

С учетом ранее принятых допущений этот вывод можно распространить на всю рыхлую гравийную обсыпку гравийного фильтра.

К такому же выводу приходим вырезая иной кубический объем, вершины куба которого находятся в центрах 8-и смежных сфер частиц гравия.

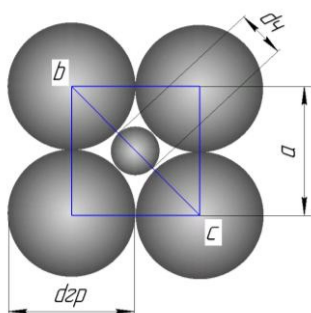


Рис.5. Схема к определению максимального поперечного размера частиц инородного тела

Определим максимальный поперечный размер частиц инородных тел, способных пройти через поровое пространство при принятой схеме упаковки частиц гравия гравийной обсыпки (рис. 5).

Из схемы на рис. 5 следует, что

$$d_{\text{ч}} = bc - 2 \frac{d_{\text{zp}}}{2} = bc - d_{\text{zp}} = \sqrt{2}d_{\text{zp}} - d_{\text{zp}} = d_{\text{zp}}(1,414 - 1) = 0,414d_{\text{zp}}.$$

#### Выводы

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы при принятых допущениях:

- скважность гравийной обсыпки гравийного фильтра не зависит от диаметра частиц гравия и равна 21,5%;
- пористость гравийной обсыпки гравийного фильтра не зависит от диаметра частицы гравия и равна 48%.

- максимальный поперечный размер частиц инородных тел, способных пройти через поровое пространство составляет  $0,414d_{\text{zp}}$ .

*The technique of calculation of the duty cycle and porosity of the gravel filters.*

**Key words:** water-supply, drillhole, well, graveler, water receiving part.

*Представлена методика розрахунку шпаруватості і пористості гравійних фільтрів.*

**Ключові слова:** водопостачання, бурова свердловина, гравійний фільтр, водоприймальна частина свердловини.

#### Литература

1. Башкатов А.Д., Фазлулин М.И., Дрягалин Е.Н. Сооружение гравийных фильтров за рубежом. – М. : ВИЭМС. – 1985.
2. Башкатов А.Д. Современное состояние и тенденции развития методов и технических средств сооружения гидрогеологических скважин. – М. : ВИЭМС, 1998.
3. Башкатов А.Д. Предупреждение пескования скважин. – М.: Недра, 1991.
4. Башкатов А.Д. Сооружение высокодебитных скважин. – М.: Недра, 1992.

Поступила 24. 06.15

УДК 621.622.921.923.6:23.34

**Ю. П. Линенко-Мельников**, канд. техн. наук<sup>1</sup>, **И. Ю. Агеева**, канд. физ.-мат. наук,  
**С. Е. Агеев**, канд. техн. наук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт сверхтвёрдых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев*

<sup>2</sup> *Национальный Авиационный Университет, г. Киев, Украина*

## СТАНКИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТВЁРДОСПЛАВНОГО ГОРНОГО ИНСТРУМЕНТА АЛМАЗНЫМИ КРУГАМИ

*Показана актуальность решения проблемы восстановления затупленного горного инструмента алмазными кругами. Созданы технология, фасонный алмазный инструмент и новые станки для обработки горного инструмента. Доказано, что качество твёрдосплавных вставок горного инструмента после алмазной обработки более высокое, чем в состоянии поставки. Последующая эксплуатация восстановленного инструмента позволила сократить его расход на 30%, что дало большой экономический эффект. Приведена конструкция новых станков и алмазного инструмента.*

**Ключевые слова:** *твердосплавный инструмент, алмазный инструмент, восстановленный инструмент.*

В 70-е годы прошлого века в Советском Союзе объём выпускаемых синтетических алмазов был достаточен для потребностей основных видов промышленности. Работали созданные с помощью ИСМ НАН Украины Киевский, Полтавский, Львовский и Запорожский заводы по изготовлению алмазов и алмазного инструмента. К этому времени в ИСМ НАН Украины завершились работы по восстановлению затупленного металлорежущего инструмента алмазными кругами, что дало огромный экономический эффект: позволило повысить производительность шлифования и качество обрабатываемых изделий, существенно уменьшить расход инструмента. Установлено, что на твёрдосплавном лезвии резцов после алмазной обработки отсутствуют сколы, зазубрины и прижоги. Вместо напряжений растяжения наблюдаются напряжения сжатия, что для такого хрупкого материала, как твердый сплав, особенно важно [1].

На основании изложенного директор ИСМ В.Н. Бакуль, специалист по твёрдым сплавам и в области горного инструмента [2], принял решение о восстановлении затупленного горного инструмента алмазными кругами.

Решить эту проблему не брались ни отечественные, ни зарубежные ученые, так как, в отличие от металлообрабатывающего, горный инструмент в десятки раз быстрее затупляется, и необходим одновременный съём твёрдого сплава и легированной стали корпуса.

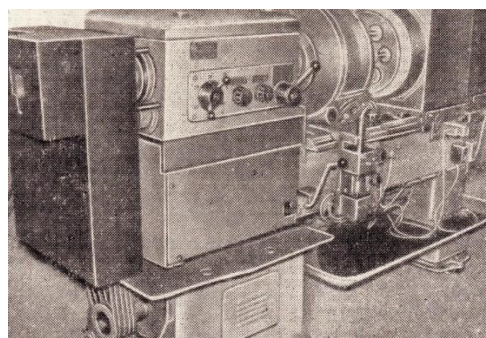
Наиболее распространённым горным инструментом являлись буровые коронки, годовой объём выпуска которых составлял около 5 млн штук. Их изготавливали Криворожский, Кузнецкий, Самаркандский и Кыштымский заводы. Годовой объём выпуска резцов врубковых машин и угольных комбайнов составлял около 14 млн штук. В основном горный инструмент восстанавливали вручную на точильно-шлифовальных станках (рис. 1) кругами из карбида зелёного кремния диаметром 300–400 мм.

Существующие станки для механизированного восстановления буровых коронок (например, ВЗ-130М, ВЗ-140) изнашивались за один-два месяца, поскольку микронная абразивная пыль, плохо смачиваемая охлаждающей жидкостью, способствовала быстрому износу трущихся узлов. При восстановлении горного инструмента вручную неизбежны были такие профзаболевания, как силикоз и виброболезнь [3].

Результаты анализа теоретических и экспериментальных исследований ИСМ НАН Украины показал, что алмазные круги довольно эффективны для восстановления горного инструмента. При этом необходимо выполнить следующие важные условия. Заточное оборудование должно обеспечивать врезной способ шлифования [4] при минимальных холостых перемещениях. Алмазный круг должен быть фасонным на металлической связке, шлифование необходимо осуществлять при технологической силе тока [5] для очистки кругов от засаливания. Мощность на шпинделе станка должна составлять 5–10 кВт для шлифования больших поверхностей и обработки одновременно нескольких изделий [6].



*Рис. 1. Восстановление затупленных коронок вручную на точильно-шлифовальном станке ЗС-1 кругами из карбида зеленого кремния*



*Рис. 2 Внешний вид экспериментального стенда на базе токарного станка 1К62 для алмазно-электролитической обработки одновременно 6 долотчатых коронок типа КДП*

Для проверки указанных положений в ИСМ НАН Украины создали экспериментальный стенд на базе токарного станка 1К62 с мощностью привода шпинделя 10 кВт, на котором можно обрабатывать одновременно шесть долотчатых коронок диаметром 40 мм. Разработали и изготовили специальный алмазный круг диаметром 250 мм с конической рабочей поверхностью шириной 40 мм.

Производительность станда составляла 220 коронок в час, что вдвое превышало производительность при ручном шлифовании коронок (рис. 2, [7]).

Полученные данные легли в основу при проектировании в СКБ ИСМ НАН Украины макета заточного станка для одновременной обработки двух долотчатых коронок. Макет станка изготовили на Опытном заводе ИСМ НАН Украины и испытали на вольфрамо-молибденовом комбинате г. Тырнауз. После доработки документацию передали на Мукачевский станкозавод, где изготовили 18 станков модели МЗ-38 (рис. 3). В этих станках для всех перемещений использовали гидравлику. Одновременно разработали торцовый алмазный круг с тороидальной вогнутой рабочей поверхностью на металлической связке диаметром 250 мм и оснастку к нему (изготовили на Опытном заводе ИСМ НАН Украины). В дальнейшем серийное изготовление этих кругов передали Полтавскому заводу алмазов и алмазного инструмента. Станки модели МЗ-38 успешно эксплуатировали на горно-рудных предприятиях Минчермета и Минцветмета. Один из таких станков установили на ремонтном заводе треста «Кривбассшахтопроходка», (г. Кривой Рог), в который входило 27 шахтостроительных управлений. Централизованно перетачивали долотчатые коронки в электро-механическом цеху

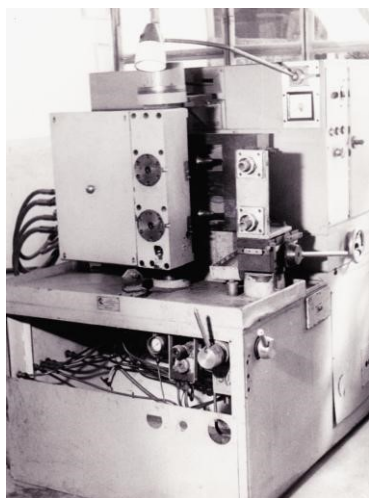


Рис. 3 Внешний вид станка модели МЗ-38 для одновременного восстановления двух долотчатых коронок

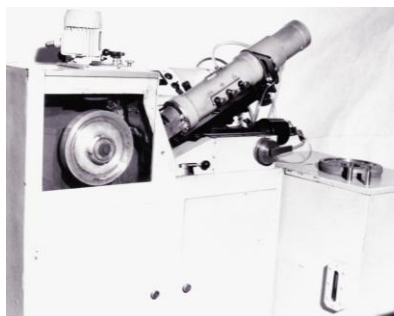


Рис. 4 Внешний вид станда модели ВЗ-237 (аналогичный модели ВЗ-302) для восстановления многолезвийных буровых коронок

треста. В конце года на складе обнаружили 20 тысяч сэкономленных коронок, что составило 38% потребляемых как результат их обработки алмазными кругами. Экономии расхода буровых коронок более 40% получили также на Тырнаузском вольфрамо-молибденовом комбинате, для которого характерны очень крепкие породы: кварциты, скарны и др. [8].

Кроме долотчатых буровых коронок на горнорудных предприятиях широко использовали крестовые (ККП) и трёхпёрые (КТП) коронки, особенно для бурения по трещиноватым и очень крепким породам. Опыт, полученный при решении этой проблемы для долотчатых коронок, упростил ее решение.

Для обработки многолезвийных коронок создали V-образный алмазный круг формы 1ЕЕ1Х с углом при вершине  $132^\circ$ , с помощью которого одновременно обрабатывали две смежные грани коронки. Техническое задание на проектирование станка разработали в ИСМ НАН Украины, а станок спроектировал в отраслевом институте Минчермета ЦНИИТтяжмаш, (г. Екатеринбург) конструктор А.И. Шарапов. Он создал универсальный быстродействующий станок (рис. 4) с использованием пневматики, на котором, меняя фасонные алмазные круги, можно обрабатывать все типы лезвийных коронок: долотчатые, крестовые и трёхпёрые. Эти станки модели ВЗ-237 и модели ВЗ-302 серийно выпускал Витебский завод заточных станков. В качестве источника технологического тока использовали агрегат модели ВУ 12/600. Изготовленные более 200 таких станков успешно эксплуатировали в основном на горнорудных предприятиях Минцветмета. Специальные алмазные круги диаметром 250 мм на металлической

связке изготавливали на Опытном заводе ИСМ НАН Украины.

Станки моделей ВЗ-237 и ВЗ-302 долговечны, т. к. работают без наличия абразивной пыли. Например, на Ловозёрском комбинате по добыче редкоземельных металлов (Кольский полуостров), медных рудниках Джекказгана и Лениногорском комбинате цветных металлов ОАО «Казцинк» (Казахстан). Эти станки работают более 20 лет, обеспечивая высокое качество восстановления многолезвийных буровых коронок.

Со второй половины прошлого века взамен лезвийного бурового инструмента интенсивно внедряются коронки с цилиндро-сферическими твёрдосплавными вставками. Расход последних в 2–3



раза меньше, чем у лезвийных коронок. Этому способствует полусферическая рабочая поверхность твёрдосплавных вставок, работающих на сжатие, при котором напряжение может в 3 раза превышать растяжение или изгиб. Кроме того, если интенсивность образования усталостных трещин равнозначна скорости износа рабочей поверхности твёрдосплавных вставок, то поломок, связанных с усталостным напряжением, не наблюдается. Замена призматических твёрдосплавных вставок на больших боковых поверхностях, у которых после спекания возникает растягивающее напряжение, на цилиндрико-сферические устраняет этот недостаток.

Тем не менее, при бурении очень крепких пород (кварцитов, скарнов, джэспилитов и др.) буровые коронки с цилиндрико-сферическими вставками также ломаются, тем более, что они наиболее эффективны при работе с повышенной энергией удара, примерно вдвое превышающей энергию удара лезвийных коронок.

За рубежом для восстановления штыревых коронок первоначально создали ручные высокооборотные (15 тыс. об/мин) шлифовальные машинки сначала с абразивными головками, которые оказались неэффективными, а потом – с алмазными, что позволило снизить расход штыревых коронок. В дальнейшем создали заточные станки с тем же алмазным инструментом, что облегчило работу заточников.

Большой опыт, накопленный в ИСМ НАН Украины по решению проблемы восстановления лезвийных буровых коронок алмазным инструментом, позволил в короткие сроки создать станок и алмазный инструмент в виде головок и фасонных кругов на металлической и гальванической связках. Опытный образец станка (рис. 5) и алмазный инструмент (рис. 6) были изготовлены на Опытном заводе ИСМ НАН Украины. Испытания проводили при восстановлении штыревых коронок диаметром 105 мм после эксплуатации на руднике в Желтых Водах. Повторное бурение этими коронками показало, что их стойкость в 1,5 раза превышает стойкость новых. Серийное изготовление этих станков было возложено на ВИЗАС, но не было осуществлено в связи с распадом Советского Союза. В 2002 г. на Киевском заводе станков и автоматов «ВЕРКОН» изготовили пять таких станков для Криворожского бассейна. Эти станки позволили восстанавливать не только штыревые коронки, но и коронки нового технического уровня (КНТУ), оснащенные твёрдосплавными вставками с плоскими торцами.

Твёрдосплавные резцы типов ЗН2-5,5 и ЗН3-5,5 выпускал Краснолучский завод горного машиностроения. Этот инструмент шлифовали как при изготовлении, так и после затупления в процессе эксплуатации. В первом случае снимали 0,1 см<sup>3</sup> стали и припоя, а во втором – 1.3 см<sup>3</sup> легированной стали и твёрдого сплава.



Рис. 5 Внешний вид станка, изготовленного на Опытном заводе ИСМ НАН Украины, для восстановления штыревых коронок диаметром 36–250 мм и коронок типа КНТУ



Рис. 6 Общий вид алмазного инструмента – оправки с фасонными кружками и головки для обработки штыревых коронок

Для обработки передней поверхности резцов (снятия фаски) создан полуавтоматический станок модели ЗА3-1 (рис. 7) с серийными алмазными кругами АЧК 150-5-3-32 с характеристикой алмазоносного слоя АСП-125/100-100%-МО4, для обработки задней грани – фасонный алмазный круг с вогнутой рабочей поверхностью формы АФК диаметром 300 мм с характеристикой алмазоносного слоя АСВМ160/125,100-МО4 и роторный полуавтомат модели ЗА3-2 (рис. 8) [7], обеспечивающий одновременную обработку 10 резцов, часовой производительностью 600–1200 мощностью шлифовального привода 10 кВт. Он эффективен как в заводских условиях, так и в производственных.

Таким образом, уникальная работа ученых ИСМ АН УССР подтвердила высокую эффективность перехода к алмазному восстановлению основных типов горного инструмента,

существенное снижение его расхода и экономию твёрдого сплава, тем более, что мировые запасы вольфрама и кобальта ограничены.

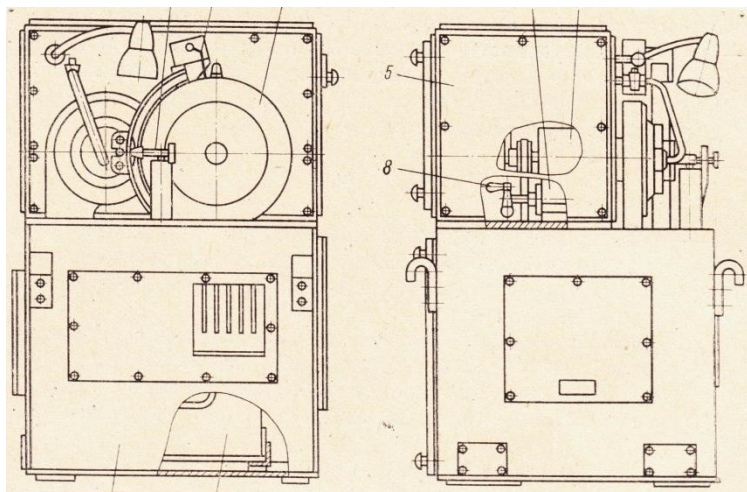


Рис. 7 Схема полуавтомата ЗАЗ-1 для обработки передней поверхности резцов

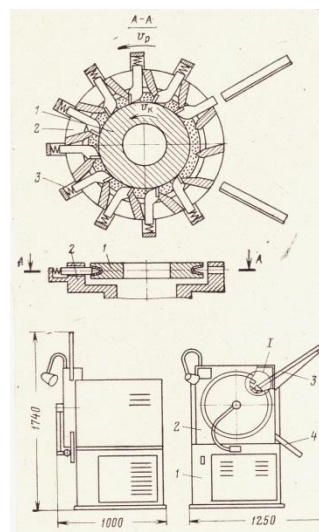


Рис. 8 Схема роторного автомата ЗАЗ-2 для обработки задней поверхности резцов

*The urgency of solving the problem of restoring a blunt mining instrument with the diamond round tools is ascertained. It is created technologies, shaped diamond tools and new machinery for refinement of mining tools. It is proved that after diamond processing the quality of carbide inserts of mining tools is higher than when being delivered. Further maintenance of recovered tools has reduced their consumption by 30%, which gave a major economic effect. New machinery and diamond tools are presented.*

**Key words:** carbide tools, diamond tools, tool rebuilt.

*Встановлено актуальність рішення проблеми відновлення затупленого гірничого інструмента алмазними кругами. Створено технологію, фасонний алмазний інструмент та нові станки для обробки гірничого інструменту. Доведено, що якість твердосплавних уставів гірничого інструменту після алмазної обробки є вищою, ніж станом на момент поставки. Подальша експлуатація відновленого інструмента дозволило скоротити його витрати на 30%, що надало великий економічний ефект. Надані нові станки та алмазний інструмент.*

**Ключові слова:** твердосплавний інструмент, алмазний інструмент, відновлений інструмент.

### Литература

1. Влияние алмазной и других методов обработки на структуру и механические свойства твёрдого сплава / Ю. П. Линенко-Мельников, Ю. И. Созин, М. Г. Лошак и др. // Проблемы прочности. 1977. № 9. – С. 100–103.
2. Бакуль В. Н., Кравцов М. М. Горный инструмент для бурения шпуров. – Х.– М.: Metallurgizdat, 1952. – 282 с.
3. Линенко-Мельников Ю. П., Малов Ю. Н., Щеголь Н. И. Улучшение условий труда при механизированной заточке буровых коронок алмазным инструментом // Синтет. алмазы. – 1979. – Вып. 2 – С. 62–64.
4. Линенко-Мельников Ю. П., Мишнаевский Л. Л. Следование съёма материала при врезном шлифовании // Сверхтвёрдые матер. – 1986. – Вып. 4. – С. 51–54.
5. Линенко-Мельников Ю. П. Алмазно-электролитическая заточка долотчатых буровых коронок. // Размерная электрохимическая обработка деталей машин: Матер. 4 Всесоюз. конф. – Тула, 1975. – С. 78–90.
6. Линенко-Мельников Ю. П., Синчило А. Н. Групповое алмазно-электродитическое шлифование торцом круга. // Синтет. алмазы. – К., 1975. – Вып. 2. – С. 23–26.
7. Захаренко И. П., Линенко-Мельников Ю. П., Винников Н. П. Алмазная заточка горного инструмента. М. : Недра, 1978. – 94 с.
8. Внедрение технологии алмазной переточки долотчатых буровых коронок на руднике «Молибден» / Ю. П. Линенко-Мельников, А. Н. Синчило, А. В. Гуревич, В. Л. Запольский // Цветная металлургия. – 1977. – № 7. – С. 14–16.

Поступила 03.06.2015