

УДК 621.91:678.5

## ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА АЛМАЗНОЙ РЕЗКИ ЗАГОТОВОК ИЗ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ЗНАЧЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА

© 2014 С. А. Кобелев, А.Ф. Ширялкин, Г. И. Данилов

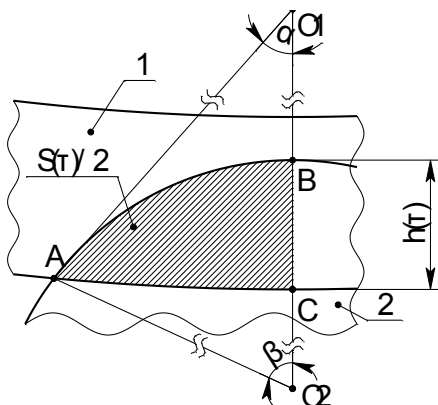
Ульяновский государственный технический университет

Поступила в редакцию 21.11.2014

Авторы предприняли попытку разработки аналитического описания теплопередачи при алмазной резке заготовок из полимерных композиционных материалов. Представлены аналитические выражения для расчета длин дуги контакта на различных стадиях процесса при разрезании цилиндрической заготовки алмазным кругом. На основе найденных зависимостей могут быть предложены выражения для определения плотности теплового потока в зоне разрезания заготовки.

Ключевые слова: алмазный круг, полимерно-композиционный материал, теплообмен, дуга контакта

Значения плотности теплового потока  $q_c$  на разных участках режущей кромки при разрезании алмазными отрезными кругами определяются кинематическими параметрами процесса и температурой по длине дуги контакта режущей кромки с заготовкой из полимерных композиционных материалов (ПКМ) [1]. Определим площадь и длину дуги контакта во время разрезания заготовки. Рассмотрим изменение длины дуги контакта на различных стадиях процесса разрезания цилиндрической заготовки (рис. 1). В дальнейшем обозначено:  $R_H=150$  мм – наружный радиус круга;  $r_{внут.}=140$  мм – внутренний радиус режущей кромки;  $R_H - r_{внут.} = 10$  мм;  $B=25$  мм – ширина заготовки;  $H=25$  мм – высота заготовки;  $\tau$  – время работы, мин.;  $S_{верт.}$  – вертикальная подача, м/мин.;  $l_{конт.}(\tau)$  – длина дуги контакта, м;  $S(\tau)$  – площадь контакта, м<sup>2</sup>.



**Рис. 1.** К расчётному случаю 1: 1 – режущая кромка АОК («тело» круга условно не показано), 2 – заготовка

Кобелев Станислав Александрович, доцент кафедры «Самолетостроение». E-mail: kobelev.ksa@yandex.ru  
Ширялкин Александр Федорович, доцент кафедры «Управление качеством». E-mail: a.shiryalkin@ulstu.ru  
Данилов Георгий Иванович, аспирант

### 1. Врезание. $\tau < \tau_{max1}$

$$l_{O_1A} = R_H; \quad l_{O_2A} = r_3; \quad l_{O_1O_2} = R_H + r_3 - h(\tau);$$

$$h(\tau_{max1}) = s_{верт.} \cdot \tau_{max1} = R_H - r_{внут.}; \quad \tau_{max1} =$$

$$= (R_H - r_{внут.}) / s_{верт.}.$$

$$S_{сект.O_1AC} = \frac{\alpha}{2} R_H^2; \quad S_{сект.O_2AB} = \frac{\beta}{2} r_3^2. \quad (1)$$

$$l_{конт.}(\tau) = 2l_{AC} = 2\alpha R_H. \quad (2)$$

Из треугольника  $O_2AO_1$  по теореме косинусов имеем:

$$l_{O_2A}^2 = l_{O_1A}^2 + l_{O_1O_2}^2 - 2l_{O_1A}l_{O_1O_2} \cos \alpha;$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{(l_{O_1A}^2 + l_{O_1O_2}^2 - l_{O_2A}^2)}{(2l_{O_1A}l_{O_1O_2})}\right) =$$

$$= \arccos\left[\frac{(R_H^2 + (R_H + r_3 - h(\tau))^2 - r_3^2)}{(2R_H(R_H + r_3 - h(\tau)))}\right] \quad (3)$$

$$l_{O_1A}^2 = l_{O_2A}^2 + l_{O_1O_2}^2 - 2l_{O_2A}l_{O_1O_2} \cos \beta;$$

$$\beta = \arccos\left[\frac{(l_{O_2A}^2 + l_{O_1O_2}^2 - l_{O_1A}^2)}{(2l_{O_2A}l_{O_1O_2})}\right] =$$

$$= \arccos\left[\frac{(r_3^2 + (R_H + r_3 - h(\tau))^2 - R_H^2)}{(2r_3(R_H + r_3 - h(\tau)))}\right] \quad (4)$$

$$S_{\Delta O_1AO_2} = 0,5l_{O_1A}l_{O_1O_2} \sin \alpha \quad (5)$$

### 2. Нормальное резание (см. рис.2). $\tau_{max1} < \tau < \tau_{max2}$

$$l_{O_1A} = r_{внут.}; \quad l_{O_1D} = R_H; \quad l_{O_2A} = l_{O_2D} = r_3;$$

$$l_{O_1O_2} = R_H + r_3 - h(\tau);$$

$$h(\tau_{max2}) = s_{верт.} \cdot \tau_{max2} = 2r_3; \quad \tau_{max2} = 2r_3 / s_{верт.}$$

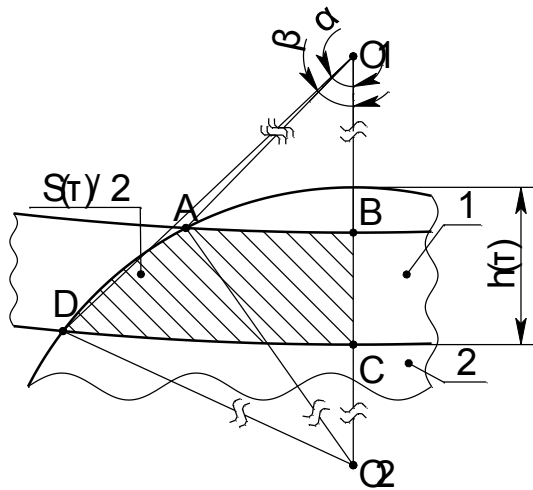


Рис. 2. К расчётному случаю 2. 1 – режущая кромка АОК («телo» круга условно не показано), 2 – заготовка

$$S(\tau) = 2(S_{\text{сект.}O_1DC} - S_{\text{сект.}O_1AB}); \quad (6)$$

$$l_{\text{конт.}}(\tau) = 2l_{DC} = 2\beta R_H. \quad (7)$$

$$S_{\text{сект.}O_1DC} = \frac{\beta}{2} R_H^2; \quad S_{\text{сект.}O_1AB} = \frac{\alpha}{2} r_{\text{внут.}}^2.$$

Из треугольника  $O_2DO_1$  по теореме косинусов имеем:

$$l_{O_2D}^2 = l_{O_1D}^2 + l_{O_1O_2}^2 - 2l_{O_1D}l_{O_1O_2} \cos \beta;$$

$$\beta = \arccos \left[ \frac{(l_{O_1D}^2 + l_{O_1O_2}^2 - l_{O_2D}^2)}{(2l_{O_1D}l_{O_1O_2})} \right] =$$

$$= \arccos \left[ \frac{(R_H^2 + (R_H + r_3 - h(\tau))^2 - r_3^2)}{(2R_H(R_H + r_3 - h(\tau)))} \right] \quad (8)$$

Из треугольника  $O_2AO_1$  по теореме косинусов имеем:

$$l_{O_2A}^2 = l_{O_1A}^2 + l_{O_1O_2}^2 - 2l_{O_1A}l_{O_1O_2} \cos \alpha;$$

$$\alpha = \arccos \left[ \frac{(l_{O_1A}^2 + l_{O_1O_2}^2 - l_{O_2A}^2)}{(2l_{O_1A}l_{O_1O_2})} \right] =$$

$$= \arccos \left[ \frac{(r_{\text{внут.}}^2 + (R_H + r_3 - h(\tau))^2 - r_3^2)}{(2r_{\text{внут.}}(R_H + r_3 - h(\tau)))} \right] \quad (9)$$

### 3. Окончание резания (см. рис. 3). $\tau_{\text{max}2} < \tau < \tau_{\text{max}3}$

$$l_{O_1A} = l_{O_1B} = r_{\text{внут.}}; \quad l_{O_1D} = R_H; \quad l_{O_2A} = l_{O_2C} = r_3;$$

$$l_{O_1O_2} = R_H + r_3 - h(\tau); \quad h(\tau_{\text{max}3}) = s_{\text{верт.}} \tau_{\text{max}3} =$$

$$= 2r_3 + R_H - r_{\text{внут.}};$$

$$\tau_{\text{max}3} = (2r_3 + R_H - r_{\text{внут.}}) / s_{\text{верт.}}$$

$$S(\tau) = 2(S_{\text{сект.}O_2AC} + S_{\Delta O_1AO_2} - S_{\text{сект.}O_1AB}); \quad (10)$$

$$l_{\text{конт.}}(\tau) = 2l_{AC} = 2\beta r_3. \quad (11)$$

$$S_{\text{сект.}O_2AC} = \frac{\beta}{2} r_3^2; \quad S_{\text{сект.}O_1AB} = \frac{\alpha}{2} r_{\text{внут.}}^2;$$

$$S_{\Delta O_1AO_2} = 0,5l_{O_1A}l_{O_1O_2} \sin \alpha.$$

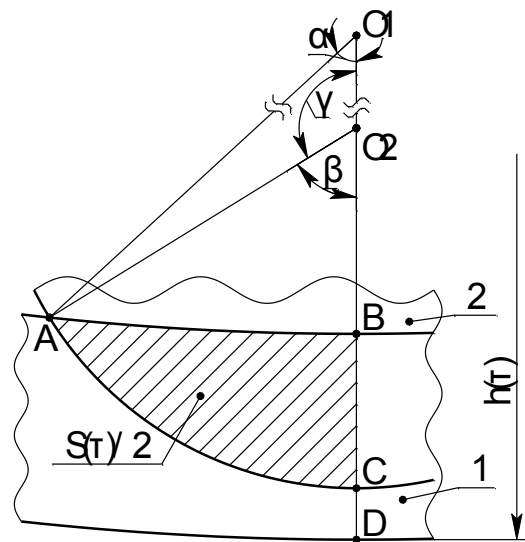


Рис. 3. К расчётному случаю 3. 1 – режущая кромка АОК («телo» круга условно не показано), 2 – заготовка

Из треугольника  $O_1AO_2$  по теореме косинусов имеем:

$$l_{O_2A}^2 = l_{O_1A}^2 + l_{O_1O_2}^2 - 2l_{O_1A}l_{O_1O_2} \cos \alpha;$$

$$\alpha = \arccos \left[ \frac{(l_{O_1A}^2 + l_{O_1O_2}^2 - l_{O_2A}^2)}{(2l_{O_1A}l_{O_1O_2})} \right] =$$

$$= \arccos \left[ \frac{(r_{\text{внут.}}^2 + (R_H + r_3 - h(\tau))^2 - r_3^2)}{(2r_{\text{внут.}}(R_H + r_3 - h(\tau)))} \right] \quad (12)$$

$$l_{O_1A}^2 = l_{O_1O_2}^2 + l_{O_2A}^2 - 2l_{O_1O_2}l_{O_2A} \cos \gamma;$$

$$\gamma = \arccos \left[ \frac{(l_{O_1O_2}^2 + l_{O_2A}^2 - l_{O_1A}^2)}{(2l_{O_1O_2}l_{O_2A})} \right] =$$

$$= \arccos \left[ \frac{((R_H + r_3 - h(\tau))^2 + r_3^2 - r_{\text{внут.}}^2)}{(2(R_H + r_3 - h(\tau))r_3)} \right] \quad (13)$$

$$\gamma + \beta = \pi;$$

$$\beta = \pi - \gamma. \quad (14)$$

**Выводы:** мы получили математические выражения для расчета длин дуги и площади контакта на различных стадиях процесса при разрезании цилиндрической заготовки из ПКМ алмазным кругом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кобелев, С.А. К вопросу о разработке математической модели теплообмена при разрезании заготовок из ПКМ отрезными алмазными кругами / С.А. Кобелев, А.Ф. Ширялкин, Г.И. Данилов // Системы управления жизненным циклом изделий авиационной техники: актуальные проблемы, исследования, опыт внедрения и перспективы развития: статьи и тезисы докладов 4 Межд. науч.-практ. конф. (16-17 октября 2014 г., г. Ульяновск). – Ульяновск: УЛГУ, 2014. С. 152-163.

## **INFLUENCE OF KINEMATIC PARAMETERS OF PROCESS OF DIAMOND CUTTING THE WORKPIECES FROM POLYMERIC COMPOSITE MATERIAL ON VALUE OF HEAT FLOW DENSITY**

© 2014 S.A. Kobelev, A.F. Shiryalkin, G.I. Danilov

Ulyanovsk State Technical University

The authors attempted to develop analytical description of heat flow in diamond cutting of workpieces made from polymer composite materials. Analytical expressions for calculation the lengths of contact arch at various stages of process when cutting cylindrical workpieces are presented by a diamond wheel. On the basis of the found dependencies it can be proposed the expressions for determination the heat flow in a zone of workpiece cutting.

Key words: *diamond wheel, polymer composite material, heat flow, arch contact length*

---

*Stanislav Kobelev, Associate Professor at the Aircraft  
Manufacturing Department. E-mail: kobelev.ksa@yandex.ru;  
Alexander Shiryalkin, Associate Professor at the  
Department "Quality Management". E-mail:  
a.shiryalkin@ulstu.ru  
Georgiy Danilov, Post-graduate Student*