УДК 622.248.64

Ю.Е.БУДЮКОВ, *д-р техн. наук, nigp-tuva@mail.ru*
В.И.СПИРИН, *д-р техн. наук, nigp-tuva@mail.ru*
ОАО «Тульское НИГП»
В.П.ОНИЩИН, *д-р техн. наук, профессор, spmi@mail.wplus.net*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

Y. E. BUDUKOV, *Dr. in eng. sc., nigp-tuva@mail.ru*
V.I. SPIRIN, *Dr. in eng. sc., nigp-tuva@mail.ru*
OJSC «Tulskoe NIGP»
V.P.ONISHCHIN, *Dr. in eng. sc., professor, spmi@mail.wplus.net*
National Mineral Resources University (University of Mines), Saint Petersburg

РАЗРАБОТКА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ АЛМАЗНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

В ОАО «Тульское НИГП» разработаны и внедрены новые технологии при изготовлении алмазного породоразрушающего инструмента. Внедренные технологии позволили улучшить эксплуатационные показатели разрабатываемого инструмента, а также модернизировать серийно выпускаемый. Приведены примеры по организации технологического сопровождения отработки модернизированного серийного и новых типов алмазного инструмента на объектах работ «Центрально-Кольской экспедиции» и геологических организаций республики Узбекистан.

***Ключевые слова*:** алмазный инструмент, технологическое сопровождение, показатели отработки инструмента.

DEVELOPMENT AND TECHNOLOGICAL BACKGROUND OF DIAMOND BITS

In «Tulskoe NIGP» new production technologies of diamond bits were developed and implemented. This technologies allow improve exploitation characteristics of developed equipment and upgrade serial equipment. Examples of technological background organization of serial and modern diamond bit were given for objects «Central-Kola» expedition and geological organizations of republic Uzbekistan.

***Key words*:** diamond bit, technological backup, indicators of equipment workout.

Анализ мирового опыта и практика работы ОАО «Тульское НИГП» показывает, что в условиях реальных рыночных отношений успешно может хозяйствовать только такая организация, которая выполняет весь цикл работ создания алмазного породоразрушающего инструмента, начиная от исследований и разработки нового конкурентоспособного, модернизации серийно выпускаемого инструмента и кончая его изготовлением, поставкой и технологическим сопровождением.

В ОАО «Тульское НИГП» апробированы и внедрены технологии изготовления коронок с заданным выпуском алмазов, термообработкой их различными методами, придания им демпфирующих свойств и ряд других технологических решений, на которые получены патенты и авторские свидетельства. Внедренные технологии позволили модернизировать серийно выпускаемый инструмент, а также улучшить эксплуатационные показатели новых типов алмазного породоразрушающего инструмента.

По желанию заказчика представители ОАО «Тульское НИГП» обеспечивают технологическое сопровождение инструмента на объектах работ. По результатам отработки инструмента представителями ОАО «Тульское НИГП» вместе с представителями заказчика корректируются технические характеристики инструмента для его следующих поставок.

В качестве примера можно привести организацию работ по технологическому сопровождению модернизированного алмазного породоразрушающего инструмента на объектах работ Центрально-Кольской экспедиции, в частности на Кировогорском железорудном месторождении и других, а также объектах работ геологоразведочных организаций республики Узбекистан.

Сложное геологическое строение Кировогорского месторождения и наличие мощных интервалов окварцованного гнейса, пегматитов, рудных кварцитов и жильного кварца обусловило низкие показатели отработки алмазного породоразрушающего инструмента. Так в 80-90-е годы средняя проходка на коронку не превышала 3,5-5,0 м. Отработка алмазного инструмента первых поставок ОАО «Тульское НИГП» и других поставщиков также характеризовалась относительно невысокими технико-экономическими показателями. Так средние проходки на коронки 02И3-76 у ООО «Даймантех» – 4,7 м у НПО «Геологоразведка» (ВИТР) – 2,89 м, у ОАО «Тульское НИГП» – 4,9 м. У коронок 02И3-59 соответственно 6,1 м; 4,73 м; 9,82 м. Это объяснялось, в первую очередь тем, что при бурении по пегматитам и окварцованным породам происходило зашлифование их матриц.

Проанализировав показатели отработки первых партий коронок, специалисты ОАО «Тульское НИГП» по согласованию с руководством экспедиции выехали на объект работ с партией модернизированного инструмента для его испытания и выдачи рекомендаций по его рациональной отработке. В первую очередь решались вопросы предотвращения эффекта зашлифования коронок. Эта задача была решена путем подбора рациональной твердости матрицы и применения коронок с заданным выпуском алмазов.

Для повышения эффективности работы алмазного породоразрушающео инструмента необходимо поддерживать углубку за один оборот в пределах 0,4-0,6 от величины выпуска алмазов, обеспечивая при этом своевременный вынос шлама путем подачи необходимого количества промывочной жидкости. При бурении коронками с выпуском алмазов и периодическим их обнажением по мере необходимости можно рекомендовать применение более твердой матрицы по сравнению с общепринятыми рекомендациями.

Экспериментальное подтверждение этих рекомендаций было получено при бурении пегматитов и рудных кварцитов коронками с разной твердостью матрицы и выпуском алмазов (табл.1).

Как видно из табл.1 проходки на коронки 02И4-59 фирмы «Даймантех» с твердостью матрицы HRC32 и 02И3-59 ОАО «Тульское НИГП» с твердостью матрицы HRC23 примерно одинаковы.

Первые коронки с целью борьбы с зашлифовкой матрицы отрабатывались на повышенных осевых нагрузках и с применением призабойных способов заточки. Коронки с матрицей HRC23 практически не зашлифовывались при бурении. Более мягкая матрица обеспечивала своевременное обнажение алмазов при бурении. Это обеспечило увеличение механической скорости на 20 % и углубки за рейс на 45 %. Наилучшие показатели отработки оказались у коронок с твердостью матрицы HRC 32 с предварительной и повторной электрохимической заточкой (выпуск алмазов h = 0,18 мм).

На следующем этапе по наблюдением представителей ОАО «Тульское НИГП» были отработаны коронки с естественной заточкой на забое и предварительной и повторной электрохимическими заточками (табл.2).

Как видно из показателей экспериментального бурения, приведенных в табл.2 проходка на коронку при бурении заточенными коронками увеличилась в 1,7 раза, углубка за рейс в 1,4 раза, механическая скорость в 1,6 раза, расход алмазов уменьшился в 1,7 раза.

Таблица 1

Показатели экспериментального бурения коронками с разной твердостью матриц

Коронки	Показатели бурения				
	проходка на коронку, м	скорость бурения, м/ч	углубка за рейс, м	выход керна, %	производительность, м/ст.-см
02И4-59 HRC 32 («Даймантех»)	7,4	1,12	1,8	70,7	7,2
02И3-59 HRC 23 («ТулНИГП»)	7,8	1,34	2,6	87,0	7,8
02И3-59* HRC 32 («ТулНИГП»)	11,1	2,02	3,7	92,8	12,7

* Коронки отрабатывались с заданным выпуском алмазов h = 0,18 мм, полученным с помощью электрохимической заточки.

Таблица 2

Показатели экспериментального бурения импрегнированными коронками диаметра 59 мм с твердостью матрицы HRC 32

Вид отработки	Показатели				
	количество коронок, шт	проходка на коронку, м	углубка за рейс, м	скорость бурения, м/ч	расход алмазов, кар/м
Без заточки	41	10,37	2,2	1,4	1,1
С заточкой	14	17,7	3,2	2,22	0,6

Таблица 3

Показатели экспериментального бурения термообработанными коронками на Кировогорском месторождении

Вид термообработки	Объем бурения, м	Показатели	
		проходка на коронку, м	расход алмазов, кар/м
Кировогорское месторождение			
Коронки 02И4-59			
Без обработки	247,3	12,3	0,93
Криогенная (20÷196 °С)	229,6	15,3	0,75
В области положительных температур (350÷20 °С)	280,8	15,6	0,73
Коронки 02И4-76			
Без обработки	136,7	7,2	2,18
Комплексная обработка	230,1	10,0	1,55
Месторождение «Восточная Пана»			
Без обработки	380,9	18,1	0,89
Комплексная обработка	395,2	22,0	0,71

В ОАО «Тульское НИГП» и ТулГУ были проведены эксперимен-тальные работы по выявлению основных закономерностей влияния термической обработки (термоудара) на формирование остаточных напряжений в матрице алмазного инструмента. Был установлен новый механизм повышения износостойкости инструмента, заключающийся в изменении напряженного состояния матрицы за счет увеличения напряжения

сжатия. Влияние термоудара на уровень остаточных напряжений и структурные характеристики композиционного материала проводили при следующих видах термических обработок: общепринятая криогенная, термоудар от повышенных температур до температуры окружающей среды, комплексная обработка, включающая термоудар в области положительных температур и последующую криогенную обработку.

Было установлено, что во всех случаях термической обработки в композиционном материале матрицы формируются только напряжения сжатия. Это приводит к тому, что алмазы в матрице удерживаются не только за счет сил адгезии, но и вследствие механического удерживания окружающими объемами металла. Для проверки этих выводов было проведено экспериментальное бурение коронками с различными видами термообработки на Кировогорском железнорудном месторождении в породах X категорий по буримости и на месторождении Восточная Пана в породах VIII-IX категорий по буримости (табл.3).

Как видно из показателей экспериментального бурения, приведенных в табл.3, износостойкость термообработанных коронок выше стандартных на 21,5-39,0 %. Наибольшее повышение износостойкости достигается после комплексной термообработки при бурении пород повышенной категории по буримости. Следует отметить, что при бурении коронками после криогенной обработки наблюдались сколы матриц вследствие увеличения ее хрупкости после обработки.

Большим резервом повышения эффективности алмазного бурения на Кировогорском месторождении является применение тонкостенных коронок. Экспериментальная отработка 3 тонкостенных коронок 02И4Т-59 показала, что при сохранении всех остальных показателей механическая скорость бурения ими почти в 2 раза выше, чем у стандартных коронок (коронки 02И4-59 – 2,22 м/ч, коронки 02И4Т-59 – 4,32 м/ч). Экспериментальное бурение производилось с электрохимической заточкой коронок.

Кроме проведения вышеперечисленных работ Тульским НИГП были решены и другие технологические проблемы, остро стоящие при разведке месторождения. Для предупреждения естественного искривления скважин были разработаны, изготовлены и испытаны стабилизирующие коронки 02И4-59 СТ и расширители РСА-59 СТ. Применение этого инструмента позволило снизить интенсивность естественного искривления скважин в 4,8 раза по сравнению с аналогичным показателем использования серийного инструмента.

Для бурения в моренных отложениях и в отвалах горных пород были разработаны, изготовлены и поставлены экспериментальные телескопические коронки трех типоразмеров с вхождениями одного типоразмера в другой: диаметры 75,5; 93 и 112 мм.

В ОАО «Центрально-Кольская экспедиция» 2 опытные коронки ОАО «ТулНИГП» были отработаны на участке «Чурозеро» в слаботрещиноватых породах VIII категории по буримости (габбро, габбро-диориты). Средняя проходка на коронку производства ОАО «Тульское НИГП» 02И3-76СВМ составила 73,1 м; у коронок ООО «ЭЭТАБ» ЭКИ-3Т-76 – 33,3 м; у коронок ООО «Дайминтех»02И3Г-76 – 22,5 м. Соответственно стоимость истирающих на 1 м бурения составила: 41,0 руб./м; 78 руб./м; 91,1 руб./м.

В дальнейшем на участке «Чурозеро» и «Федорова Тундра» отработаны 51 коронка ОАО «ТулНИГП» типа 02И3-76СВМ. При этом средняя проходка на коронку составила 46,2 м, максимальная 107,0 м, стоимость истирающих на 1 м бурения составила 64,9 руб. После проведения испытаний предпочтение было отдано коронкам ОАО «Тульское НИГП».

Ведущее место в геологоразведочных технологиях республики Узбекистан занимает алмазное бурение. Рынок сбыта алмазного породоразрушающего инструмента в республике характеризуется острой конкурентной борьбой. На рынке представлен инструмент двух узбекских фирм – ООО «Корростех» и АОЗТ «Дониер», фирмы из Казахстана ТОО «Триал» и пяти российских фирм: ОАО «Терекалмаз», ОАО «ЭЗТАБ»,

ОАО «Бинур», ФГУ НПП «Геологоразведка» (ВИТР) и ОАО «Тульское НИГП». В последние годы на рынке появился инструмент также известных фирм «Борт-Лонгир» и «Атлас-Копко».

Несмотря на большое количество фирм-поставщиков, алмазный инструмент ОАО «Тульское НИГП» занимает достойную нишу на рынке сбыта алмазного инструмента. Алмазный инструмент ОАО «Тульское НИГП» отрабатывается на месторождениях ГГП «Шаркий Узбекистон», ГГП «Самаркандгеология», Навоийского горно-металлургического комбината и др.

На объектах работ ГГП «Шаркий Узбекистон» основной объем алмазного бурения инструментом ОАО «Тульское НИГП» осуществляется с 1995 г. Между организациями заключен договор о научно-техническом сотрудничестве в области совершенствования алмазного породоразрушающего инструмента и повышения эффективности алмазного бурения на объектах работ. В соответствии с этим договором специалисты ГГП «Шаркий Узбекистон» обеспечивают контроль за работой поставленного инструмента с получением достоверной информации об основных технико-экономических показателях его отработки, вносят свои предложения и замечания по совершенствованию алмазного породоразрушающего инструмента и технологии бурения. Специалисты ОАО «Тульское НИГП» по результатам отработки инструмента на месторождениях и с учетом замечаний и предложений специалистов ГГП «Шаркий Узбекистон» совершенствуют его и дают рекомендации по технологии его отработки. Это позволяет совершенствовать и поставлять инструмент, наиболее эффективно работающий в конкретных геолого-технических условиях.

Кроме этого, опытные специалисты ОАО «Тульское НИГП» выезжают на объекты работ, где наряду с проведением испытаний усовершенствованного инструмента обучают персонал технологии алмазного бурения, технологии предупреждения и ликвидации аварий и осложнений в скважинах, дают рекомендации по применению наиболее эффективных промывочных жидкостей.

Накопленный опыт и последние разработки ОАО «Тульское НИГП» в области совершенствования алмазного породоразрушающего инструмента позволили специалистам ОАО «Тульское НИГП» успешно провести производственные испытания нового алмазного породоразрушающего инструмента на двух объектах работ ГГП «Шаркий Узбекистон» (Сюрената и Карасай), двух объектах ГГП «Самаркандгеология» (Янгибулок и Каракутан) и трех объектах работ Навоийского горно-металлургического комбината (Джамансай, Мурунтау и Каракутан).

На месторождении Сюрената (Красногорская ГРЭ), средняя проходка на коронку КГА-76 производства ОАО «Тульское НИГП» в 2 раза выше средней проходки на коронку 02ИЗД250Р60 производства фирмы ООО «Корростех» (19,5 и 9,7 м соответственно). На участке Карасай (Алмалыкская ГРЭ) средняя проходка на усовершенствованную коронку для ССК-59 производства ОАО «Тульское НИГП» типа КГО-59-ЗСВМ оказалась в 2,1 раза выше, чем у ранее поставляемых коронок КГ-59-ЗСВМ (соответственно 122,5 и 57,4 м).

На месторождении Янгибулок (Зармитанская ПГРЭ) средняя проходка на опытные коронки ОАО «Тульское НИГП» 02ИЗ-76СВМ составила 16,5 м, средняя проходка на коронки ООО «Корростех» 02ИЗ-76 – 7,3 м, у коронок ОАО «Терекалмаз» 02ИЗГ-76 – 9,5 м и 28ИЗ-76 – 11,01 м, у коронок ЭЗТАБ 10.64ЭКИЗТ-76 – 10,53 м. Максимальная проходка на коронку ООО «Корростех» составила 8,77 м, ОАО «Терекалмаз» – 17,4 и ЭЗТАБ – 19,7 м, ОАО «ТулНИГП» – 34,1 м.

В Зияутдинской партии на месторождении Каракутан были отработаны коронки для ССК-59 КГ-59-3. Средняя проходка на коронку составила 106,5 м. На месторождении Джамансай используются комплексы ССК-59, средняя глубина скважин 150 м. На этом месторождении отрабатывались коронки ОАО «Тульского НИГП» КГО-59СВМ и К-01-ЗМ. Средняя проходка на коронку составила 114 и 40 м соответственно. За базу сравнения принимались применяемые здесь

коронки К-01-1, К-01-2, К-01-3 и КАСК-ОЦ производства ФГУНПП «Геологоразведка» (ВИТР). Испытания показали, что средняя проходка на коронки ОАО «Тульское НИГП» выше базовых в 3,4 раза, механическая скорость в 1,2 раза. Наиболее высокие показатели бурения достигнуты при использовании коронок КГО-59СВМ, у которых ресурс выше в 5 раз по сравнению с базовыми. У коронок К-01-3М ресурс в 2 раза выше базовых.

На месторождении Мурунтау отрабатывались опытные коронки 02ИЗМ-76 и 02ИЗ-76СВМ. За базу сравнения принимались коронки 02ИЗГ-76 производства ОАО «Терекалмаз», применяемые на объекте. Средняя проходка на опытные коронки ОАО «Тульского НИГП» составила 26,0 м, на базовые 8,6 м, что в 3 раза больше. На золоторудном месторождении Каракутан были отработаны коронки для ССК-59 типов КГО-59-3СВМ и К-01-3М. За базу сравнения принимались показатели бурения коронками ФГУ НПП «Геологоразведка» (ВИТР) типов К-01-2, К-01, КАСК-ОЦ, К-08. Средняя проходка на коронки ОАО «Тульского НИГП» оказалась выше в 5,6 раза, чем у базовых (соответственно 66,8 и 11,9 м).

Форма организации работ, заключающаяся в разработке, изготовлении и поставке модернизированного алмазного породоразрушающего инструмента для конкретных геолого-технических условий его отработки с дальнейшим технологическим обслуживанием, позволила значительно увеличить его выпуск и поставку заказчикам.