

Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика» ; Институт компьютерных исследований, 2006. – 528 с.

2. Артемов А. В., Пинкин А. В. // Вода: химия и экология. – 2008. – № 1. – С. 19–25.

3. Пат. РФ № 2061541. Сорбент для сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности воды / Сироткина Е. Е., Сафонов Г. А., Бембель В. М., Болтрукевич Е. П.

4. Есенкова Н. П., Михалькова А. И., Бачерникова С. Г. Нетканые сорбенты для сбора разливов нефтепродуктов и экспресс-метод определения их сорбционной емкости. – URL: <http://www.stroy-press.ru/print.php?id=3804>

5. Кузнецов Н. П., Кургузкин М. Г., Ахмадуллин И. Б. Утилизация наземного оборудования мобильных грунтовых ракетных комплексов. – М. ; Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. – 528 с. : ил.

N. P. Kuznetsov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University

K. Ju. Chazova, Candidate for a Master's Degree, Izhevsk State Technical University

Fibrous Sorbents with Elastic Elements for Gathering of Poured Oil

Variants of fibrous sorbents for separating water from oil and oil products are considered. The design-layout scheme of a floor-mat-sorbent multiple sorption is offered.

Key words: sorbents, fibrous materials, multiple sorption floor-mat-sorbents.

УДК 621.002.

С. Д. Кугультинов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет
С. А. Колегов, аспирант, Ижевский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ АЛМАЗНЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ С ПОДАЧЕЙ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНУ РЕЗАНИЯ

Подробно рассмотрен процесс шлифования периферией круга и определены физические характеристики при подаче СОТС через отверстия в абразивном инструменте.

Ключевые слова: абразив, алмаз, инструмент, кавитация, отверстия, резание, сопло Лавая, СОТС.

Основой дальнейшего развития и совершенствования алмазной обработки является глубокое и всестороннее изучение физики процессов, протекающих в обрабатываемом изделии и инструменте. Шлифование представляет собой процесс комплексного воздействия режущей части абразивного инструмента, состоящего из большого числа отдельных режущих элементов, на поверхностный слой обрабатываемого материала [Крымов В. В. Опыт шлифования титановых сплавов алмазными кругами. М. : Машиностроение, 1973]. При этом процесс удаления припуска с помощью абразивного инструмента имеет ряд особенностей, существенно отличающих его от процесса обработки лезвийным инструментом.

Рассмотрим процесс шлифования периферией алмазного круга с отверстиями в виде сопел для подачи СОТС в зону резания (рис. 1). Каждое алмазное зерно при резании снимает слой гораздо меньшей толщины, чем выступание его (Δ) над связкой. Это происходит за счет того, что предыдущее зерно уже сняло слой материала какой-то толщины обрабатываемой поверхности изделия. Следовательно, в зоне резания существует всегда зазор между обрабатываемой поверхностью и поверхностью связки, в который и подается по отверстиям в круге СОТС в зону резания.

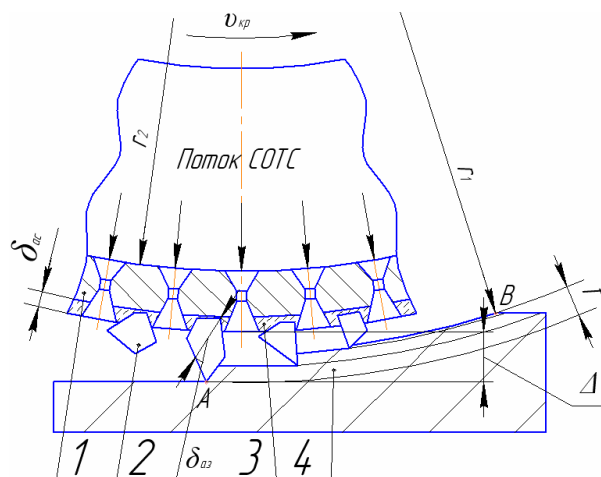


Рис. 1. Схема работы алмазного круга: 1 – корпус круга; 2 – алмазное зерно; 3 – связка; 4 – обрабатываемая поверхность детали

Алмазное зерно, срезая небольшую частицу шлифуемого материала, гонит перед собой слой СОТС со скоростью, равной окружной скорости периферии шлифовального круга. Течение СОТС происходит практически по всему сечению щели малой высоты Δ , но значительной ширины, равной ширине алмазоносного слоя, находящегося в контакте с обрабатываемым материалом h . Известно, что при

шлифовании окружные скорости весьма велики. Следовательно, в зоне резания в потоке СОТС по закону Бернулли наблюдается существенное снижение давления. Кроме того, процесс шлифования сопровождается большим выделением тепла и, как следствие, повышением температуры СОТС и обработанной поверхности.

Наличие этих явлений приводит к возникновению кавитационного процесса в потоке СОТС в зоне резания.

Будем рассматривать случаи максимальных геометрических размеров потока СОТС, т. е. жидкость полностью заполняет пространство между связкой и обрабатываемым материалом.

$$V = r_1 h \Delta \left(1 - \frac{K \delta_{аз}^2}{100} \right) \arccos \frac{r_1 - t}{r_1}. \quad (1)$$

Выражение (1) получилось следующим образом. Объем находится из выражения

$$V_{рез} = AB \cdot h \cdot \Delta. \quad (2)$$

Длина дуги AB (см. рис. 1) имеет значение

$$AB = r_1 \arccos \frac{r_1 - t}{r_1}. \quad (3)$$

Объем выступающей части алмазов V_B среднестатистических размеров $\delta_{аз}$ и Δ при количестве алмазных зерен на квадратный сантиметр K в зоне резания $AB \times h$ определяется величиной

$$V_B = \frac{K}{100} r_1 h \delta_{аз}^2 \Delta \arccos \frac{r_1 - t}{r_1}. \quad (4)$$

Здесь $\frac{K}{100} r_1 h \delta_{аз}^2 \Delta \arccos \frac{r_1 - t}{r_1}$ – число зерен в зоне $AB \times h$ резания. Тогда:

$$V = V_{рез} - V_B, \quad (5)$$

где t – величина снимаемого слоя; h – ширина захвата алмазным слоем круга полосы шлифования; r_1 – радиус зоны обработки; r_2 – радиус начала конуса сопла для подачи СОТС; Δ – максимальная высота выступа алмазного зерна над связкой; $\delta_{аз}$ – среднестатистический габаритный размер алмазного зерна; K – количество алмазных зерен на квадратный сантиметр слоя.

Подставляя значения $V_{рез}$, V_B из (2) и (4) в (5), получаем выражение (1) для потока СОТС в зоне резания.

Итак, объем СОТС величиной V перемещается относительно обрабатываемой поверхности со скоростью, равной окружной скорости алмазного слоя $v_{кр}$:

$$v_{кр} = \frac{\pi r_1 n}{30}, \quad (6)$$

где n – число оборотов в минуту круга.

При неизменном условии постоянства напора на всех участках сопла находим отношение скоростей по формуле

$$Q = v\omega = Q_{вх} = Q_c = Q_B = \text{const}, \quad (7)$$

где v – скорость на участке; ω – площадь поперечного сечения.

$$\begin{aligned} Q_c &= Q_{вх}; \\ v_c \omega_c &= v_{вх} \omega_{вх}; \\ \frac{v_{вх}}{v_c} &= \frac{\omega_c}{\omega_{вх}} = \frac{\pi r_{вх}^2}{\pi r_c^2} = 0,09; \\ v_{вх} &= 0,09 v_c. \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} Q_c &= Q_B \\ v_B \omega_B &= v_c \omega_c \\ \frac{v_c}{v_B} &= \frac{\omega_B}{\omega_c} = \frac{\pi r_c^2}{\pi r_B^2} = 12,16 \\ v_c &= 12,16 v_B. \end{aligned} \quad (9)$$

Расчетная схема движения СОТС по соплу и щели в зоне резания представлена на рис. 2. Давление в сопле подвода СОТС $P_{соп}$ определяется из условия, действия силы инерции жидкости массой $m_{ж}$ и внешнего атмосферного давления.

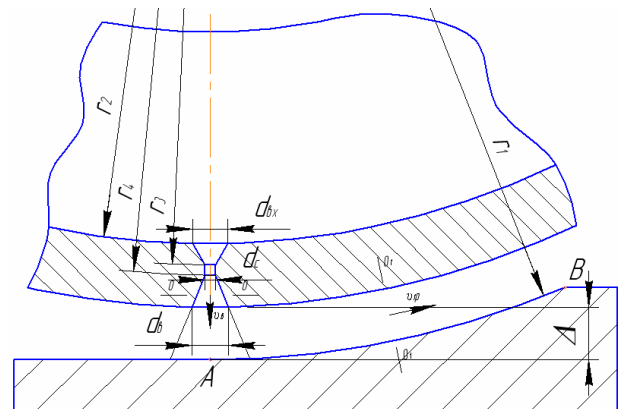


Рис. 2. Расчетная схема движения СОТС по соплу и щели в зоне резания

$$m_{ж} = m_{ж.вх} + m_{ж.с} + m_{ж.в}. \quad (10)$$

Здесь $m_{ж.вх}$ – масса жидкости в конусе на входе в сопло; $m_{ж.с}$ – масса жидкости в цилиндре в середине сопла; $m_{ж.в}$ – масса жидкости в конусе на выходе из сопла.

$$m_{ж.вх} = \frac{\pi \rho_0}{12} (r_3 - r_2) (d_{вх}^2 + d_{вх} d_c + d_c^2); \quad (11)$$

$$m_{ж.с} = \rho_0 \frac{\pi d_c^2}{4} (r_4 - r_3); \quad (12)$$

$$m_{ж.в} = \frac{\pi \rho_0}{12} (r_1 - \Delta - r_4) (d_B^2 + d_B d_c + d_c^2). \quad (13)$$

Подставляем уравнения (11), (12) и (13) в (10) и находим массу жидкости в отверстии, выполненном в виде форсунок:

$$m_{ж} = \frac{\rho_0 \pi}{12} \left[(d_{вх}^2 + d_{вх} d_c + d_c^2)(r_3 - r_2) + 3d_c^2(r_4 - r_3) + (d_b^2 + d_b d_c + d_c^2)(r_1 - \Delta - r_4) \right], \quad (14)$$

где ρ_0 – плотность СОТС; $d_{вх}$ – большой диаметр входного усеченного конуса сопла; d_c – диаметр цилиндра сопла; d_b – большой диаметр выходного усеченного конуса сопла.

Но так как в щели действие атмосферного давления не исключается, то в аналитических зависимостях его можно не учитывать. Центробежная сила F массы $m_{ж}$ при n оборотах в минуту определяется по формуле

$$F = -m_{ж} \omega^2 r_1, \quad (15)$$

где ω – угловая скорость находится по формуле

$$\omega = \frac{v}{r}.$$

$$F = -\frac{m_{ж} v^2}{r_1}. \quad (16)$$

В дальнейшем определение величин предлагается производить из условия расчета лишь выходного канала (конуса выхода) на основании того факта, что величины (масса, скорость, давление и пр.) будут изменяться по ходу течения сквозь форсунку и достигнут своих конечных значений на выходе из сопла, т. е. на участке выходного канала. Отсюда давление в подводящем конусе будет равно $P = \left| \frac{F}{S} \right|$ (давление находится по модулю, так как в жидкости отрицательных явлений не бывает).

$$P_b = \frac{F}{S} = \frac{m_b v_b^2}{(r_1 - \Delta)^3 \pi}. \quad (17)$$

Применяя уравнение Бернулли к сечению потока 00 и 0₁0₁ (см. рис. 2) и выбирая за координатную ось центры тяжести потока, можем определить давление в потоке СОТС в зоне резания:

$$P_1 = P_b + \frac{\rho_0 g \Delta}{2} + \frac{\rho_0}{2} (v_b^2 - v_1^2), \quad (18)$$

где ρ_0 – плотность СОТС; v_b – скорость жидкости; v_1 – скорость СОТС в потоке в зоне резания.

Скорость v_b определяется из следующих условий:

а) в зону резания СОТС поступает через $N_{рез}$ отверстий, а именно:

$$N_{рез} = N_{от} \frac{AB \cdot h}{2\pi r_1 h} = \frac{1}{2} N_{от} \arccos \frac{r_1 - t}{r_1}, \quad (19)$$

где $N_{от}$ – количество отверстий в шлифовальном круге; $N_{рез}$ – количество отверстий подающих СОТС в зону резания;

б) общая площадь подвода СОТС в зону резания S_o равна:

$$S_o = \frac{\pi d_b^2}{4} N_{рез} = \frac{d_b^2 N_{рез} \arccos \frac{r_1 - t}{r_1}}{8}, \quad (20)$$

где d_b – диаметр выходного сечения СОТС.

Общий же объем, протекающий в зоне резания V , определяется по формуле (1). Тогда скорость жидкости v_b определяется из соотношения

$$v_b = \frac{V}{v_1} \bigg/ \frac{V}{v_1 h \Delta} = \frac{8v h n}{N_{от} d_b^2} \frac{1}{\arccos \frac{r_1 - t}{r_1}}. \quad (21)$$

При шлифовании на обрабатываемой поверхности изделия не допускаются прижоги, поэтому СОТС должна уносить такое количество тепла, выделяемого в процессе резания, которое обеспечивало бы температуру изделия на поверхности, не превышающую температуру прижога. Другими словами, в потоке СОТС в зоне резания будет существовать вполне определенный перепад температуры от начальной T_0 до конечной T_1 . При этом должно соблюдаться условие:

$$T_1 \leq T_{\max \text{ прижогов}}.$$

Возникновение перепадов давлений в потоке СОТС ($P_1 - P_0$) и температур ($T_1 - T_0$) определяется из условия появления парогазовых пузырьков в потоке.

Возникновение кавитационного процесса может привести к такому эффекту, как «схлопывание» пузырьков и тем самым разрушению обрабатываемого материала, а также разрушению засаливаемого слоя, т. е. продуктов работы шлифовального круга с обрабатываемым материалом, «выбивая» из них частицы. Поэтому появление процесса «схлопывания» кавитационных пузырьков несет в себе положительный эффект.

S. D. Kugultinov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University

S. A. Kolegov, Postgraduate Student, Izhevsk State Technical University

Study of Processes of Diamond Grinding Wheels Operation with Coolant Supply to a Cutting Zone

Process of grinding by wheel periphery is considered in detail; physical characteristics of the process with lubricant-cooling agent feed through apertures in the abrasive tool are defined.

Key words: abrasive, diamond, tool, cavitation, apertures, cutting, de Laval nozzle, lubricant-cooling agent.