

Тема 1.4.2 Конструкція і встановлення металевого кріплення**План****1 Історична довідка****2 Конструкція і встановлення металевого кріплення****3 Вузли податливості****1 Історична довідка**

У 1783 р. англійський металозаводчик Г. Корт отримав патент на “винахід способу прокату фасонного заліза за допомогою особливих вальців”. Уже на початку ХІХ ст. прокату (як способу обтискання й надання металу необхідної форми) почали віддавати перевагу перед куванням, оскільки продуктивність праці, якість металу й ефективність формоперетворення різко зросли. Бурхливий розвиток металопрокату був пов’язаний з будівництвом залізниць і виготовленням великої кількості рейок. Перший прокатний стан (у сучасному розумінні) збудовано на заводах Круппа (Німеччина) у 1854 р., а в наступне десятиріччя підприємства з випуску рейок та будівельних балок з’явилися в багатьох країнах Європи та США.

Уже в 60-х роках ХІХ ст. в Німеччині та Чехії ведуться спроби використання металевих рейок в якості елементів кріплення гірничих виробок, спершу – у вигляді окремих верхняків, пізніше – трапецієвидних рам (за аналогією до дерев’яних конструкцій). Перший позитивний досвід використання металевого кріплення на малих глибинах привів до широкого впровадження жорстких конструкцій кріплення з рейок і двотаврів трапецієвидної, арочної та кільцевої форм. Для з’єднання елементів кріплення використовували плоскі та фігурні планки, які забезпечували нерухому фіксацію несучих елементів, зміщення яких були можливі тільки за рахунок руйнівного деформування конструкції. При переході на значні глибини, в умовах інтенсивних зміщень гірських порід жорсткі конструкції сталевих рамного кріплення виявилися не в змозі забезпечити стійкість виробок. Науково-технічна думка початку ХХ ст. дотримувалася погляду про недоцільність використання сталевих прокатів як матеріалу шахтного кріплення.

Для подолання такої ситуації було проведено якісне вдосконалення конструкції, спрямоване на збільшення працездатності й адаптації до можливої зміни контуру виробки. На першому етапі (1924 р.) у конструкцію арочного кріплення були введені додаткові шарніри, які забезпечували повертання й обмежені зміщення несучих елементів в площині рами, що зменшувало нерівномірність розподілу зовнішніх навантажень за рахунок їх передавання на оточуючі кріплення породи. Крім того, введення додаткових шарнірів дозволило помітно знизити моменти в несучих елементах, що працюють на вигин. Особлива заслуга в розробці й впровадженні шарнірних арок належить фірмі “Ф. Моль та сини”, завдяки якій у 30 – 40 рр. ХХ ст. сталеве рамне кріплення знову широко розповсюджується на шахтах Німеччини.

У 1932 р. фірма “Тіссен-Хайнцман” (Німеччина) створює парні жолобчасті профілі різних типорозмірів та вельми просту конструкцію їх з’єднання (П-образна скоба й планка). Винахід походить від конструкції податливих стояків для очисних виробок. Завдяки введенню вузлів податливості в кріпильну раму, вона отримала можливість чинити опір гірському тиску без руйнування, оскільки при досягненні критичних навантажень несучі елементи конструкції зміщувались один відносно іншого і форма кріплення пристосовувалась до конвергенції порід. Ця технічна ідея

виявилася настільки плідною, що вже наприкінці 50-х років XX ст. сталевим податливим кріпленням підтримувалися на шахтах західноєвропейських країн від 50% (Німеччина) до 90% (Бельгія) гірничих виробок.

Перші промислові випробування сталевих рамних кріплень у колишньому СРСР проведені в 1947 р. Із самого початку роботи над його конструюванням та впровадженням були зосереджені в Україні (Донецький вугільний інститут), де були розроблені типові конструкції кріплень, параметричний ряд спеціальних взаємозамінювальних профілів (виробництво – з 1962 р.), особливі сталі, вузли податливості, нормативні матеріали до виготовлення й застосування арочного податливого кріплення.

Дослідження “лінії життя” технічної системи сталевих рамних кріплень за останні 50 років (аналіз об’ємів та області застосування, кількості розроблених конструкцій, винаходів, що продовжують строк експлуатації системи та ін.) дозволяють зробити висновок про її S-образний характер у часі. Тобто, система вже пройшла етап інтенсивного вдосконалення й наступний етап стабільного зростання, темпи її розвитку починають спадати, хоча об’єми використання залишаються достатньо високими (в Україні, Росії, Польщі вони складають близько 90%). У подальшому, згідно із законом “життя” технічних систем, сталева рамна кріплення або буде витиснене принципово іншою системою (наприклад, анкерним кріпленням, яке вже домінує в деяких країнах), або вийде на суттєво вищий рівень свого технічного розвитку.

2 Конструкція і встановлення сталевих кріплень

Сталева рамна кріплення – це будівельна конструкція, що складається з окремих рам із прокатних профілів, які встановлені у гірничій виробці на заданій відстані одна від одної, поєднані між собою стяжками та взаємодіють з гірським масивом через міжрамну огорожу та шар забутівки. Рами складені із несучих елементів (прямо- або криволінійних стержнів). Несучі елементи поєднують між собою за допомогою особливих вузлів, причому в залежності від їх типу й розташування на рамі визначається кінематична схема й режим роботи кріплення.

Металева кріплення може бути жорстким або податливим. Жорстка конструкція практично не міняє свої форми та розмірів, сприймає тиск вміщуючих порід до тих пір, поки напруга в системі масив-кріплення не перевищать несучої здатності кріплення. Податливе кріплення міняє форму та розміри в процесі його навантаження. Податливість сталевих кріплень забезпечують за рахунок зміщення елементів або ланок кріплення в місцях їх з’єднання.

2.1 Трапецієвидне металеве жорстке кріплення

Рама складається з двох стояків та верхняка, виготовлених із СВП, рідше з двотаврових балок (рис. 1). Стояки з верхняком сполучені за допомогою знімних башмаків, кутиків з болтами, накладок і ін. Стояки неповних рам встановлюють безпосередньо на підшву виробки в лунки. При слабкій підшві до нижніх кінців стояків приварюють опорні пластини або встановлюють на дерев’яні прогони.

Переваги: нескладність його виготовлення і встановлення, не порушується покрівля виробки при проведенні по пласту.

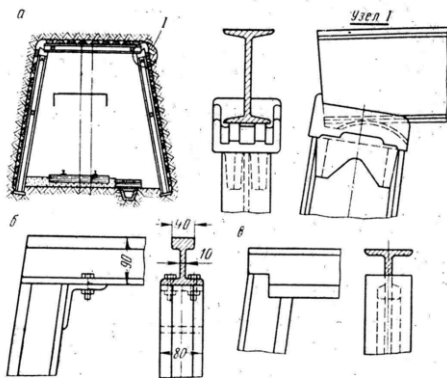


Рис. 1 - Трапецієвидне металеве жорстке кріплення: а – швидко роз'ємне з'єднання за допомогою башмаків; б – з'єднання накладками і болтами; в – зварне з'єднання

Недоліки: жорсткість конструкції, менша несуча здатність, в порівнянні з арочною формою кріплення, застосовується в основному для капітальних і підготовчих виробок, розташованих поза зоною впливу очисних робіт.

2.2 Жорстке аркове кріплення

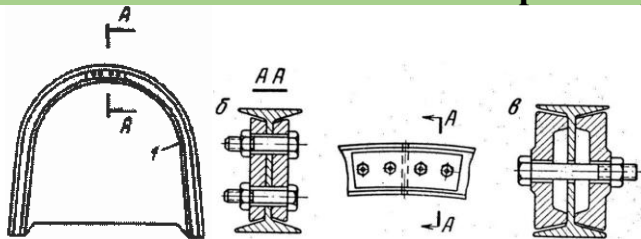


Рис. 2 - Жорстке аркове кріплення АЖ: а – загальний вигляд; б – з'єднання плоскими планками; в – з'єднання фігурними планками

Жорстке аркове кріплення (рис. 2) складається з двох напіварок, що виготовляються з двотаврових балок, жорстко сполучених між собою за допомогою планок та болтів. Достоїнства та недоліки - аналогічні жорсткому трапецієвидному кріпленню.

2.3 Кільцеве жорстке кріплення

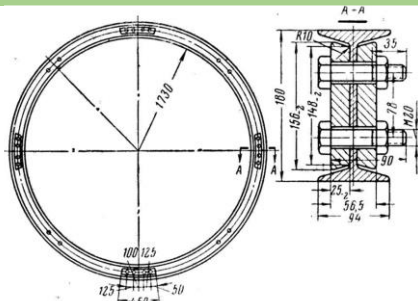


Рис. 3 – Кільцеве жорстке кріплення

При тиску на кріплення не лише з боку покрівлі та боків виробки, але й з боку підосви (пучащі породи, пливуні, сипкі породи, зони геологічних порушень і т. д.) застосовують кільцеве жорстке кріплення (рис. 3). Кільцеву раму виготовляють зазвичай з двотаврового профілю з внутрішнім діаметром кільця від 2,4 до 3,94 м. Кільце складається з трьох-чотирьох ланок. Ланки сполучають сполучними планками і болтами.

2.4 Трапецієвидне металеве податливе кріплення

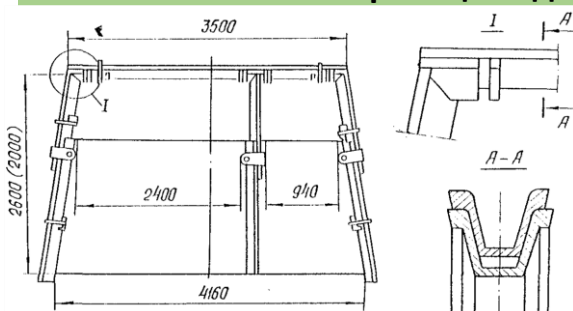


Рис. 4 - Трапецієвидне металеве податливе кріплення

Рама кріплення МПК-1Т (рис. 4) складається в основному з двох стояків і верхняка. У виробках шириною більше 3,5 м і великому тиску з боку покрівлі додатково встановлюється третій стояк. Стояк складається з двох відрізків спецпрофілю, що сполучаються з напустком кулачковим вузлом. Податливість кріплення здійснюється взаємним ковзанням частин стояків в сполучних вузлах.

Максимальна величина вертикальної податливості 600мм. Верхні торці стояків мають сполучні вузли з верхняком. Кріплення призначене для горизонтальних та похилих (до 25°) виробок в зонах впливу очисних робіт.

2.5 Податливе аркове кріплення

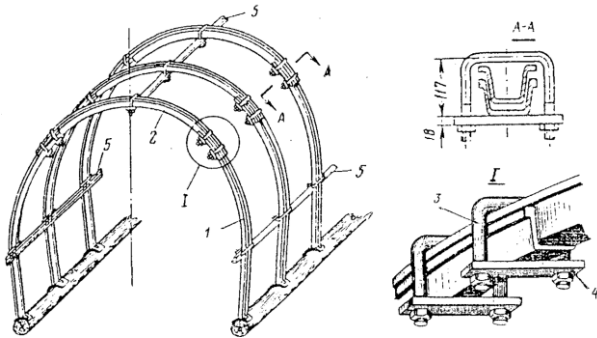


Рис. 5 – Триланкове аркове кріплення зі спецпрофілю: 1 – стояк; 2 – верхній сегмент; 3 – скоба; 4 – планка с гайками; 5 – стяжки

Найбільше поширення від усіх металевих кріплень (до 90%) отримали податливі кріплення зі СВП, які бувають трьох-, чотирьох-, п'ятиланкові. Аркове податливе кріплення складається з окремих арок, що встановлюються у виробках одна від одної на відстані 0,5-1,25 м, міжрамних стяжок та затяжок.

Триланкове аркове кріплення (рис. 5) складається з трьох елементів: двох бічних стояків та верхнього сегменту (верхняка).

Кінці верхнього сегменту телескопічно входять у бічні стояки. Місця з'єднання стягують металевими хомутами. Податливість кріплення забезпечується за рахунок всування кінців елементів арки одного в іншій.

Вузлом податливості є з'єднання елементів кріплення за допомогою скоб, планок і гайок, фасонних хомутів з клинами. Величина напустка в місцях з'єднання елементів при установці арки складає 400мм, відстань між скобами - 200мм.

В виробках, де очікується велике опускання покрівлі, застосовують п'ятиланкове кріплення. Воно відрізняється від триланкового тим, що стояки складаються з двох частин, що сполучаються один з одним з напустком за допомогою хомутів. За рахунок цих з'єднань в стояках досягається додаткова податливість. Податливість триланкового кріплення складає 300-500мм, а п'ятиланкового - до 1000мм.

2.6 Податливе кріплення замкнутої конструкції

Для протидії здиранню підшви виробки застосовують кільцеву форму кріплення, а також конструкції із зворотним склепінням (рис. 6).

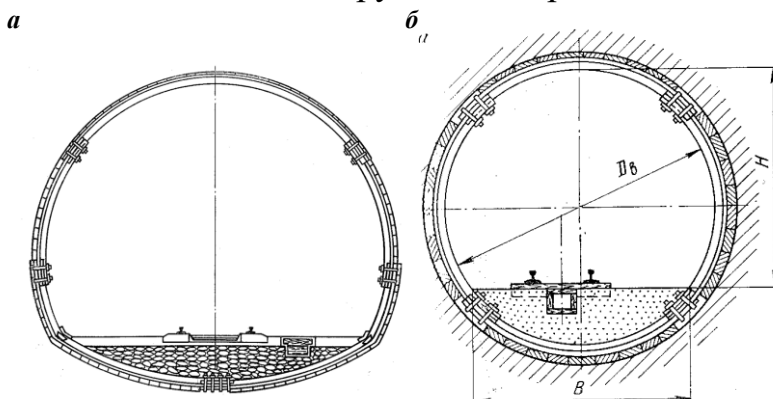


Рис. 6 – Металеve податливе кріплення: а - зі зворотнім склепінням; б – кільцеве

При значному всебічному тиску або здиранні порід підшви та тривалому терміні служби виробки для кріплення горизонтальних та похилих одно- або двоколійних виробок застосовується металеве кільцеве кріплення.

Кріплення складається з окремих кілець, що виготовляються зі спецпрофілю СВП. Кожне кільце кріплення складається з чотирьох або шести елементів, сполучених з напустком. У виробці кріпильні кільця скріплюються один з одним декількома подовжніми металевими стяжками. Податливість кріплення здійснюється за рахунок ковзання елементів кільця в місцях їх з'єднання у вузлах податливості.

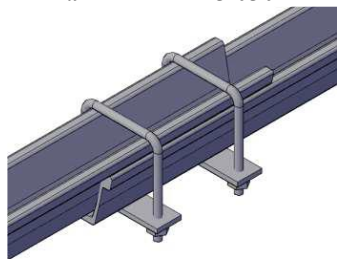
Скріплення елементів аркового або кільцевого кріплення зі спецпрофілю СВП в місцях їх з'єднання здійснюється замковими пристроями різної конструкції.

3 Вузли податливості

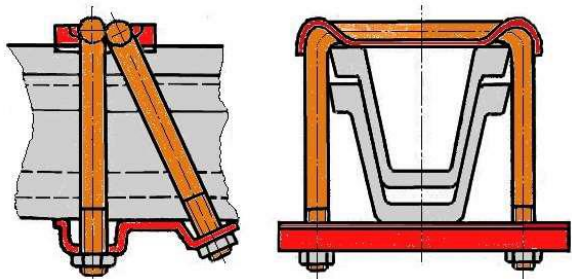
Працездатність та деформаційно-силові характеристики сталевого рамного кріплення значною мірою визначаються конструкцією з'єднань його несучих елементів. Широке розповсюдження податливого кріплення зумовлено його властивістю пристосовуватися до значних зміщень порід шляхом збільшення напуску профілів у вузлах податливості. Функціями вузлів є силове обтискання профілів на ділянках напуску й забезпечення їх проковзування, коли навантаження на раму досягне граничної величини (як правило, опір вузла складає 100–130 кН).

Замки податливого кріплення

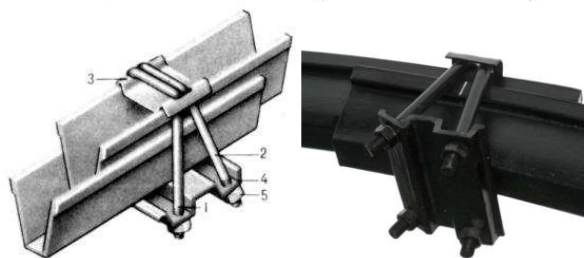
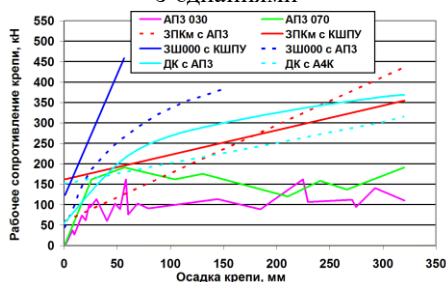
а - Замок АПЗ.030



б - Замок ЗСД (АПЗ.070): 1, 2 – хомути, 3 – верхня планка, 4 – нижня планка (профіль прокату ПЗС-20), 5 – гайка

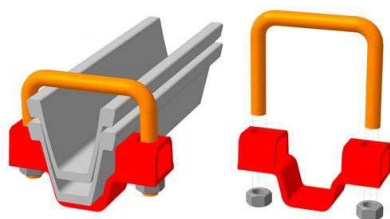


Залежність робочого опору кріплення від осадки з різними замковими з'єднаннями

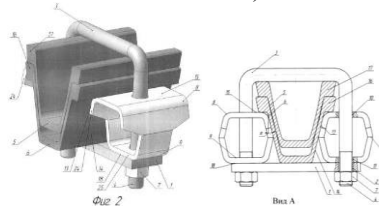


Модернізовані замки податливого кріплення

в - Модернізований замок М7Д



г - Стабілізований замок вузла податливості (патент РФ №2467170)



д - Замок ЗШ.000: дозволяє перевести шахтне кріплення у режим обмеженої податливості



е - Замок ЗПКм:

Підвищує щільність притискання елементів кріплення, що сприяє плавній роботі кріплення при великих навантаженнях



ж - Замок ДК

(«Донбаскріплення»): забезпечує характеристики, подібні до ЗПКм



з - Замок «Тіссен»

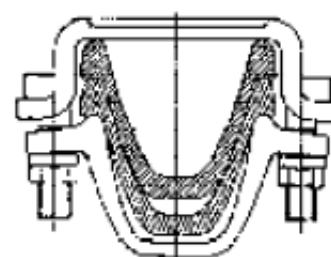


Рис. 7 - Конструкції різьбових вузлів податливості

За принципом роботи виділяють силові (різьбові) та деформаційні (клинові, кулачкові) вузли податливості (рис. 7, 8). Найбільше розповсюдження в країнах

колишнього СРСР отримав типовий вузол, що складається з П-образної скоби, плоскої планки та гайок (рис. 7, а). Його переваги – простота виготовлення й монтажу, незначні вимоги до кваліфікації робітників. Проте багаторічний досвід експлуатації вузла виявив низку конструктивних недоліків, які ставлять під сумнів його надійність та працездатність.

При монтажному натяганні (за нормою гайки необхідно загвинчувати до початку згинання планки) скоби круглого перерізу взаємодіють з фланцями таким чином, що зусилля сягають граничних величин контактної міцності сталі, зумовлюючи т. зв. “ефект зварювання”. Під дією поздовжньої сили (від зовнішнього навантаження рами) профілі починають просуватися один відносно другого, причому верхняк тягне за собою скобу, а планка вузла зміщується в протилежний бік (іноді залишається в початковому положенні). Це призводить до розтягання (перекосу) скоб і може викликати навіть їх розрив. Коли кут нахилу скоб досягне граничної величини й подолає місцеве зчеплення із фланцями, станеться динамічне проскакування профілів та розвантаження скоб. Після цього характеристики вузла вже не відповідають заданим вимогам, оскільки розтягнуті скоби не забезпечують необхідного обтискання профілів. В арочному кріпленні це призводить до обпирання верхняка на кінець стояка, заклинювання на його днищі (часом із розривом останнього) й передчасному переходу до жорсткого режиму роботи. У трапецієвидних конструкціях спостерігається повне вичерпання податливості з осіданням покрівлі.

Для усунення цих недоліків були розроблені удосконалені конструкції податливих з’єднань. У вузлі ЗСД (рис. 7, б) широка фігурна планка пов’язує скоби з боку днища профілю, причому одна із скоб розташована під кутом. З боку фланців скоби поєднані тонкою фігурною планкою, яка забезпечує необхідні контактні умови (запобігає контакту з “ефектом зварювання”). Таким чином, скоби жорстко поєднані одна з одною й працюють разом, що покращує податливу характеристику кріплення й виключає неконтрольований перекис скоб.

На основі німецького досвіду створена конструкція вузла ЗПК (рис. 7, в), яка складається із фігурної планки, що охоплює контур профілю з боку його днища та скороченої скоби для стискання фланців. Перевагою конструкції є зменшення моментів згинання скоб, оскільки вони значно коротші ніж у типовому вузлі, а, завдяки фігурним планкам, опір податливості збільшено майже в 1,5 рази.

Позитивні тенденції вузла ЗПК ще більш підсилені у вузлі фірми “Тіссен” (рис. 7, г), який став основним у більшості розвинених гірничодобувних країн. Охоплення профілю з обох боків широкими фігурними планками забезпечує підвищений опір податливості та стабільну характеристику роботи вузла. Наявність спеціальних упорів фіксує положення вузла відносно торців несучих елементів. Проте підвищена вартість конструкції та складність її монтажу поки що стримують широке застосування аналогів вузла фірми “Тіссен” на вітчизняних шахтах.

Серед конструкцій з деформаційним принципом роботи слід відзначити кулачковий вузол (рис. 8, а), який складається із двох притискових кулачків 3, які знизу обжимають фланці, фігурної планки 5, що охоплює профілі; осі 6 та обмежувачів повертання 8. Оскільки робоча поверхня кулачків виконана з різними радіусами, то вузол забезпечує режим податливої роботи з наростаючим опором (до повного блокування вузла при податливості 25–30 см). Трудомісткість монтажу

значно нижча, ніж у різьбових з'єднаннях, але вага й вартість приблизно в 1,5 рази перебільшують інші вузли. Конструкції клинових вузлів (рис. 8, б) не отримали широкого промислового впровадження, але мають перспективи подальшого вдосконалення, оскільки значно спрощують монтаж рамного кріплення.

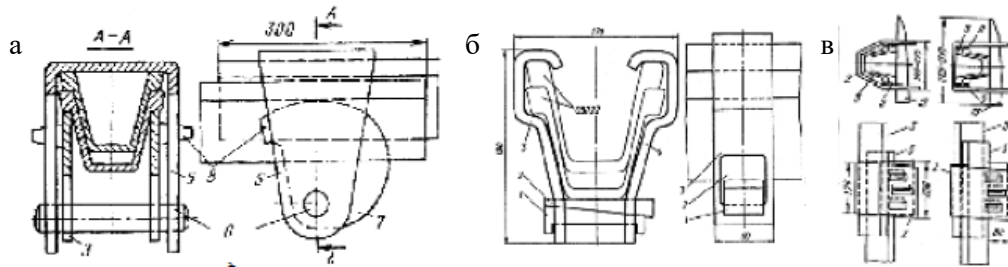


Рис. 8 – Конструкції деформаційних вузлів податливості: а – кулачковий; б, в – клинові

Питання для самоконтролю



1. Назвіть, які конструктивні ознаки властиві для поширених типів апрочного та трапецієвидного кріплення?
2. Скажіть, які засоби використовують для створення ефективної контактної взаємодії кріплення з породним масивом?
3. Скажіть, які конструктивні особливості та принципи роботи відрізняють вузли податливості рамного кріплення?