO	0,01
Оксид фосфору, P ₂ O ₅	0,03
Втрати при прожарюванні 1000°С, %	7,23

3 Легковагові штучні вогнетривкі вироби

3.1 Нові види вогнетривких матеріалів

За останні роки створена досить велика група нових теплоізоляційних матеріалів із пластмас. Сировиною для їхнього виготовлення служать термопластичні (полістирольні; поливінілхлоридні, поліуретанові) і термореактивні (сечовино-формальдегідні) смоли, газоутворюючі й речовини, що спінюються, наповнювачі, пластифікатори, барвники й ін.

Залежно від структури, теплоізоляційні пластмаси можуть бути розділені на дві групи: пінопласти й поропласти. **Пінополістирол**

випускають марки ПСБ-С у вигляді плит розміром $1000 \times 500 \times 100$ мм і густиною (25-40) кг/м³.

Цей матеріал має теплопровідність 0,05 Вт/(м·К), максимальна температура його застосування 70°C. Стільнікопласти - теплоізоляційні матеріали з комірками, що нагадують форму бджолиних стільників. Стільнікопласти виготовляють у вигляді плит довжиною (1,0-1,5) м, шириною (550 – 650) мм і товщиною (300 – 350) мм. Їхня густина (30-100) кг/м³, теплопровідність (0,046-0,058) Вт/(м·К), міцність при стисканні (0,3-4,0) МПа.

Алюмінієва фольга - теплоізоляційний матеріал, що являє собою стрічку гофрованого паперу з наклеєною на гребені гофрованою алюмінієвою фольгою. Даний вид теплоізоляційного матеріалу, на відмінність від будь-якого пористого матеріалу, поєднує низьку теплопровідність повітря, що міститься між аркушами алюмінієвої фольги, з високою віддзеркалювальною здатністю самої поверхні алюмінієвої фольги. Алюмінієву фольгу для цілей теплоізоляції випускають у рулонах шириною до 100 мм, товщиною (0,005 - 0,03) мм.

Оптимальна товщина повітряного прошарку між шарами фольги повинна бути (8 - 10) мм, а кількість шарів повинна бути не менше трьох. Густина такої шарової конструкції з алюмінієвої фольги (6-9) кг/м³, теплопровідність – (0,03 - 0,08) Вт/(м·К). Алюмінієву фольгу застосовують як віддзеркалюючу ізоляцію в теплоізоляційних шарових конструкціях будинків і споруд, а також для теплоізоляції поверхонь промислового устаткування й трубопроводів при температурі 300°C.

Мінеральна вата й вироби з неї. Мінеральна вата - волокнистий теплоізоляційний матеріал, одержуваний із силікатних розплавів. Сировиною для її виробництва служать гірські породи (вапняки, мергелі, діорити й ін.), відходи металургійної промисловості (доменні й паливні шлаки) і промисловості будівельних матеріалів (бій глиняної й силікатної цегли).

Мінеральна вата це пухкий матеріал, що складається з найтонших переплетених мінеральних волокон і невеликої кількості склоподібних включень (кульок, циліндриків і ін.)

Залежно від густини мінеральна вата підрозділяється на марки 75, 100, 125 і 150. Вона вогнестійка, не гниє, малогігроскопічна й має низьку теплопровідність (0,04 - 0,05) Вт/(м·К).

Скляна вата й вироби з неї. Скляна вата це матеріал, що складається з безладно розташованих скляних волокон, отриманих з розплавленої сировини. Сировиною для виробництва скловати служить сировинна шахта для варіння скла (кварцовий пісок, кальцинована сода й сульфат натрію) або скляний бій.

Скляне волокно значно більшої довжини, ніж волокна мінеральної вати й відрізняється більшою хімічною стійкістю й міцністю. Густина скляної вати (75-125) кг/м³, теплопровідність (0,04-0,052) Вт/(м·К), гранична температура застосування скляної вати 450°С. Зі скловолокон виробляють мати, плити, смуги й інші вироби, у тому числі тканини.

Основні фізичні властивості перлітокерамічної цегли та спученого вермикуліту марки 150 наведені в таблицях 8.1 і 8.2.

Базальтове волокно – матеріал, що отримується з гірських базальтових порід в плавильних печах з наступним перетворенням у волокна без використання хімічних добавок. Пористість базальтового волокна може складати 70% і більше.

Таблиця 8.1 - Фізичні властивості перліту

Найменування показника	Показники для цегли	
Розмір, марка	450	550
Розмір мм×мм×мм	250×123×65	250×123×65
Густина, кг/м ³	400 - 499	500 - 599
Теплопровідність, Вт/(м·К)	0,105-0,137	0,135-0,176
Міцність на стискання, не більше, МПа	1,0 - 1,5	1,5 - 2,0
Лінійна температурна усадка, % при температурі 900°С	2	2

Таблиця 8.2 - Фізичні властивості спученого вермікуліту марки 150

Найменування показника	Типові значення
Температура використання, °С	От -260 до +1100
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К) при 25°С при 325°С	0,6 0,13
Об'ємна маса, не більше, кг/см ³	150

3.2 Легковагові вогнетривкі вироби

Легковагові вогнетривкі вироби, що застосовуються в якості теплоізоляторів, мають, як правило, більш високу теплопровідність у порівнянні з іншими теплоізоляційними матеріалами, але вони можуть надійно служити при високих температурах.

Легковагові вогнетривкі вироби, на відміну від щільних вогнетривів, характеризуються суттєво зниженими шлакостійкістю, термостійкістю і міцністю. Тому вони не використовуються в якості робочих вогнетривів там, де на футеровку впливає розплав, мають місце значні температурні напруження або механічні навантаження. При відсутності зазначених впливів легковагові вогнетривкі вироби застосовуються в якості робочих вогнетривів (інколи під шаром захисного вогнетривкового покриття).

Зазвичай при застосуванні легковагових вогнетривких виробів в якості теплоізоляторів вони укладаються на зовнішню поверхню робочого вогнетриву або між робочим вогнетривом і шаром більш ефективної теплової ізоляції у багатошарових обмурівках.

Для виробництва легковагових вогнетривів застосовують різні способи:

- 1) вигоряючих добавок;
- 2) пінокерамічний;
- 3) хімічний.

Для виробництва легковагових вогнетривів за першим способом у шихту вводять 30-35% (по масі) домішок, які легко вигоряють при відпалюванні (тирсу, деревинне вугілля і т. ін.). Висушують і випалюють

вироби, як правило, за режимами, аналогічними тим, котрі застосовуються при виробництві звичайних вогнетривів даного виду. В результаті отримують вироби густиною $\rho = 1-1,3 \text{ г/см}^3$ і $\lambda = 0,52 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$. В теплоенергетиці широко застосовують легковагові шамотні, високоглиноземисті і динасові вогнетриви. Вищезазначені способи виробництва легковагових виробів придатні для отримання пористих виробів з магнезиту, форстериту, корунду та інших вогнетривів.

Легковагові вогнетриви маркують в залежності від об'ємної маси.

Наприклад, ШЛА-1,3, ДЛ-1,2, МКРЛ-0,5 і т. ін., де перші літери вказують матеріал (шамотний, динасовий, мулітокремнеземистий), Л – легковаговий, а цифри – густину в г/см^3 .

Кращими теплоізоляційними властивостями характеризуються вироби, отримані хімічним або пінокерамічним способами. Густина таких виробів становить $0,3-1,5 \text{ г/см}^3$.

Масу при зазначених способах виробництва готують у вигляді шлікеру.

В якості піноутворюючого матеріалу застосовують каніфольне мило, яке дає стійку піну. При хімічному способі у масу вводять газоутворюючі матеріали.

Розлиту по формам масу висушують, а потім випалюють.

Гранична температура використання легковагового шамоту становить $1150-1270^\circ\text{С}$, динасу 1550°С , корунду 1750°С .

Волокнисті вогнетривкі теплоізоляції отримують з різноманітної вогнетривкої сировини (після її розплавлення) у вигляді вати, вони мають звичайно дуже низький коефіцієнт теплопровідності. Це обумовлено їх високою пористістю і точковим характером контактів між волокнами.

Завдяки малій густині вони дозволяють зменшити загальну масу футеровок на 60%. Футеровки пічних агрегатів з алюмосилікатних волокон у 2-3 рази тонші, а здатність акумулювати тепло у 10 разів менша у порівнянні із звичайними щільними вогнетривами. Застосування волокнистих

теплоізоляцій у промислових печах дозволяє зменшити їх матеріаломісткість у декілька разів та знизити витрати палива на 30-40%.

Нині найбільш доступні алюмосилікатні матеріали каолінового складу (50% Al_2O_3 , 50% SiO_2), які застосовують у вигляді каолінової вати з вогнетривкістю $1850^{\circ}C$, а також у вигляді готових виробів. Вітчизняне алюмосилікатне волокно має температуру застосування $1100-1260^{\circ}C$. З вогнетривкої алюмосилікатної вати виготовляють рулонний матеріал, повсть, плити, папір і картон.

Волокнисті теплові ізоляції застосовуються у всіх галузях промисловості: від побутових газових і електропечей, холодильників до потужних теплових агрегатів у металургії, машинобудуванні та енергетиці. Матеріали екологічно чисті, їхнє застосування дозволяє зменшити матеріалоемність обмуровки і масу каркасу, об'єм фундаментів і загальну масу конструкцій, сприяє економії палива (особливо в печах періодичної дії).