**Практична робота №4**

**Тема:** ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ВЛАСТИВОСТЕЙ І ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛА ТА ВИРОБІВ ІЗ СКЛА

**Мета:** Ознайомлення з основними характеристиками, властивостями та технологіями виготовлення скла і виробів із скла; формування вмінь та навичок з визначення (за зразками) виду скла, його характеристики та основних властивостей.

ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

**Скло** – це аморфне тіло, отримане переохолодженням розплаву, який у результаті поступового збільшення в’язкості набуває властивостей твердого тіла, причому цей процес є зворотним.

**Сировинні матеріали** для виробництва скла умовно поділяють на *основні* й *допоміжні*.

*Основні матеріали* містять оксиди, які утворюють структуру скла й визначають його властивості: кремнезем, глинозем, оксиди натрію, кальцію, калію, барію, свинцю, цинку, літію, борний ангідрит. Так, оксид Na2О прискорює процес варіння, знижуючи температуру плавлення, але зменшує хімічну стійкість скла. Оксид СаО, навпаки, підвищує хімічну стійкість, оксид А12О3 підвищує міцність, термічну і хімічну стійкість, оксид РbО підвищує показник світлозаломлення.

*Допоміжні матеріали* (барвники, глушники, прискорювачі) вводять для покращання реологічних характеристик скломаси, прискорення її варіння, забарвлення, освітлювання, сприяння кристалізації тощо.

Сировинні матеріали можуть застосовуватися як у вигляді природної сировини, так і у вигляді відходів хімічної, металургійної, гірничодобувної промисловості.

**Технологія виготовлення скла та виробів** на його основі передбачає такі операції та процеси:

* *підготовку сировинних матеріалів*: подрібнення та розмелювання крупних кусків, сушіння вологих матеріалів, класифікація дисперсних матеріалів;
* *приготування скляної шихти*: починається з усереднення, дозування та перемішування компонентів;
* *скловаріння* здійснюється у печах безперервної (ванні печі) і періодичної (горщикові печі) дії та складається з п'яти етапів: силікатоутворення, склоутворення, освітлення, гомогенізації та охолодження:

І-й етап – температура близько 725°С…1150°С – силікатоутворення;

ІІ-й етап – температура 1150°С…1250°С – склоутворення;

ІІІ-й та ІV-й етап – температура 1150...1600°С – освітлення та гомогенізація скломаси;

V-й етап – охолодження скломаси на 300...400°С, внаслідок чого вона набуває в'язкості, необхідної для формування виробів.

* *формування зі скломаси матеріалів та виробів* здійснюється різними методами: вертикальним та горизонтальним витягуванням, прокатуванням, способом плаваючої стрічки (флоат-спосіб), пресуванням, видуванням, пресо видуванням, литтям тощо.
* *механічна, термічна й хімічна обробка виробів* для підвищення експлуатаційних властивостей (відпалювання, гартування, травлення з наступним покриттям плівками, електрохімічна обробка поверхні, мікрокристалізація і т.п.);
* *заключна стадія обробки* включає операції шліфування, полірування, декоративної обробки.

**Властивості скла** (табл. 1). Структура скла зумовлює ряд його специфічних властивостей, у тому числі прозорість, міцність, стійкість до атмосферних впливів, водо- та газонепроникність.

Таблиця 1 **– Основні властивості скла**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Властивості*** | ***Показник*** |
| *Питома вага, г/см3*  | *2,2 – 2,8* |
| *Межа міцності на стиск, МПа*  | *60 – 150* |
| *Межа міцності на розтяг, МПа*  | *35 – 85* |
| *Модуль пружності, кг/мм2*  | *4700 – 10000* |
| *Твердість за шкалою Мооса*  | *5-7* |
| *Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·год·град.*  | *0,61 – 1,08* |
| *Коефіцієнт теплоємності, Вт/кг·град.*  | *0,08 – 0,25* |
| *Коефіцієнт термічного розширення*  | *5·10-7 - 20·10-7* |

*Оптичні властивості скла* характеризуються прозорістю, світлопроникністю, світлопоглинанням, світловідбиванням, світлорозсіюванням. Звичайні віконні стекла пропускають видиму частину світлового спектра й не пропускають інфрачервоних та ультрафіолетових променів. Світлопроникнення вимірюють *коефіцієнтом пропускання,* який визначається відношенням кількості світлової енергії, що пройшла крізь скло, до повної його енергії. Світлопропускання віконного скла при товщині 5 мм становить 84...87% і залежить не лише від виду скла, а й від кута падіння світлових променів.

*Механічні властивості скла*. У будівельних конструкціях скло зазнає дії розтягувальних й ударних навантажень, рідше – дії стиску, тому основними характеристиками, що визначають його якість, є міцність при розтягу та крихкість.

*Теоретична міцність* скла при стиску становить більше 20000 МПа, а при розтягу – 12000 МПа, фактична – при стиску – 500...2000 МПа, при розтягу – 35...100 МПа. Причиною такої різниці є дефектність поверхні реального скла – наявність поверхневих дефектів, що сильно послаблюють опір скла впливу зовнішніх навантажень. Утворення поверхневих дефектів залежить від ступеня однорідності вихідної скломаси, способу і умов формування виробів, характеру механічної і термічної обробки, температури і вологості навколишнього середовища, тривалості дії навантаження, масштабного фактора.

Модуль пружності скла становить (4,5...9,8)•104 МПа, а коефіцієнт Пуассона дорівнює 0,22. Твердість звичайного скла становить 5...7 за шкалою Мооса, мікротвердість – (5,4...5,7)•103 МПа.

Скло є крихким матеріалом. Для нього характерна відсутність пластичних деформацій. *Крихкість* як показник деформативності є головним недоліком скла, характеризується відношенням модуля пружності E до границі міцності при розтягу Rр. Чим більша крихкість, тим при меншій деформації напруження в матеріалі відбувається його руйнування. Показник крихкості скла E/Rр=300...1500, у той час, як для сталі він дорівнює 400...450, а для гуми – 0,4...0,6.

*Густина скла* (при відсутності пористості істинна співпадає з середньою) становить 2,45...2,55 г/см3, а для спеціальних стекол вона може досягати 8,0 г/см3.

*Теплопровідність* звичайного скла становить 0,40...0,82 Вт/(м ·К), а теплоємність – 0,63...1,05 кДж/(кг·К).

*Термічна стійкість.* При різкому охолодженні скла поверхневі шари охолоджуються швидше внутрішніх і тому в поверхневих шарах скловиробів виникають напруження розтягу, у внутрішніх – стиску. При швидкому нагріванні виробу, навпаки, у поверхневих шарах будуть виникати напруження стиску, у внутрішніх – розтягу. Враховуючи, що руйнування скла починається з поверхні і міцність скла при стиску в багато разів більша міцності при розтягу, різке охолодження скловиробів більш небезпечне, ніж швидке нагрівання. Зазвичай термостійкість скла залежить від хімічного складу, температурного коефіцієнта лінійного розширення (який дорівнює (9,6...15,0)·10-6$K^{-1}$) і

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Вироби*** | ***Вид скла*** | ***Галузі застосування*** |
| 1 | 2 | 3 |
| Листове будівельне та декоративне скло | Віконне та вітринне неполірованеВітринне полірованеВізерункове кольорове та безбарвне, "Мороз" і "Заметіль" Армоване кольорове та безбарвне | Скління вікон, дверей, вітрин, ліхтарів верхнього світлаСкління вітрин, вікон, дверей, виготовлення дзеркал, елементів меблівСкління світлових прорізів у стінах та покриттях, влаштування внутрішніх перегородок, напівпрозорих екранів і світлопрозорих огорожСкління прорізів стін і ліхтарів верхнього світла,влаштування внутрішніх перегородок і огорож балконів |
| Листове скло зі спеціальними властивостями | Увіолеве (пропускає ультрафіолетові промені)Таке, що вбирає ультрафіолетові променіЗ напівпрозорими дзеркальними покриттямиТепловбирнеТепловідбивне ТеплозахиснеТеплопровідне Загартоване | Скління віконних прорізів шкільних закладів, дитячих і лікувальних установ, спортивних і оздоровчих спорудСкління книгосховищ, архівів, музеїв, виставкових залів, бібліотекСкління, що виключає проглядання приміщень ззовні, скління внутрішніх перегородок Скління прорізів будівель, які потребують сонцезахистуСкління для зниження тепловтрат взимку Скління приміщень, які не допускають запітніння або утворення конденсату на поверхні скла Влаштування електронагрівальних скляних споруд у північних районах країни або будівель з підвищеними гігієнічними вимогами Скління навчально-виховних, спортивних, видовищних, торгових споруд, влаштування внутрішніх перегородок, скляні навісні огорожі |
| Кольорове та художнє скло | Вітражне, забарвлене в масі або накладне, пофарбоване електро-хімічним способомСкляна мозаїка, смальта | Виготовлення художніх вітражів, напівпрозорих екранів, декорування стін, стель, перегородок Декоративне скління прорізів, перегородок, екранів Зовнішнє та внутрішнє опорядження споруд, виготовлення художніх панно та картин |
| Будівельні вироби | Скляні порожнисті блокиПризми, лінзи, плитки Профільне скло кольорове та безбарвне, армоване та неармоване: коробчасте, швелерне та ребристе Склопакети із скла звичайного та зі спеціальними властивостями  | Заповнення світлових прорізів у стінах, перегородках, покриттях, в тому числі у великорозмірних залізобетонних панелях стін та покриттів і перекриттів. Спорудження стін неопалюваних споруд, заповнення віконних прорізів, улаштування внутрішніх перегородок, ліхтарів верхнього світла, козирків, піддашків, огорож балконів, лоджій Заповнення світлових прорізів стін і покриттів, влаштування огорож |
| Будівельні вироби | Скляні загартовані дверні полотнаТруби скляніНіздрювате скло Скляне волокно | Створення інтер'єру громадських споруд Напірні, безнапірні та вакуумні трубопроводи для транспортування агресивних речовин (крім плавикової кислоти) Тепло- та звукоізоляційні вироби Теплоізоляційні вироби (гнучкі, тканинні, напівжорсткі), армування виробів замість металу |

Таблиця 2 – Галузі застосування основних видів скла і виробів з нього

товщини виробів (так, для віконного скла завтовшки 2 мм термостійкість становить 100˚С, а завтовшки 5 мм – усього 80сС).

Скло має значну густину і водночас високу *звукоізоляційну* здатність. За цим показником скло завтовшки 1 см відповідає цегляній стіні завтовшки 12 см.

*Хімічна стійкість* скла залежить від його складу.

**Матеріали та вироби зі скла.** Вітчизняна промисловість випускає багато **видів скла**: віконне, увіолеве, «мороз», візерункове, армоване, технічне, тарне, посудне, оптичне, хіміко-лабораторне, електровакуумне і т.д.

До основних **виробів зі скла** належать склопакети, склоблоки, плитки, склопрофілі і т.п.

*Будівельне скло і скляні вироби* широко застосовують при склінні, оздобленні та декоруванні споруд.

Таблиця 3 – Орієнтовні властивості основних видів скла і виробів з нього

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Вид скла чи виробу* | *Розміри, мм* | *Сфера використання* |
| *товщина* | *ширина* | *довжина* |
| *допуски, мм* |
| Віконне | 2-6±0,2, ±0,4  | 300-2000 ±2  | 500-2200 ±3  | Скління будинків  |
| Армоване | 5,5 ±0,7  | 300-1400 ±3  | 600-1800 ±3  | Скління ліхтарів, ліфтів, сходових кліток, дверей  |
| Візерункове | 3-6,5 ±(0,2 – 0,4)  | 400-1200 ±3  | 400-1800 ±3  | Скління там, де потрібне розсіяне світло  |
| Скло «мороз» | 3-6 ±(0,3-0,5)  | 300-1000 ±2  | 500-1800 ±3  | Застосовується, коли треба приховати видимість, але зберегти світлопропускання  |
| Увіолеве | 2-6 ±(0,2-0,4)  | 250-2000 ±2  | 250-2200 ±3  | Засклення в дитячих садках, лікувальних закладах, оранжереях  |
| Блоки пустотілі | 60-90 ±2  | 94-194 ±2  | 194 ±2  | Заповнення світлових прорізів, обладнання світлопрозорих огороджень, які мають підвищену вогнестійкість  |
| Склопакети | скла – 2-5  | 300-1400  | 800-2200  | Заповнення віконних прорізів житлових та громадських будинків  |