

УДК 622.281

Закономірності зміни моментів опору під час пластичних деформацій спецпрофілю рамного піддатливого кріплення

Кусень О.Б.

Приватне акціонерне товариство «Донецьксталь металургійний завод» м. Покровськ, Україна

Анотація: У ході натурних спостережень за стійкістю та вимірюванням параметрів деформацій рам кріплення підземних виробок встановлено, що найбільш небезпечними пластичними деформаціями є поздовжнє скручування спецпрофілю. Встановлення ролі цього типу пластичних деформацій було взято до уваги при вдосконаленні рамно-анкерних кріплень.

Ключові слова: гірський тиск, рамне кріплення, спецпрофіль, пластичні деформації, поздовжнє скручування

Вступ

У зв'язку зі збільшенням глибини розробки корисних копалин неухильно загострюється проблема забезпечення стійкості гірничих виробок. Рамні піддатливі кріплення є найбільш поширеним засобом забезпечення експлуатаційного стану виробок під час підземної розробки корисних копалин. Проте значні прояви гірського тиску є причиною інтенсивних пластичних деформацій спецпрофілю, з якого виготовлені піддатливі рамні кріплення. У зв'язку з цим з неухильним зростанням глибини розробки з'явилися нові форми небезпечних пластичних деформацій рамного кріплення, вплив яких на стійкість підземних виробок вивчено недостатньо, що обумовлює актуальність теми цих досліджень.

Метою дослідження є встановлення параметрів деформування рамного кріплення, що обумовлюють втрату стійкості рам й їх несучої здатності, та особливості перерозподілу напружень і деформацій у рамних кріпленнях під час опору гірському тиску.

Матеріали і результати дослідження. Профіль будь-якого рамного кріплення спроектований так, щоб його моменти інерції і опору були максимальними щодо так званої головної нейтральної осі, яка при установці рами завжди збігається з віссю виробки Y . Параметри перерізу коритоподібного спецпрофілю, з якого виготовляються рамні кріплення передбачають, що рама буде деформуватися строго у своїй площині, або іншими словами, в площині поперечного перерізу підготовчої виробки. Якщо це так, тоді згинальний момент буде діяти щодо головної осі, проектна орієнтація якої вказана на фрагменті (Рис. 1,а). При відхиленні напрямку вигину (кажуть, що такий вигин є косим), момент інерції профілю зменшується, оскільки профіль не проектувався для максимального опору вигину в такому напрямку (Рис. 1, б).

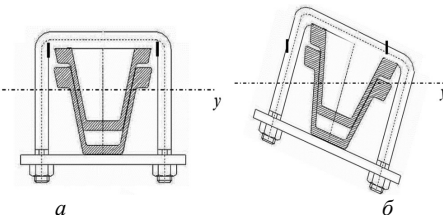


Рис. 1. Вигин профілю під різними кутами відносно головної осі поперечного перерізу

У процесі поздовжнього скручування профілю рамного кріплення відбувається поворот осі, щодо якої виникає вигин. Це в деякій мірі зменшує момент опору профілю нормальним зусиллям Fz . Процес спільного вигину і поздовжнього скручування профілю рамних кріплень по суті описується більш складним механізмом стиснутого крутіння тонкостінних криволінійних стрижнів, який вимагає додаткових обчислень

секторіальних характеристик перетину і обліку додаткових напружень, обумовлених вигин-крутними бімоментами. Однак натурні обстеження рамних кріплень показали, що реальний процес деформації профілю рамних кріплень ще складніший.

Головною особливістю є те, що поздовжнє скручування профілю неминуче породжує розкриття профілю або, відгинання однієї з його полиць (рис. 2). Внаслідок цього результати форма профілю змінюється від коритоподібної у бік плоскої, що різко зменшує момент інерції профілю і як наслідок момент опору вигину.

На рис. 2 наведено характер зміни моменту інерції при відхиленні нейтральної осі від нормативного напрямку і відгині однієї з полиць спецпрофілю на 45° . Як видно, навіть при відхиленні головної осі на 10° , момент інерції зменшується на 20%, що має велике значення. Отриманий емпіричний закон зміни моменту інерції описується зворотною експоненціальною залежністю з показником тісноти зв'язку 0,94:

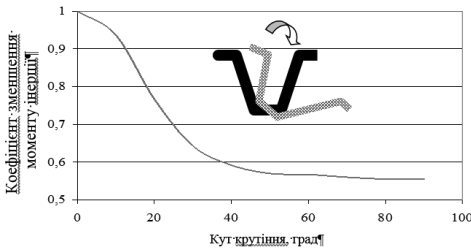


Рис. 2 Характер зменшення моменту інерції перетину спецпрофілю в міру зміни кута орієнтації головної осі

$$W = \sum Fz^2 \quad (1)$$

$$k = 0.46 \exp(0.0015\alpha^2) + 0.54 \quad (2)$$

де k – відношення моментів інерції до скручування і після;

α – кут поздовжнього скручування профілю рамного кріплення, град.

З позицій динаміки проектне положення головної осі поперечного перерізу профілю є нестійким і профіль завжди буде прагнути до іншої форми деформації, якщо дозволяють ступені вільності. Саме з

цієї причини виникає поздовжнє скручування спецпрофілю рамного кріплення.

S – подібна форма кривої на рис. 2 служить наочним додатковим підтвердженням хаотичності перерозподілу моментів і сил в рамному профілі на початковому етапі його деформування. Спочатку процесу деформування форма кривої є опуклою, в результаті чого зменшення моменту інерції відбувається несуттєво. У таких умовах можливий деформований стан рам близький один до одного за величиною потенційної енергії деформації. Саме це обумовлює їхню хаотичну зміну. У процесі подальшого деформування момент інерції починає зменшуватися прискореними темпами, що призводить до вибору одного зі стійких станів деформування, на етапі якого відбувається прискорене зростання згинальних і скручуючих моментів, після чого слідує пластичний вигин профілю в небезпечному його перетині.

Найважливіша обставина полягає в тому, що згідно з варіаційним принципом механіки профіль кріплення завжди буде вибирати таку форму деформації, яка буде відповідати мінімуму потенційної енергії з деформованої рами. Очевидно, що досить незначної випадкової причини або механічної флуктуації для того, щоб рама пішла з положення нестійкої рівноваги у бік більш стійкого стану. При цьому чим довше рама по відношенню до поперечного розміру профілю, з якого вона виготовлена, тим легше буде виникати поздовжньому скручуванню. Саме цим пояснюється зростання числа скручувань рам зі збільшенням площі перерізу виробки.

Стан рами, при якому вона відчуває поздовжні деформації скручування відповідає її просторовій деформації, коли поряд з вигином щодо осі Y виникає додатковий вигин щодо осі Z і поздовжнє крутіння щодо осі X . Використавши всі ступені вільності, рама знаходить стан з мінімумом потенційної енергії деформації. Саме тому за допомогою тривимірної комп'ютерної моделі зареєстровано нескінченна кількість станів рам, які включають деформування у всіх можливих напрямках.

На початковому етапі деформування рама перебирає безліч випадкових станів, які сильно відрізняються один від одного, оскільки поблизу положення нестійкої рівноваги всі ці стани приблизно однаково мало відрізняються від нерівноважного, коли потенційна

енергія деформації максимальна. Цим пояснюється випадковий хаотичний характер зміни скручуючих і згинальних моментів в рамі на початковому етапі її навантаження. Однак у міру збільшення кута повороту головної осі (або що те ж саме - кута поздовжнього скручування профілю рамного кріплення) потенційна енергія змінюється все більш істотно, що узгоджується з графіком зменшення моменту інерції на рис. 2.

Висновок. Роль процесу скручування таким чином багатопланова. По-перше поздовжнє скручування дозволяє рамі використовувати додатковий ступінь вільності, за допомогою якої вона знаходить шлях навантаження, який відповідає мінімуму потенційної енергії своєї деформації.

По-друге поздовжнє скручування зменшує момент інерції профілю щодо головної осі і дає можливість замінити найбільший з можливих нормальний поперечний вигин профілю на косий вигин, момент інерції якого завжди буде менше.

По-третє поздовжнє скручування супроводжується розгинанням коритоподібного профілю рами, що сприяє подальшому зменшенню моменту опору згинаючих навантажень. Таким чином встановлена роль поздовжнього скручування профілю рами, яка відкриває можливість використовувати додатковий ступінь свободи і зменшує момент інерції перерізу профілю. Обидва ці фактори сприяють зменшенню потенційної енергії деформації профілю і готують його до пластичного вигину. Важливо при цьому мати на увазі, що сам пластичний вигин виконується поперечними згинальними моментами, при цьому вигин необов'язково відбувається в площині рами, а приблизно в половині випадків є косим по відношенню до осі виробки.

Закономерность изменения момента сопротивления во время пластических деформаций спецпрофиля рамной податливой крепи

Кусень А.Б.

Анотация. В связи с увеличением глубины разработки полезных ископаемых неуклонно обостряется проблема обеспечения устойчивости горных выработок. Рамные податливые крепи являются наиболее распространенным средством обеспечения эксплуатационного состояния выработок при подземной разработки полезных ископаемых. При этом усиленное проявление горного давления является причиной интенсифицированных пластических деформаций спецпрофиля, из которого изготовлены податливые рамные крепи. В ходе натурных наблюдений за устойчивостью, и измерением параметров деформаций рам крепи подземных выработок установлено, что наиболее опасной пластической деформацией является продольное скручивание спецпрофиля. Установление роли этого типа пластических деформаций было принято во внимание при совершенствовании рамно-анкерных креплений.

Ключевые слова: горное давление, рамная крепь, спецпрофиль, пластические деформации, продольное скручивание

Effect of frame support's plastic deformation on moments's resistance

Kusen' O.B.

Annotation: Due to the increase in the depth of development of minerals the problem of ensuring the stability of mining operations is steadily exacerbated. Frame folding crepes are the most common means of ensuring the operational state of excavations under underground mining. At the same time, the intensified manifestation of the pressure of the mountain is the cause of intense plastic deformations of special profile, from which folding frame supports are made. In the course of field observations of stability, and the measurement of parameters of deformation of frames, the crepe of underground workings has established that the most dangerous plastic deformation is longitudinal twisting of special profile. The establishment of the role of this type of plastic deformation was taken into account when improving frame anchorages.

Keywords: mountain pressure, frame fastening, special profile, plastic deformations, longitudinal twisting

Список літератури

1. Горное давление в подготовительных выработках угольных шахт // Давыдович И.Л., Бажин Н.П., Коренной Ю.П., Куняев Е.В. и др. – М.: Недра. 1971. – 288 с.
2. Руководство при проектировании подземных горных выработок и расчету крепи. -М.: Стройиздат. -1983.-272с
3. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – ж М.: Наука, 1965.-856с
4. Бульчев Н.С. Механика подземных сооружений.-М.: Недра, 1982.-270с.
5. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести.-М.: Физматгиз, 1959.-610с.