

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛИМЕР-АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Проволоцкий А.Е., Негруб С.Л.

*(НИИСТ НМетАУ, г. Днепрпетровск, Украина)*

В технологии машиностроения широко применяются финишные методы обработки, как традиционными шлифовальными кругами, так и эластичными инструментами. Эти инструменты обладают схожими возможностями, но в тоже время разнятся своей конструкцией и областью применения. Так традиционные шлифовальные круги относятся к формообразующим инструментам, которые могут применяться как при размерной, так и при чистой обработке. Обработать ими сложнопрофильные поверхности не представляется возможным без предварительного профилирования рабочей поверхности. Поэтому использование эластичных инструментов находит широкое применение на финишных операциях в технологии машиностроения. Так, широкое применение нашли лепестковые шлифовальные круги [1]. Но такие круги имеют существенные технологические недостатки, ими почти невозможно обработать сложные фасонные поверхности. Большая жесткость и конструкционное исполнение кругов не позволяет обработать внутренние цилиндрические поверхности малых диаметров, в то время как со стороны машиностроительных предприятий поступает много технологических заявок для решения такого рода проблем.

Идеальным вариантом для технолога может считаться случай, когда для достижения своей цели он мог бы применить один инструмент вместо привычных двух. Однако известные инструменты не обладают столь широким диапазоном возможностей.

К этому классу инструмента относятся круги в виде металлической щетки, работающие только торцами ворсы и имеющие ограниченное применение [2].

Вращающиеся щетки широко используются для выполнения самых разнообразных работ по очистке поверхностей от окалины, краски, ржавчины, снятия заусенцев, округления острых кромок, упрочнения поверхности с целью повышения износостойкости и усталостной прочности деталей машин [3]. При крацовке деталей используют вращающиеся щеточные круги из стальной пружинной проволоки, оказывающей ударное воздействие, применяют щетки металлические в линиях травления, а капроновые в линиях обезжиривания. Мокрое крацевание применяют для улучшения внешнего вида некоторых гальванических покрытий.

Обработка щетками упрочняет поверхность, повышает ее износостойкость, усталостную прочность и коррозионную стойкость [4]. Поверхностная твердость повышается у закаленных сталей в 2-3,3 раза, у цветных металлов – в 3,3-6,3 раза. Параметр шероховатости достигает 0,16-0,04 мкм. Дисковые щетки большого диаметра (450-500 мм) используются на бесцентрово-шлифовальных станках для окончательной отделки деталей автомобильных, тракторных и авиационных двигателей, а также деталей гидравлического оборудования.

Обработку щетками производят вручную или на станках. Щетки диаметром 240 - 350 мм применяются на кругло - и плоскошлифовальных станках для снятия заусенцев, округления острых кромок, очистки, полирования и упрочнения наружных поверхностей деталей. Для обработки криволинейных и других сложных поверхностей используются чашечные щетки. На ручных механизированных инструментах и специальном оборудовании применяются щетки со щетиной, расположенной в радиальном или осевом направлении. Такие щетки служат для чистовой обработки внутренних цилиндрических резьбовых поверхностей, зачистки и полирования торцовых поверхностей, прилегающих к отверстиям [5].

Щетки представляют собой более гибкий инструмент по сравнению с эластичными шлифовальными кругами, и потому равномернее прижимаются к обрабатываемой поверхности. Это создает более благоприятные условия обработки фасонных поверхностей, так как ворсинки щеток проникают во впадины микропрофиля обрабатываемой поверхности.

К недостаткам работы металлическими щетками можно отнести следующие факторы: 1) работу только торцами волокон, 2) в основном металлические щетки применяются для черновой обработки, а щетки из других видов материалов используются на отделочных операциях и не используются при формообразовании, 3) нет разработок для определения величин силовых показателей резания, на практике их определяют экспериментально.

Щетки различаются по типам, размерам, материалу рабочей (ворсовой) части. Основными показателями щетки являются: материал и диаметр ворсинок, ширина, диаметр щетки, свободная длина ворсинок, размеры и форма посадочного места. Материалом рабочей части щетки служат: проволока диаметром 0,1 - 1,2 мм (стальная или из цветных металлов), щетина натуральная и синтетическая, хлопчатобумажная пряжа, морская трава. Чем длиннее ворсинки щетки и менее плотная рабочая часть, тем менее интенсивно соскабливаются неровности. Такие щетки используются при отделочных работах. Чем больше диаметр щетки и скорость резания, тем тоньше должна быть проволока. Скорость очистки щетками при ширине очищаемой поверхности 35 - 40 мм составляет 1-1,5 м/мин. Износ стальных щеток составляет 0,02 - 0,15 мм на 1 м<sup>2</sup> обработанной поверхности [6].

Превышение оптимальной окружной скорости может привести к образованию волнистости и наплывов металла и снижению срока службы щетки из-за подгорания концов и поломки отдельных проволок у основания от усталостных напряжений. Оптимальная продолжительность обработки зависит от многих факторов и устанавливается экспериментально.

При крацевании не рекомендуется производить сильное давление на инструмент, т. к. иначе концы ворсинок изгибаются, что ведет не только к ухудшению качества обработки, но и к снижению производительности обработки. Большая скорость вращения щеток соответствует более высоким скоростям вращения шпинделя станка. Обработка ведется до тех пор, пока не будет достигнут характерный блеск обработки поверхности.

С целью расширения технологических возможностей эластичного инструмента были предложены шлифовальные круги с полимер-абразивными нитями, которые изготавливаются с регулируемой зернистостью абразивных частиц и наполнением ими нитей [7].

Так стало возможно резание при большем начальном нагружении на инструмент, чем это возможно при использовании обычного круга-щетки. Расположение абразивных частиц на торце рабочих волокон позволяет работать в режиме тонкого шлифования. Таким образом, этот инструмент может работать в двух режимах: резания и полирования.

Для расширенного внедрения такого инструмента понадобились аналитические исследования величин технологических параметров взаимодействия инструментов с обрабатываемыми заготовками.

Целью настоящей работы являются теоретические исследования выбора режимов обработки полимер-абразивными шлифовальными кругами с учетом деформации инструментов, разработка различных технологических вариантов их использования.

Проведенные исследования дали возможность представить (таблица 1) [8-13] основные выражения для определения силовых параметров, необходимых для организации процесса резания с учетом деформации инструмента, необходимого при работе, соотношения размеров детали к размеру инструмента для трех основных форм обрабатываемых поверхностей.

Одним из примеров использования расширенных возможностей полимер-абразивного инструмента служит опыт его применения при изготовлении и ремонте базовых деталей линии гранулирования пластмасс ЛГП-200, предназначенной для производства гранул из дробленых вне линии технологических отходов [14].

В процессе работы линии ЛГП-200 материал поступает из загрузчика в экструдер, претерпевая изменения в своей форме. В экструдере исходный материал подвергается нагреву до расплавленного состояния, что вызывает адгезионные эффекты при контакте расплава с рабочими поверхностями деталей формообразующих узлов. Получение низкой шероховатости на поверхностях указанных деталей оказывает влияние не только на адгезионные эффекты, но и на сопротивление перемещению полимерной массы в зазорах переменного сечения.

Таблица 1. Выражения, используемые для определения величин силовых параметров с учетом деформации при обработке поверхностей деталей полимер-абразивным инструментом

<b>Наружная цилиндрическая поверхность</b>
<p>при условиях обработки <math>R_d \gg r_o, \gamma \approx 0</math></p> $W(x) = fCrr_o\omega \left[ \frac{2}{3}m(2m+1)\sin^3\varphi_o - 2\sin\varphi_o(m+\eta^2) + m\sin 2\varphi_o \left( 1 + \frac{2}{3}\sqrt{\left(\frac{\eta}{m}\right)^2 - \sin^2\varphi_o} * (\eta + \eta^2) + \sin\varphi_o \sqrt{\left(\frac{\eta}{m}\right)^2 - \sin^2\varphi_o} \left( \frac{(2\eta-1)(m^2\eta - 2\eta^3)}{3} + \eta^4 \right) + \arcsin \frac{\sin\varphi_o}{\eta/m} \left[ \frac{\eta^2}{3m^3}(4-\eta^2) + \frac{2\eta^4}{3m^5} * (\eta^2 - 2)(m\eta - 1) - \frac{2}{m}(1-\eta^2) - \frac{\eta^2}{m^3} \right] \right]$
<p>при условиях обработки <math>R_d \approx r_o, \gamma_o \approx \varphi_o</math>:</p> $W(x) = fCrr_o r_o^2 \left[ \frac{m^2}{48}\sin 6\varphi_o + \frac{m}{40}\sin 5\varphi_o + \frac{\sin 4\varphi_o}{8}(m^2 - \eta^2) + \frac{m}{24}\sin 3\varphi_o - \sin 2\varphi_o \left( \frac{7m^2}{16} + \frac{\eta^2}{2} \right) + \frac{m}{4}\sin\varphi_o - \frac{\varphi}{2} \left( \frac{m^2}{2} + \eta^2 \right) + \arcsin \left( \frac{m}{\eta}\sin\varphi_o \right) \left[ \eta^2 \left( 2 - \frac{3\eta^2}{4m^2} \left( 3\eta^2 - \frac{\eta^2}{2m^2} \right) \right) \right] + \sin\varphi_o * \sqrt{1 - \left(\frac{m}{\eta}\right)^2 \sin^2\varphi_o} \left[ \frac{2\eta}{3}(m-2)\sin^4\varphi_o - \left[ \frac{\eta}{2}(8+3m) + \frac{(2-m)\eta^3}{6m^2} \right] \sin^2\varphi_o + \frac{5\eta}{2} + \frac{\eta^3}{m^2} * \left( \frac{\eta^2}{2m} + \frac{5}{4}(m-1) \right) \right] + \sin 2\varphi_o * \sqrt{1 - \left(\frac{m}{\eta}\right)^2 \sin^2\varphi_o} * \left[ \frac{(6\cos^2\varphi_o - 1)\eta}{15} + \frac{2\eta^3}{15m^2} \right] + \sqrt{\left(\frac{\eta}{m}\right)^2 - \sin^2\varphi_o} \sin\varphi_o \left( \frac{m^4\eta + 9m^2\eta^3 - 4\eta^5}{15m^3} \right) + \arcsin \frac{\sin\varphi_o}{\eta/m} * \left[ \frac{8\eta^5}{15m^3} - \frac{28\eta^3}{m^3} + \frac{14\eta}{m} \right] \right]$
<b>Наружная цилиндрическая поверхность</b>
$M(x) = fCrr_o^2 \left[ \left( \frac{m^3}{\eta} \left( \frac{2 - 2\cos^2\varphi_o}{30} \right) - \frac{\eta m}{30} \right) \sqrt{1 - \left(\frac{m}{\eta}\right)^2 \sin^2\varphi_o} \sin 2\varphi_o + \sin\varphi_o \sqrt{1 - \left(\frac{m}{\eta}\right)^2 \sin^2\varphi_o} * \left( \frac{2m^3 - 15\sin^2\varphi_o m^2}{30\eta} - m\eta \left( \frac{1}{15} - \frac{\eta^2}{15m^2} \right) \right) + \frac{\eta}{4} \arcsin \left( \frac{m}{\eta}\sin\varphi_o \right) - \left( m^2 \left( \varphi_o - \frac{\sin 4\varphi_o}{4} \right) \left( \frac{1}{4} - \frac{m^2}{\eta^2} \right) - \frac{2m^4}{3\eta^2} \sin^3\varphi_o \right) + \arcsin \frac{\sin\varphi_o}{\eta/m} \frac{\eta m}{15} \left( 2 - \frac{\eta^2}{m^2} \right) \right].$

Продолжение табл. 1

$P_z = f \cdot Cr \left( r_o \varphi_o \left( 1 - \frac{m(3 + 8m\eta + \eta)}{4\eta^2} \right) - \frac{2}{3} r_o m \sin \varphi_o + \frac{r_o m^2 (\eta - 1)}{16\eta^2} \sin 4\varphi_o + \frac{r_o (\eta^2 + m^2 + m^3)}{2\eta^2} \right) * \\ * \sin 2\varphi_o + \frac{2}{3} r_o m \left( 1 + \frac{m^2}{\eta^2} \right) \sin^3 \varphi_o + \arcsin \frac{\sin \varphi_o}{\eta/m} \left[ \frac{r_o}{15} \left( 2 \left( \eta - \frac{1}{\eta} - \frac{\eta^2}{m} + \frac{\eta^3 (\eta^2 - 2)}{m^4} + \frac{3\eta}{m^2} \right) * \right. \right. \\ * \left. \left. (m - 2r_o) - 4\eta (2m^2 - 1) + \frac{\eta^3 (\eta^2 + 3)}{m^2} + \frac{2\eta^5}{m^4} + \frac{2\eta^2}{5m^2} - \frac{2\eta^2 + \eta}{5m} + \frac{\eta^5 - \eta^3}{5m^3} \right) \right] + \sin \varphi_o * \\ * \sqrt{1 - \frac{m^2}{\eta^2} \sin^2 \varphi_o} \cdot \left[ r_o m \left( \sin^2 \varphi_o - \frac{\eta^2 - 2\eta^3}{6m^2} - \frac{4\eta}{6} \right) + \frac{2r_o m}{15} \left( \frac{2r_o + m}{\eta} \right) \left( \eta m - \frac{\eta^4}{m^3} \right) - \frac{r_o m^3}{15\eta} * \right. \\ * \left. \left( 8 - \frac{3\eta^2}{m^2} - \frac{2\eta^4}{m^4} \right) \right] + \frac{r_o \eta^3}{2m^2} \arcsin \left( \frac{m}{\eta} \sin \varphi_o \right) + \sin 2\varphi_o \cdot \sqrt{1 - \frac{m^2}{\eta^2} \sin^2 \varphi_o} \cdot \left( \left( \frac{2r_o (3 \cos^2 \varphi_o - 2)}{\eta} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{r_o m}{15} + 5m + \frac{\eta (2r_o + 5m)}{m^2} \right) \right) \right]$
<b>Плоская поверхность</b>
$P_z = f \cdot Cr \cdot r_o \left[ 2\varphi_o - \cos \varphi_o \cdot \ln \frac{\operatorname{tg}(\varphi_o / 2 + \pi / 4)}{\operatorname{tg}(\pi / 4 - \varphi_o / 2)} \right]$
$M_x = 2 \cdot f \cdot Cr \cdot r_o^2 \cdot \cos \varphi_o \cdot \left( 2 \cdot \sin^2 \frac{\varphi_o}{2} - \ln \cos \varphi_o \right)$
$W(x) = f \cdot Cr \cdot \omega \cdot r_o^2 \cdot \cos \varphi_o \cdot \left( 2 \operatorname{tg} \varphi_o - \frac{\sin \varphi_o}{\cos^2 \varphi_o} - \ln \frac{\operatorname{tg}(\pi / 4 + \varphi_o / 2)}{\operatorname{tg}(\pi / 4 - \varphi_o / 2)} \right)$
<b>Внутренняя цилиндрическая поверхность</b>
<p>Когда <math>R_d \approx r_o</math>, <math>\gamma \approx \varphi_o</math></p> $W(x) = fCr\omega r_o^2 \left[ \left( \eta \frac{\sqrt{1 - (m/\eta)^2 \sin^2 \varphi_o}}{3} + \frac{\eta^2}{2} - \frac{3}{8} m^2 \right) + \left[ \sqrt{1 - (m/\eta)^2 \sin^2 \varphi_o} \sin \varphi_o * \right. \right. \\ * \left. \left. \left( \frac{m\eta}{3} \left( 1 + (m + \eta) (\cos^2 \varphi_o + 1) \right) \right) + \frac{\eta^3}{3m} \left( 1 + \frac{\eta}{2} \right) \right] + \arcsin \frac{\sin \varphi_o}{\eta/m} * \right. \\ * \left. \left[ \frac{\eta^2}{3m^2} (\eta^3 - 1) + \frac{\eta^3 + \eta}{3m} \right] + \frac{m + \eta^2}{2m} \arcsin \left( \frac{m}{\eta} \sin \varphi_o \right) + \frac{2}{3} m \sin^3 \varphi_o - \frac{m^2}{2} \sin \varphi_o * \right. \\ * \left. \left. \cos^3 \varphi_o - \frac{m^2}{16} \sin 4\varphi_o + \varphi_o \left( 1 - \frac{m^2}{2} \right) \right] \right]$

Продолжение табл. 1

### Внутренняя цилиндрическая поверхность

Когда  $R_d \gg r_o$ ,  $\gamma \approx 0$

$$W(x) = fCr\omega r_0^2 m \left[ \sin 2\varphi_0 \left( 2 + \sqrt{1 - m^2 \sin^2 \varphi_0} \right) + \sin \varphi_0 \left( \eta^3 \left( \frac{1}{m} + \frac{1}{m^2} \right) \sqrt{\left( \frac{\eta}{m} \right)^2 - \sin^2 \varphi_0} - 2m \right)^* \right. \\ \left. * + \arcsin \frac{\sin \varphi_0}{\eta/m} \left( \frac{2\eta}{3m} - \frac{\eta^3}{m^3} \left( \eta^2 + \frac{2}{3} \right) + 2 \right) - \frac{2\eta^2}{m} \sqrt{\left( \frac{\eta}{m} \right)^2 - \sin^2 \varphi_0} - 2m \right]$$

$$P_z = fCr r_0 \left[ \varphi_0 \left( 1 + \frac{m^2}{2\eta^2} \right) + \sin 2\varphi_0 \left( \frac{1}{2} - \frac{m^2}{\eta^2} \right) + \frac{3m^2}{16\eta^2} \sin 4\varphi_0 - \frac{2m}{3} \sin^3 \varphi_0 \left( \frac{m^2}{\eta^2} + 1 \right) + \frac{m^3}{\eta^2} * \right. \\ \left. * \left( \frac{4}{5} \sin^5 \varphi_0 + \sin^4 \varphi_0 \right) + 2m \left( \sin \varphi_0 - \sin^2 \varphi_0 \right) + \arcsin \frac{\sin \varphi_0}{\eta/m} * \right. \\ \left. * \left[ \frac{(10 - \eta^2)\eta^3}{15m^3} + \frac{11\eta^3}{15m} + \frac{(10\eta^2 - 9)m}{15\eta} - 2m \right] - \sin 2\varphi_0 \sqrt{1 - \left( \frac{m}{\eta} \right)^2 \sin^2 \varphi_0} * \right. \\ \left. * \left( \frac{m^2 + \eta^2}{3\eta} \right) + \sin \varphi_0 \sqrt{\left( \frac{\eta}{m} \right)^2 - \sin^2 \varphi_0} \left( \frac{m\eta}{15} - \frac{6m^3}{\eta} + 4m\eta^3 \right) \right].$$

Примечания: Для наружной цилиндрической поверхности:

$$m = \cos \varphi_0 + \sqrt{\eta^2 - \sin^2 \varphi_0}, \quad \eta = \frac{R_d}{r_o}, \quad Cr = \frac{P_k}{2\varphi_0 [(r_c + r_d) - (r_c + r_d) \sin \varphi_0]},$$

$$\sin \varphi_0 = \frac{2 \cdot \sqrt{(r_o(\eta + 1) - 0,5h) \cdot (r_o - 0,5h) \cdot (r_o\eta - 0,5h) \cdot 0,5h}}{(r_o(\eta + 1) - h) \cdot r_o}$$

Для внутренней цилиндрической поверхности:

$$m = \cos \varphi_0 + \sqrt{\eta^2 - \sin^2 \varphi_0}; \quad \eta = \frac{R_d}{r_o}, \quad Cr = \frac{P_k}{2\varphi_0 [(R_d - r_o) + (R_d - r_o) \sin \varphi_0]},$$

$$\sin \varphi_0 = \frac{2\sqrt{(r_o\eta + 0,5h)(r_o(\eta - 1) + 0,5h)(r_o - 0,5h)0,5h}}{r_o(r_o(\eta - 1) + h)}.$$

Для плоских поверхностей:

$$Cr = \frac{P_k \cdot \cos \varphi_0}{2r_c [\varphi_0 - \cos \varphi_0 \cdot \ln \operatorname{tg}(\pi/4 + \varphi_0/2)]}$$

Коэффициент резания определяется по формуле:

$$f = \frac{\Delta M_c}{\Delta m_{\text{из}}},$$

где  $\Delta M_c$  – масса удаленного с пластин материала;

$\Delta m_{\text{из}}$  – масса части волокон, изношенных в процессе работы.

В процессе длительной эксплуатации формообразующие поверхности базовых деталей постепенно покрываются слоем полимерной массы, что затрудняет эффективную эксплуатацию дорогостоящего оборудования, требует периодических остановок для очистки прилипших масс. Обработка этих двух деталей очень важна, так как переходник имеет

большие перепады диаметров и любое прилипание, образование комков способно вызвать затор в движении полимерной массы, а это в свою очередь приведет к остановке или повреждению рабочих частей линии, так как указанные эффекты способствуют появлению отрицательных явлений.

Выбранный метод полирования позволил [13]:

- эффективно производить обработку заготовки и вести ремонт деталей в процессе эксплуатации, что сокращает трудоемкость на операции полирования, количество предшествующих операций по снижению шероховатости, применяемых с целью уменьшения времени, затрачиваемого на полирование;

- осуществлять ремонт эксплуатируемых деталей, что не менее важно, чем производство качественных деталей.

Особенности инструмента в применении для обработки винтовой поверхности червяка дают возможность вести обработку сразу всей впадины винтовой поверхности, включая и боковые грани витков, осуществляя обработку при рабочем и обратном ходах инструмента. При обработке внутренней сложно-профильной поверхности переходника также можно применить описанный выше инструмент в таких же режимах обработки.

Для практической реализации технологических предложений спроектировано специальное приспособление (рис. 1), которое представляет собой устройство, устанавливаемое на суппорт токарного станка, и получающее возможность движений в двух направлениях (поперечном и продольном от механизма продольной и поперечной подач станка).

Вращательное движение заготовки осуществляется от привода главного движения станка. Продольная и поперечная подачи осуществляются от механизмов станка. Устройство для полирования устанавливается на суппорт токарного станка, а на его оправке крепятся два эластичных полимер-абразивных круга, разделенных между собой резиновым кольцом для облегчения их деформации при смене режима обработки.

Ширина набора кругов подбирается из условия полного заполнения впадин винтовой поверхности. Обработка ведется при прямом и обратном ходе инструмента, т. е. может выполняться за двойной ход, что позволяет обработать сначала первую боковую грань витка, а при обратном ходе – вторую боковую грань витка. Для обеспечения эффективной обработки необходимо не только использовать указанное приспособление, но и назначить оптимальные режимы резания (см. табл.1).

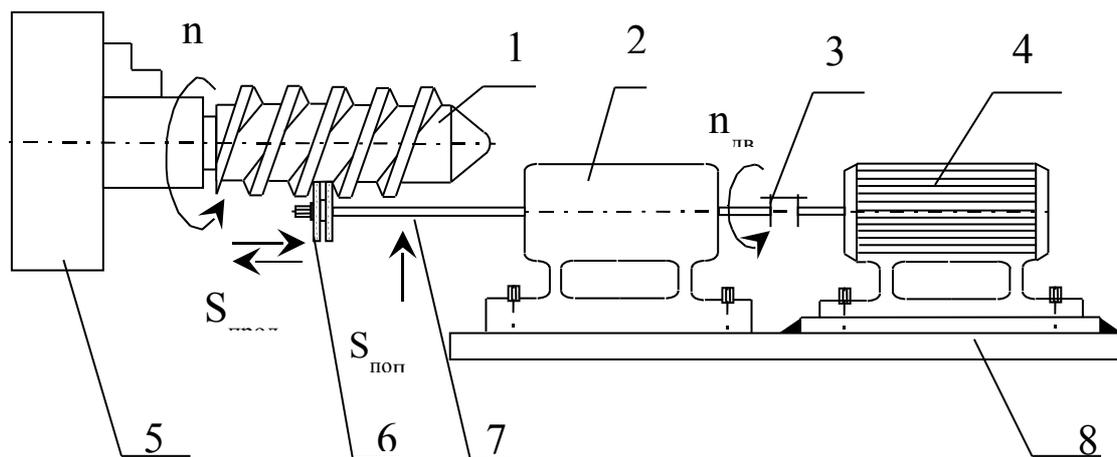


Рис. 1. Схема обработки наружной винтовой поверхности червяка, где: 1 – обрабатываемая деталь - червяк; 2 – люнет; 3 – муфта; 4 – двигатель; 5 – патрон; 6 – набор полимер-абразивных кругов; 7 – оправка; 8 – плита

На рис. 2 представлена схема обработки внутренней сложнопрофильной поверхности переходника 1. Устройство для полирования устанавливается на суппорт станка с помощью плиты 8. На оправке 2 закрепляют набор полимер-абразивных кругов 7, набранных через ре-

зиновые кольца. Набор кругов состоит из кругов разных диаметров. Наружный диаметр кругов меньше диаметров отверстий, подлежащих полированию.

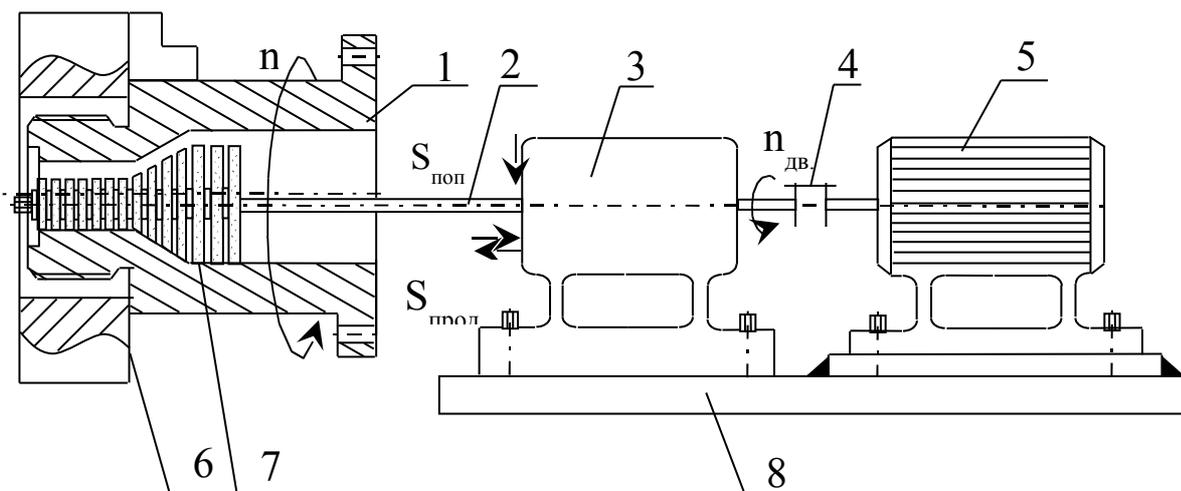


Рис. 2. Схема обработки внутренней сложнопрофильной поверхности переходника, где: 1 – обрабатываемая деталь - переходник; 2 – оправка; 3 – люнет; 4 – муфта; 5 – двигатель; 6 – патрон; 7 – набор полимер-абразивных кругов; 8 – плита

Круги наименьшего диаметра  $d_1$ , соответствующие наименьшему диаметру обрабатываемой поверхности, набираются на всю длину этой поверхности.

Образующая внутренней поверхности переходника такова, что поверхность наименьшего диаметра через коническую поверхность, которую также необходимо отполировать до шероховатости  $Ra\ 1,6\ \text{мм}$ , две другие цилиндрические поверхности полируются до шероховатости  $Ra\ 0,4\ \text{мм}$ . Поэтому перед тем как набрать круги на длину конической поверхности, необходимо, набрав необходимую длину, придать этому набору кругов профиль конической поверхности. После этого набор кругов конического участка набирается на оправку, и к ним добавляются еще несколько кругов большего диаметра (цилиндрический участок), набранных через резиновые кольца длиной  $L/4$ , где  $L$  – общая длина обрабатываемой поверхности.

Обработка всей поверхности осуществляется одновременно, т. е. при рабочем ходе первыми обрабатываются поверхности разных диаметров, через время, когда оканчивается конический участок, обработка будет вестись наибольшими кругами наибольшей поверхности. При обратном ходе последовательность изменится, т.е. в начале обрабатывается наибольшая поверхность, затем в обработку вступят последовательно две другие поверхности. Обработка ведется за двойной ход без холостого хода. По представленной схеме (рис.2) обработка ведется всех трех поверхностей одновременно с минимальной трудоемкостью. Подобная обработка жесткими шлифовальными кругами невозможна, так как перепад диаметров очень велик и это отражается на окружной скорости круга. Обработка оправкой с кругами, имеющими три разных окружных скорости, приведет к вибрации и поломке. Но так как полимер-абразивные волокна деформируются каждое в отдельности, то они не разрушаются в пределах величины деформации круга (сближение его с деталью, что создает нежесткий взаимный контакт). Меняя набор инструментов, можно обрабатывать различные по конфигурации поверхности и использовать для очистки однотипных деталей линии с таким же назначением.

В качестве второго примера использования полимер-абразивного инструмента можно представить следующее его применение:

В современной машиностроительной (авиастроительной) промышленности большое значение имеют не только современный подход к технологии изготовления изделий, но также и современный подход к созданию технологии очистки поверхностей деталей узлов, находящихся в эксплуатации. Так, при ремонтах авиационных двигателей, необходимо произвести очистку поверхностей лопаток, которые имеют сложную форму. Задача усложняется

также тем, что эти детали имеют разные геометрические размеры, что приводит к наличию в ремонте массы сложнопрофильных деталей разной величины из одного узла. Очистку лопаток следует производить с максимальной точностью, чтобы соблюсти требования конструкторов по наличию на поверхности защитного слоя, который оказывается покрытым нагаром. Проблема, стоящая перед технологом, усложнена наличием крепежного элемента на детали «замка», который также необходимо очистить не только по наружным, но также и по внутренним поверхностям. Таким образом, для выполнения всех указанных требований необходимо подобрать инструмент и режимы очистки с максимальной эффективностью и безопасностью для рабочих. На базовом заводе следующая проблема решается очисткой деталей вручную приспособлением, состоящим из набора металлических щеток, что не является безопасным.

Технологическая задача в этом случае заключается в оптимизации технологического процесса и повышении безопасности труда. Для этого было предложено использовать эластичный полимер-абразивный круг, который осуществляет обработку поверхности не только торцом волокон, но и наружной цилиндрической поверхностью волокна, содержащего абразивные частицы по всему сечению. Наличие абразивных частиц повышает эффективность обработки, а наличие их по всему сечению волокна позволяет очистить дно и боковые поверхности замка. Из-за увеличения микрорезания при обработке, очистка происходит за меньшее операционное время и более эффективно. Благодаря тому, что материал инструмента – полимер, безопасность труда значительно выше, чем при работе металлической щеткой.

Таким образом, проведенные исследования позволили расширить технологические возможности инструмента за счет изменения конструкции его рабочей части. Определение выражений для технологических параметров позволило точнее назначать режимы резания, что значительно уменьшает затраты времени на организацию технологического процесса.

Дальнейшие исследования позволят разрабатывать технологические процессы обработки конкретных деталей по заказам машиностроительных предприятий.

**Список литературы:** 1. Щеголев В. А., Уланова М. Е. Эластичные абразивные и алмазные инструменты. – Л.: Машиностроение, 1977. – 182 с., 2. Гавриш А.П., Киричок П.А., Гавриш О.А. Исследования параметров наклепа поверхностного слоя деталей при очистно-ударной обработке стальными щетками // Высокие технологии: тенденции развития: Материалы XII межд. научно-технич. семинара. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2003. – С. 288-304. 3. Масловский В.В., Дудко П. Д. Полирование металлов и сплавов. – М.: Высшая школа, 1974. – 255 с. 4. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням / І.С. Афтаназів, А.П. Гавриш, П.О. Китичок та ін. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 516 с. 5. Отделочные операции в машиностроении: Справ. / Под общей ред. П. А. Руденко. – К.: Техника, 1985. – 135 с. 6. Кулаков Ю. М., Хрульков В. А. Отделочно-зачистная обработка деталей. – М.: Машиностроение, 1979. – 157 с. 7. Патент Украины № 36833 Абразивное волокно / А.Е. Проволоцкий, С.Л. Негруб. – Опубл. 16.04.01. 8. Проволоцкий А.Е., Колесник И.А., Негруб С.Л. Расчет силовых параметров при шлифовании плоской поверхности эластичными кругами-щетками // Вісник Інженерної Академії України. Інформація по 2-й між нар. науково-технічній конф. “Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве”. – Харьков, 2000. – С. 164-169. 9. Проволоцкий А.Е., Негруб С.Л. Расчет силы резания при шлифовании наружной цилиндрической поверхности эластичными кругами-щетками // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. научн. трудов. – Донецк: ДонГТУ. – 2001. – Вып. 15. – С. 225-232. 10. Проволоцкий А.Е., Негруб С.Л. Расчет крутящего момента при шлифовании наружной цилиндрической поверхности полимер-абразивными кругами-щетками //: Сборник науч. трудов конф. «MicroCAD-2001». Харьков: НТУ «ХПИ». – 2001. – С. 27-30. 11. Проволоцкий А.Е., Негруб С.Л. Расчет мощности резания при шлифовании наружной поверхности эластичными кругами-щетками // Вісник Інженерної Академії України. К.: Інженерна академія України. – 2001. – №3. – С. 221-224. 12. Проволоцкий А.Е., Негруб С.Л. Технологические особенности при шлифовании внутренних цилиндрических поверхностей полимер-абразивными кругами // Резание и инструмент в технологических си-

стемах: Междунар. научно-техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2001. – Вып. 60. – С. 193-196. **13.** Проволоцкий А.Е., Негруб С.Л. Исследования технологических параметров при шлифовании внутренних цилиндрических поверхностей полимер-абразивными кругами-щетками // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. научн. трудов. – Донецк: ДонГТУ. – 2001. – Вып. 17. – С. 197-202. **14.** А.Е. Проволоцкий, С.Л. Негруб. Разработка технологии обработки деталей линии гранулирования пластмасс // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. научн. трудов. – Донецк: ДонГТУ. – 2002. – Вып. 19. – С. 191-201.

#### ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ ПОЛІМЕР-АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Проволоцький А.Є., Негруб С.Л.

У статті описаний спосіб полірування складних поверхонь виробів на прикладі обробки зовнішньої гвинтової поверхні черв'яка та внутрішньої поверхні переходника за допомогою полімер-абразивного інструменту.

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛИМЕР-АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Проволоцкий А.Е., Негруб С.Л.

В статье описан способ полирования сложных поверхностей изделий на примере обработки внешней винтовой поверхности червяка и внутренней поверхности переходника с помощью полимер-абразивного инструмента.

#### TECNOLOGICAL POSSIBILITIES OF THE POLIMER-ABRASIV TOOL

Provolocskij A.E., Negroob S.L.

In the paper the method of polishing of helical surface of an endless screw and of surface of the adapter of unit of a line of pelletising of plastic is surveyed.