

РЕЖУЩИЕ СИЛЫ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ПРИРОДНОГО КАМНЯ ДИСКОВЫМ АЛМАЗНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Абышев О.А., Трегубов А.В.

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика, E-mail: muras_a@bk.ru

CUTTING FORCES IN NATURAL STONE MACHINING BY DIAMOND DISK

Abyshev O.A., Tregubov A.V.

Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic
E-mail: muras_a@bk.ru

В работе рассматривается методика выбора параметров распиловки природного камня дисковым алмазным инструментом. Выявлены зависимости между эффектами условий резания, влияющих на силу и энергию резания на основе идеальной толщины скола.

Механическая обработка природного камня алмазным диском - широко распространенный процесс, используемый при производстве стандартных продуктов, такие как плитки, плиты и обочины. Для контроля данной технологической операции могут использоваться такие параметры, как сила и энергия резания. Для выбора условий резания требуется создание эмпирической модели. В настоящей работе рассматриваются эффекты условий резания, влияющих на силу и энергию резания на основе идеальной толщины скола. Эмпирические модели, разработанные в данной работе, могут быть использованы для определения изменения энергии резания, а также для выбора условий резания.

Сила и энергия резания – важные параметры механической обработки, так как они связаны непосредственно с изнашиванием инструмента, температурой резания, целостностью поверхности и скоростью удаления элементов минерала с обработанной поверхности. Понять механизм взаимодействия абразивных песков с заготовкой во время механической обработки камня – необходимый шаг для эффективного использования процесса резания. Для более полной оценки данного технологического процесса необходимо использование различных моделей, демонстрирующих связь между процессом резания и управляющими параметрами.

Ранее в работах [1-2] была представлена математическая модель определения и получения теоретической конфигурации сколов. В частности, показаны влияние параметров процесса на износ инструмента, а также развита модель резания камня диском с алмазными резцами, получившая широкое распространение. В рамках этой модели показывается механическое взаимодействие инструмента и заготовки, рассматривается упругая и пластическая деформация под действием режущих абразивов, а также величина трения между ними.

Целью настоящей работы является разработка методики расчета основных параметров резания при распиловке камня алмазным инструментом.

Экспериментальная часть

Сила резания может быть измерена динамометром, помещенным под заготовкой во время механической обработки природного камня, как показано в рисунке 1. Динамометр может измерить компоненты силы, которые действуют на заготовку, вдоль направления скорости подачи и вдоль перпендикуляра к направлению скорости подачи (рисунок 2 (а)).

Результирующая R и компоненты F_f и F_{fn} могут быть вычислены по формуле,

$$R = \sqrt{F_f^2 + F_{fn}^2}.$$

Результирующая R формирует угол β с компонентом F_f

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{F_{fn}}{F_f} \right).$$

Угол контакта между диском и заготовкой.

$$\theta = \cos^{-1} \left(1 - \frac{2d_p}{d} \right)$$

где d – дисковый диаметр, d_p – глубина резания



Рис. 1: Механическая обработка камня.

Тангенциальная F_c и радиальная F_t компоненты силы резания могут быть вычислены через результирующую R (см. рисунок 2 (б)),

$$F_c = R \sin \delta,$$

$$F_t = R \cos \delta,$$

где

$$\delta = \beta - \gamma$$

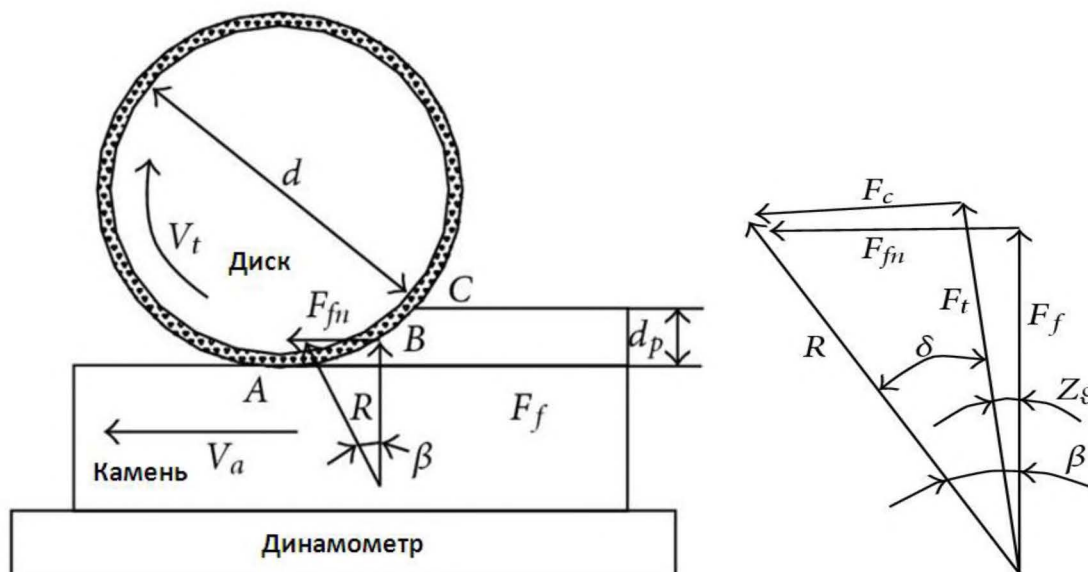


Рис. 2: Измерение компонентов силы F_f и F_{fn} динамометром

Параметр Z зависит от точки приложения результирующей силы R на дуге контакта AC между диском и заготовкой.
 Таким образом,

$$Z = \frac{AB}{AC}.$$

Прежде, чем получить компоненты F_t и F_c измерением величин F_f и F_{fn} , необходимо найти способ рассчитать величину Z . Если величина резания небольшая, тангенциальные F_c и F_{fn} компоненты режущей силы примерно совпадают (см. рисунок 2). Это верно, когда отношение между глубиной резания и диаметром инструмента меньше, чем 0.025 мм. Более тщательная оценка параметра Z может быть найдена эмпирическими исследованиями [2].

Тангенциальная F_c и радиальная F_t составляющие силы пропорциональны эквивалентной толщине скола h_{eq} посредством функции энергии,

$$F_t = K_t \cdot h_{eq}^{v_t},$$

$$F_c = K_c \cdot h_{eq}^{v_c},$$

где K_t и K_c коэффициенты силы резания, v_t и v_c константы.
 Эквивалентная толщина скола равна

$$h_{eq} = \frac{d_p \cdot v_a}{v_t}.$$

Она определяется глубиной резания d_p , скоростью подачи и резания v_a , и v_t , соответственно.

Так как результатом взаимодействия тангенциальной силы и скорости резания является энергия резания, то возможно проявление нелинейности. В этой связи величина энергии резания может быть определена по эмпирической формуле:

$$E_c = \frac{F_c \cdot v_t}{v_a \cdot d_p \cdot b},$$

где v_t и b скорость резания и ширина резания.

Согласно данному уравнению выявляется зависимость между скорости расхода энергии, и скоростью удаления раздробленного образца. Это соотношение принимается как постоянная константа для данного материала. Следует отметить, что на нее влияет специфика дробления, толщина скола, величина разрушающего напряжения и тип нагрузки. Показано, что толщина скола зависит от метода установки диска и скоростью изнашивание абразивного песка.

Энергия резания является основным параметром для оценки режущих сил.

$$E_c = \frac{K_c}{b} \cdot h_{eq}^{v_c-1} = K_e \cdot h_{eq}^{v_c},$$

Где $K_e = K_c/b$ и $v_e = v_c - 1$.

Скорость удаления материала (MRR) принимает во внимание самые важные параметры процесса,

$$MRR = v_a \cdot d_p \cdot b,$$

$$MRR = h_{eq} \cdot v_t \cdot b,$$

$$h_{eq} = \frac{MRR}{v_t \cdot b}.$$

$$E_c = \frac{K_c}{b^{v_c} \cdot v_t^{v_c-1}} \cdot MRR^{v_c-1} = K_m \cdot MRR^{v_c},$$

Где $K_m = K_c/b^{v_c} \cdot v_t^{v_c-1}$.

Использование данных уравнений позволяет определить параметры (K_c, K_p, v_c, v_t) , позволяющие смоделировать режущие силы (F_c, F_t) и энергию резания (E_c) .

Силы резания играют важную роль во всех процессах механической обработки камня. Она - функция максимальной толщины скола и геометрии идеального распиливания скола. Различные формы скола приводят к различному поведению распиливания. Форма идеального скола часто характеризуется максимальной толщиной (h_c) и длиной скола (l_c) .

Максимальная толщина скола равна

$$h_c = \sqrt{\frac{6 \cdot d_p \cdot V_a}{C \cdot r \cdot v_t \cdot l_c}},$$

где C плотность активного распределения абразива на поверхности инструмента, l_c длина скола, $r = b_c/h_c$ отношение формы скола и b_c средняя ширина скола.

Согласно [2], предложено отношение плотности активного распределения абразива на поверхности дробления C , и формы обломка, r .

Сила резания пропорциональна максимальной толщине скола h_c посредством функции энергии

$$F_c = H_c \cdot h_c^{\epsilon_c},$$

$$F_t = H_t \cdot h_c^{\epsilon_t},$$

Где F_c и F_t тангенциальная и радиальная сила H_c и H_t коэффициенты силы резания, в то время как ϵ_c и ϵ_t константы.

Таким образом, при механической обработке камня алмазным диском могут быть использованы различные модели, позволяющие оценить силу и энергию резания, как основные функции параметров процесса.

Выявлено, что сила резания сильно зависит от глубины резания и скорости подачи заготовки. Влияние этих двух параметров были рассмотрены посредством изменения эквивалентной толщины скола, а также скоростью удаления материала (MRR). Рассмотренные модели эффективны и просты, что позволяет использовать их для оптимизации технологии механической обработки природного камня дисковым алмазным инструментом.

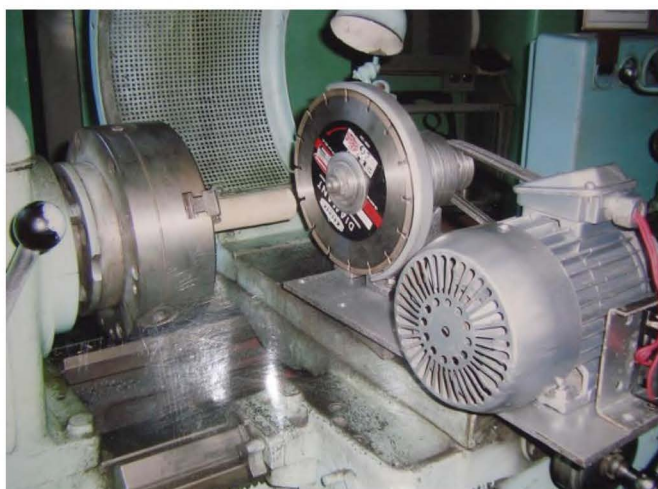


Рис. 3: Технологический модуль с дисковым алмазным инструментом

Список литературы

1. Jerro H. D., Pang S. S., Yang C., and Mirshams R. A., Kinematics analysis of the chipping process using the circular diamond saw blade // Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME, 1999, vol. 121, no. 2, pp. 257–264.
2. Brach K., Pai D. M., Ratterman E., and Shaw M. C., Grinding forces and energy // Journal of Engineering for Industry, 1988, vol. 110, no. 1, pp. 25–31.

УДК 621.73.073

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИФИЦИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА И НА ИХ ОСНОВЕ ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМОГО ШТАМПА

Хилинский Д. В., ОМД-1-10., Кононенко Д. С., ОМД-1-10.
н.рук. Омуралиев У. К., к.т.н., профессор
КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66,
e-mail: dmitriy92kg@mail.ru; e-mail: xcite20@mail.ru.

Цель статьи - проектирование переналаживаемого штампа и унифицированного сменного инструмента для проковки и отбортовки на основе двух штампов – один для изделия длиной в 687мм, а второй для изделия длиной 440мм.

На основе двух штампов, которые задействованы на производстве, необходимо было найти решение, благодаря которому можно использовать массивные части штампа одни, а менять только инструмент, что позволило бы значительно сэкономить на материале, обработке, и времени наладки оборудования при смене штампов.

Ключевые слова: проектирование, штамп, унифицированный сменный инструмент, экономия в ресурсах

DESIGN STANDARDIZED TOOLS AND, BASED ON RECONFIGURABLE STAMP

Hilinsky D. OMD-1-10., Kononenko D., OMD-1-10.
Head –Omuraliev U., PhD (Engineering), Professor
KSTU.named after I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek,
e-mail: dmitriy92kg@mail.ru; e-mail: xcite20@mail.ru.

The purpose of the article - the design of the readjusted stamp and unified replaceable tool for piercing and flanging on the basis of two stamps - one for the product in the long 687mm, and the second for products 440mm long.
On the basis of two stamps, which are involved in the production, it was necessary to find a solution by which