

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

Кафедра гірничих технологій і будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

СКЛО І ВИРОБИ ІЗ МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ

Лекція 13



Лектор к.т.н., доцент
ПАВЛОВ Євген Євгенійович

За видом сировини матеріали та вироби з мінеральних силікатних розплавів поділяються на:

- скляні,
- шлакові
- кам'яне литво.



Скляними називають аморфні тіла, виготовлені переохолодженням розплавів, які складаються з силікатів.

Шлаки – супутні продукти металургійної промисловості, що широко застосовуються у виробництві тепло- і звукоізоляційних матеріалів, щільного щебеню і виробів із шлакового литва.

Загальні відомості

Із розплавлених гірських порід методом лиття виготовляють плитки для облицювання стін, підлог, резервуарів, труби, ніздрюваті та волокнисті матеріали.

Сировиною є базальти, діабаз, доломіт, крейда тощо

Сировинні матеріали для виробництва скла поділяються на

- **Головні** (містять оксиди; їх вводять до складу шихти у вигляді природних сполук – кремнезему (SiO_2), глинозему (Al_2O_3), оксидів кальцію (CaO) і магнію (MgO), оксидів лужних металів (Na_2O , K_2O);

Вміст, роль і сировинне джерело головних оксидів скла

Хімічний склад скла	Вміст оксиду, %	Призначення оксиду	Основна сировина
SiO_2	71,6...72,5	Утворює каркас скла	Пісок, пісковик, кварц, кварцит
Na_2O	13...15	Прискорює процес скло утворення	Кальцинована сода, сульфат натрію
CaO	6,5...9	Підвищує хімічну і термічну стійкість	Вапняк, доломіт, крейда, мармур
MgO	3,8...4,3	Те саме	Доломіт, вапняк, крейда, мармур
Al_2O_3	1,5...2,5	Підвищує міцність, хімічну і термічну стійкість, збільшує теплопровідність	Глинозем, польовий шпат, каолін

Класифікація металів

- **Допоміжні** (вводять для поліпшення реологічних характеристик скломаси, прискорення її варіння й змінювання властивостей скла:
 - **окислювачі** (нітрати, сульфат натрію, селітра, миш'як, оксид марганцю),
 - **відновлювачі** (кокс, тирса, вугілля, оксид олова),
 - **прискорювачі** (фтористі сполуки, оксиди бору, барію),
 - **барвники** (сполуки марганцю, кобальту, хрому, нікелю, міді, заліза),
 - **освітлювачі** (селітра, оксид миш'яку, хлорид і сульфат натрію),
 - **глушники** (сполуки фтору, фосфору, олова, сурми, цирконію).

Процес варіння скла умовно поділяється на п'ять етапів:

- I. силікатоутворення – утворюються силікати, шихта перетворюється на розплав з бульбашками газу при $t = 800...1100 \text{ } ^\circ\text{C}$;
 - II. скло утворення - скломаса стає однорідною при $t = 1250 \text{ } ^\circ\text{C}$;
 - III. освітлення
 - IV. Гомогенізація
- проходять одночасно при $t = 1500...1600 \text{ } ^\circ\text{C}$. Різко знижується в'язкість розплаву, виділяються газові бульбашки
- V. охолодження – $t = 300...400 \text{ } ^\circ\text{C}$, скломаса набирає в'язкості, необхідної для формування виробів.

Основи виробництва скла

Технологія виготовлення скла складається з таких операцій:

- підготовка сировини (дрібнення, розмелювання, сушіння);
- виготовлення шихти (дозування, змішування); скловаріння в печах при $t = 1400...1450 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- формування виробів;
- термічна, механічна, хімічна обробка виробів.

- Формування виробів здійснюється різними методами формування:

- витяжка, →

- прокатка,

- пресування,

- дуття,

- литво,

- способом плаваючої стрічки (флоат-спосіб)

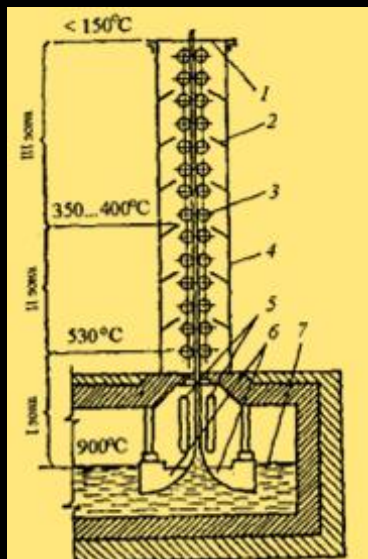


Схема машини для вертикального витягування скла:

- 1 – відновлювальна площадка;
- 2 – скати для видалення бою;
- 3 – валки;
- 4 – шахта машини;
- 5 – холодильники;
- 6 – човник;
- 7 – скломаса.

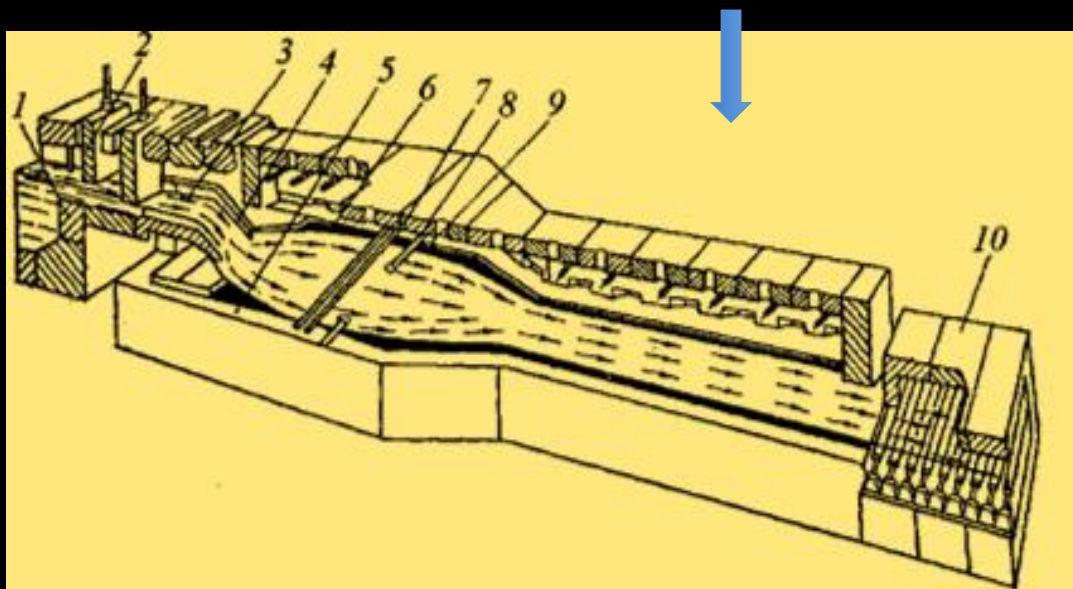


Схема виготовлення полірованого скла з використанням флоатспособу:

- 1 – канал вироблення;
- 2 – шибери;
- 3 – скломаса;
- 4 – зливний лоток;
- 5 – басейн для розплаву;
- 6 – олово;
- 7 – холодильник;
- 8 – бортоутримувальні ролики;
- 9 – графітові обмежувачі ;
- 10 – випалювальна піч

Основи виробництва сталі

Скло у сформованому вигляді охолоджується нерівномірно, через що виникають термічні напруження, тому після формування потрібно виконати відпалювання за спеціальним рецептом

- Скло прозоре, абсолютно щільне.
- Щільність будівельного скла – 2450...2550 кг/м³,
- теоретична міцність – 12000 МПа, але фактична міцність значно менша: на стиск – 500...2000 МПа, на розтяг – 35...100 МПа.
- Твердість звичайного скла за шкалою Мооса – 5...7,
- Теплопровідність скла знаходиться в межах 0,5 – 1,0 Вт/(м ос),
- Теплоізоляційні скловироби мають коефіцієнт теплопровідності 0,032 – 0,14 Вт/(м ос).
- Скло крихке, плавиться при температурі 1000 °С, кислотостійке (руйнує його тільки фтористоводнева, або плавикова кислота).
- Світопропускання – 84...87 %. Звичайне скло не пропускає інфрачервоні і ультрафіолетові промені

Властивості скла

Звукоізолююча здатність 1 см скла відповідає цегельній стіні в півцегли – 12 см.

Силікатне скло володіє високою хімічною стійкістю до більшості агресивних середовищ

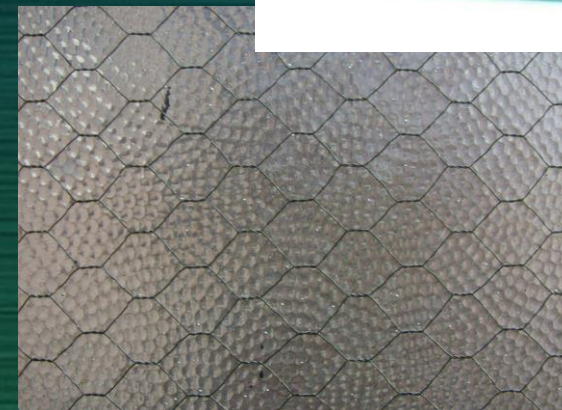
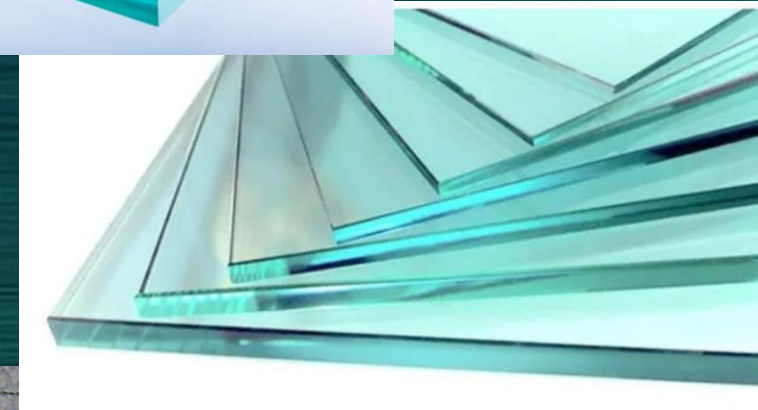
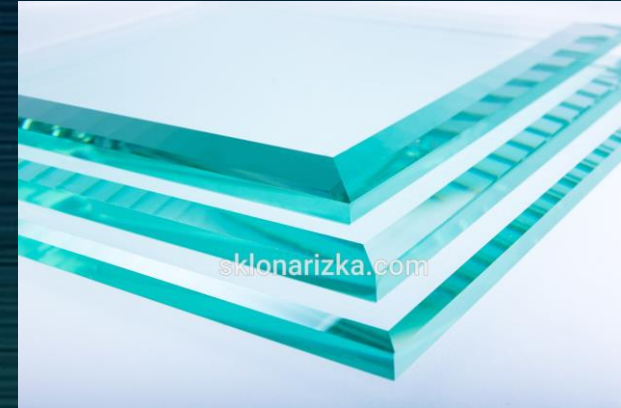
СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Листове віконне скло** виробляється товщиною від 2,0 до 6,0 мм, максимальними розмірами залежно від товщини – від 1000x1600 мм до 400x500 мм.
- Може бути:
 - полірованим,
 - неполірованим,
 - неполірованим поліпшеним.
- Світлопропускання складає 84 – 89 %.
- Маса 1 м² – 2...5 кг.

Марка скла	Товщина, мм	Умовна назва	Рекомендована область застосування
М1	2...6	Дзеркальне поліпшене	Виготовлення високоякісних дзеркал, вітрових стекол легкових автомобілів
М2	2...6	Дзеркальне	Виготовлення дзеркал загального призначення, безпечних стекол транспортних засобів
М3	2...6	Технічне поліроване	Виготовлення декоративних дзеркал, безпечних стекол транспортних засобів
М4	2...6	Віконне поліроване	Високоякісне скління світлопрозорих конструкцій
М5	2...6	Віконне неполіроване	Скління світлопрозорих конструкцій, безпечних стекол для сільськогосподарських машин
М6	2...6	Те саме	Скління світлопрозорих конструкцій
М7	6,5...12	Вітринне поліроване	Високоякісне скління вітрин, вітражів
М8	6,5...12	Вітринне неполіроване	Скління вітрин, вітражів, ліхтарів

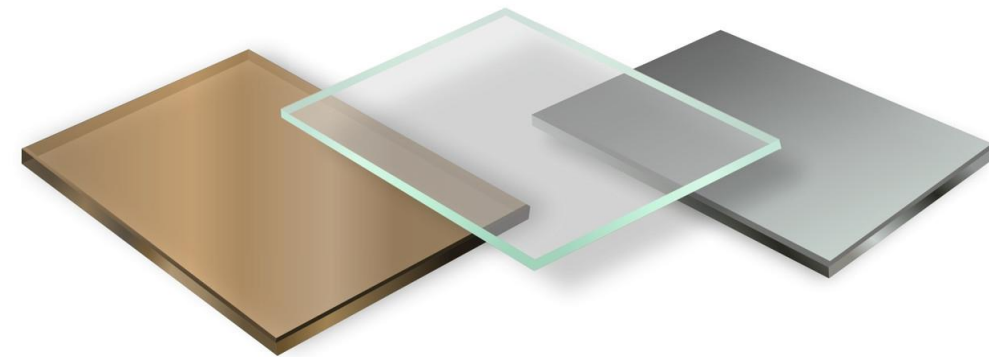
СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Вітринне скло** застосовується для застелення вітрин, вікон громадських будинків. Виробляється двох марок: М7 – поліроване, М8 – неpolіроване, товщиною 6,5 – 12 см, розмірами до 3000х6000 мм.
- **Скло листове** візерункове виготовляється прокатним способом, на одній чи на обох сторонах має рельєфний візерунок. Застосовується для декоративного застелення віконних і дверних прорізів, внутрішніх перегородок, критих веранд. Може бути кольоровим і безбарвним.
- **Армоване листове скло** відрізняється підвищеною міцністю і вогнестійкістю за рахунок армування звареною чи крученою сіткою зі сталевого дроту. Може мати гладку, рифлену і візерункову поверхню. Застосовується для влаштування світлових прорізів, ліхтарів верхнього світла і т.д. Світлопропускання безбарвного армованого скла 65 – 75 %.



СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Увіолеве скло** застосовують для застелення оранжерей і прорізів у дитячих і лікувальних закладах. Пропускає 25 – 75 % ультрафіолетових променів. Такі особливості скла обумовлюють сировинні компоненти з мінеральним вмістом домішок оксидів заліза, титану і хрому.
- **Триплекс** (багатошарове скло) при ударі не дає осколків, тому що складається з декількох листів скла, міцно склеєних між собою полівинілбутерольною плівкою. Товщина триплексу становить не менше 9 мм, а маса 1 м² – близько 20 кг. Світлопроникнення триплексу залежно від типу й товщини скла становить 69...78 %. Може бути армованим і неармованим.
- **Теплопоглинаюче скло** захищає інтер'єри будинків від впливу прямого сонячного випромінювання, зменшує сонячну радіацію і нагрівання сонцем приміщень. Як правило, теплопоглинальні стекла мають блакитний, сірий чи бронзовий відтінки, тому що до складу скломаси на стадії виробництва вводять оксиди кобальту, заліза, селенів.



СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Тепловідоображувальне скло** одержують нанесенням на поверхню тонких плівок металів і їхніх оксидів. Світлопропускання таких стекол 30 – 70 %. Застосовується для нагрівання приміщень від сонячних і теплових променів. У процесі експлуатації саме скло не нагрівається, тому що велика частина інфрачервоних променів у таких стеклах не поглинається.
- **Електропровідне скло** використовується як джерело тепла і застосовується в будівництві для виготовлення склопакетів. Електропровідне прозоре покриття (тонка плівка солей металевого срібла) напилюванням наноситься на поверхню стекла і забезпечує обігрів і запобігання запотіванню.

СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Блоки скляні порожнисті** являють собою герметичні скляні коробки з гладкою чи ребристою зовнішньою поверхнею. Крім гарної світлопропускної здатності мають добре тепло- й звукоізоляційні властивості. Застосовуються для влаштування зовнішніх і внутрішніх огорожень. Випускають таких типорозмірів: 194x194 мм, 244x244 мм, завтовшки 98 мм і 244x244 мм завтовшки 75 мм. Світлопропускання становить 50...65 %.
- **Труби скляні** використовують для транспортування рідини, газів і твердих речовин при температурі від – 50 до 120 оС. Застосовують для напірних, безнапірних і вакуумних трубопроводів. Їх застосування обмежене крихкістю і недостатньою термостійкістю виробів.

СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Склопакети** (ДСТУ Б В . 2.7-110-2001) застосовуються для заскління вікон, вітрин, дверей. Це вироби, що складаються з декількох листів світлопропускного скла, з'єднаних між собою по контуру. У такий спосіб утворюється герметичний замкнутий прошарок, заповнений сухим повітрям чи газом. Склопакети можуть бути звичайними, світлорозсіювальними, зміцненими, безосколковими, сонцезахисними, звукоізоляційними, електроопалювальними. Переваги склопакетів є гарна тепло- і звукоізоляція, а також гігієнічність. Випускають склопакети таких розмірів: довжина 400...2550 мм, ширина 400...2950 мм, товщина до 46 мм Відстань між стеклами у двошарових склопакетах становить 9,12,15 мм, у тришарових 9 і 12 мм.



СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Кольорове листове скло** являє собою листи головним чином бронзового кольору зі світлопропусканням 1,5 – 2 %. Фарбування поверхні скла здійснюється електрохімічним способом. Кольорові стекла мають в основному декоративне призначення і застосовуються для застелення вікон, дверей, виготовлення вітражів і влаштування.
- **Скломармур** (марблін) являє собою виріб з кольорового глушильного скла, що має мармуроподібне фарбування, поліровану лицьову і рифлену тильну сторону. Застосовується для декоративного захисного облицювання стін будинків, покриттів підлог, оформлення інтер'єрів, антикорозійного захисту будівельних конструкцій.



СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Стемаліт** і панелі на його основі широко застосовують для зовнішнього та внутрішнього облицювання в будівлях різного призначення. Це листове скло завтовшки 5,0...7,5 мм, одна поверхня якого покрита кольоровою силікатною фарбою. Міцність на стиск – 900 МПа, на вигин – 180...250 МПа. Розміри плит у плані – 400...3200 мм. Залежно від способу термічної обробки розрізняють стемаліт загартований і відпалений. Технологія виготовлення загартованого стемаліту полягає в тому, що листи скла з висušеним шаром фарби нагрівають до температури загартовування (620...650 °С) протягом 3...4 хв. за умови постійного охолодження в струмені повітря. Виготовлення відпаленого стемаліту від загартованого відрізняється лише тим, що замість загартовування відбувається відпалювання скла за спеціальним режимом.

СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Скло марблін** виготовляють забарвленим у масі (глушеним) у найрізноманітніші кольори: жовтий, молочний, кремовий, чорний, сірий, зелений, рожевий тощо. Таке скло може бути й мармуроподібним. Виготовляють його прокатуванням чи литтям завтовшки 5...12 мм і розміром 500×500 мм. Зовнішня поверхня може бути полірованою, візерунчастою, шорсткою чи вогненно-полірованою. Аби забезпечити зручність закріплення за допомогою розчинів, зворотний бік роблять з нарізкою чи рифленим.
- **Сигран** – це склокристалічний матеріал, який виготовляють методом пресування скломаси у вигляді плиток» Поверхня сиграну імітує граніт. Лицьову поверхню плиток шліфують і полірують, а тильну – рифлять. Розміри плиток 300×300 і 300×150 мм, товщина 15 мм

- **Склокремнезит** – це двошаровий матеріал; нижній шар є спеченою сумішшю безбарвних скляних гранул і кварцового піску, а верхній складається з розплавлених гранул кольорового скла. Структура склокремнезиту подібна до структури полірованих щільних гірських порід.
- **Склокераміт** – це також двошаровий матеріал; його нижній шар (підкладка) складається з 75 % подрібненого склобою, 5 % кварцового піску й 20 % глини. Підкладку формують на пресах або у вигляді безперервної стрічки методом екструзії. Декоративний шар створюють посипаючи кольоровий склогранулят на поверхню відформованої підкладки. Підготовлені плитки відпалюють у роликкових тунельних печах, далі охолоджують й розрізують алмазними дисками на плитки заданих розмірів. Технологія склокераміту дає змогу утилізувати значну кількість склобою.

СКЛЯНІ ВИРОБИ

Останнім часом освоєно випуск склокристалічного облицювального композиційного матеріалу:

- **склокремнезиту**
- **склокераміту**

СКЛЯНІ ВИРОБИ

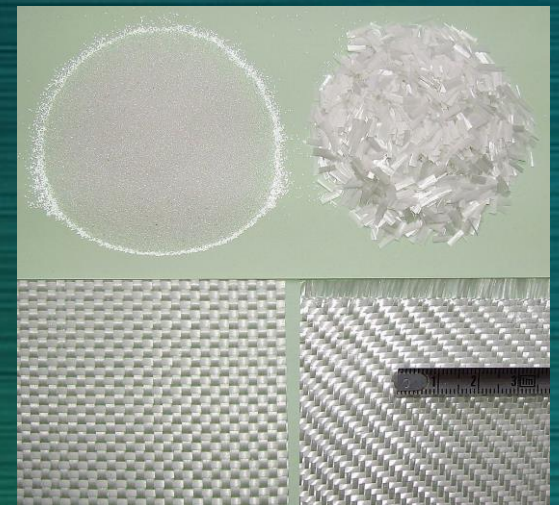
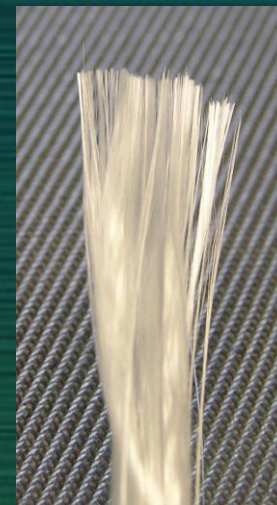
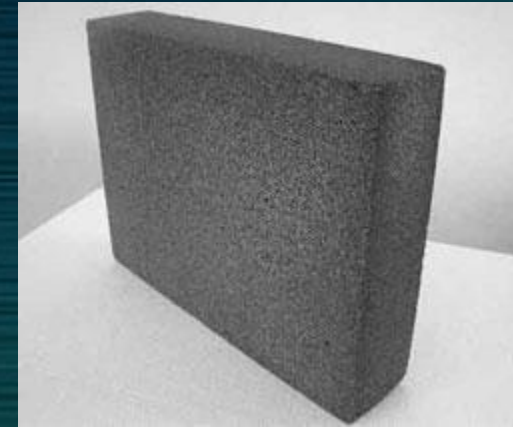
- **Облицювальну плитку** виготовляють з незабарвленого чи кольорового глушеного скла безперервним прокатуванням або пресуванням. Розміри плиток від 50×50 до 150×150 мм, товщина 4; 5 і 6 мм. Лицьова поверхня плиток може бути полірованою чи матовою, гладенькою чи з рельєфним рисунком, причому зворотний бік обов'язково роблять рельєфним.
- **Емальовану плитку** виготовляють з відходів кольорового віконного чи візерунчастого скла, розрізуючи його на формати розмірами від 100×100 до 200×200 мм. Товщина плиток 4; 5 і 6 мм. Після нанесення непрозорої емалі на одну поверхню плиток їх сушать, а потім відпалюють при температурі 700...800 °С. Під час відпалювання емаль оплавляється й спікається з поверхнею скла, утворюючи шар завтовшки 0,2-0,3 мм. Скляна емальована плитка характеризується високою хімічною стійкістю й застосовується для облицювання приміщень з агресивними середовищами

СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Килимово - мозаїчні плитки** виготовлюють розмірами від 20×20 до 30×30 мм і завтовшки 3...5 мм з кольорової глушеної скломаси методом безперервного прокатування й пресування.
- **Смальта** – це плоскі плитки неправильної форми з характерним кольором та зломом. Виготовляють смальту методом пресування чи лиття скломаси у форми, а також пресуванням напівсухих скляних порошоків. Розміри смальти: довжина 130...150, ширина 85...100, товщина 5...20 мм. Смальту застосовують для мозаїчних панно, картин, різних декоративних композицій на фасадах будинків тощо.
- **Скляний дрібняк** застосовують для декоративного оздоблення фасадів, інтер'єрів будівель громадського призначення. Одержують його, подрібнюючи глушене чи незабарвлене скло. Зерновий склад дрібняку 0,4...10,0 мм.

СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Піноскло** – штучний матеріал, отриманий спучуванням розмеленого скла, невеликої кількості деревного вугілля чи вапняку, інших матеріалів, що виділяють гази при температурі розм'якшення скла. Піноскло застосовується в конструкціях як тепло- і звукоізолятор. Виготовляють у вигляді блоків і гранул, щільність – 100 – 700 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності – 0,04 – 0,15 Вт/(м ос).
- **Скляне волокно** у вигляді безупинних ниток, тканин, полотен широко застосовується для виробництва композиційних матеріалів (склопластики, склотекстоліт, склоруберойд та ін. гідроізоляційні й покрівельні матеріали), виконуючи в них функції зміцнювача. Діаметр скловолокна – 5 – 15 мкм, міцність при розтяганні досягає 4000 МПа.



СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Ситали** – це склокристалічні матеріали, отримані із скляних розплавів шляхом їх повної чи часткової кристалізації.
- Технологія виробництва ситалів аналогічна технології виробництва скла, однак передбачається додаткова термічна обробка в кристалізаторі. На відміну від скла обсяг кристалічної фази в ситалах досягає 90 – 95 %. Така структура будови забезпечує ситалам позитивні властивості скла, підвищує міцність при вигині й теплостійкість, робить ситали менш тендітними, ніж скло. Твердість ситалів наближається до твердості загартованої сталі, термостійкість виробів із ситалів досягає 1100 оС. За зовнішнім виглядом ситали бувають сірого, коричневого, кремового кольору, глухі й прозорі. У будівництві ситали застосовують для підлог у промислових цехах, де можливі притоки агресивних речовин і розплавів металів, а також рух транспорту великої вантажопідйомності.

СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Шлакоситали** – різновид ситалів. Одержують шляхом керованої кристалізації скла, сировиною для виробництва якого служать металургійні шлаки, кварцовий пісок і деякі добавки. Це щільний, непрозорий матеріал, що володіє міцністю при стиску 650 МПа, щільністю – 2500 – 2700 кг/м³, термічною стійкістю до 750 оС.
- За останні десятиліття розроблені склади й технології одержання різноманітного асортименту скляних і склокристалічних матеріалів, що з успіхом застосовуються в будівництві й архітектурі, забезпечують розмаїтість інтер'єру і дизайну в складі художніх і декоративних композицій. До числа таких матеріалів відносяться: смальта, сігран, склокристаліт, склокремнезіт, стемаліт і т.д.
- Однак відходи склоробного виробництва, що складають у різних країнах 28 – 38 % усіх побутових відходів становлять важливу екологічну проблему. Остання знаходить певне вирішення у промисловості будівельних матеріалів.

СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Гранульований шлак** – це крупні штучні пористі піски з модулем крупності 2,5...3,5, які дістають із вогняно-рідких шлаків різким охолодженням водою. Застосовують як компонент при виготовленні шлакопортландцементу, а також як тепло- і звукоізоляційну засипку.
- **Шлакова пемза** – щебенево видний пористий матеріал, виготовлений поризацією вогняно-рідкого шлакового розплаву, його охолодженням і подальшим дрібненням та сортуванням. Залежно від насипної щільності шлакову пемзу поділяють на марки 400..900. Міцність на стиск у циліндрі – 4,5 МПа. Застосовують як легкий заповнювач у бетонах.
- **Шлаковата** – теплоізоляційний матеріал, який виготовляють дуттьовим або відцентровим формуванням і охолодженням волокон. Середня щільність шлаковати – 75...150 кг/м³.



СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Щільний шлаковий щебінь** дістають дрібненням і сортуванням охолоджених відвальних шлаків. Застосовують як заповнювач у бетонах, а також використовують у дорожньому будівництві.
- **Шлакове литво** – це каміння для мостіння доріг і підлог промислових споруд, плитки, плити, каміння для бордюру, тюрбінги, труби та фасонні вироби. Всі ці вироби мають високу стійкість до стирання у лужних середовищах, морській воді; $\rho_m = 3000 \text{ кг/м}^3$, $R_{ст} = 500 \text{ МПа}$, $R_{виг} = 50 \text{ МПа}$.
- **Ніздрюваті та волокнисті матеріали з кам'яного литва** мають дещо кращі властивості, ніж аналогічні матеріали й вироби із шлаків, і широко застосовуються у будівництві та техніці.
- **Базальтове волокно** з успіхом використовують як арматуру у виробах на мінеральних і органічних в'язучих речовинах без значних обмежень.

СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Литі кам'яні вироби** – не штучний силікатний матеріал, виготовлений розплавленням природних кам'яних матеріалів. Технологія виготовлення кам'яних литих виробів складається з таких операцій: підготовка сировини, розплав шихти, лиття в форми, охолодження (кристалізація), відпалювання. Середня щільність плавлених виробів – 2900...3000 кг/м³. Пористість закрыта (до 2 %), водопоглинання – до 0,22%. Мають підвищену морозостійкість (до 500 циклів), високу кислотостійкість (98,6...99,8 %) та лугостійкість (до 91 %), малу стираність (0,04...0,08 г/см²), високу термостійкість (до 900 °C); $R_{ст} = 230...300$, $R_{виг} = 30...50$, $R_{роз} = 15...30$ МПа.

СКЛЯНІ ВИРОБИ

- **Ніздрювате скло.** FOAMGLAS (ФОАМГЛАС) – високоефективний утеплювач із ніздрюватого скла, виробництва американської фірми Pittsburgh Corning Europe Corporation, який на українському ринку пропонує фірма ООО „БАТ”. ФОАМГЛАС має вигляд жорсткої, високоміцної, плити з постійними фізичними якостями і коефіцієнтом термічного розширення близьким до сталі і бетону. В залежності від виду виробу щільність коливається від 105 до 165 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності – 0,037 Вт/мК, міцність на стиск до 160 т/м². Ізоляція із ніздрюватого скла використовується в широкому діапазоні температур – від 260 °С до +730 °С. Технічні характеристики матеріалу дозволяють використовувати його для різних систем утеплення фасадів: вентиляційних, під штукатурку. На сьогоднішній день матеріал являється одним з найбільш ефективніших і довговічних утеплювачів.