

Выводы.

Измеряемые диагностические параметры выбираются из множества принципиально возможных параметров некоторого ограниченного количества (множества) для исследования информативности признаков, сформулированных на этих параметрах. На основании информативности признаков определяется окончательный состав измеряемых физических параметров, которые используются в дальнейшем для диагноза неисправных состояний. С усложнением современного оборудования и условий его эксплуатации повышаются требования к его надежности и, как следствие, возрастает число контролируемых параметров.

Использование математического моделирования делает возможным для конкретной машины (узла или механизма) определить совокупность показателей её технического состояния (диагностических параметров), соответствующих нормальному или оптимальному техническому состоянию.

Список литературы: 1. Пархоменко П.П., Сагомоян Е.С. Основы технической диагностики. М.: Энергия, 1981.- 320с. 2. Проволоцкий А.Е., Кадильникова Т.М. Информационные и управляющие системы оценки технического состояния машин. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Випуск 24.- 2005.- С.171-177. 3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем.– М.: Мир, 1984.–325с. 4. Кадильникова Т.М. Методология системного проектирования мониторинга сложных объектов. Будівельні конструкції. Збірник наукових праць.НДІБК. Випуск 60. Київ, 2004, с.334-341.

Сдано в редакцию 2.06.06

Рекомендовано д.т.н., проф. Михайлов А.Н.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПОЛИМЕР-АБРАЗИВНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Проволоцкий А.Е., Негруб С.Л., Старостин Д.А.
(*НМетАУ, г. Днепропетровск, Украина*)

Повышение производительности процессов в машиностроении является ответственной задачей отрасли. В части обработки поверхностей деталей на финишных операциях это выражается в повышении производительности операций шлифования, полирования, доводки и др. При обработке поверхностей деталей полимер - абразивными инструментами вопрос повышения производительности стоит остро, т.к. практически отсутствуют практические рекомендации, касающиеся назначения оптимальных режимов резания и следовательно нет рекомендаций по оптимизации их с целью получения максимальной производительности обработки.

В представленной работе ставится цель определить параметры, управление которыми позволит оптимизировать процесс обработки и повысить его производительность.

В ряде работ [1,2] было рассмотрено влияние основных технологических параметров на производительность обработки в зависимости от конструктивных особенностей инструмента, абразивности частиц, скорости обработки и др. Одним из важных показателей в рассматриваемом вопросе является площадь контакта инструмента и обрабатываемой

мой поверхности т.к. именно от нее зависит объем снятого материала в единицу времени при одной и той же концентрации абразива в инструменте.

В процессе обработки волокно нагружается некоторой начальной нагрузкой, под воздействием которой оно изгибается. При снятии слоя полимера волокно контактирует с поверхностью по некоторому эллипсу, в работу вступают абразивные зерна, располагающиеся на поверхности этого эллипса. В момент обработки самими кончиками волокон – торцами – контакт волокна происходит по кругу, а работу совершают абразивные зерна, находящиеся на его поверхности [1].

Некоторая величина пятна контакта возникает в момент касания инструмента с обрабатываемой поверхностью, однако, эта величина существенно изменится после придания инструменту начальной деформации. Рассмотренные в литературе [3] конфигурации возможных пятен контакта возникающих при разных условиях обработки, существенно отличаются друг от друга своими размерами. Даже при условии, что количество волокон, участвующее в работе одинаково, при различных схемах обработки площадь образующегося пятна будет различна, а, следовательно, и будет разной и величина производительности.

Решение этой задачи зависит в первую очередь от вида обрабатываемой поверхности, от расположения полимер-абразивных волокон на поверхности инструмента (по окружности или по винтовой линии) и от угла наклона волокон к оси круга (либо угла подъема витков и их количества), так как именно эти параметры определяют характер контакта инструмента и обрабатываемой поверхности. Второй значимой величиной выступает величина начальной деформации инструмента, так как она определяет величину угла сектора контакта, возникающего при рассмотрении рабочих схем [1].

Указанные параметры наиболее значимы для искомого результата, поэтому в рамках этой работы не указываются иные параметры, влияние которых на определяемую величину меньше. Определение их не является не возможным или затруднительным. «Узким» местом поставленной задачи является неизвестный характер деформации рабочей части инструмента в торцевой плоскости и обрабатываемой поверхности [4]. При наличии начальной деформации происходит рассредоточение волокон, инструмент «распушивается», то есть часть волокон смещается относительно своего начального положения, инструмент наполняется пустотами, которые не участвуют в работе, но занимают объем, делая этот параметр не пригодным для определения количества рабочих волокон в секторе контакта.

Понятие сектора контакта справедливо только при рассмотрении контакта в одной плоскости. В плоскости торца инструмента, там, где определяется ширина ин-

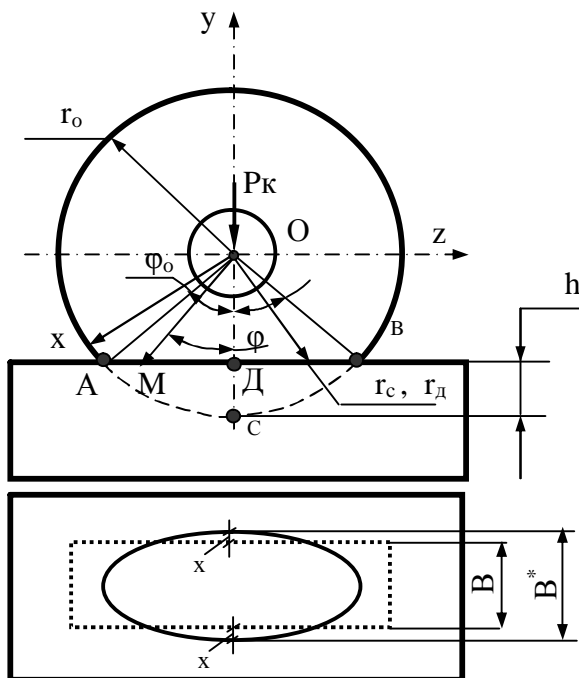


Рис. 1. Схема контакта плоской поверхности с эластичным кругом:

..... - проекция круга на плоскость;
 ———— - граница контакта инструмента и плоскости после его деформации.

струмента, распределение волокон так же происходит, но до конца не ясно, как геометрически определить величину, на которую уширяется инструмент [4]. Эта задача решается путем учета всех нагрузок, воздействующих на единичное рабочее волокно [4]. Выражения [4] учитывают все виды нагрузок, испытываемые отдельными волокнами на различных этапах обработки, и определяют величину прогиба волокна под их воздействием. Таким образом, зная величину прогиба волокна можно считать, что величина уширения инструмента равна двум прогибам его волокон (рис. 1).

Непосредственного использования величины площади контакта в технологическом процессе не происходит, разве что при определении величины производительности. Управление величиной площади пятна контакта позволяет определить количество волокон, непосредственно участвующих в процессе резания в текущий момент времени, а, следовательно, управлять интенсивностью съема материала в единицу времени.

В представленной работе рассмотрены схемы для определения величины площади пятна контакта при обработке плоской и внутренней цилиндрической поверхности инструментом, волокна которого расположены под углом к оси инструмента или закреплены по винтовой линии на его поверхности.

Рассмотрим случай обработки плоской поверхности эластичным инструментом, волокна которого расположены на его рабочей поверхности под углом меньшим 90 градусов к оси вращения (рис.2). Известно [5], что площадь контакта инструмента цилиндрической формы с плоской поверхностью можно описать в первом приближении площадью эллипса.

На рисунке 1 представлена схема контакта эластичного полимер- абразивного цилиндрического круга с плоскостью. Под воздействием начальной нагрузки инструмент приобретает начальную деформацию h . Так как рабочие волокна имеют возможность смещаться относительно первоначального положения в двух направлениях, то при определении площади пятна контакта следует учитывать увеличение ширины круга, происходящее в одной из плоскостей.

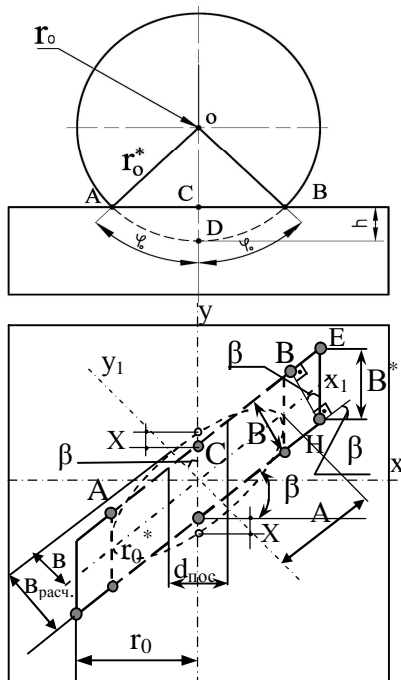


Рис. 3. Схема контакта эластичного инструмента и плоскости

На рисунке такое уширение обозначено как «х», принято допущение, что такое уширение происходит симметрично относительно оси симметрии. Таким образом, ширина круга B увеличивается на величину $2x$, тогда величина B^* , которую следует учитывать становится равной $B+2x$, ее условно можно считать равной двум полуосям эллипса – $2b$. Тогда площадь пятна контакта можно записать формулой [5]:

$$S_{элл.} = \pi AB = \pi \frac{\left(\sqrt{2r_0h - h^2}\right) \cdot B^*}{2}, \quad (1)$$

где A и B – полуоси эллипса, r_0 -свободный радиус круга (при отсутствии радиальной или окружной силы), мм, h – величина деформации основания инструмента, устанавливаемая в зависимости от технологической схемы, мм, B^* - ширина круга после уширения, мм.

При контакте инструмента, с волокнами, которые располагаются под углом к оси вращения необходимо учесть величину угла β (рис.2). Угол β – это ве-

личина, на которую круг повернут относительно заготовки с сохранением прежней оси вращения. На рисунке 3 представлена схема, иллюстрирующая контакт такого инструмента с плоскостью.

Из схемы видно, что площадь контакта будет больше при расположении волокон под углом, чем при обычном исполнении инструмента из-за увеличения контактной опорной поверхности на величину $\cos\beta$. Для определения величины площади контакта используем тот же подход, что и при определении этой величины при контакте эластичного полимер - абразивного цилиндрического круга [5].

Для этого рассмотрим влияние угла β на рассматриваемые величины. Так, необходимо определить величины полуосей эллипса, контурами которого условно можно охватить пятно контакта. Такими осями исходя из схемы на рисунке 3 будут отрезок AC и ширина пятна, которую обозначим как $\frac{B_{расч.}}{2}$. Величина $B_{расч.}$, как видно из рисунка 3 равна:

$$B_{расч.} = \frac{B^* + 2x}{\cos\beta}, \quad (2)$$

где B^* - ширина круга, измеренная по образующей цилиндрической поверхности инструмента,

$2x$ - величина, на которую уширяется инструмент после придания ему начальной деформации под воздействием всех нагрузок.

Тогда полуось B равна:

$$B = \frac{B_{расч.}}{2} = \frac{B^* + 2x}{2\cos\beta}. \quad (3)$$

Для определения B^* рассмотрим треугольник ЕНВ. В этом треугольнике гипотенуза ЕН это участок, равный B^* , катет ВН равен величине B , т.е. ширине круга, измеренной по перпендикуляру, опущенному из точки Н. Примем эту величину как известную для сравнения с обычными цилиндрическими кругами. Используя известные геометрические зависимости, определяем, что угол $\angle BHE$ равен углу $\angle\beta$. Тогда величину B^* можно записать как:

$$B^* = \frac{B}{\cos\beta}. \quad (4)$$

Величина x определяется по методике, изложенной ранее [4,5]. Для определения второй полуоси эллипса – отрезка AC – рассмотрим треугольник ΔAOC . Из геометрических соотношений запишем:

$$AC = \frac{a}{2} = r_0^* \cdot \sin\varphi_0, \quad (5)$$

где a – хорда сегмента с опорным углом, равным $2\varphi_0$, r_0^* – радиус круга, учитывающий разворот круга на угол β .

$$r_0^* = \frac{r_0}{\cos\beta}, \quad (6)$$

r_0 - радиус круга, мм.

Из треугольника ΔAOC определим $\cos\varphi_0$:

$$\cos \varphi_0 = \frac{AO - h}{AO} = \frac{r_0^* - h}{r_0^*}, \quad (7)$$

где AO – радиус круга, учитывающий угол разворота и равный r_0^* .

Из треугольника ΔAOC определим $\sin \varphi_0$:

$$\sin \varphi_0 = \frac{AC}{AO} = \frac{r_0^* \cdot \cos \beta}{r_0^*} = \cos \beta. \quad (8)$$

Из выражения (8) выявляется взаимосвязь между двумя важными технологическими показателями: углом контакта и углом разворота. Управляя значениями этих углов в указанной связи можно добиться максимальной величины площади контакта и максимальной производительности процесса обработки.

Площадь контакта определим по выражению:

$$S_{\text{конт.}} = \pi \cdot A \cdot B = \pi \cdot r_0^* \cdot \sin \varphi_0 \cdot \frac{(B + 2x \cos \beta)}{2 \cos^2 \beta} = \pi \cdot r_0^* \cdot \sin \varphi_0 \cdot \frac{(B + 2x \cos \beta)}{2 \cos^3 \beta}. \quad (9)$$

Рассмотрим контакт внутренней цилиндрической поверхности с кругом, волокна которого расположены под углом β к его оси. Зона резания образуется аналогично зоне резания при обработке плоской поверхности рассмотренной при контакте инструмента с плоскостью, с присущими для этого случая особенностями. Зона резания, образующаяся при контакте обрабатываемой заготовки с инструментом, представлена на рисунке 4.

При контакте с внутренней цилиндрической поверхностью, эластичный инструмент деформируется, в результате чего образуется площадка контакта, ограниченная опорным углом $2\varphi_0$, величина которого определяет условия обработки внутренней поверхности. Исходя из этого, для дальнейших аналитических преобразований первоначально необходимо определить величину этого угла с учетом деформации инструмента. Исходя из геометрии зоны контакта, рассмотрен треугольник AO_1O (рис.4), в котором:

$$S_{AO_1O} = \frac{AO_1 \cdot AO \sin(180 - \varphi_0)}{2} = \sqrt{p(p-a) \cdot (p-b) \cdot (p-c)}, \quad (10)$$

где p - полупериметр; a, b, c - стороны треугольника AO_1O , $a = r_0^*$, $c = R_d - (r_0^* - h)$, $b = R_d$.
Опуская преобразования, получим:

$$\sin \varphi_0 = \frac{2\sqrt{(r_0^* \eta + 0.5h)(r_0^*(\eta - 1) + 0.5h)(r_0^* - 0.5h)0.5h}}{r_0^*(r_0^*(\eta - 1) + h)}, \quad (11)$$

где h – величина деформации, $\eta = R_d / r_0^*$, $r_0^* = \frac{r_0}{\cos \beta}$.

Преобразовав выражение 11, получим:

$$\varphi_0 = \arcsin \frac{2\sqrt{(r_0^* \eta + 0.5h)(r_0^*(\eta - 1) + 0.5h)(r_0^* - 0.5h)0.5h}}{r_0^*(r_0^*(\eta - 1) + h)} \quad (12)$$

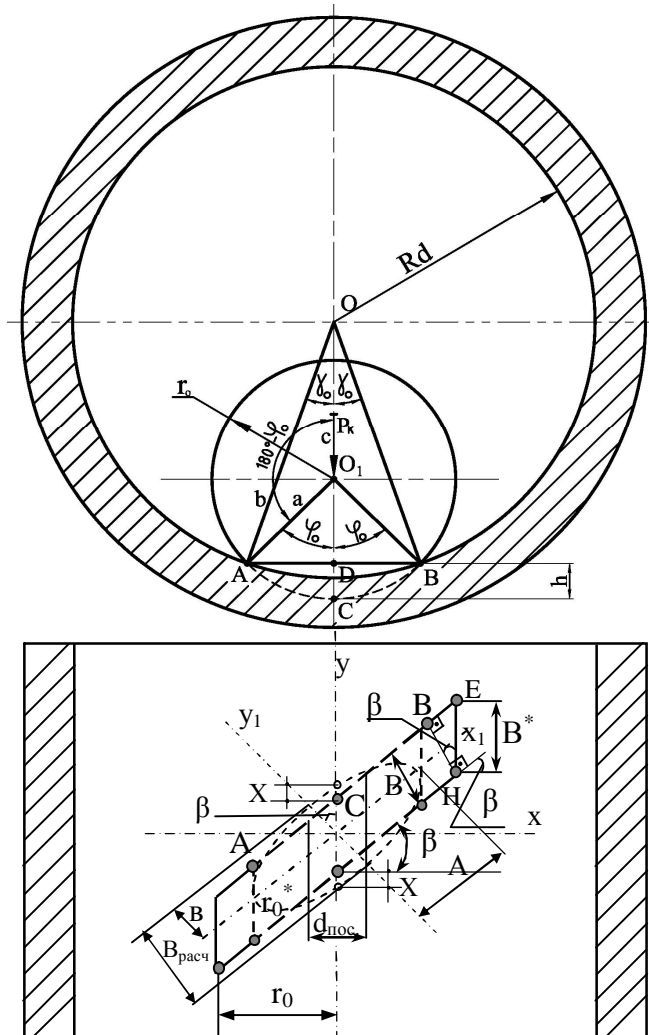


Рис. 4 Схема контакта внутренней цилиндрической поверхности и полимер-абразивного круга, волокна которого расположены по оси под углом β

Как следует из выражения (12), величина половины опорного угла зависит от деформации инструмента, соотношения размеров заготовки и инструмента.

Величина полуосей эллипса, в виде которого условно можно представить пятно контакта определяется аналогично случаю обработки плоской поверхности [5]. Только при обработке внутренней поверхности следует определять величину отрезка АВ как длину дуги с центральным углом $2\varphi_0$ (рис.4), а не как длину прямой линии. Таким образом, можно записать выражение для определения площади контакта для случая обработки внутренней цилиндрической поверхности. Площадь пятна контакта следует определять как площадь эллипса с полуосями, равными $1/2L_{AB}$ и $1/2B_{расч.}$, где L_{AB} – длина дуги АВ с опорным углом $2\varphi_0$, рад, $B_{расч.}=(B^*+2x)/\cos\beta$ – фактическая ширина круга, мм.

L_{AB} и B^* определяется следующим образом:

$$L_{AB} = \frac{r_o}{\cos\beta} \cdot 2\varphi_0; \quad (13)$$

$$B^* = B / \cos\beta. \quad (14)$$

Площадь пятна контакта равна:

$$S_{конт} = \pi \cdot A \cdot B = \frac{r_0}{\cos\beta} \cdot 2\varphi_0 \cdot \left(\frac{B+2x\cos\beta}{2\cos^2\beta} \right) = \frac{\varphi_0 \cdot r_0 \cdot (B+2x\cos\beta)}{\cos^3\beta} \quad (15)$$

Подставив выражение (12) в выражение (15), и выполнив соответствующие замены, получим:

$$S_{конт} = \frac{r_0 \cdot (B+2x\cos\beta)}{\cos^3\beta} \arcsin \left[\frac{2 \sqrt{\left(\frac{r_0}{\cos\beta} \eta + 0.5h \right) \left(\frac{r_0}{\cos\beta} (\eta-1) + 0.5h \right) \left(\frac{r_0}{\cos\beta} - 0.5h \right) 0.5h}}{\frac{r_0}{\cos\beta} \left(\frac{r_0}{\cos\beta} (\eta-1) + h \right)} \right] \quad (16)$$

Рассмотрим контакт внутренней цилиндрической поверхности с кругом, волокна которого расположены по винтовой линии с углом подъема β . Диаметр круга больше диаметра внутренней поверхности $r_o > R_d$. Схема обработки приведена на рисунке 5.

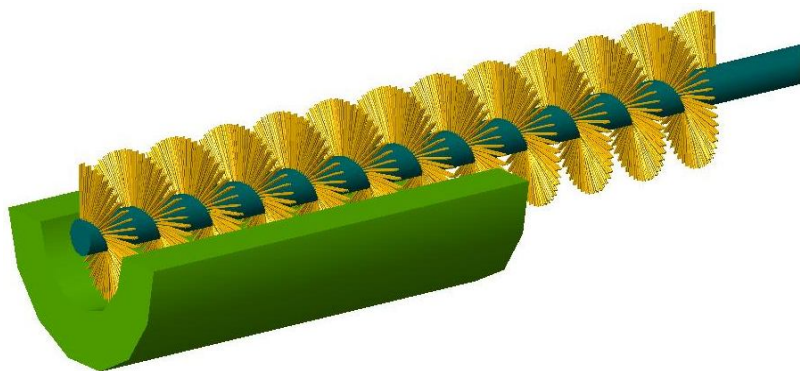


Рис. 5 Схема обработки заготовки винтовым инструмен-

Зона резания обра-
зуется аналогично зонам
резания при обработке плоской,
наружной и внутренней
цилиндрической по-
верхности, с одной суще-
ственной особенностью.
При контакте с внутренней
цилиндрической поверхно-
стью, эластичный инстру-
мент деформируется, в ре-
зультате чего по всей его
поверхности образуется

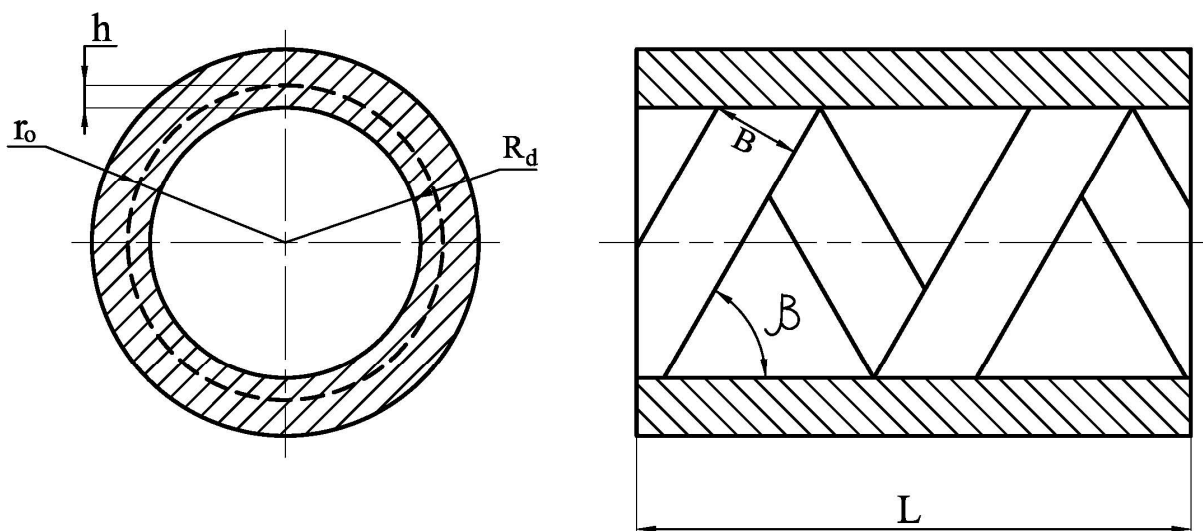


Рис. 6 Схема контакта обрабатываемой заготовки с инструментом

Площадь контакта следует определять как площадь развертки винтовой линии на плоскость, равной площади эллипса с полуосями $1/2L_{\text{винт.}}$ и $B_{\text{расч.}}=(B/\sin\beta)+2x$, где $L_{\text{винт.}}$ – длина винтовой линии, $B_{\text{расч.}}$ – ширина контакта круга с обрабатываемой поверхностью с учетом уширения.

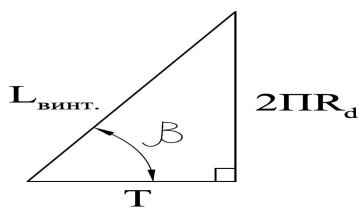


Рис.7 Расчетная схема определения длины винтовой линии $L_{\text{винт.}}$ и шага винтовой линии T

$L_{\text{винт.}}$ и шаг винтовой линии (T) определяется из треугольника, изображенного на рисунке 7 по выражениям:

$$L_{\text{винт.}} = \frac{2\pi R_d}{\sin \beta} \quad (17)$$

$$T = \frac{2\pi R_d}{\text{tg} \beta} \quad (18)$$

Площадь пятна контакта одного витка круга определяется по выражению:

$$S_{1B} = L_{\text{винт.}} \cdot B_{\text{расч.}} = \frac{2\pi R_d}{\sin \beta} \cdot \left(\frac{B}{\sin \beta} + 2x \right) = 2\pi R_d \left(\frac{B + 2x \sin \beta}{\sin^2 \beta} \right)$$

(19) Количество витков (n) определяется из треугольника, изображенного на рисунке 6 :

$$n = \frac{L}{T} = \frac{L \cdot \operatorname{tg} \beta}{2\pi R_d}, \quad (20)$$

где L – длина рабочей части инструмента, мм.

Площадь пятна контакта (n) витков круга на длине (L) равна:

$$S_{\text{конт.}} = S_{1B} \cdot n = 2\pi R_d \left(\frac{B + 2x \sin \beta}{\sin^2 \beta} \right) \cdot \frac{L \cdot \operatorname{tg} \beta}{2\pi R_d} = \frac{2L(B + 2x \sin \beta)}{\sin 2\beta} \quad (21)$$

Как видно из выражения (21) площадь контакта винтового полимер-абразивного круга с внутренней цилиндрической поверхностью зависит от длины обрабатываемой поверхности, фактической ширины контакта винтовой линии, угла ее подъема β и от силовых нагрузок, влияющих на инструмент в процессе работы.

Изучению влияния величины угла β при разных схемах обработки на величину пятна контакта и на производительность процесса обработки будут посвящены дальнейшие исследования.

Список литературы: 1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения /Под общей ред. Ф.В.Новикова и А.В. Якимова. В 10 томах. «Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов» - Одесса: ОНПУ, 2002.- Т.4 (Гл.6) с.289-328 **2.** Экспериментальное исследование параметров обработки эластичными полимер – абразивными инструментами. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. - Харьков: НТУ "ХПИ". - 2006. **3.** Определение момента сопротивления при контактном взаимодействии эластичного инструмента и обрабатываемой поверхности по площадке в виде эллипса. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. - Харьков: НТУ "ХПИ". - 2005.- Вып. 23. - с.117-130 **4.** Аналитические исследования прочности волокна полимер-абразивного инструмента. Вісник Інженерної Академії Наук, спец.випуск"Машинобудування", вип. 4-й, Дніпропетровськ, 2002.- с.44-51 **5.** Определение момента сопротивления при контактном взаимодействии эластичного инструмента и обрабатываемой поверхности по площадке в виде эллипса. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. - Харьков: НТУ "ХПИ". - 2005.- Вып. 23. - с.117-130.

Сдано в редакцию 02.06.06

Рекомендовано д.т.н., проф. Михайлов А.Н.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНЫМ ПОЛИРОВАНИЕМ

Синькевич Ю.В., Янковский И.Н. (БНТУ, Минск, Беларусь)

Results of researches of parameters of a roughness of the polished surface of steel 10 are resulted. Influence of time, temperature and structure of electrolyte on process of smootiry of a sur-

face has been studied. The mathematical model allowing with high reliability to predict change of parameters of a microstructure at electropulse polishing is received.