

Тема 1.3 Класифікація матеріалів для кріплення та вимоги до них

План лекції

1 Кріпильні матеріали, їх класифікація та вимоги до них

2 Характеристика кріпильних матеріалів

1 Кріпильні матеріали, їх класифікація та вимоги до них

Для попередження обрушення бокових порід і збереження необхідних розмірів поперечного перерізу гірничі виробки закріплюють кріпленням.

Матеріали, що застосовуються для виготовлення кріплення, називають **кріпильними**, і вони повинні відповідати технічним вимогам відповідних стандартів. Кріпильні матеріали повинні задовольняти специфічні умови роботи гірничого кріплення, пов'язаного з особливостями проявів гірничого тиску, дією підземних вод, впливом шахтної атмосфери, видом і призначенням гірничої виробки.

Кріпильні матеріали перш за все повинні володіти високою міцністю, щоб забезпечити кріпленню необхідну несучу здатність. Міцністю матеріалу називається його здатність чинити опір у визначених межах механічній дії. Міцність матеріалів визначають випробуваннями зразків і виражають силою опору в ньютонах (Н), що приходить на один квадратний метр. Один і той же матеріал зазвичай має різну міцність в залежності від виду і характеру дії навантажень: стискуючих, розтягуючих, вигинаючих, сколюючих. Ця обставина враховується при конструюванні кріплення і спорудження його в шахті.

Крім цього, в залежності від умов роботи кріплення до кріпильних матеріалів пред'являються вимоги довговічності, вогнестійкості і водонепроникності. Для зручності спорудження кріплення в гірничих виробках маса кріпильного матеріалу повинна бути по можливості мінімальною. Кріпильні матеріали повинні мати відносно невелику вартість і не бути дефіцитними.

Кріпильні матеріали повинні задовольняти таким основним вимогам:

- ✚ володіти високою міцністю;
- ✚ бути стійкими проти корозії і гниття (бути довговічними);
- ✚ бути вогнебезпечними;
- ✚ бути водонепроникними;
- ✚ бути нетоксичними;
- ✚ мати мінімальну масу;
- ✚ мати невелику вартість і не бути дефіцитними.

Для кріплення гірничих виробок застосовують такі види матеріалів: дерево, метал, бетон, залізобетон, природне і штучне каміння, а також нові – склопластики, різноманітні синтетичні смоли і інші полімерні матеріали.

Кріпильні матеріали класифікуються за наступними ознаками:

- ⇒ **за використанням в конструкції кріплення** матеріали розподіляють - на **основні**, які використовуються для несучих конструкцій кріплення (ліс, метал, бетон, залізобетон, штучне каміння, склопластик), **зв'язуючі**, які йдуть на приготування бетонів (цемент) і склопластиків (смола), і **допоміжні** (водоізоляційні матеріали, хімічні реагенти, вироби із дрібносоротної сталі);
- ⇒ **за ступенем чинити опір дії вогню** (в умовах пожежі) - на **вогнестійкі** (бетон, деякі камені), **напіввогнестійкі** (метал, пластмаси), **такі, що згорають** (деревина);

⇒ **за терміном служби** у виробках - на **довговічні** (бетон, метал та ін.) і **недовговічні** (дерево);

⇒ **за характером деформації** під навантаженням - на **крихкі** (бетон, камені та ін.) і **пружнопластичні** (метал).

Вибирають кріпильні матеріали в залежності від величини гірського тиску і очікуваних зміщень порід, конструкції і умов роботи кріплення, призначення і терміну служби виробки, а також з врахуванням економічної доцільності.

2 Характеристика кріпильних матеріалів

2.1 Лісоматеріали

Лісоматеріали дуже широко застосовуються для кріплення гірничих виробок. Дерево є також основним матеріалом для виготовлення шахтних вентиляційних пристроїв (вентиляційних дверей, перемичок і т.п.), полків, драбин і т.д.

Дерево має відносно високу міцність при невеликій масі, пружність, легку і швидку обробку та порівняно невелику вартість.

Недоліками дерева є низька вогнестійкість, недовговічність в зв'язку зі схильністю до гниття, яке особливо інтенсивно проходить в підземних умовах. Внаслідок гниття термін служби соснового кріплення в середньому складає всього 2-3 роки, а при несприятливих умовах (у виробках з вихідним вентиляційним струменем і підвищеною вологістю) – менше року. Тому гірничі виробки з дерев'яним кріпленням приходиться за термін їх служби перекріплювати, що, крім значних матеріальних і трудових витрат, затрудняє роботу підземного транспорту і провітрювання виробок. Збільшити термін в 1,5 – 2 рази можна шляхом оброблення лісу антисептиками (речовинами, що вбивають грибки і створюють середовище, яке непридатне для їх існування). В якості антисептиків використовують водні розчини фтористого натрію. Обробку лісу виконують способом гаряче-холодної ванни або під тиском в автоклавах.

Для кріплення гірничих виробок переважно використовують **хвойні породи лісу** (сосну, ялину, кедр, ялицю). В залежності від форми, розмірів і характеру обробки поверхні застосовують два **сортти лісу**: круглий (колоди, підтоварник, стояки) і пиляний (пластини, бруси, дошки, обаполи) (рис. 1).

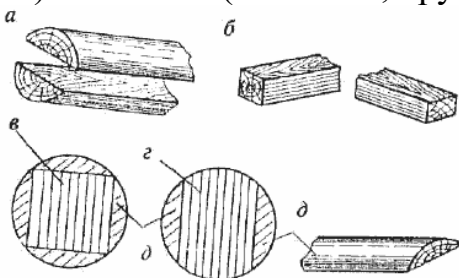


Рис. 1 - Сортамент пиляного лісоматеріалу:

а) розпил; б) бруси; в) дошки обрізні («затяжка»); г) дошки необрізні («затяжка»); д) обаполи (горбилі)

✓ **Колоди** – відрізки ствола дерева довжиною 2 – 9 м і діаметром більше 12 см.

✓ **Підтоварник** – довжиною 3 – 9 м і діаметром 8 – 12 см.

Стояки – довжиною 0,5 – 5 м і діаметром 7 – 34 см. Діаметр круглого лісу приймають по вершині.

✓ **Пластини (розпили)** – дві частини колоди (стояка), отримані при розпиленні по поздовжній осі.

✓ **Бруси** - колоди, обпиляні з чотирьох сторін, прямокутного або квадратного поперечного перерізу.

✓ **Дошки** – отримують при розпилюванні брусів або колод. Дошки бувають обрізні і необрізні.

✓ **Обаполи (горбилі)** – крайні частини колод, розпиляних на бруски або дошки.

2.2 Метал і метизи

Метал є одним із найбільш досконалих сучасних кріпильних матеріалів, так як **володіє такими якостями**: високою міцністю, можливістю багаторазового використання, довговічністю, вогнестійкістю, значною деформованістю без втрат несучої здатності, хорошими конструктивними можливостями, добре піддається обробці (різанню, свердлінню, гнуттю, куванню і т. д.). Кріплення, яке виготовлене з металу, має високі експлуатаційні якості.

Недоліком металу як кріпильного матеріалу є піддатливість його корозії (іржі), яка особливо сильно проявляється в підземних умовах, більш висока в порівнянні з кріпильним лісом вартість, велика маса, дефіцитність.

Для захисту металу від корозії в шахтах застосовують фарби, лаки і ін. Термін служби металу, як кріпильного матеріалу, складає 10 – 15 років і більше.

Гірничі кріплення виготовляють із чорних металів – **сталі** і **чавуну**.

Сталь в основному застосовують у вигляді різних прокатних профілів (двотавр, швелер, рейка (рис. 2), профіль СВП) для виготовлення несучих конструкцій (рам, арок, кілець). Чавунну і сталеву виплавку використовують для тюбінгів. Для скоб, анкерів і арматури залізобетонного кріплення застосовують гарячекатану сталь і дроти.

Для з'єднання елементів і деталей конструкцій кріплення й армування застосовують також готові металеві вироби (метизи) – гвинти, цвяхи, шурупи і ін.

Переваги і недоліки метизів такі ж, які вказані вище.

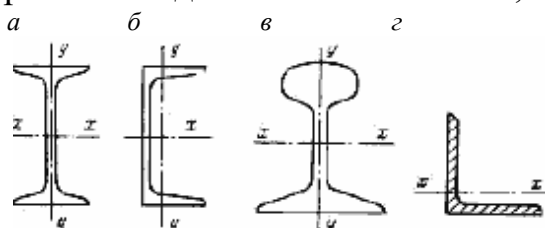


Рис. 2 – Профілі прокату, які застосовують для виготовлення металевих кріплень:

а) двотаврові балки; б) швелери; в) рейки; г) куткова сталь

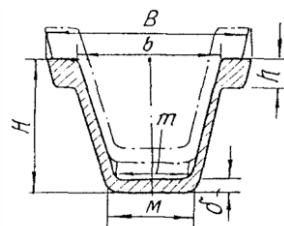


Рис. 3 – Спеціальний взаємозамінюючий профіль

Для гірничого кріплення в основному (біля 90%) застосовують **спеціальний взаємозамінний профіль** із гарячекатаної сталі марки Ст.5 шести типорозмірів: СВП –14; 17; 19; 22; 27; 33, де цифра означає масу 1 погонного метру профілю (рис. 3). Геометричні характеристики профілів СВП наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Характеристика балок спецпрофіля

Профіль	Маса 1 м, кг	Площа перерізу, см ²	Розміри, мм						
			B	b	M	m	H	δ	h
СВП17	17,06	21,73	131,5	91,5	60	51	94	8,5	23
СВП19	19,2	24,44	136	94	60	51	102	9,5	24
СВП22	21,9	27,91	145,5	99,5	60	51,5	110	11	25,5
СВП27	26,98	34,37	149,5	99,5	59,5	50,6	123	13	29
СВП33	33,40	42,53	166	110	66,5	56	137	14,5	33

Широке застосування спецпрофілю СВП пояснюють економічністю перерізу у відношенні витрати металу, майже однаковими моментами опору відносно головних осей інерції, що виключає скручування і надає стійкість елементам кріплення.

На шахтах також застосовують рудникові рейки Р–18, Р–24, Р–33, Р–38, де цифра означає масу 1 м рейки.

2.3 Зв'язуючі речовини та розчини

Зв'язуючі речовини представляють собою подрібнені порошковидні будівельні матеріали, які при змішуванні з водою поступово твердіють, утворюючи міцну закам'янілу масу, що зв'язує між собою зерна піску і куски щебеню.

Зв'язуючі речовини розділяють на **повітряні** (рис. 4), що твердіють тільки на повітрі (повітряне вапно, гіпс, рідке скло), і **гідравлічні** (рис. 5), які твердіють і у воді (гідравлічне вапно, цемент). Для гірничого кріплення застосовують тільки гідравлічні зв'язуючі речовини і найчастіше портландцемент (силікатний цемент).



Рис. 4 – Повітряні зв'язуючі речовини



Рис. 5 - Гідравлічні зв'язуючі речовини



Рис. 6 – Будівельний розчин

Якість цементу оцінюють його маркою, яка відповідає границі міцності взірця при стиску в мегапаскалях (МПа), помноженному на 10. Зразки виготовляють за 28 діб до випробування із суміші, яка складається з однієї частини цементу (за масою), трьох частин піску і не менше 0.4 частини води. Для шахт застосовують цемент марок 300, 400, 500 і 600.

Під дією агресивних шахтних вод портландцемент здатний руйнуватися. В цих випадках застосовують спеціальні цементы: глиноземистий, пуцолановий, шлаковий, сульфатостійкий і ін. Крім цього, щоб знизити утворення мікротріщин застосовують цементы, що не дають усадки й не розширюються.

Розчини є сумішшю цементу, піску і води (рис. 6). У пластичному стані їх застосовують при кам'яній кладці, торкретуванні стінок виробок, тампонуванні порожнеч за кріпленням, закріпленні анкерів та ін. Для гірничого кріплення застосовують розчини марок 50, 75 і 100. Готують розчини вручну або в розчиномішалках (залежно від його кількості).

Окрім цементних розчинів можуть бути і **полімерні розчини**. Вони складаються з в'язучої речовини (карбамідні, епоксидні, поліефірні смоли), заверджувача (розчини соляної або щавлевої кислоти), розчинника, наповнювача, уповільнювача і пластифікатора. Полімерні розчини застосовують для зміцнення пісків і тріщинуватих порід.

В даний час ведуться роботи зі створення і використання нових кріпильних матеріалів. До них відносяться пластбетон, вуглепласт, склопластики, хімічні суміші на основі синтетичних смол для закріплення анкерів в шпурах (свердловинах) і зміцнення гірничих порід. В якості затяжок останнім часом використовують різні синтетичні тканинні матеріали.

Пластбетон – без цементний і безводний кам'яний матеріал, що складається зі зв'язуючої речовини, піску і щебеню. В якості зв'язуючої речовини використовують синтетичні смоли (фурфурол-ацетонову, епоксидну, сечовино-формальдегідну і ін.) і спеціальні хімічні добавки (сульфобензоєва кислота, поліетилен,

полі амін і ін.). такий бетон характеризується високою міцністю при стиску (40-70 МПа), хімічною стійкістю проти агресивних вод і високою водонепроникністю.

Вуглепласт – кріпильний матеріал з вугільної пластмаси, отриманий гарячим пресуванням здрібненого кам'яного вугілля (до 13 мм), змішаного з дерев'яною тирсою, з добавкою фенол формальдегідної смоли (20% від маси вугілля і тирси) або холодним твердінням в присутності сульфобензоїкислоти. Міцність на стиск вуглепласта 40-70 МПа. З вуглепласта виготовляють кільця і тюрбінги.

Склопластики – отверділі синтетичні смоли, армовані скловолокном у вигляді склонилок, джгутів, полотна чи склотканини.

В якості зв'язуючої речовини в склопластиках застосовують поліефірні, фенольні, епоксидні і інші полімерні смоли, сировиною для яких є природні чи нафтові гази і продукти перегонки нафти.

Переваги: склопластики володіють великою міцністю, не піддаються корозії і гниттю, довговічні і негігроскопічні, вогнестійкі і легші за будь-які інші кріпильні матеріали.

Із склопластика виготовляють рулонну затяжку і анкери. Елементи кріплення (стояки, верхняки, затяжку) виготовляють з склопластику пресуванням чи методом лиття.

Недолік цих матеріалів – дуже велика вартість.

2.4 Бетон і залізобетон

Бетон – штучний кам'яний матеріал, отриманий при твердінні суміші цементу, води і заповнювачів (піску, щебню або гравію).

Склад бетонної суміші позначають 1:П:Щ, де 1- одна частина цементу; П- кількість частин піску; Щ- кількість частин щебню чи гравію (за масою). Для гірничого кріплення найчастіше застосовують суміші 1:2:3; 1:3:5; 1:4:6. складові частини суміші ретельно перемішують з добавкою води в бетонозмішувачах.

В залежності від вмісту цементу в 1 м³ бетонної суміші розрізняють бетон **пісний** (до 200 кг), **середній** (200-250 кг) і **жирний** (понад 250 кг), а в залежності від вмісту води в 1 м³ бетонної суміші – **жорсткі** (130-170 л), **пластичні** (170-230 л) і **литкі** (понад 230 л). За густиною розрізняють бетони **легкі** (густина до 1.8 т/м³) і **тяжкі** (густина понад 1.8 т/м³).

Для гірничого кріплення застосовують жирні, жорсткі і тяжкі бетони, що забезпечують високу міцність і водонепроникність.

Міцність бетону характеризується його маркою, яка відповідає межі міцності на стиск в МПа, помноженому на 10, трьох бетонних кубиків з ребром 20 см у віці 28 діб, що твердіють при температурі 15-20⁰С і відносній вологості повітря 90-100%.

Для монолітного бетонного і залізобетонного кріплення в гірничих виробках застосовують бетон марок 150, 200, а для збірного залізобетонного кріплення – 300, 400, густиною 2,1 – 2,3 т/м³.

Переваги бетону: бетон як кріпильний матеріал володіє високою міцністю (при дії стискуючих навантажень), довговічністю, вогнестійкістю і відносно невисокою вартістю, так як виготовляється з місцевих матеріалів. Бетон стійкий проти дії води і повітря; щільний бетон при достатній товщині практично є водонепроникним. Бетон добре піддається формуванню, йому легко можна надати бажану форму.

Недоліками бетону є його значна щільність, крихкість при ударі і незначний опір розтягуючим і вигинаючим зусиллям (в 8-10 разів менше міцності при стиску). Тому всі бетонні кріплення проектують при умові передачі на бетон тільки стискуючих навантажень. Крім цього, зведення кріплення з бетону в шахті вимагає складної організації робіт (встановлення опалубки за формою кріплення, доставка бетону до місця роботи, укладка його за опалубку і т.д.).

Вода, що застосовується для приготування бетонної суміші і промивання заповнювачів, повинна бути чистою, без частин мулу, кислот, шкідливої солі, масних і рослинних залишків. Практично необхідно застосовувати воду, придатну для пиття. Для приготування бетону шахтну воду зазвичай не застосовують.

Застосовують бетон при терміні служби виробки 15 – 20 років і більше. На вугільних шахтах застосовують також спеціальний бетон – торкретбетон або набризкбетон (пневмобетон).

Торкретбетон — це дрібнозернистий бетон, що складається з цементу марки 400, 500 (вміст цементу – до 750 кг на 1 м³ суміші), піщано-гравійного заповнювача з великістю зерен до 5 мм і води.

Набризкбетон – матеріал, утворений в результаті набризку за допомогою стиснутого повітря розчину із суміші цементу (350-400 кг на 1 м³), заповнювача з крупністю фракцій до 25 мм і води.

Залізобетон – бетон, армований сталлю арматурою. В залізобетоні добре використовуються *властивості двох матеріалів*: бетон добре сприймає стискуючі зусилля, а сталь – розтягуючі. Крім цього, бетон запобігає ржавінню сталі. Залізобетон забезпечує кріпленню високу міцність на стиск і вигин, вогнестійкість, можливість виготовляти конструкції кріплення складної форми.

Обов'язкова умова для роботи залізобетону – сумісна роботи арматури і бетону, яка забезпечується міцним зчепленням цих матеріалів в конструкції. Для покращення сумісної роботи бетону і арматури широко застосовують елементи з попередньо напруженою арматурою (струнбетон).

Залізобетон може бути *монолітним* і *збірним* (з готових елементів). Частіше застосовують збірний залізобетон, який володіє рядом переваг: індустріальність виготовлення, економія матеріалу і ін..

Недоліки: велика маса, незначна несуча здатність на вигин. Застосовують залізобетон при терміні служби виробки більше 15-20 років і нерівномірному гірничому тиску.

2.5 Штучне каміння, новітні кріпильні матеріали

Кам'яні матеріали, що застосовуються в гірничій справі, можуть бути природного і штучного походження.

Природне каміння для кріплення гірничих виробок застосовують рідко і використовують головним чином при укладці фундаментів під кріплення з штучного каміння, бетону і залізобетону. В якості кріпильного матеріалу найбільш придатне каміння з вивержених порід, а також міцні пісковики і вапняки. Звичайно використовують необроблене природне каміння неправильної форми, яке називається *бутовим*.

Штучне каміння представляє собою штучний кріпильний матеріал, що виготовляється заводським способом. Для кріплення гірничих виробок застосовують

в основному бетонне каміння (бетоніти і блоки) і іноді глиняну цеглу, але найчастіше її застосовують для перемичок.

Цеглу отримують із глини шляхом формовки з наступним випалом в печах. Розміри стандартної цегли 250×120×65 мм. Для кріплення гірничих виробок застосовують цеглу марок 150 і 175 густиною 1,6 – 1,9 т/м³.

Бетоніти (бетонне каміння) виготовляють із звичайного бетону або шлакобетону масою до 40 кг з розмірами в довжину 300 – 500 мм, в ширину і висоту 150 – 200 мм. Марка бетонітів 150 і вище.

Бетонні блоки - це бетоніти великих розмірів і масою 200 – 300 кг і більше.

Кріплення з бетонітів і блоків здатне сприймати тиск гірничих порід зразу ж після його спорудження.

Суттєвим **недоліком** застосування цегли і бетонітів в якості кріпильних матеріалів є використання ручної праці в зв'язку з чим в підземних умовах їх застосовують рідко (в основному при ремонті бетонного кріплення).

Питання для самоконтролю



1. Дайте визначення терміну „кріпильні матеріали”.
2. Наведіть класифікацію кріпильних матеріалів?
3. Назвіть вимоги, які ставляться до кріпильних матеріалів?
4. Перелічіть сорти та породи лісу, які використовують для виготовлення кріплення гірничих виробок?
5. Вкажіть переваги й недоліки кріпильних матеріалів з дерева.
6. Скажіть, із яких металів виготовляють гірниче кріплення?
7. Вкажіть переваги та недоліки кріпильних матеріалів з металу.
8. Назвіть прокатні профілі для виготовлення несучих конструкцій кріплення.
9. Дайте характеристику зв'язуючим речовинам та розчинам.
10. Вкажіть технологію виготовлення бетону, набризкбетону, залізобетону.
11. Вкажіть переваги та недоліки бетону.
12. Вкажіть переваги та недоліки залізобетону.
13. Яке штучні каміння використовують для кріплення гірничих виробок?
14. Вкажіть переваги та недоліки кам'яних кріпильних матеріалів.
15. Вкажіть переваги та недоліки нових кріпильних матеріалів.