

ИСКУССТВЕННЫЕ И ПРИРОДНЫЕ АЛМАЗЫ

Ковалев В.И.

(Научный руководитель – Костюкович П.Н.)

Белорусский национальный технический университет

Введение

Алмаз – абсолютно незаменимый материал в самых разных областях человеческой деятельности, начиная от ювелирной и обрабатывающей промышленности и заканчивая электронной и космической. И все это – благодаря его уникальным свойствам: твердости и износостойкости, большой теплопроводности и оптической прозрачности, высокому показателю преломления и сильной дисперсии, химической и радиационной стойкости, а также возможности его легирования электрически и оптически активными примесями. Крупные и особо чистые природные алмазы – большая редкость, поэтому неудивительно, что успешные попытки их производства вызывают огромный интерес.

Алмазы применяются во многих отраслях промышленности как абразивный материал. Дороговизна натуральных алмазов вызывает необходимость производства синтетических камней в промышленных масштабах. Ежегодное производство их составляет несколько миллионов карат. И большая их часть применяется для технологических нужд.



Рис. 1. Общий вид алмаза

Образование алмазов в природе и история их искусственного получения

Алмазы образуются в геологически стабильных районах континентов, на глубинах 100-200 километров, где температура достигает 1100-1300 °С, а давление 35-50 килобар. Такие условия способствуют переходу углерода из графита в другую модификацию - алмаз, имеющую плотно упакованную атомами кубическую структуру. Пробыв миллиарды лет на больших глубинах, алмазы выносятся на поверхность кимберлитовой магмой во время вулканических взрывов, образуя при этом коренные месторождения алмазов – кимберлитовые трубки. Первая из таких трубок была обнаружена на юге Африки в провинции Кимберли, по имени этой провинции и стали называть трубки кимберлитовыми, а породу, содержащую драгоценные алмазы – кимберлит. На сегодняшний день по всему миру найдены тысячи кимберлитовых трубок, но только несколько десятков из них являются промышленно алмазоносными, в которых рентабельно проводить добычу.

В настоящее время алмазы добывают из двух типов месторождений: коренных (кимберлитовые и лампроитовые трубки) и вторичных – россыпи. Впервые алмазы были обнаружены в Индии еще до нашей эры в россыпях и разрабатывались на протяжении многих веков. Легендарные копи Голконды дали миру почти все известные с древнейших времен алмазы, такие как «Кохинур», «Шах», «Орлов» и другие.

В 1867 году в Южной Африке на берегу реки Оранжевая был найден первый алмаз, который и изменил ход развития южноафриканского государства и впоследствии многих африканских стран. Найденный кристалл был огранен в бриллиант весом 10.75 карат, получил собственное название «Эврика» и вошел в историю как первенец южноафриканской алмазодобычи. Именно в это время в русле реки впервые была найдена горная порода, содержащая драгоценный материал алмаз, впоследствии названная кимберлит. С этого момента начинается эпоха разработки и поисков коренных алмазных месторождений, связанная с Африкой.

Также ранее алмазы находили в ряде стран: Индия, Бразилия, страны Южной Америки и прочие.

Но со временем объём добычи натурального алмаза стал не удовлетворять запросам промышленности на этот уникальный материал.

16 декабря 1954 года американский химик Трейси Холл, работавший на "Дженерал электрик" получил первые искусственные алмазы. Этот эксперимент был выполнен при давлении 70 000 атмосфер и температуре 1600 °С с использованием графита и троилита (FeS).

Искусственные алмазы были очень мелкие, и говорили, что если бы кто-нибудь чихнул в неподходящий момент, это привело бы к потере всего мирового запаса. При этом стоимость алмазов "Дженерал электрик" была выше, чем природных, хотя уже в 1957 г. искусственные алмазы в виде мелких зерен, используемых для изготовления шлифовальных кругов, стали конкурировать по цене с природными.

В СССР искусственные алмазы были изготовлены в 1960 г. в Институте физики высоких давлений АН СССР, руководимом Л. Ф. Верещагиным, а уже в 1961 г. в Киеве было налажено их промышленное производство. Искусственные алмазы обыкновенной, повышенной и высокой прочности используются в качестве абразивного материала, а также при изготовлении однокристалльного инструмента.

На то время искусственные ювелирные алмазы стоили дороже природных, и их производство было нерентабельно.

Методы добычи природных алмазов

Добыча алмазов – сложный и трудоемкий процесс, требующий значительных финансовых вложений на начальных этапах. В среднем из одной тонны породы добывается около 1 карата алмазов из коренных месторождений и 3-5 из россыпных. С момента начала поисков месторождения до его открытия проходит не один год, а иногда и не одно десятилетие. За это время тысячи людей трудятся на благо будущего открытия. Затем пройдет еще несколько лет, пока будет добыт первый алмаз, за это время необходимо утвердить запасы, подготовить площадь месторождения к разработке, создать ин-

фраструктуру, закупить технику и всевозможное дорогостоящее оборудование, построить обогатительную фабрику, где кристаллы алмазов будут извлечены из породы, и нанять квалифицированных специалистов, обслуживающих все стадии процесса добычи алмазов.

В последнее время человек принимает минимальное участие в процессе алмазодобычи: преимущественно работают специальные машины с электронным управлением. Огромные роботы извлекают породу со дна океана или из глубины карьера, отыскивают в ней драгоценную «начинку» и тут же упаковывают алмазы в специальные контейнеры. Такой метод практикуется в Намибии, где алмазы добываются с океанического дна.

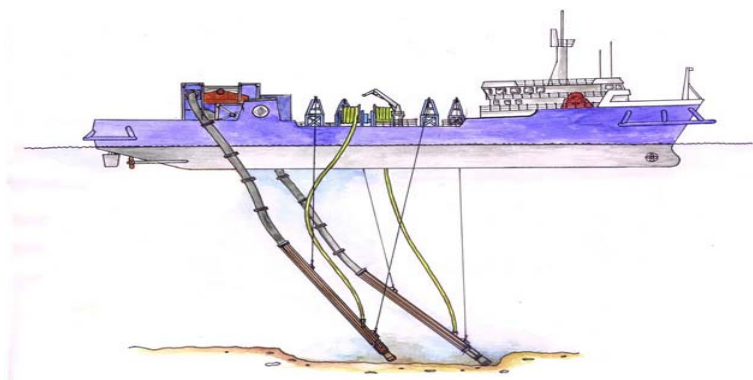


Рис. 2. Технология добычи алмазов со дна океана

Если же кимберлитовая трубка уходит далеко под землю, тогда алмазодобывающие корпорации комбинируют открытую (верхнюю) добычу с подземной. Подземный алмазный рудник – это чрезвычайно опасное и сложное производство. Себестоимость извлеченной алмазной породы в этом случае увеличивается в несколько раз, да и подземное оборудование стоит миллионы. С учетом редкости алмазов, многомиллионных затрат на разведку месторождений и огромных финансовых вложений в процесс обработки сырья становится ясно, почему бриллианты столь дороги.

Неплохо зарекомендовал себя метод электромагнитной сепарации. Поскольку алмаз инертен к магнитному излучению, а порода, в которой он заключен, практически всегда имеет ту или иную степень

магнитного притяжения, при определенном магнитном воздействии драгоценные камни великолепно отделяются от прочих веществ.

Все эти способы извлечения алмазов из породы применяются обычно комплексно и поэтапно, однако разные типы алмазных месторождений требуют разных технологических решений.

Также стоит отметить стадию обработки жиром. Дело в том, что алмазы отлично притягиваются к жиру и дают тем самым возможность идентифицировать себя. Впрочем, прилипают к жиру не только алмазы, но и многие тяжелые металлы. Однако в породе их немного, а потому быстро сортируются.

Способы получения синтетических алмазов

Первым способом получения искусственных алмазов является метод приближенный к естественному возникновению природных алмазов, это сочетание очень высокого давления и высокой температуры.

Ниже приводится одна из лабораторных установок по получению кристаллов алмаза максимально приближенной к предполагаемой природной схеме возникновения алмазов в земной толще - мощное давление, высокая температура.

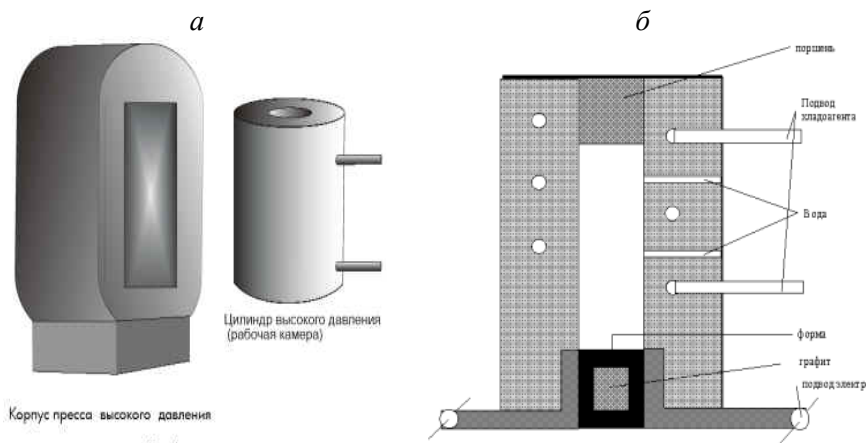


Рис. 3. Технология производства алмазов:
а – общий вид корпуса высокого давления; б – разрез корпуса)

Технология получения алмаза происходит в несколько этапов.

Вначале, после установки цилиндра в пресс высокого давления, подается вода и происходит процесс предварительного сжатия графита давлением воды, примерно до 2-3 тысячи атмосфер. Вторым этапом подается хладоагент и замораживается вода до температуры минус 12 градусов Цельсия.

При этом происходит дополнительное сжатие графита до 20 тысяч атмосфер за счет расширения льда. На следующем этапе подается мощный импульс электрического тока продолжительностью 0.3 секунды. На заключительном этапе размораживают лед и вынимают алмазы.

Полученные подобным образом алмазы в основном грязного цвета, имеют пористую структуру, форма кристаллов тетраэдрическая и служат для технических целей.

Вторым способом, возможно технологически простым, но сложным по применяемой аппаратуре является способ наращивания кристаллов алмаза в среде метана (CH_4).

Форма кристаллов получаемая подобным способом кубическая, в отличии от природной тетраэдрической, цвет черный, прочность сопоставима с естественными алмазами.

Третьим способом получения алмазов является метод взрыва.

При этом способе получают очень мелкую алмазную пыль для производства заточных камней, абразивов. Применяют или взрыв «обычного» взрывчатого вещества, или взрыв проволоки большим импульсом тока.

Кристаллы получают бесцветные, чистойшей воды, прозрачные, но очень мелкие (30–50 мкрн.). Форма кристаллов тетраэдрическая прочность сопоставима с природными алмазами.

Физические свойства

Алмаз – самое твердое из всех природных веществ. По шкале Мооса относительная твердость алмаза равна 10, абсолютная в 1000 раз превышает твердость кварца и в 150 раз – корунда. Спайность совершенная по октаэдру, что обуславливает хрупкость и несколько ограничивает использование алмаза. Излом раковистый. Плотность чистого алмаза $3,511 \text{ г/см}^3$. Блеск сильный, от алмазного

до жирного. Высокий показатель преломления (от 2,417 до 2,421) и сильная дисперсия (0,0574) обуславливают яркий блеск и разноцветную «игру» ограненных ювелирных алмазов, называемых бриллиантами. Алмаз может быть бесцветным и водянопрозрачным или окрашенным в различные оттенки желтого, коричневого, красного, голубого, зеленого, черного, серого цветов. Распределение окраски часто неравномерное, пятнистое или зональное. Под действием рентгеновских, катодных и ультрафиолетовых лучей большинство алмазов начинает светиться (люминесцировать) голубым, зеленым, розовым и др. цветами.

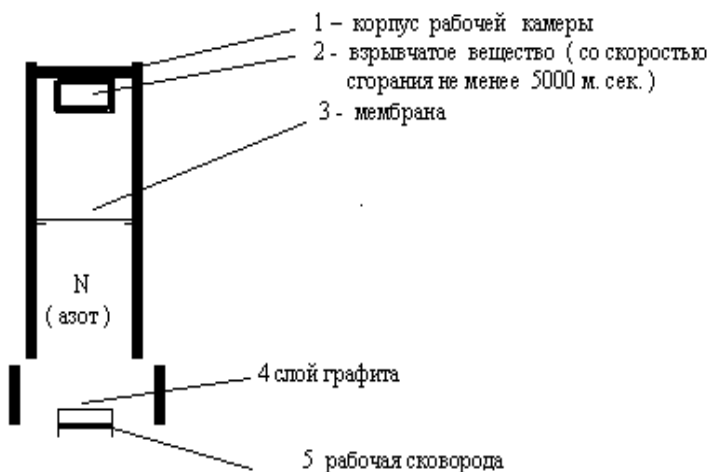


Рис. 4. Технология получения алмазов взрывом

На воздухе алмаз сгорает при 850°C с образованием CO_2 ; в вакууме при температуре свыше 1500°C переходит в графит. Свойства алмаза резко меняются в зависимости от наличия (тип I) или отсутствия (тип II) примеси азота. Для типа I характерны аномальное двупреломление, низкая фотопроводимость, отсутствие электропроводности, поглощение в инфракрасном (между 8–10 мкм) и ультрафиолетовом (от 3300 Å) диапазонах, высокая теплопроводность. Безазотные алмазы (тип II) практически изотропны, с высо-

кой фотопроводностью, не поглощают инфракрасное излучение и прозрачны в ультрафиолетовом (до 2200 А), обладают чрезвычайно высокой теплопроводностью. Рентгеновская диффракция выявляет в первом типе дополнительные линии, свидетельствующие о «дефектности» кристаллической структуры.

Применение технических и искусственных алмазов

Слово «алмаз» у большинства людей вызывает совершенно определенные ассоциации – это нечто драгоценное, даже недоступное, красивое и блестящее.

В конце 19 века алмазы стали применять не только для создания прекрасных украшений, но и в качестве основного элемента инструментов, предназначенных для обработки, резки и сверления различных материалов, например алмазная резка бетона. Тем более что кроме ювелирных алмазов, обладающих великолепными формами и прозрачностью, добываются также алмазы с некоторыми дефектами, которые не могут быть подвержены огранке. Минералы подобного рода были названы техническими алмазами и стали использоваться в промышленных целях.

Алмазы очень эффективно применяются в строительстве. Преимущества использования данного инструмента очевидны: низкий уровень шума и отсутствие вибраций, разрушающих целостность конструкций; не возникают сложности с пропилом арматуры, закладных деталей и других металлических частей; после резки остаются чистые ровные отверстия, не требующие дополнительной обработки; производительность труда в несколько раз выше, чем от применения старых технологий.

При проведении строительных работ часто приходится пробивать различные отверстия, дверные проемы в твердых материалах. Раньше (и сейчас иногда) для этих целей применялись отбойные молотки, в лучшем случае – сверла из твердых сплавов металла. Это связано с большими физическими усилиями работника и практически всегда чревато образованием трещин в обрабатываемом материале.

Современные инструменты, позволяющие производить алмазное сверление, резку и демонтаж стен, качественно вырезать проем в

несущей стене, а также получение любых отверстий без образования микротрещин.

Алмазный инструмент является незаменимым элементом при выполнении работ в сфере реконструкции, реставрации и переоснащении промышленных и гражданских сооружений, безвибрационной коррекции и демонтаже железобетонных конструкций. Гидротехнические сооружения, мосты, атомные станции, циклотроны, уникальные исторические здания, сложнейшие высотные здания, метрополитен, аэродромы – все это области применения алмазной техники.



Рис..5 Пример использования алмазов в строительстве при устройстве проемов

Алмазные инструменты вытачивают рубиновые камни, применяемые в точных механических устройствах. Без алмазов не обходится сейчас бурение скважин в твердых породах и создание мельчайших отверстий (диаметром всего два миллиметра) в различных предметах, в настоящее время существует даже строительная отрасль с названием алмазная резка. Сейчас трудно назвать производство, где бы ни использовались эти твердые помощники человека.

Заключение

Таким образом, технология производства алмазов является высоконаучной отраслью. Успешное развитие технологии производства искусственных алмазов позволило получить сверхчистые мине-

ралы с уникальной структурой, оптическими и электрофизическими свойствами. Их применение дало толчок к развитию других современных высокотехнологичных отраслей, а также к развитию науки, в частности, экспериментальной физики и алмазной электроники. Современные разработки направлены на синтез кристаллов алмаза, превышающих по качественным показателям природные минералы.

В Беларуси стоит выделить такую компанию как "Гомельское ПО "КРИСТАЛЛ".

Это единственное в Республике Беларусь предприятие, специализирующееся на выпуске алмазного инструмента, а также синтетических алмазных порошков и паст для нужд промышленности Республики Беларусь и стран ближнего и дальнего зарубежья.

В данный момент мы импортируем алмазы из других стран. Например, в 2010 году в рамках Кимберлийского процесса Беларусь импортировала 113,7 тыс. каратов природных алмазов, что в 3 раза больше, чем в 2009 году.

Также с недавнего времени ведутся работы по поиску алмазов на территории Беларуси.

В Республике Беларусь необходимо налаживать производство синтетических алмазов, т.к. мы остро нуждаемся в этом. Промышленность развивается быстрыми темпами и нам требуются более современные и совершенные технологии.

Список литературы

1. Епифанов В. И., Песина А. Я., Зыков Л. В. Технология обработки алмазов в бриллианты. М., 1983
2. Мишкевич Г. И. Его величество Алмаз. Л., 1998
3. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза. М., 1989
4. Пыляев М. И. Драгоценные камни, их свойства и употребление. СПб., 1991
5. Шафрановский И. И. Алмазы. М. - Л., 1973.