

«Дизайн природных кристаллов алмаза, обработанных волновой технологией с использованием его естественных граней»

Е.В. Гладченков

Аннотация. В данной работе предложен новый подход к обработке природного алмазного сырья с низкими качественными характеристиками. Возможности инновационной волновой технологии позволяют реализовать новые дизайнерские решения при обработке неликвидного материала, за счет чего расширить применение нетрадиционных категорий алмазного сырья в ювелирной отрасли.

Ключевые слова: алмаз; природные формы; волновой метод обработки; система упругих когерентных волн; конфигурации поверхности алмаза; оптический эффект «радуга».

Алмаз дорогой и драгоценный камень. Драгоценность этого камня обусловлена его свойствами. Во многих отношениях алмаз уникален: он обладает рекордно высокими механическими, теплофизическими, оптическими, электронными свойствами, обладает высокой химической устойчивостью. Все это привлекает к алмазу внимание специалистов из разных областей науки и техники, не говоря уже об интересе со стороны масс населения, вызванном использованием алмаза в ювелирном деле [1].

В 2010 году в мире было добыто 133,1 млн. карат алмазов. Из них до 20% идут в ювелирные изделия, а остальные 80% из-за дефектности и благодаря высокой твердости применяются в различных отраслях промышленности. Из дефектных алмазов делают режущий инструмент, абразивные порошки фильеры для волочения и другие изделия технического назначения.

Традиционно ювелирные алмазы обрабатывают в бриллианты стандартных форм огранки, это обусловлено тем, что после обработки создаются оптимальные оптические

условия для наилучшей игры и блеска камня. В процессе традиционной огранки алмаза в бриллиант безвозвратно теряется от 40 до 70 % этого уникального и драгоценного материала. При этом задача сводится к получению максимального эффекта блеска от ограненного кристалла.

Огранка не применяется к «техническому» алмазному сырью ввиду его низких качественных характеристик. Существующая классификация и стандарты параметров для бриллиантов не позволяют получить максимальный блеск после обработки «технического» сырья в бриллиант. Кроме того, процесс обработки существенно затруднен в виду физических свойств алмаза. Между тем, технические и дефектные кристаллы алмазов обладают богатым многообразием цветов и оригинальных природных форм (Рис.1).

Учитывая тот факт, что рынок ювелирных украшений с бриллиантами классических форм огранки уже перенасыщен, является актуальным создание новых видов изделий. Для этого необходима разработка новых дизайнерских решений с применением низкосортного природного алмазного сырья и использование новых технологий его обработки. Уникальные природные разновидности форм алмазов могут представлять более значительную ценность при использовании нового подхода к обработке и дефектному алмазному сырью. Введение новых элементов дизайна в процессе обработки кристаллов будет способствовать расширению и дополнению существующей продукции, предназначенной для ювелирной отрасли.



Рис.1 Виды природных алмазов.

Технологические методы обработки алмазов.

Технологические методы обработки алмазного сырья можно разделить на два вида: контактные и бесконтактные. Методы обработки, использующие механическое, химическое или тепловое воздействие, или их комбинации включают: механическую обработку, химико-механическую обработку, термехимическую обработку, динамическую полировку трения, обработку высокоэнергетическим лучом (луч лазера/плазмы/иона) и др. [2]

Высокая твердость алмаза долго сдерживала возможности его обработки. Операции огранки и полировки — наиболее трудоемкие и ответственные в общем технологическом процессе изготовления изделия в процессе обработки алмазов. Лишь в середине 15 века, когда алмаз начали обрабатывать алмазом, наметился значительный прогресс его обработки. По мере развития научно-технического прогресса и совершенствования ограночного оборудования содержание самих операций изменялись, но суть и название их наверняка останутся прежними. Пока традиционным технологическим принципом остается то, что алмаз обрабатывается только алмазом, хотя в практику их обработки уже давно внедрены лазерные установки, более эффективно выполняющие некоторые операции.

Особенности кристаллической структуры определяют у алмаза «мягкие» и «твердые» направления обработки (рис.2). Затруднена обработка сырья с поликристаллической структурой кристалла, а так же агрегатов и сростков кристаллов. К этому типу сырья относятся синтетические кристаллы выращенные SVD методом, или природные кристаллы разновидности «Boart», «Ballas» и др.

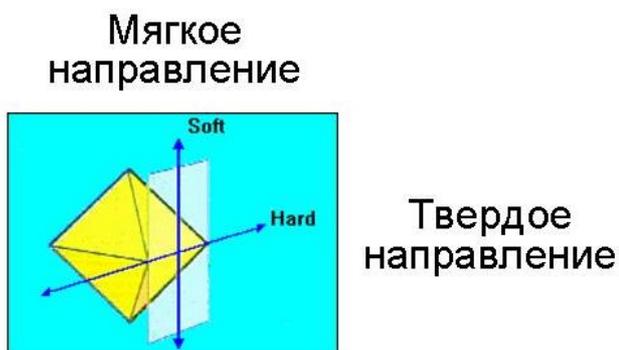


Рис.2 Кристаллографические направления алмаза

Из этого следует, что для объемной обработки и реализации новых концепций дизайна перспективны такие методы, эффективность которых не зависит от твердости обрабатываемого материала.

Волновой метод обработки алмаза

Это новая технология, основанная на волновом воздействии на структуру алмаза. Суть этой технологии заключается в создании в объеме алмаза системы упругих когерентных волн (см. рис 3). При движении зерна абразива происходит локальное упругое деформирование поверхностного слоя алмаза, которое создаёт вынужденные упругие колебания кристаллической решётки алмаза. Задача обрабатывающей системы – не переходить предел упругости поверхностного слоя алмаза и не допускать образование микросколов.

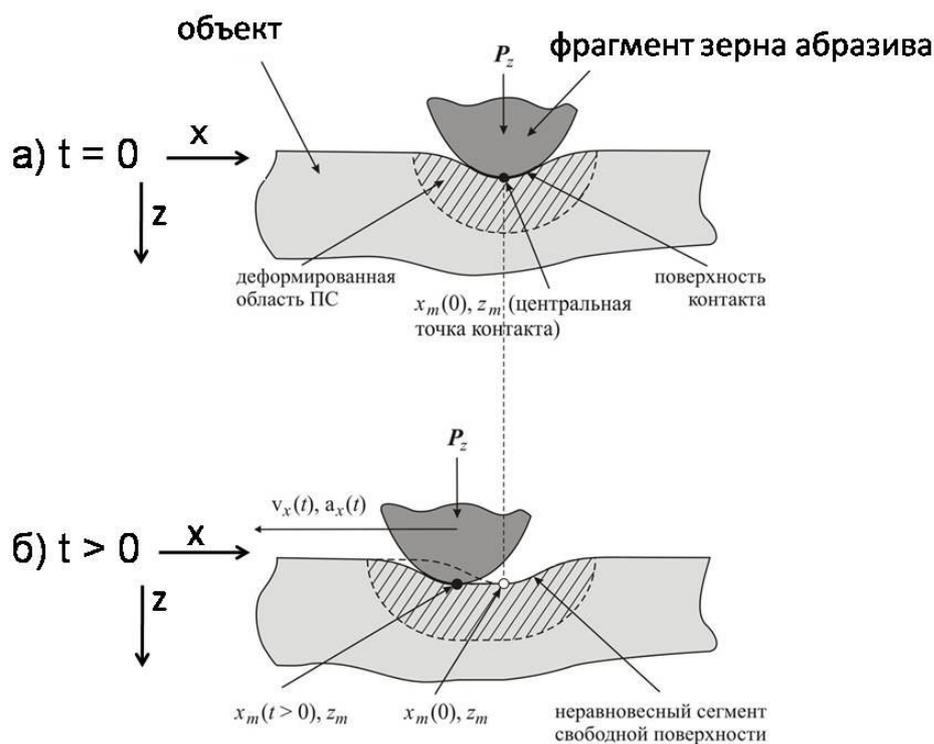


Рис. 3 Схематичное изображение процесса локального взаимодействия обрабатывающего инструмента с объектом. Проекция сечения композиции объект – инструмент на плоскость xz . Ось y направлена в сторону наблюдателя. (а) – статическая ситуация взаимодействия ($t = 0$); (б) – начальная стадия динамического взаимодействия ($t > 0$). Движение зерна происходит в направлении по оси x к оси y . ПС – поверхностный слой.

Упругие волны в кристалле несут энергию. Скорость распространения этих волн в объеме алмаза составляет $\sim 18\,000$ м/сек. Поскольку эти волны когерентны (имеют равные значения по частоте и амплитуде), то при их взаимодействии в объеме материала происходит локальная концентрация волновой энергии. По расчётам за время $\sim 10^{-14}$ секунды локальная концентрация волновой энергии в отдельном домене объема алмаза может достигать значения $10^{-13} \div 10^{-14}$ Дж, и в объеме домена может развиваться температурный импульс в несколько тысяч градусов Кельвина.

Очевидно, что такие высокоэнергетичные домены являются наиболее вероятными местами разрушения поверхностного слоя кристалла. При таком локальном разрушении поверхностного слоя упругое давление в этих доменах составляет примерно $(1.6 \div 2.5) \cdot 10^9$ Н \cdot м⁻². Это на порядок величины меньше критического напряжения $\sigma_c \cong 2 \cdot 10^{10}$ Н \cdot м⁻², необходимого для возникновения поверхностной трещины по известным моделям Герца и Ауэрбаха [3,4], где разрушение кристалла происходит путем образования микросколов. [5]

Как показывают экспериментальные данные, метод волнового воздействия на алмаз может эффективно обрабатывать кристалл в любом кристаллографическом направлении. Для обеспечения и контроля волнового процесса разработано специализированное высокоточное оборудование. Применяемое программное обеспечение позволяет моделировать необходимые варианты вращательного и поступательного движений заготовки, а также их комбинации, что позволяет эффективно вести процесс обработки кристалла с высокой точностью задаваемых параметров. В свою очередь эти факторы в процессе обработки позволяют реализовывать новые дизайнерские идеи.

Проектирование новых видов изделий с применением волновой технологии.

Станок обладает пятью степенями свободы, что позволяет получать на поверхности кристалла в процессе обработки кривые, описываемые уравнениями второго порядка: параболические, конические, сферические, эллиптические поверхности. Преимущества данного метода, дает перспективные возможности для создания нового дизайна в обработке природных кристаллов алмаза. На следующем рисунке (рис. 4) представлены сформированные конфигурации поверхности алмаза, описываемые уравнениями второго порядка.



Рис. 4 конфигурации поверхности алмаза, описываемые уравнениями второго порядка.

В качестве примера создания конечного продукта по проекту «Талисман» [6] приводится изображение кристалла алмаза (рис.5), сформированного волновой технологией.

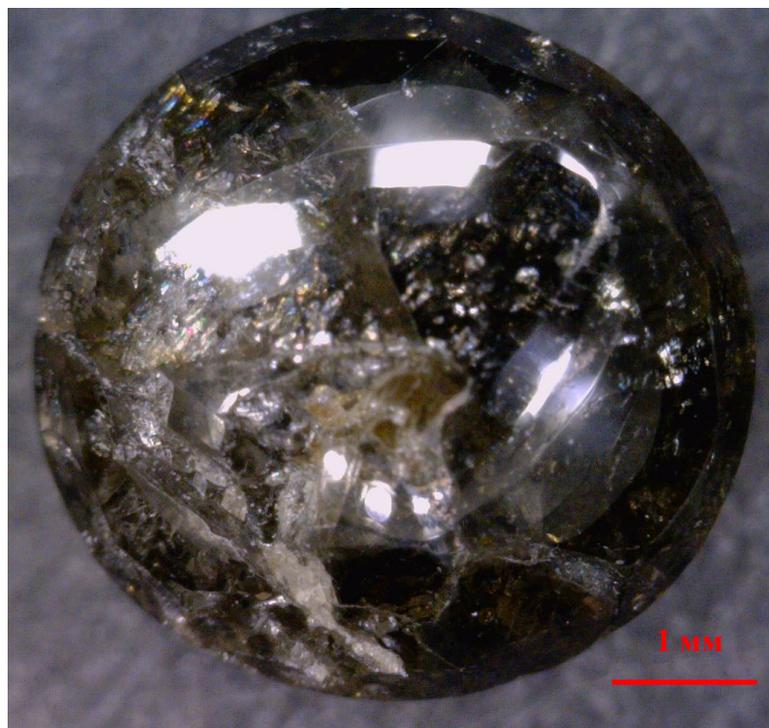


Рис.4 Общий вид изделия, разновидность алмазного сырья «Voart

В данном случае применялся алгоритм хождения точки инструмента, относительно обрабатываемой поверхности по траектории второго порядка описывающей сферическую поверхность.

Сфера радиуса R с центром в точке $M_0(x_0, y_0, z_0)$ имеет уравнение

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 = R^2 \quad (1)$$

Где x, y, z произвольные числа.

Такие объемные поверхности влияют на прохождение и отражение света в кристалле. Как на его поверхности, так и в объеме. Комбинациями подобных форм в сочетании с другими объемными поверхностями и эффектом радуги (см. оптический эффект «радуга») возможно, добиться уникальной оптики готового изделия, которая принципиально отличается от оптики бриллианта, несет в себе таинственность и шарм присущий природному алмазу. Подобная конфигурация вершины алмаза может вносить определённое влияние на прохождение светового потока в объём кристалла.

Для алмазов из всех месторождений характерно исключительное многообразие кристаллов, которое обусловлено не столько богатством кристаллографических форм, сколько различным характером строения граней у одинаковых по своей кристаллографической форме кристаллов и необычайным многообразием видов отклонений той или иной формы от изометрического габитуса, что принято называть деформацией кристалла. Кроме того, исключительной особенностью кристаллов алмаза является широкое распространение среди них специфических кривогранных форм округлого габитуса и плоскогранных форм, на которых вместо обычных прямых острых ребер, наблюдаются округлые поверхности.

В процессе обработки основной акцент при реализации нового дизайна изделия делается на сформированных криволинейных поверхностях, повторяющих природную морфологическую форму алмаза. Общий вид изделия до и после обработки по природным граням приведён на рисунке 6.



До обработки

После обработки

Рис. 6 Общий вид изделия до и после обработки, разновидность алмазного сырья «Boart»

Оптический эффект «Радуга»

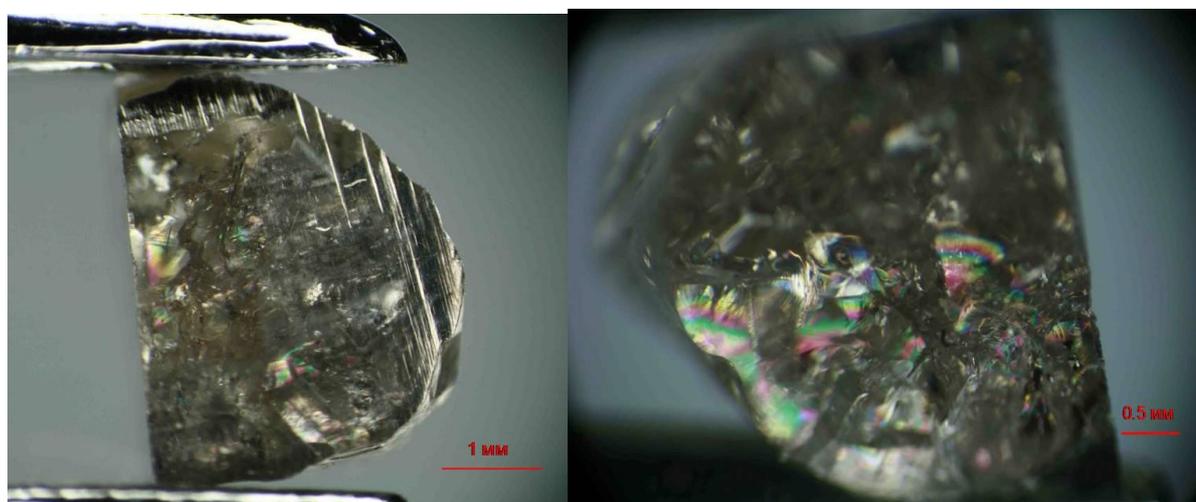
Достигнутые результаты по формированию криволинейных поверхностей и позволило приступить к реализации проекта «Талисман», т.е. сформировать изделие из натурального алмаза, обработав поверхность кристалла таким образом, чтобы повторить все её природные конфигурации, максимально сохранив изначальный вес и форму алмаза. Особое внимание при этом было обращено на сложное, напряжённое и дефектное сырьё. Основанием для пристального внимания к низкосортному сырью послужили полученные экспериментальные данные, связанные с процессами релаксации внутренних напряжений алмаза при волновом возбуждении кристалла с применением определённого алгоритма воздействия обрабатывающей системы на кристалл.

Особый эффект возникает при «комбинированной» генерации волновой энергии в объём алмаза. Определённый алгоритм возбуждения структуры алмаза с одной частотой сначала формирует периодическое снятие внутренних напряжений, а потом на сформированное состояние остаточных напряжений накладывается волновая энергия другой частоты. В результате в объёме алмаза формируются периодические «модулированные» области, которые разлагают падающий свет на цвета оптического спектра. В традиционной технологии обработки алмазов в бриллианты в дефектном и напряжённом сырьё, при определённых условиях воздействия на алмаз, в объёме кристалла иногда возникают участки, на которых происходит разложение падающего или проходящего света на цвета оптического спектра. Этот, известный огранщикам эффект, условно назовем «радуга».

В общих чертах этот принцип образования радуги в напряжённом алмазном сырье известен. При изменении или нарушении изначальной формы кристалла (при распиловке, обточке или подшлифовке) может происходить спонтанная релаксация внутренних напряжений в кристалле с образованием областей (границ раздела), на которых происходит дисперсия светового потока.

На следующем рисунке (рис. 7) видно образование радуги после распиловки напряжённого сырья. Это сырьё относится к категории «Rejections».

Поскольку в этом случае происходит частичная релаксация напряжений, то остаточные напряжения в кристалле можно подвергнуть волновой обработки при, например, полировке плоскости. На следующем рисунке (Рис. 8) представлено продолжение образования радуги в объёме алмаза после волнового воздействия.



**Рис. 7 Слева - образование радуги после распиловки напряжённого сырья
Справа – этот же кристалл после волновой обработки (полировка плоскости)**

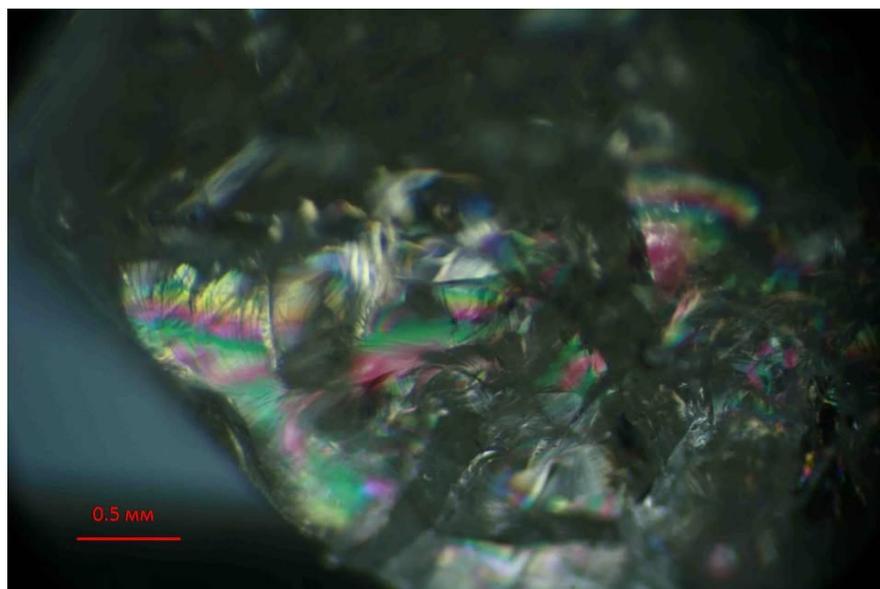


Рис. 8 Кристалл после волновой обработки (полировка плоскости)

Следует ещё раз отметить, что формирование радуги связано в первую очередь с состоянием внутренних напряжений в дефектных областях алмаза. Режимы волнового метода обработки создаются условия для определённой релаксации этих напряжений. По какому пути пойдёт формирование напряжённых участков в объёме кристалла и возникновение на них дисперсии светового потока определяется и типом дефектов кристаллической решётки, и наличием различных примесей, границ раздела и типом сырья. И в этом случае получаемая внутренняя картина алмаза полностью определяется изначальным состоянием его дефектно-примесной структуры.

Выводы.

Такой подход к сложному и напряжённому сырью позволяет утверждать о создании нового направления в ювелирном деле. Это направление открывает неограниченные возможности в создании новых оригинальных изделий и заставляет обратить пристальное внимание на те типы алмазного сырья, которые пока не нашли должного применения в творческом процессе ювелирного дизайна

Библиографический список

1. Плесков Ю.В. Электрохимия алмаза.2003. М. Единотриал УРСС, 2003. – 104с
2. J. R. Hird, J. E. FieldDiamond polishing. 2004. Royal society publishing 2004. -243
3. C.Jeynes, Phylosophical Magazine A, v.48, N 2, pp.169-197.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Теория упругости, т.VII, Москва, «Наука», 1987, 248с.
5. С. М. Пинтус, В. Ю. Карасёв, Е. В. Гладченков. «Роль волновых явлений в процессе обработки кристаллов алмаза» Микроэлектроника, том 40, № 5. –М.: 2011. - 430–440.
6. В.Ю.Карасёв, С.М. Пинтус, Е.В. Гладченков, О.А. Безпалов. «Проект Талисман». Информационно-аналитический журнал «Ювелирная Россия». №3 (33) май 2011). Санкт-Петербург. – С-Пб.:2011.-111с.

Сведения об авторах:

Гладченков Евгений Вадимович

Место работы: НПО «МИКРОПРИБОР»

Должность: инженер

Ученная степень: нет

Ученное звание: нет

Академический статус: нет

адрес:121108, Москва, ул. Ивана Франко, 4; Телефон раб: (499) 146-1939

М об: 8 925 886 51 46 домашний: отсутствует

e-mail: gladchenkov@mikropribor.ru; evgenozz@rambler.ru