

Пружно-пластичні деформації в підкріплених циліндрах / Обладнання та технології харчових виробництв: Тем.зб.наук.пр. – Вип.9. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2004. **4.** Качанов Л.М. Основы теории пластичности –М.: Наука, 1969 – 420 с. **5.** Сопротивление материалов деформированию и разрушению. Справочное пособие. /Трешенко В.Т., Крассовский А.Я., Покровский В.В., Сосновский Л.А., Стрижалов В.А. – Киев: Наукова думка; 1993. – 288 с. **6.** Гажа Г.П. Расчет сосудов высокого давления. – Киев, ИМФ АНУССР, 1971 – 81 с.

Сдано в редакцию 16.05.06
Рекомендовано д.т.н. Бутенко В.И.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕХОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЕРИФЕРИИ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КАМНЯ

Горобец И.А., Михайлов А.Н. (*ДонНТУ, Донецк, Украина*)

В настоящее время природный камень нашел применение в качестве конструкционного материала как в машиностроении (при изготовлении станин прецизионных станков, высокоточных узлов и деталей измерительных устройств, валов станков для целлюлозной промышленности, деталей для оборудования пищевой промышленности), так и в строительной индустрии, в качестве высококачественных отделочных материалов. Такая популярность использования изделий из камня объясняется физико-механическими характеристиками материала такими как: низкий (приближающийся к нулю) коэффициент линейного расширения, высокая инертность, твердость и достаточная прочность. Природный камень обладает и высокими декоративными свойствами, что и послужило причиной его использования в строительстве. Наибольшее распространение получили гранит, мрамор, лабрадорит, габбро, сланец, песчаник и др. Отделочные материалы из искусственных камней, как правило, представляют собой плиты на основе бетона или цемента с добавлением гранитной или мраморной крошки.

В настоящее время, подавляющее большинство облицовочных изделий из природного камня изготавливается с использованием абразивной обработки [1]. Особенностью технологии такой обработки заготовок из камня является наличие ряда стадий к которым относятся порезка на мерные плиты, многократное шлифование поверхности и полирование. Поверхностный слой заготовки из камня после предварительной обработки (порезки на мерные плиты) имеет неровности, вызванные изменениями макрогеометрии формы (выпуклость, вогнутость и т.д.), волнистостью и шероховатостью. Величина таких неровностей на пиленном блоке природного камня достигает 3 – 5 мм [1,2,3]. Одним из самых трудоемких и продолжительных по времени процессов обработки камня является шлифование, состоящие из десятков проходов [1,2], после чего обработанную поверхность камня подвергают полированию.

Особенностью формирования величины снимаемого хрупкого и хрупко-пластического слоя материала из камня является появление в процессе обработки дефектного слоя, состоящего из микротрещин поверхности [3,4]. Микротрещины, образуемые при обработке большинством из активных зерен алмазного абразивного инструмента, распространяются как в сторону вектора скорости главного движения, что способствует отделению слоя материала, так и вглубь заготовки. Распространение микротрещин при механической обработке поверхностного слоя камня формирует дополнительно к макро и микронеровностям дефектный слой, который снижает эксплуатационные и потребительские свойства изделия [4].

Реализация процесса шлифования поверхностного слоя изделий из камня осуществляется специальными шлифовальными головками, содержащими алмазные призматические бруски прямого профиля, рис.1.

Одной из важных характеристик абразивного режущего инструмента является геометрическая форма и размеры шлифовального круга. Технологический процесс шлифования изделий из камня сопровождается использованием СОТС, в качестве которой используется вода. Поэтому конструкция шлифовального круга должна предусматривать наличие каналов для истечения СОТС.

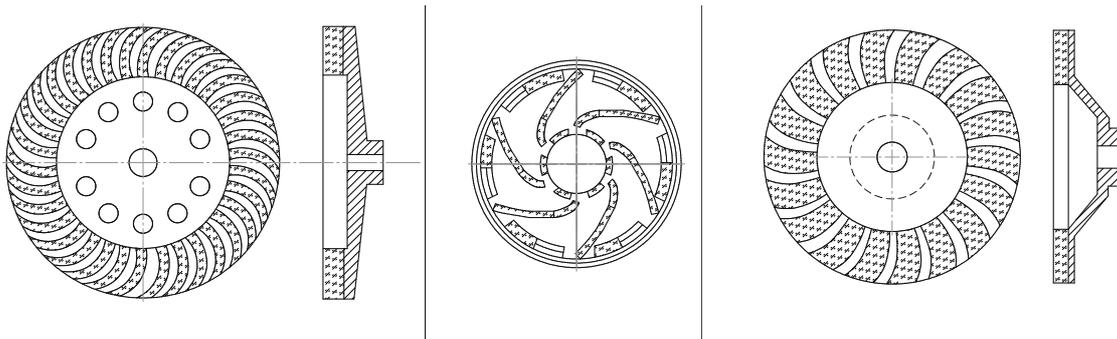


Рис.1. Вид рабочей поверхности алмазного инструмента

Вопросам определения рациональной конструкции шлифовальных кругов, отвечающим требованиям снижения содержания алмазного порошка в инструменте и наличию каналов рациональной формы посвящены исследования [1, 2, 5, 6]. В результате исследований определилась рациональная форма алмазных кругов для торцевого шлифования поверхностного слоя изделий из камня, состоящая из абразивных полос, расположенных в виде спирали. На величину производительности абразивной обработки оказывает и величина зерна алмазов абразивного инструмента. Так исследованиями [1, 7] установлена взаимная связь между глубиной резания и параметрами абразива. Однако, поскольку величина абразивного зерна инструмента и выбранные режимы резания определяют шероховатость поверхностного слоя изделия из камня, то сам технологический процесс обработки заготовки подразделяют на несколько этапов (чернового, чистового, тонкого шлифования, лощения) с использованием шлифовальных головок с разной величиной зерна абразива.

Исследованиями [7] установлен неравномерный износ рабочей поверхности круга с увеличивающейся интенсивностью от центра к периферии инструмента. Форма режущей кромки шлифовального инструмента при длительной обработке также претерпевает изменения. Исследованиями [8] установлен характер износа периферии чашечного круга для плоского шлифования. Это обстоятельство отражается и на режущей способности абразивного круга, а следовательно, и на производительности технологического процесса шлифования. Одним из направлений повышения производительности процесса шлифования является использование абразивного инструмента с увеличивающейся концентрацией и величиной зерна от центра к периферии круга.

В [9] впервые была разработана математическая модель развития дефектности изделий при их абразивной обработке, учитывающая прочностные характеристики обрабатываемого материала, параметры инструмента и технологическая наследственность:

$$P_p = \int_0^{P_0} f(P_{y\partial_3}) dP + \int_{P_0}^{\infty} f(P_n) dP$$

$$N = m_{e\partial} \cdot P_p$$

где P_p – вероятность дефектообразования; $m_{ед}$ – число единичных дефектов (зон предразрушения); P_n – разрушающая нагрузка; $f[P_n]$ – функция распределения предельно разрушающей силы.

Другим способом повышения производительности шлифования алмазным инструментом является объединение способов торцевого шлифования и шлифования периферией круга. Исследованиям вопросов формы переходной поверхности абразивного круга для процессов шлифования заготовок из сталей и твердых материалов посвящена работа [7].

Целью статьи является определение рациональной формы переходной поверхности комбинированного алмазного шлифовального круга с точки зрения повышения производительности обработки.

Одним из направлений повышения производительности обработки заготовки шлифованием является увеличение значений подачи, частоты вращения, глубины резания и уменьшение общего припуска. Однако поскольку в технологической задаче присутствуют и ограничивающие факторы, имеющие обратную связь с управляемыми факторами, то произвольное изменение рассмотренных параметров повлечет изменение и дефектного слоя поверхности заготовки и параметров обрабатывающего инструмента. Рассмотрим влияние приведенных факторов на процесс повышения производительности обработки. Для этого представим производительность обработки заготовки в виде:

$$Q = T_{ум}^{-1},$$

где $T_{ум}$ – штучное время обработки заготовки.

Однако,

$$T_{ум} = \sum_{j=1}^{j=k} \sum_{i=1}^{i=n} (T_{oji} + T_{xji} + T_{донji}) + T_{np},$$

где T_o – основное время обработки поверхностного слоя заготовки на i переходе j – й операции, T_x – вспомогательное время, $T_{дон}$ – дополнительное время, связанное с процессом обработки заготовки, T_{np} – время правки круга.

Основное время обработки поверхностного слоя заготовки:

$$T_o = \sum_{j=1}^{j=k} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{L \cdot Z_j}{n_j \cdot S_j \cdot t_{ij}},$$

где n, S – частота вращения и подача абразивного инструмента, соответственно, t – глубина обработки шлифованием заготовки за один переход, L – длина обработки, Z – припуск на обработку заготовки, i, j – количества переходов и операций по удалению припуска.

Влияние изменения скорости резания V на процесс торцевого шлифования алмазным инструментом исследовано в работах [2,8], где приведены рациональные значения скорости резания для обработки изделий из камня. Поэтому, увеличение скорости резания без изменения режущей способности и других характеристик абразивного инструмента с учетом ограничений обработки, нецелесообразно.

Увеличение подачи также позволит увеличить производительность обработки. Процесс абразивной обработки заготовок из камня имеет свои особенности. При шлифовании под действием усилий резания, упругая деформация поверхностного слоя заготовки, контактирующего с зернами абразива, достигает своего предела и перед гранями зерен появляются микротрещины, с направлением – в сторону вектора движения абразивных зерен инструмента. При дальнейшем движении зерен наступает разрушение поверхностного слоя заготовки из камня – его выкалывание. Поэтому, любое увеличение подачи (как и скорости резания) может привести как к изменению структуры поверхностного слоя заго-

товки (увеличение трещиноватости, микронеровностей) [3, 5], так и к снижению стойкости инструмента [6,10]. Таким образом, увеличение подачи возможно лишь в пределах ограничений качества получаемого поверхностного слоя заготовки.

Глубина резания, хотя и влияет на величину производительности обработки, но так же, как и выше рассмотренные параметры, имеет жесткие ограничения, связанные как с геометрическими и конструктивными параметрами режущего инструмента, так и характеристиками зерен абразива и связки [3, 5]:

$$Z_i \leq A^n P_o F B^{-1} K_\Sigma,$$

где A – высота зерна абразива инструмента, P_o – давление инструмента на обрабатываемую заготовку, F – площадь рабочей поверхности инструмента, B – ширина обрабатываемой поверхности заготовки, K_Σ – коэффициент уточнения, n – показатель степени:

$$K_\Sigma = K_c K_k K_z K_v,$$

где K_c – коэффициент, учитывающий свойства связки, K_k – коэффициент, учитывающий концентрацию алмазов, K_z – коэффициент, учитывающий свойства заготовки, K_v – коэффициент, учитывающий соотношение скоростей главного движения и движения подачи:

$$K_v = \frac{V}{V_n}$$

где V – скорость главного движения, V_n – скорость подачи.

Увеличение удаляемого слоя материала приведет к увеличению сил резания и, как следствие, к увеличению глубины микротрещин обрабатываемого поверхностного слоя материала.

Применение комбинированного метода шлифования (при обработке сочетается торцовое и периферийное шлифование абразивным кругом одновременно), является одним из перспективных методов повышения производительности обработки камня.

С целью определения рациональной формы поверхности периферии инструмента для торцевого шлифования изделий из камня авторами были проведены теоретические исследования геометрии переходной поверхности периферии абразивного круга. При этом исследовались несколько видов переходной поверхности периферии круга: криволинейная с радиусом R (рис.2 а) и прямолинейная – прямая с углом наклона φ (рис.2 б). Исследования проводились путем моделирования процесса обработки изделий из камня в программной среде ANSYS с учетом анализа напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя обрабатываемого материала, рис.3,4. Интервалами варьирования параметров приняты: $\varphi = 10 \dots 90^\circ$, $R = 0,007 \dots 5$ мм.

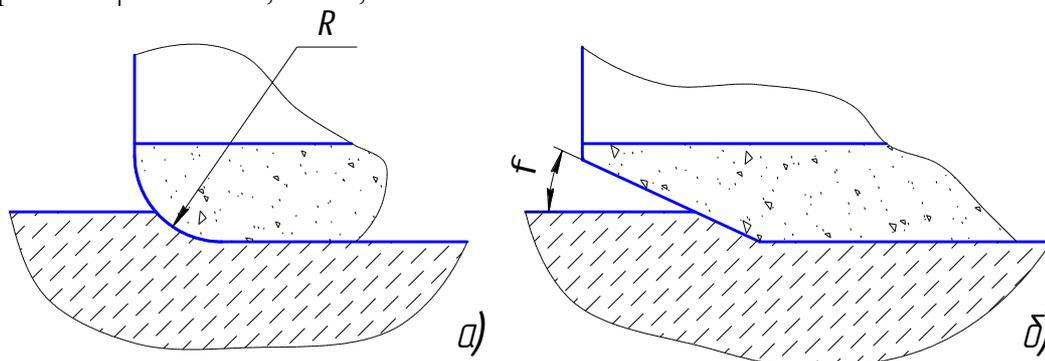


Рис.2. Исследуемые схемы переходной поверхности шлифовальных кругов

При проведении теоретических исследований были приняты следующие допущения и ограничения:

- исследовалась плоская модель процесса шлифования заготовки из камня в месте контакта инструмента и заготовки (рис.2);
- в качестве видов обработки заготовки принимались черновое и чистовое шлифование с жесткой установкой абразивного инструмента;
- в пределах заданной глубины резания силы шлифования принимались постоянными;
- усилия шлифования, равномерно распределяются по линии контакта круга с заготовкой;
- усилия шлифования возрастают пропорционально увеличению глубины резания.

В качестве переменных усилий шлифования принимались значения, полученные из эксперимента [11]. В результате анализа полученных моделированием результатов исследований выяснилось, что применение комбинированного шлифовального круга, в отличие от применения стандартного ($\varphi = 90^\circ$, $R = 0,03$ мм), снижает величину напряжений и деформаций при реализации процесса шлифования природного камня. Этот процесс связан, прежде всего, с геометрической формой и размерами переходной поверхности круга, рис.3,4. Для криволинейной формы режущей кромки инструмента снижение деформаций и напряжений происходит при увеличении радиуса переходной поверхности периферии рис.5,7.

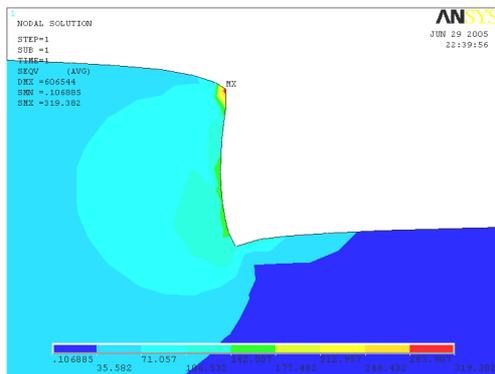


Рис. 3. Напряженное состояние обрабатываемого поверхностного слоя при шлифовании кругом с прямой формой режущей кромки

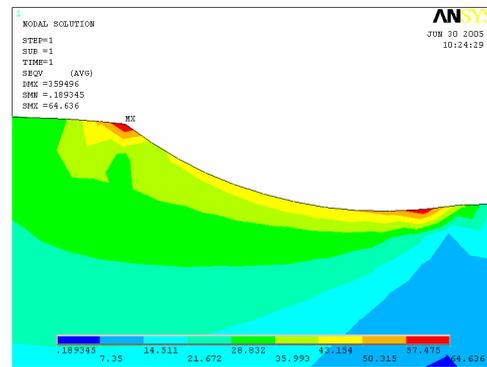


Рис. 4. Напряженное состояние обрабатываемого поверхностного слоя, возникающее при шлифовании кругом с криволинейной формой режущей кромки

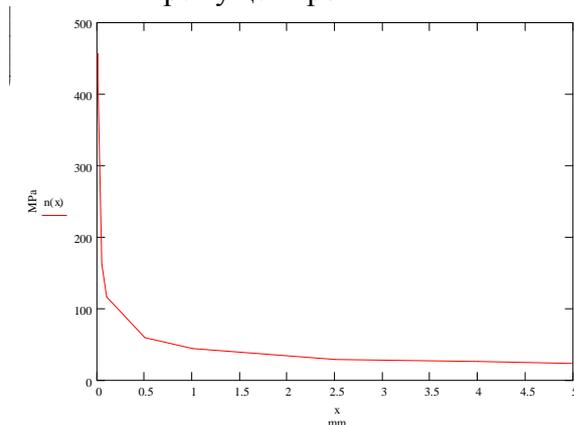


Рис.5. Зависимость суммарных напряжений от радиуса переходной поверхности при глубине резания $t = 0,014$ мм

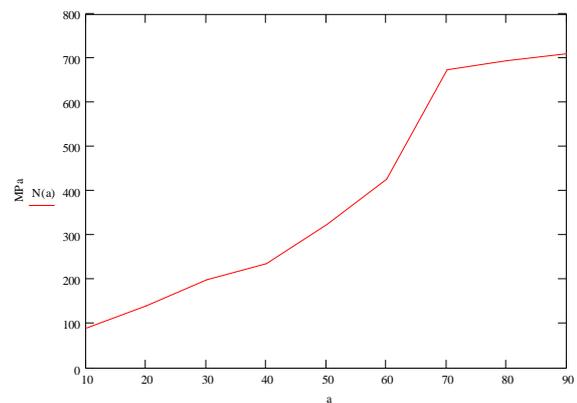


Рис.6. Зависимость возникающих суммарных напряжений от угла наклона переходной поверхности при глубине резания $t = 0,014$ мм

Для прямолинейной переходной поверхности периферии круга снижение величины суммарных деформаций и напряжений имеет место при уменьшении угла наклона пере-

ходной поверхности, рис.6,8. Так, например, при использовании круга с криволинейной режущей кромкой радиуса $R = 5$ мм, по сравнению с кругом, у которого наклон прямолинейной режущей кромки $\varphi = 90^\circ$ (стандартный круг), имеет место снижение напряжений на 90% и деформаций в среднем на 19%, возникающих в процессе шлифования заготовки из камня.

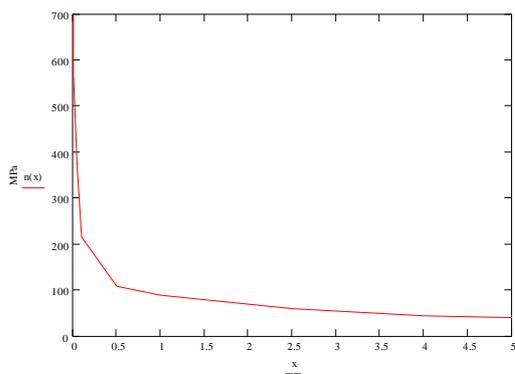


Рис.7. Зависимость суммарных напряжений от радиуса переходной поверхности при глубине резания $t = 0,042$ мм

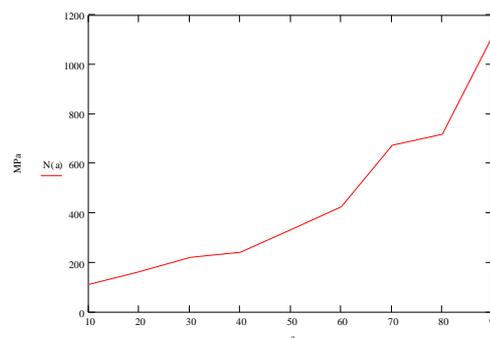


Рис.8. Зависимость суммарных напряжений от угла наклона переходной поверхности при глубине резания $t = 0,042$ мм

Из исследуемых в моделях форм периферии шлифовального круга наиболее рациональной является криволинейная кромка с радиусом $R = 5$ мм. Хотя дальнейшее увеличение радиуса и ведет к снижению напряженно-деформированного состояния, но это снижение является не значительным. Поскольку в основном многие применяемые для шлифования камня круги и головки являются сегментными, состоящими из алмазных брусков, рис.1, толщина которых колеблется в пределах 5 мм, то использование кругов с переходной поверхностью радиусом более 5 мм является не рациональной.

Таким образом, разработанная модель процесса алмазного шлифования заготовок из природного камня, позволяет определять рациональные параметры переходной поверхности периферии инструмента с точки зрения повышения производительности абразивной обработки. Снижение деформаций и напряжений, при равных режимных параметрах обработки абразивным инструментом, позволяет повысить качество обработанной поверхности и глубину резания, что выявляет ресурс повышения производительности процесса шлифования.

Список литературы: 1. Добыча и обработка природного камня: Справочник/ Под общ. Ред. А.Г.Смирнова – М.: Недра, 1990 – 445с. **2.** Варданыан К.С. Современные камнеобрабатывающие станки и поточные линии. – «Айастан», Ереван, 1975. – 226с. **3.** Орлов А.М. Добыча и обработка природного камня. – М.: Наука, 1977. – 350с. **4.** Горобец И.А., Михайлов А.Н., Голубов Н.В. Особенности экспериментальных исследований сил шлифования природного камня. /Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2004. Вып. 28. – С. 39 – 46. **5.** Михайлов А.Н., Горобец И.А. Голубов Н.В. Повышение производительности шлифования изделий из природного камня /Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2004. Вып. 29. – С. 121 – 132. **6.** Польшаков В.И., Кузьменко А.В., Захаренко В.С. «Основные пути повышения производительности и качества шлифования труднообрабатываемых материалов» – В сб. «Прогрессивные технологии и системы машиностроения» – Донецк: ДонГТУ, 2000, вып. 13 – С. 98 – 102. **7.** Михайлов А.Н., Байков А.В., Дейкун С.А. «Выбор геометрии торцового эластичного шлифовального инструмента» – В сб. «Прогрессивные технологии и системы машиностроения»

ния» – Донецк: ДонГТУ, 2000, вып. 14 – С. 7 – 14. **8.** Рыбицкий В.А. Алмазное шлифование твердых сплавов. – Киев: Наукова думка, 1984 – 224с. **9.** Калафатова Л.П. Технологические основы повышения эффективности обработки и обеспечения качества изделий из технических стекол и ситалов. Автореферат на соискание ученой степени докт. техн. наук – Харьков – 2001. – 37 с. **10.** Польшаков В.І. Теоретичні і практичні основи високопродуктивного торцевого шліфування важкооброблюваних матеріалів. Автореферат дисертації на здобуття вченого ступеня докт. техн. наук. – Київ – 1998. – 33 с. **11.** Михайлов А.Н., Горобец И.А., Байков А.В., Голубов Н.В., Ищенко А.Л. Экспериментальная установка для исследования процессов шлифования изделий из природного камня /Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Вып. 92. – Донецк, ДонНТУ 2005. с. 164 – 174.

Сдано в редакцию 12.05.06
Рекомендовано д.т.н. Бутенко В.И.

МАЛАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ И АЛЛОТРОПИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Гречихин Л.И.

(Минский государственный высший авиационный колледж, г. Минск, Белоруссия)

«Малая гибридизация влечет большие последствия»

Ч. Коулсон

Power budget formation mechanisms taking into account covalent and ion bond, point dipole-charge and dipole-dipole interaction as applied to C_2 and C_3 , phenol graphite, fullerenes, nanopipes and diamond molecules are considered. It is shown that phenol graphite is generated mainly in consequence of $C_2 - C_2$ molecules interaction, fullerenes - in consequence of interaction between C_3 molecules and carbon atoms, nanopipes - in consequence of $C_3 - C_2$ interaction and diamond - in consequence of $C_3 - C_3$ interaction.

Введение. Область применения веществ четвертой группы таблицы Менделеева углерода, кремния, германия, олова весьма многообразная. Особая значимость в этом отношении принадлежит углероду. Это организация сухого трения [1]; использование фенольного графита в качестве теплозащитного покрытия в спускаемых аппаратах искусственных спутников Земли [2]; металл-фуллеренов – в качестве сорбционных датчиков, покрытий с низким коэффициентом трения, тензорезистивных датчиков, в медицине, в измерительной технике и др. [3]; нанотрубок – энергетике для улучшения характеристик источников энергии [4] и, наконец, алмазов – в машиностроении в качестве абразивного и режущего инструмента [1]. В каждом конкретном случае используется разнообразное аллотропическое изменение углерода. Экспериментально хорошо изучены кристаллографические структуры при аллотропическом изменении различных веществ и физико-химические свойства таких структур. Но при этом отсутствуют адекватные модели, которые бы позволили правильно обосновывать технологию получения того или иного вещества в заданном структурном состоянии. Были попытки сформировать такие модели путем применения одночастичной квантовой теории твердого тела и молекулярной динамики. Однако ни первая ни вторая теории не позволили получить однозначных решений. Это обусловлено тем, что одночастичная квантовая теория твердого тела не верна в своей