

## ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ МЕТАЛЛОЁМКОСТИ КРЕПЛЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

**инж. Настуев Ю.М.** (ПО Укрузлегеология), **к.т.н. Сугаренко Г.Г.**  
(ДНЦ АГН Украины)

Проблема снижения металлоемкости крепления подготовительных выработок является составной частью более общей и постоянно существующей проблемы снижения ресурсоемкости производства в целом. Актуальность частной проблемы снижения металлоемкости на каждый период времени определяется уровнем складывающихся цен на металл и его переработку в крепь, а также удельным уровнем потребления, который находится в прямой зависимости от объективно действующих тенденций, а также технического совершенства применяемых конструкций и технологий.

Наиболее отчетливо фиксируемыми тенденциями являются переход к большим сечениям проводимых выработок и, одновременно, повышение плотности установки крепежных рам. Являясь прямым следствием общего ухудшения горногеологических условий, вызванного увеличением глубины разработки, обе указанные тенденции создают ситуацию, требующую как интенсивного поиска новых технических средств крепления, так и совершенствования традиционно применяемых. Острота проблемы подчеркивается следующими основными обстоятельствами.

1. Стоимость собственно крепления составляет в настоящее время 35-50% общей сметной стоимости проводимой выработки (в зависимости от сечения и плотности установки крепежных рам).
2. Стоимость вынужденного перекрепления выработки, производимого в ряде случаев еще до начала влияния очистной выемки (качественно новое явление) превышает стоимость нового проведения на 15-38%.
3. Стоимость переработки материала в крепь, составлявшая до 1992 года 18-23% стоимости металла в поставке, в настоящее время достигает 40% (при резко возросших отпускных ценах).

Основными условиями снижения металлоемкости крепления, как известно, являются снижение веса комплекта и уменьшение удельного расхода металла на 1 пог. метр проводимой выработки. Будучи в определенной степени взаимосвязанными, указанные условия должны быть реализованы с обязательным соблюдением современных требований к крепям [1], прежде всего в части параметров рабочей характеристики («Нагрузка – податливость»), а также необходимого запаса прочности, составляющего 1,5 – 2,0 и обычно принимаемого для конструкций подобного рода. Примени-

тельно к арочным крепям традиционного типа (КМП-А3) значения коэффициента запаса прочности находятся в пределах 1,5 - 1,7 [2], что, учитывая значительный разброс и общую нестабильность рабочих характеристик, представляется недостаточным. При одновременном учете того обстоятельства, что в основу типоразмерного ряда традиционных крепей положен принцип "каждому сечению – свой типоразмер спецпрофиля", становится совершенно очевидной невозможность дальнейшего прямого снижения металлоемкости комплекта в рамках применяемого типа арки.

Следует отметить, что в 70-80е годы предпринимались определенные попытки снизить вес комплекта за счет использования низколегированных сталей (20Г2АФПС, 22Г2САФ и др.) взамен предусмотренной техническими условиями ст.5пс1, что в обстановке строгого фондирования и низких цен казалось вполне логичным. Тем не менее, достичь необходимого технического эффекта, заключающегося в улучшении или хотя бы сохранении на прежнем уровне основных параметров рабочей характеристики, не удалось. Более того, можно с уверенностью утверждать, что величина рабочего сопротивления и без того недостаточная, в результате замены спецпрофиля на более легкий, оказалась пониженной примерно на 12%, что само по себе прошло незамеченным, но вполне могло усилить общую негативную тенденцию увеличения плотности установки. Необходимо также упомянуть, не получившую пока исчерпывающей оценки, новую тенденцию повышения используемого типоразмера спецпрофиля, когда, например, вместо предусмотренного ТУ спецпрофиля СВП27 используется СВП33. Отмеченная тенденция, наблюдаемая на шахтах с тяжелыми горногеологическими условиями, может, на наш взгляд, являться отражением интуитивно ощущаемого производителями недостаточного запаса прочности традиционных конструкций. В связи с этим необходимо заметить, что учет только фактора запаса прочности в качестве единственного критерия, на наш взгляд, недостаточен, т.к. образующие сегменты крепи подвергаются не простому осевому сжатию, а сложному нагружению с участием изгибающих и крутящих моментов. Поэтому, понижение номера используемого спецпрофиля, за счет применения стали с более высокими прочностными показателями, выглядит еще более сомнительным. А в случаях применения крепей с увеличенным периметром (например, пятизвенной типа КМП-А5) оно и вовсе недопустимо из-за неприемлемого снижения жесткости конструкции. В целом следует отметить, что принцип "каждому сечению – свой номер спецпрофиля" в серийной крепи КМП-А5 (АП-5) вообще нарушен изначально, так же, как и в крепи КМП-А3 с удлиненными стойками. Это, повидимому, является одной из главных причин ее неудовлетворительной работы в тяжелых условиях: вопреки ожиданиям нижние узлы податливости не срабатывают в первую очередь (или не срабатывают вооб-

ще) , в то время как податливость верхних узлов оказывается исчерпанной, а крепь деформированной. В связи с вышесказанным, не отрицая в целом необходимости применения сталей с повышенными прочностными свойствами, можно с уверенностью утверждать, что целесообразность такого мероприятия целиком определяется конъюнктурно-ценовыми соображениями, а в смысле экономии металла в рамках использования традиционных крепей может дать лишь весьма ограниченный эффект.

В то же время применение новых прокатных профилей, имеющих улучшенные статические показатели (КГВ, Туссейн-Хайнцманн и др.) является безусловно целесообразным, но не в смысле возможности прямого снижения веса комплекта, а на основе достигаемого улучшения параметров рабочей характеристики, в частности, величины рабочего сопротивления примерно на 30% [2]. Однако, повышение величины рабочего сопротивления при сохранении той же несущей способности неприемлемо, т.к. равнозначно соответствующему снижению запаса прочности, и без того недостаточного. Если же при этом прибегают к использованию более прочных сталей с целью снижения веса спецпрофиля на одну ступень, то подобное мероприятие оказывается несостоятельным по мотивам, изложенным выше. В этой связи, мнение об имеющейся, якобы, возможности использования, например, спецпрофиля КГВ26 вместо СВПЗЗ [3] выглядит некорректным. Т.о. переход на новый тип профиля, создавая надежные предпосылки увеличения рабочего сопротивления крепи в рамках использования традиционного типа крепежной рамы (циркульная двухшарнирная арка) также может дать весьма ограниченный эффект. Согласно оценке разработчика профиля КГВ [2], возможная экономия металла составляет не более 3-4%. Из-за естественного стремления металлургов вести прокатку на плюсовых допусках такая экономия обычно не достигается. В то же время, замена типа применяемого спецпрофиля при одновременном изменении типа крепежной рамы, (т.е. применении эллипсных двухрадиусных и стрельчатых конструкций взамен циркульных) может дать весьма значительный эффект, образующийся на основе снижения металлоемкости крепления 1 пог. метра проводимой выработки. В настоящее время при креплении выработок в тяжелых горногеологических условиях в соответствии с действующей инструкцией применяется плотность установки 2 рамы на пог. метр, а в отдельных случаях даже 3 рамы на пог. метр, , при этом плотность обратно пропорциональна величине рабочего сопротивления [4]. Поэтому увеличение рабочего сопротивления комплекта позволяет вполне обоснованно уменьшить плотность установки крепи в той же пропорции, а кроме того повысить надежность ее работы т.к. различные типы крепежных рам при одинаковой схеме нагружения обладают различным запасом прочности, в частности, – по критическому элементу, которым

обычно является верхняк. Например, при использовании двухрадиусной крепи КМП-А5Э сечением 18,7 м<sup>2</sup> в свету на шахте им. А.Ф. Засядько [5], несущая способность верхняка, имеющего большую кривизну, повышена примерно на 50% по сравнению с верхняком ранее применявшейся серийной крепи КМП-А3-18,3. Это позволило соответственно увеличить и рабочее сопротивление комплекта. За три года опытной эксплуатации новой крепи (свыше 20 тысяч комплектов) ни один верхняк не был "провален" складчатой структурой, что ранее было обычным явлением даже в одиночной выработке, не испытывающей влияния очистной выемки. Тем самым создана надежная предпосылка для последовательного уменьшения плотности установки крепи до 1,5 рам на пог. метр, а в перспективе и до 1,25 рамы на пог. метр. Весьма показательно, что указанный эффект достигнут исключительно на основе изменения типа крепежной рамы, т.е. более высокого качества конструкции, в которой использовался тот же спецпрофиль из обычной стали и серийные замковые соединения. Тем самым, с полной очевидностью, такие мероприятия, как использование новых типов спецпрофиля, новых марок стали и новых замковых соединений, являются естественными резервами дальнейшей модернизации новой конструкции, где они могут быть реализованы в полной мере.

В заключение следует отметить определенные возможности снижения металлоемкости комплекта, возникающие при применении новых замковых соединений и некоторых технических приемах, повышающих как стабильность рабочей характеристики, так и величину рабочего сопротивления. В качестве важнейших следует отметить применение новых замковых соединений и их рациональное расположение в точках периметра крепи с минимальными значениями изгибающих моментов от активных нагрузок. Применительно к циркульным аркам традиционного типа, повышение зажимного усилия в узлах податливости следует считать невозможным в силу неизбежного снижения запаса прочности. В то же время повышение стабильности характеристики всегда возможно и желательно независимо от типа крепежной рамы т.к. уменьшение величины разброса значений рабочего сопротивления при взаимном проскальзывании сегментов позволяет несколько понизить запас прочности без увеличения вероятности того, что значение несущей способности будет превышено. Так, например, разброс значений рабочего сопротивления замков гидрокрепей при стендовых испытаниях обычно не превышает 2-3%, лучших образцов замков стоек трения 7-8%, а замковых соединений типа АПЗ.070 на циркульных арках достигает 20-25%. Представляет интерес тот факт, что эти же замки, установленные на крепи, конфигурация которой приближена к эллипсу и в местах, где изгибающий момент близок к нулевому значению, дали при стендовых испытаниях величину разброса величины рабочего сопротивления 10-12%, а сама вели-

чина рабочего сопротивления оказалась выше (280 – 320 кН на стрельчатой трехшарнирной арке вместо 180 – 210 кН на циркульной арке обычного типа и того же сечения). Это свидетельствует, в частности, о том, что потенциальные возможности замковых соединений типа АПЗ.070 в традиционных циркульных арках реализуются не полностью.

#### Выводы.

1. Направленные на снижение металлоемкости крепления мероприятия – использование низколегированных сталей, новых типов прокатного профиля и новых замковых соединений, в рамках применения традиционных типов крепежных рам (циркульная двухшарнирная арка) не могут дать скольконибудь значительного эффекта.
2. Желаемый результат может быть получен на основе перехода к эллипсным, двухрадиусным и стрельчатым конструкциям, в большей степени отвечающим существующим в тяжелых горно-геологических условиях схемам нагружения даже без использования перечисленных мероприятий, исключительно за счет более высокого качества новых конструкций.
3. Указанные выше мероприятия тем самым могут рассматриваться как существенные резервы дальнейшей модернизации новых конструкций, причем основная часть получаемого эффекта образуется не за счет снижения веса комплекта, но за счет обоснованного уменьшения плотности установки крепежных рам, имеющих более высокие служебные свойства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная конференция по горному давлению. Материалы комиссии СЭВ по углю. – М., Недра, 1985, стр. 67-68.
2. Сытник А.А., Зигель Ф.С., Компанец В.Ф., Поляковский В.С. Рамные крепи горных выработок. Госупдепром Украины, ДонУГИ, ЦБНТИ, Донецк, 1992, стр. 2,3,4,5.
3. Звягильский Е.А., Компанец В.Ф., Сытник А.А., Тупиков Б.Т. Влияние глубины разработки на устойчивость подготовительных выработок в условиях пласта  $m_3$ . Уголь Украины, 2000, № 12.
4. Инструкция по выбору типа и параметров крепи. ВНИМИ, Ленинград, издание второе, 1991, разд. 1.
5. Грязнов В.С., Петров В.В., Ефремов И.А., Сугаренко Г.Г. Опыт применения крепей нового технического уровня. Уголь Украины, 1999, № 4.