



## Закладка подземных пустот с помощью поршневых насосов

Дипл. инж. **Томас Лаутербах**, Региональный менеджер подразделения технологического оборудования фирмы «Путцмайстер АГ», сектор туннелестроения и горной промышленности, Айхталь

Статья из журнала *Glückauf* 142 (2006) Nr. 4

**Б**лагодаря возросшей механизации подземных горных работ на многих горных предприятиях в короткие сроки образуются большие подземные полости. Такие полости, с одной стороны, создают потенциальную опасность, но, с другой, – дают возможность разбирать поверхностные отвалы пустых пород и размещать породный материал под землей. Поэтому решающее значение для дальнейшего развития способов и методов разработки подземных месторождений имеет развитие высокопроизводительных систем гидравлической закладки.

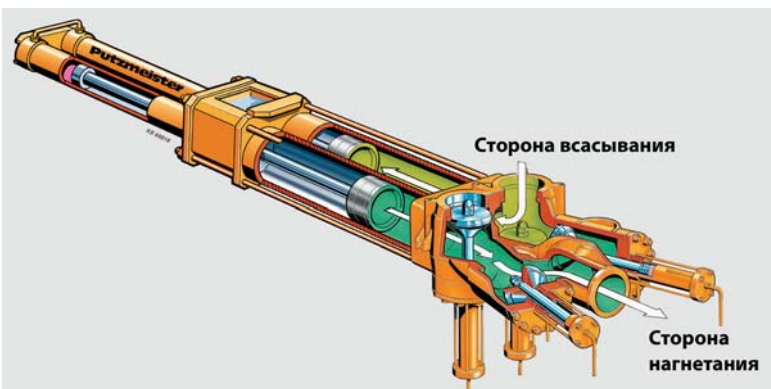
### Постановка задач

Заполнение полостей, образующихся вследствие подземной выемки рудных, угольных или соляных массивов, играет все большую роль в отношении рационального использования природных ресурсов. Все чаще высказываются мнения снова заполнять эти подземные полости не только по причинам технологии и безопасности горных работ, но и по причинам охраны окружающей среды и необходимости ограничения площади породных отвалов. Выработанные пространства и ставшие ненужными горные выработки превращаются в полигоны для размещения отходов,

Рис. 1. Типичный закладочный материал (хвосты обогащения)



Рис. 2. Поршневой шламовый насос серии HSP с тарельчатыми клапанами



Закладка выработанных пространств играет решающую роль с точки зрения технологии и безопасности горных работ. Используя подходящие для этого поршневые насосы и соответствующую технологию, можно применять системы разработки с закладкой, позволяющие обрабатывать участки месторождений, которые с геотехнической точки зрения были бы оставлены или совсем не вскрыты. Поршневые насосы соответствующего типа способны перекачивать пастообразные, а также крупнозернистые материалы с небольшим содержанием воды по закрытым трубопроводным системам на большие расстояния по вертикали и горизонтали к месту укладки закладочного материала, не препятствуя нормальному ведению горных работ, и независимо от условий окружающей среды.

остановленные шахты становятся предприятиями для захоронения отходов.

Независимо от того, идет ли речь при заполнении подземных пустот об утилизации остаточных продуктов или о захоронении отходов, имеется взаимоотношение между видом материала заполнения и геометрией пустот. Материал заполнения может быть в упакованном виде (мешки «биг-бэг»), а также в кусковой или же в мелкозернистой форме с большим или меньшим содержанием воды. Пустоты, образовавшиеся в результате горных работ, могут простираться по горизонтали или в большей мере по вертикали. Они могут быть устойчивыми или подверженными обрушению.

Благодаря заполнению пустот, т.е. укладке закладочного материала, обеспечивается стабилизация породного массива, предотвращается разрушение в кровле и боках горных выработок. Это способствует уменьшению интенсивности сдвига горных пород. Закладка должна воспринимать нагрузки, вызванные горным давлением, и способствовать равномерному распределению напряжений породного массива.

Наряду с улучшением условий управления горным давлением закладка выработанных пространств обладает и другими положительными свойствами. Так, улучшаются условия проветривания и микроклимата горных выработок, так как устраняются утечки воздуха через выработанные пространства. Если для закладки используются пустые породы и/или отходы обогащения, то можно сократить площади отвалов и хвостохранилищ на поверхности и при определенных условиях совсем отказаться от них.

Закладка наряду с непосредственным повышением безопасности горных работ приводит к уменьшению повреждений поверхности и подземных выработок, вызванных сдвигами породного массива, например, оседания земной

поверхности. В качестве дальнейшего эффекта следует назвать улучшенное использование месторождений. Участки месторождений, которые пришлось бы оставить из-за неблагоприятных геомеханических условий, с применением закладки могут быть разработаны.

## Виды закладки

Закладочный материал и способы закладочных работ можно подразделить по нескольким критериям. Наиболее применимым сегодня является следующее деление:

- твердеющая закладка;
- обычная закладка (без цементирующих добавок).

Дополнительно закладка подразделяется по:

- размеру частиц закладочного материала;
- способу подачи закладочного материала.

По способу подачи различают:

- самотечную закладку;
- пневматическую закладку;
- гидравлическую закладку.

Ниже будет детально рассмотрена гидравлическая закладка, при которой для подачи и укладки закладочного материала используются поршневые шламовые насосы.

## Требования к материалам

Для успешного применения гидравлического транспорта вначале должны быть решены две проблемы:

- обезвоживание уложенного мелкозернистого материала;
- транспортировка на большие расстояния по трубопроводам при приемлемом давлении.

Экспериментально установлена возможность оптимизации соотношения вода-твердое, чтобы можно было работать при высокой концентрации и твердого в гидросмеси. Связывание жидкости возможно путем добавки гидравлических вяжущих веществ, например, цемента, а также сухой породы. Одной из важных задач при расчете гидравлической подачи состоит в том, чтобы найти оптимальную рецептуру гидросмеси в отношении минералогического и гранулометрического состава, для перекачивания которой потребуются приемлемое давление и которая при остановке насоса не вызовет закупорки трубопровода, т.е. осаждения твердых частиц. Поэтому оптимальные рецептуры можно определить только экспериментальным путем.

Крупномасштабные эксперименты со шламовыми поршневыми насосами были проведены в немецкой горнорудной промышленности, которые, в частности, привели к следующим результатам: если в горизонтальных трубопроводах к мелкозернистым суспензиям, – например, флотационным отходам, – примешивать крупные частицы породы, то проявляется несущее свойство суспензии, которое совместно с возможным появлением смазывающей пленки на стенках труб обеспечивает хорошую скорость потока и малые потери давления (рис. 1).

## Выбор насосов

Наряду с описанными выше предпосылками в отношении состава гидросмеси решающее значение имеет выбор шламового насоса.

Как правило, в зависимости от конкретных условий эксплуатации применяются поршневые шламовые насосы с тарельчатыми клапанами или с трубчатым шибером.

### Поршневые шламовые насосы с тарельчатыми клапанами

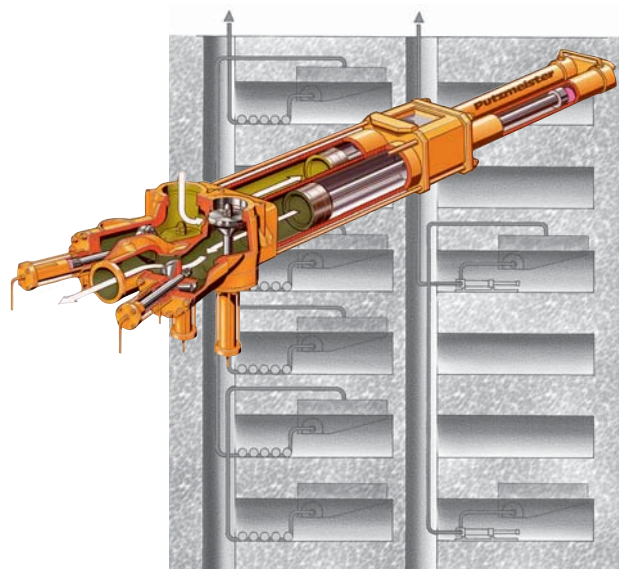
Для подачи закладочного материала на основе отходов обогащения, т.е. мелкозернистых смесей, применяются поршневые насосы с тарельчатыми клапанами (насосы серии HSP) (рис. 2). Эти насосы рассчитаны на высокие давления, а также на работу с трудно перекачиваемыми мелкозернистыми материалами. Например, при применении нового трехпоршневого насоса серии Triplex фирмы «Путцмайстер АГ» (Putzmeister AG) при давлении 100 бар может быть обеспечена производительность 210 м<sup>3</sup>/ч.

### Поршневые шламовые насосы с трубчатым шибером

Для подачи закладочного материала на основе дробленой зернистой породы с отдельными включениями более крупных частиц могут быть применены, например, поршневые бесклапанные

Topic: Mine dewatering

## Один поршневой насос фирмы «Putzmeister» заменяет 24 центробежных насоса\*



- Вы можете сократить расходы на энергию:  
320 кВт установленной мощности вместо 1 300 кВт
- Вы сократите эксплуатационные расходы:  
Высокая концентрация твердого 700 г/л вместо всего лишь 144 г/л.
- Полная автоматизация и надежность при непрерывной работе

За более подробной информацией  
просьба обращаться к нам



Putzmeister AG  
P.O.Box 21 52 · D-72629 Aichtal  
Tel. +49 (71 27) 599-332  
Fax +49 (71 27) 599-988  
<http://www.putzmeister.de>  
E-mail: [pat@pmw.de](mailto:pat@pmw.de)

\* Пожалуйста, читайте отчет TS 1950-2 GB на нашем сайте

2408-1 GB

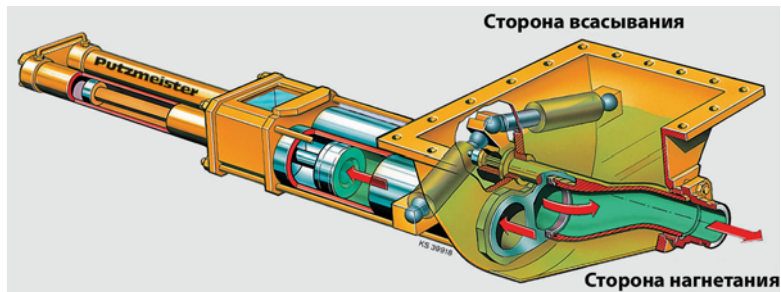


Рис. 3. Поршневой шламовый насос серии KOS с трубчатым шибером

шламовые насосы с трубчатым шибером (насосы серии KOS) фирмы «Путцмайстер АГ». Отличительной особенностью насосов серии KOS является трубчатый S-образный шибер. Одновременное использование одного цилиндра для всасывания, а другого для подачи смеси с последующим чередованием функций обеспечивает почти непрерывную подачу материала и его беспрепятственное движение. Размер крупных включений в закладочном материале может достигать до 80 % диаметра выходного отверстия



Рис. 4. Установка для смешивания отходов обогащения и добавок



Рис. 5. Поршневые насосы могут перекачивать закладочный материал по трубопроводам на расстояние в несколько километров в зависимости от состава гидросмеси



Рис. 6. Скважина для ввода закладочного трубопровода в подземные выработки

насоса. Эти поршневые шламовые насосы могут перекачивать гидросмеси с производительностью до 500 м<sup>3</sup>/ч при давлении 30 бар или же 16 м<sup>3</sup>/ч при давлении 100 бар (рис. 3).

### Преимущества перекачивания закладочных материалов поршневыми шламовыми насосами

Подача закладочных материалов поршневыми насосами с поверхности в выработанные пространства обладает следующими преимуществами.

- Различные закладочные материалы могут складироваться в силосных бункерах на поверхности и по мере необходимости перемешиваться (рис. 4).
- Закладочный материал перекачивается по горизонтальным и вертикальным трубопроводам с поверхности в шахту и подается непосредственно к месту закладки (рис. 5).
- Подлежащие погашению горные выработки после укладки закладочного трубопровода могут быть закрыты и заполнены без присутствия персонала (рис. 6).
- Кроме дозирующей и смесительной установки, поршневого насоса (рис. 7) и проложенных наземных и подземных трубопроводов никакого другого оборудования не требуется (рис. 8).
- Выдача полезного ископаемого и спуск закладочного материала по стволу могут производиться одновременно. Процессы транспортировки полезного ископаемого и закладочного материала не связаны между собой. Они могут проводиться независимо друг от друга и непрерывно.
- Поршневые насосы позволяют перекачивать гидросмеси на большие расстояния до 12 000 м, через ствол и далее по подземным выработкам (рис. 9).
- Благодаря приготовлению пастообразного закладочного материала водосодержание перекачиваемой среды может быть значительно уменьшено. Это означает, что из закладочного массива после усадки закладочного материала высвобождается лишь небольшое количество воды. Вода может улавливаться в специальных зумпфах и откачиваться на поверхность.

### Системы разработки с закладкой

Наряду с описанными выше преимуществами перекачивания закладочного материала поршневыми насосами при заполнении подземных полостей закрытых шахт и отработанных частей шахтного поля закладка может применяться также и на разрабатываемых участках месторождений.

Закладка выработанного пространства позволяет лучше и полнее обрабатывать участки месторождения, так как дает возможность применять способы выемки полезного ископаемого, которые без закладки были бы невозможны. Для примера рассмотрим две системы разработки из горнорудной промышленности.

### Короткозабойная выемка восходящими горизонтальными слоями с закладкой

При короткозабойной выемке восходящими горизонтальными слоями с закладкой крутые, обычно маломощные участки месторождения разрабатываются слоями в восходящем порядке. При этой системе каждый раз после выемки очередного

слоя образовавшаяся полость заполняется закладкой. Затвердевший закладочный массив служит рабочей поверхностью при выемке следующего слоя. Благодаря добавке соответствующего связывающего вещества создается прочная почва. Впоследствии закладкой заполняют все выработанное пространство.

В настоящее время многие зарубежные горно-рудные предприятия за пределами Европы предусматривают переход на системы разработки с закладкой с подачей закладочного материала с поверхности в подземные выработки с помощью поршневых шламовых насосов.

### Камерно-столбовая система разработки с закладкой

При камерно-столбовой системе разработки с закладкой месторождение разделяется на выемочные блоки, которые разрабатываются в определенной последовательности. Как правило, подготавливаются первичные и вторичные блоки с одинаковыми или разными размерами. Схема подготовки и выемки блоков показана на рис. 10. Вначале отрабатывают первичные блоки, а в образующиеся полости закачивают твердеющий закладочный материал. После этого можно извлекать оставшиеся между столбами из твердеющей закладки целики, т.е. вторичные блоки. Образующиеся при этом новые камеры, в свою очередь, заполняют твердеющей закладкой.

### Резюме

Пример рассмотренных выше систем разработки показывает:

- целенаправленная подача закладочного материала поршневыми насосами значительно повышает степень использования месторождения;
- имеется возможность проводить большинство работ в зоне оруденения;
- имеется возможность сократить количество трудоемких в проходке, дорогостоящих полевых выработок.

Наряду с геомеханической оптимизацией размеров блоков необходимо применение высококачественных закладочных материалов – крупнозернистых с добавкой цемента.



Рис. 7. Шламовый насос серии HSP, работающий в составе комплекса приготовления и подачи закладочной смеси



Рис. 8. Ввод закладочного трубопровода с поверхности в подземную выработку



Рис. 9. Подземный транспорт закладочного материала по подвешенному в штреке трубопроводу



#### Оборудование и услуги фирмы Путцмайстер

- Бетононасосы
- Промышленные насосы
- Телескопические ленточные транспортёры
- Растворонасосы
- Мойки высокого давления
- Техобслуживание и сервис
- Инжиниринговые услуги
- Консалтинг и информационные технологии
- Академия



ООО «Путцмайстер-Рус»  
129 343, Россия, г. Москва,  
Уржумская ул., 4, стр. 31  
тел.: (495) 775-22-37  
факс: (495) 775-22-34  
Internet: <http://www.putzmeister.ru>  
E-Mail: [info@putzmeister.ru](mailto:info@putzmeister.ru)

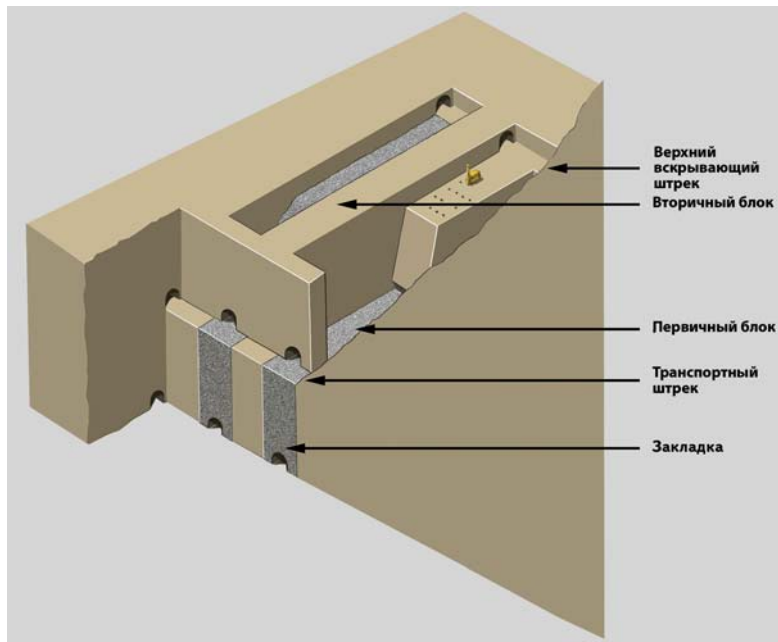


Рис. 10. Схема камерно-столбовой системы разработки с закладкой



Рис. 11. Заполняемая полость на стадии подачи закладки

Независимо от того, должна ли подаваться закладка в остановленное, отработанное или разрабатываемое шахтное поле, применяемая насосная техника должна гарантировать,

чтобы закладка заполняла камеры до самой кровли для эффективного восприятия нагрузки от вышележащих пород (рис. 11).

### Заклучение и перспективы

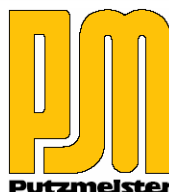
Закладка выработанных пространств играет решающую роль с точки зрения технологии и безопасности ведения горных работ. Используя подходящие для этого поршневые насосы и соответствующую технологию, можно применять системы разработки с закладкой, позволяющие обрабатывать участки месторождений, которые, с геотехнической точки зрения, были бы оставлены или совсем не вскрыты. Поршневые насосы соответствующего типа способны перекачивать пастообразные, а также крупнозернистые материалы с небольшим содержанием воды по закрытым трубопроводным системам на большие расстояния по вертикали и горизонтали к месту укладки закладочного материала, не препятствуя нормальному ведению горных работ, и независимо от условий окружающей среды. Возможно обеспечение объема подачи гидросмеси до 210 м<sup>3</sup>/ч при давлении 100 бар.

Заполнение подземных горных выработок с использованием поршневых насосов при использовании в качестве закладочных материалов производственных отходов приобретает все большее значение, так как вопросы утилизации и захоронения отходов все чаще находятся в центре внимания. Экономически выгодным трубопроводный транспорт с поверхности к месту закладки становится, в частности, в том случае, когда требуется перекачивать пастообразные материалы с малым количеством воды. Поршневые насосы являются идеальным инструментом для подачи таких закладочных материалов. Соответствующим критерием являются свойства перекачиваемых материалов. Необходимо находить оптимальную рецептуру смеси в отношении минералогического и гранулометрического состава, для перекачивания которой требуется приемлемое давление и которая при остановке насосов не вызовет закупорку трубопровода. В связи с этим при расчете поршневого насоса в первую очередь следует рассматривать и определять состав и свойства закладочной смеси. ■



#### Оборудование и услуги фирмы Путцмайстер

- Бетононасосы
- Промышленные насосы
- Телескопические ленточные транспортёры
- Растворонасосы
- Мойки высокого давления
- Техобслуживание и сервис
- Инжиниринговые услуги
- Консалтинг и информационные технологии
- Академия



#### ООО «Путцмайстер-Рус»

129 343, Россия, г. Москва,  
Уржумская ул., 4, стр. 31  
тел.: (495) 775-22-37  
факс: (495) 775-22-34  
Internet: <http://www.putzmeister.ru>  
E-Mail: [info@putzmeister.ru](mailto:info@putzmeister.ru)