

Разумов М. С. /к. т. н./

ФГБОУ ВПО «Юго-западный государственный университет»

Расчет технологических параметров комбинированной обработки гранных валов

В статье рассматривается комбинированный способ формообразования профильных валов и предложено устройство для его реализации и расчет технологических параметров комбинированной обработки профильных валов. Ил. 4. Библиогр.: 7 назв.

Ключевые слова: планетарный механизм, гранная поверхность, лезвийная обработка, абразивная обработка

Combined method of formation of profiling rolls is considered and the mean of its realization and calculation of technological parameters of combined processing of profiling rolls is suggested.

Keywords: sun-and-planet gear, grainer surface, edge cutting machining, abrasive machining

В механизмах различных машин находят применение детали, которые имеют самые различные профили. Наиболее часто используются детали, имеющие гранные поверхности. Поиск новых решений обработки данных типов деталей является актуальной задачей машиностроения. В условиях развития рыночной экономики при организации работы на промышленных предприятиях главными факторами выбора того или иного способа изготовления являются себестоимость, производительность обработки и качество получаемой поверхности.

Традиционно для формообразования гранной поверхности используются фрезерные станки с универсальной делительной головкой. Однако данный способ является малопродуктивным. Другим вариантом обработки некруглых поверхностей является применение станков с ЧПУ. Недостатком этого способа формообразования гранных поверхностей является высокая стоимость оборудования с ЧПУ, программного обеспечения для подготовки управляющих программ под обработку профильных поверхностей. Все это делает данный способ недоступным для большинства малых предприятий. В условиях среднесерийного и мелкосерийного производства, характерного для большей части машиностроительных предприятий, наиболее целесообразно применение универсального оборудования общемашиностроительного назначения, на котором можно реализовать формообразование гранных поверхностей не только экономичным, но и высокопроизводительным методом. Такой метод требует применения дополнительной технологической оснастки [1].

Проведенные предварительные исследования показали, что известные методы обработки деталей с участками, поперечное сечение которых выполнено в виде правильных многоугольников, имеют низкую производительность или высокую себестоимость обработки. Также они имеют ограниченные возможности по формированию требуемых показателей поверхностного слоя (например, шероховатость), что не удовлетворяет требованиям наукоемких машиностроительных производств.

Повышение эффективности современного машиностроительного производства успешно достигается с использованием комбинированных методов обработки, обеспечивающей как снижение трудоемкости за счет совмещения операций, так и высокое качество поверхностного слоя обрабатываемых деталей [2].

Известно приспособление для обработки гранной части вала [3]. Данный метод заключается в том, чтобы придать режущей кромке посредством планетарного механизма сложной траектории движения, при котором возможно образование профильного вала. Однако упругие деформации, действующие на заготовку в процессе ее точения, вследствие радиальных усилий резания значительно влияют на форму изготавливаемой детали, а обработка поверхности предполагается в основном на концах вала, или же на поверхности значительно удаленной от закрепления, то данная заготовка будет испытывать большие нагрузки, связанные с действием упругих деформаций (рис. 1).

В Юго-Западном государственном университете разработано устройство для комбинированной обработки профильных валов на уни-

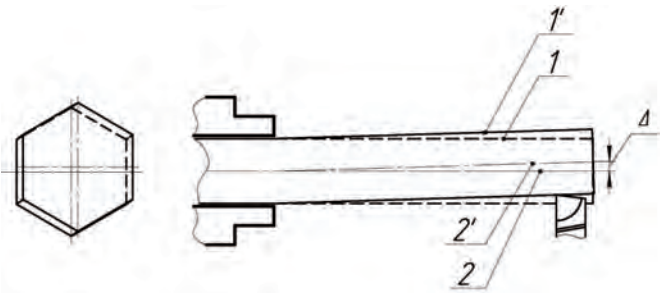


Рис. 1. Схема обработки заготовки при точении одним резцом

версальных станках посредством планетарного механизма. Планетарный механизм (рис. 2) состоит из корпуса 1 имеющего внутренне зацепление, закрепляемый неподвижно на станине токарного станка. Внутри корпуса располагаются зубчатые колеса 2, 3, входящие в зацепление с корпусом. Валы зубчатых колес закреплены посредством подшипников с одной стороны на планшайбе 3 закрепляемой в шпинделе токарного станка, а с другой стороны в крышке 11.

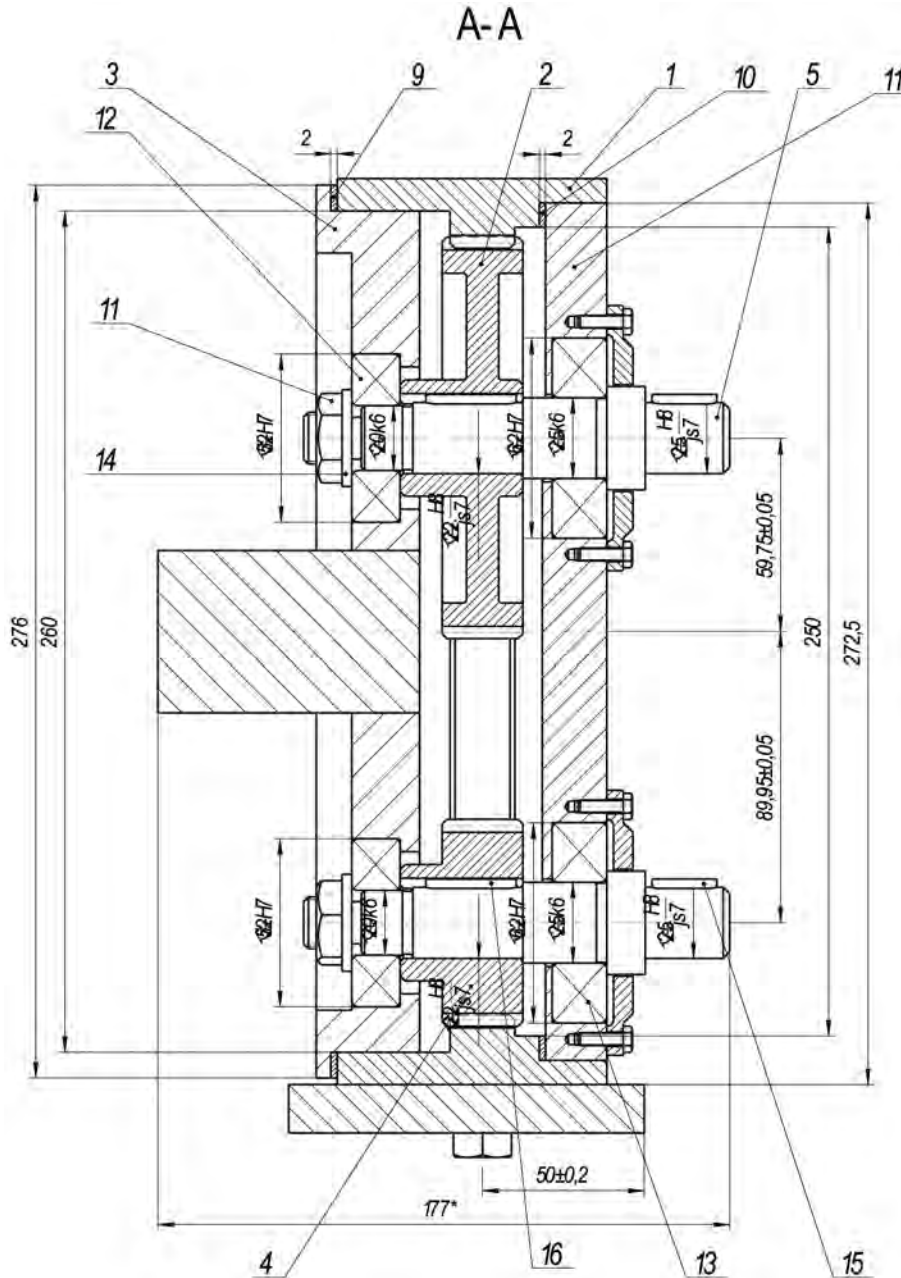


Рис. 2. Планетарный механизм

При комбинированной обработке реализуется два способа планетарного перемещения инструментов. Схема движения инструментов показана на рис. 3. Способ аппроксимацией прямой линии многоугольника участком удлин-

ной гипотрохоиды, в котором на валу подвижного колеса закрепляют инструментальный блок, а соотношение подвижного колеса и неподвижного равно $1 / N$, где N — количество граней получаемого многогранника для чисто-

вой обработки. Способ аппроксимации прямой линии многоугольниками гипотрохидами в виде овалов, заключающийся в том, что на валу подвижного колеса закрепляют резцовый блок, в котором количество резцов выбирают из условия, что каждый резец образует две стороны обрабатываемого многогранника, а соотношение неподвижного колеса и подвижного равно 1:2 для лезвийной обработки. Для закрепления лезвийного инструмента применяют резцовый блок с возможностью настройки вылета резцов [4].

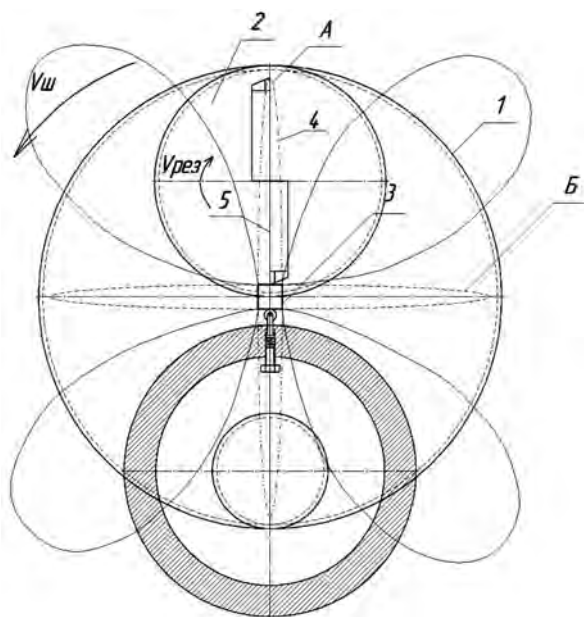


Рис. 3. Схемы формообразования гранной поверхности комбинированным движением инструментов

Чистовая обработка может выполняться с помощью абразивного инструмента.

Предложенное конструктивное решение позволит не только обеспечить хорошие динамические характеристики данному приспособлению, поскольку резцовые блоки будут иметь одинаковые массы динамической системы с равными углами относительно друг друга, но и обеспечить точность изготовления и качество обрабатываемой поверхности.

Сила давления абразивного инструмента на деталь назначается равной тангенциальной составляющей силы резания.

Известно выражения для нахождения силы резания при абразивной обработке [5]

$$P_z = \sqrt{\frac{\pi \cdot \text{tg} \gamma \cdot HV \cdot \sigma_{сж}}{1 - \eta}} \cdot \frac{B \cdot V_{дем} \cdot t}{V_{аб}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{сж}$ HV – соответственно предел прочности обрабатываемого материала на сжатие и твердость по Виккерсу; γ – половина угла при вершине конусообразного зерна; $V_{дем}$ – скорость

детали; $V_{аб}$ – скорость абразива; t – снимаемый припуск; B – ширина абразивного инструмента; η – безразмерный коэффициент, учитывающий степень затупления зерен круга, изменяется в пределах $0 \dots 1$ $\eta \rightarrow 0$ для острого зерна, $\eta \rightarrow 1$ для затупленного зерна круга; кинематико-геометрический смысл этого коэффициента в процессах устойчивого шлифования со стабильно поддерживаемыми высотными характеристиками режущего рельефа рабочей поверхности круга подробно рассмотрен в работе [6].

Таким образом, расчет абразивного инструмента сводится к расчету параметра B .

$$B = \frac{P_z \cdot V_{кр}}{V_{дем} \cdot t} \cdot \sqrt{\frac{1 - \eta}{\pi \cdot \text{tg} \gamma \cdot HV \cdot \sigma_{сж}}} \quad (2)$$

Получаемый профиль поперечного сечения имеет форму правильного многоугольника с выгнутыми наружу (выпуклыми) сторонами. Представляет интерес расчет параметра t , то есть отклонения формы получаемого профиля от желаемого правильного многоугольника, так как данный параметр будет численно равняться величине снимаемого припуска для абразивной обработки.

Параметрическое уравнение гипотрохида γ :

$$\begin{cases} x(\varphi) = (R - r) \cdot \cos(\varphi) + d \cdot \cos\left(\frac{R - r}{r} \cdot \varphi\right) \\ y(\varphi) = (R - r) \cdot \sin(\varphi) - d \cdot \sin\left(\frac{R - r}{r} \cdot \varphi\right) \end{cases} \quad (3)$$

где φ – параметр угла, изменяющийся от $0 \dots 2\pi$; x, y – координаты точки гипотрохида на плоскости относительно центра координат O в системе координат XOY ; R – радиус неподвижного колеса; r – радиус колеса, на валу которого расположен резцедержатель; d – расстояние от оси резцедержателя до обрабатываемой заготовки.

Параметрические уравнения гипотрохид α и β могут быть получены поворотом фигуры γ на угол $\frac{\pi}{3}$ и $\frac{2\pi}{3}$ соответственно.

Для нашего случая соотношение $\frac{R}{r} = 2$ является постоянным, система уравнений (1) преобразуется к виду [7]:

$$\begin{cases} x(\varphi) = r \cdot \cos(\varphi) + d \cdot \cos(\varphi) = (r + d) \cdot \cos(\varphi) \\ y(\varphi) = r \cdot \sin(\varphi) - d \cdot \sin(\varphi) = (r - d) \cdot \sin(\varphi) \end{cases} \quad (4)$$

Чтобы оценить t (АС) получаемого многоугольника необходимо найти координаты точки пересечения гипотрохид. Им соответствует точка B гипотрохида γ с координатами $x(\varphi_0)$, $y(\varphi_0)$, причем значение параметра φ_0 можно определить следующим образом.

Для начала рассчитаем угол между лучами OA и OB (рис. 4):

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2} \div N,$$

где N – количество резцов (для шестигранного профиля N = 3).

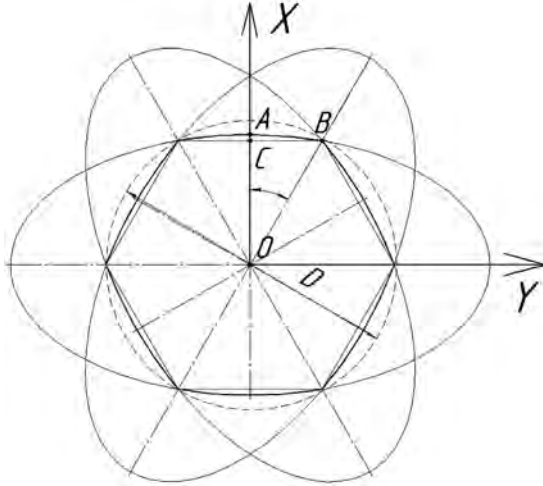


Рис. 4. Расчетная схема

Запишем уравнение тангенса угла φ

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= \frac{BC}{OC} = \frac{x(t_0)}{y(t_0)} = \\ &= \frac{r+d}{r-d} \cdot \operatorname{ctg}(\varphi_0) = \frac{r+d}{r-d} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}(\varphi_0)} \end{aligned} \quad (5)$$

Из уравнения 5 найдем значение φ_0

$$\varphi_0 = \operatorname{arctg} \left(\frac{r+d}{r-d} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}(\varphi)} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{r+d}{r-d} \cdot \operatorname{ctg}(\varphi) \right). \quad (6)$$

Далее найдем расстояние от центра гипотрохоиды до верхней точки гипотрохоиды

$$OA = y \left(\frac{\pi}{2} \right) = r - d. \quad (7)$$

Искомая абсолютная погрешность формы определяется по формуле

$$t = AC = |OA - y(\varphi_0)|. \quad (8)$$

Подставляя выражение (6) во второе уравнение системы (4) находим

$$y(\varphi_0) = (r-d) \cdot \sin \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{r+d}{r-d} \cdot \operatorname{ctg}(\varphi) \right) \right). \quad (9)$$

В уравнение (8) подставляем уравнения (7), (9), и получаем

$$t = \left| r-d - (r-d) \cdot \sin \left(\operatorname{arctg} \left(\operatorname{ctg} \left(\frac{\pi}{2 \cdot N} \right) \frac{r+d}{r-d} \right) \right) \right| \quad (10)$$

Подставив значение снимаемого припуска (10) в выражения (2) получим толщину абразивного инструмента.

Абразивный блок настраивается таким образом, что сила резания в точке A на расчетной схеме (рис. 4) равна нулю, а в точке B равна силе резания при точении.

Выводы

В статье предложен способ обработки гранных поверхностей планетарным точением. Приведен расчет параметра ширины абразивного инструмента.

Работа была выполнена при финансовой поддержке гранта президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-2653.2014.8.

Библиографический список

1. Разумов М. С. Повышение производительности формообразования многогранных наружных поверхностей посредством планетарного механизма: автореф. дис. канд. техн. наук. – Курск, 2011. – 18 с.
2. Губин Т. И., Ивченко Т. Г. Обоснование рациональных параметров комбинированной обработки тонким точением и алмазным выглаживанием // сборник научных работ XI Всеукраинской студенческой научно-технической конференции по технологии машиностроения / под общ. ред. С. В. Ковалевского, д-ра техн. наук., проф. – Краматорск: ДГМА, 2009. – С. 12-15.
3. Барботько А. И., Разумов М. С. Обработка многогранников с чётным числом сторон на токарном станке // Вестник машиностроения. – 2010. – № 1. – С. 46-48.
4. Разумов М. С., Пономарев В. В., Романенко А. Д. Многолезвийный резцовый блок // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ -2010): сб. статей II Междунар. науч.-техн. конф. – Курск, 2010. – С. 150-152.
5. Гуцаленко Ю. Г., Полянский В. И. Уменьшение силовой напряженности для повышения ресурса производительности алмазного шлифования // Сборники научных работ НТУ «ХПИ»: Різання та інструмент в технологічних системах № 80 – НТУ «ХПИ», 2011. – С. 62-67.
6. Gucalenko Ju. G. Stojkost' kruga v rabochih processah racional'nogo stabil'nogo shlifovanija // Visn. Nac. tehn. un-tu "Hark. politehn. in-t". Temat. vip.: Tehnologii v mashinobuduvanni. – 2005. – № 24. – S. 50-63.
7. Емельянов С. Г., Гладышкин А. О., Разумов М. С., Яцун С. Ф. Автоматизация технологической подготовки производства профильных валов // Известия ЮЗГУ. – 2012. – № 1 (40). – С. 164-167.

Поступила 10.03.2015