

УДК 621.7.014

**Т.А. Харитонова, В.Г. Гусев**

**T.A. Kharitonova, V.G. Gusev**

Владимирский государственный университет  
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs

## **ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ ПРИ ПЛАНЕТАРНОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ**

### **HOLES MACHINING PRODUCTIVITY AT PLANETARY MILLING**

Рассмотрена производительность обработки отверстий ответственных корпусных деталей на обрабатывающем центре с числовым программным управлением (ЧПУ). Определены факторы, влияющие на производительность планетарного фрезерования отверстий и математические модели технологической и цикловой производительности. Установленные многофакторные экспериментальные модели позволяют оптимизировать режимы планетарного фрезерования и уменьшить технологическую себестоимость обработки отверстий.

**Ключевые слова:** обрабатывающий центр, планетарное фрезерование, технологическая производительность, цикловая производительность, математическая модель, многофакторный эксперимент, независимые факторы процесса фрезерования, уравнение регрессии.

Holes machining productivity of case details on the processing NC machining center is observed. The factors acting on the holes planetary milling productivity and mathematical models of technological and cyclic productivity have been defined. The installed multifactorial experimental models allow to optimise regimes of planetary milling and to reduce the technological cost price of holes machining process.

**Keywords:** machining center, planetary milling, technological productivity, cyclic productivity, mathematical model, multifactorial experiment, independent factors of milling process, the regression equation.

Числовое программное управление изменило облик практически всего станочного парка и позволило разработать новые способы обработки деталей. Одним из приоритетных направлений современного машиностроения является эффективное использование фрезерных обрабатывающих центров с ЧПУ. Эти станки многофункциональны и способны обеспечить процесс изготовления деталей с высокой точностью и производительностью за одну или две установки заготовки.

Для обработки отверстий на обрабатывающих центрах целесообразно использовать планетарное фрезерование, которое создает серьезную конкуренцию обработке отверстий корпусных деталей мерным и расточным инструментом. Возможность производственной обработки отверстий различного назначения и разных диаметров одним режущим инструментом (фрезой) по-

звolyет сократить номенклатуру не только режущего, но и вспомогательного инструмента, а также штучно-калькуляционное время, что приводит к снижению технологической себестоимости изделий.

Производительность механической обработки во многом зависит от того, насколько правильно назначены режимы резания, выбраны параметры фрезы и построена технологическая операция в целом. Рассмотрим технологическую и цикловую производительность обработки отверстий планетарным фрезерованием и на основании анализа разработаем рекомендации, направленные на ее повышение.

Было определено штучно-калькуляционное время на выполнение технологической операции обработки отверстий мерным и расточным инструментом, а также цилиндрической фрезой по схеме планетарного фрезерования. Для этого были проанализированы элементы штучно-калькуляционного времени  $T_{шт.к}$  с учетом жесткости системы «станок – приспособление – инструмент – заготовка», альтернативных траекторий движения режущего инструмента в процессе обработки, величины партии заготовок, запускаемых одновременно в производство, а также с учетом обеспечения технологических и технических требований к обработанным поверхностям.

В результате анализа были получены значения  $T_{шт.к}$  для рассматриваемых технологических методов обработки и был выполнен расчет числа деталей, изготовленных в течение часа и одной рабочей смены режущим мерным, расточным инструментом, а также цилиндрической фрезой, работающей по схеме планетарного фрезерования:

$$Q_{ч} = 60 / T_{шт.к}, \quad (1)$$

где  $T_{шт.к}$  – штучно-калькуляционное время на выполнение операции, шт./ч.

Результаты обработки отверстий представлены на рис. 1, из которого следует, что при обработке мерным инструментом (сверлом, зенкером, разверткой) производительность составила 580 шт., при растачивании – 600 шт., а при планетарном фрезеровании на обрабатывающем центре с ЧПУ – 1100 деталей в смену, т.е. последний способ обработки является наиболее производительным.

Получены математические модели технологической и цикловой производительности планетарного фрезерования соответственно, а именно:

$$Q_{т} = \frac{znS_z}{\pi D_e m}, \quad (2)$$

$$Q_{ц} = \frac{znS_z}{\pi D m + znS_z T_{xx}}, \quad (3)$$

где  $z$  – число зубьев фрезы;  $n$  – частота вращения фрезы,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $S_z$  – скорость подачи на зуб фрезы,  $\text{мм/зуб.}$ ;  $D_e$  – диаметр окружности, эквидистанты движения оси фрезы в процессе планетарного фрезерования отверстия,  $\text{мм}$ ;  $m$  – коэффициент, учитывающий превышение полного оборота фрезы вокруг центра обрабатываемого отверстия;  $T_{\text{хх}}$  – время, затрачиваемое на холостые ходы,  $\text{мин}$  [2].

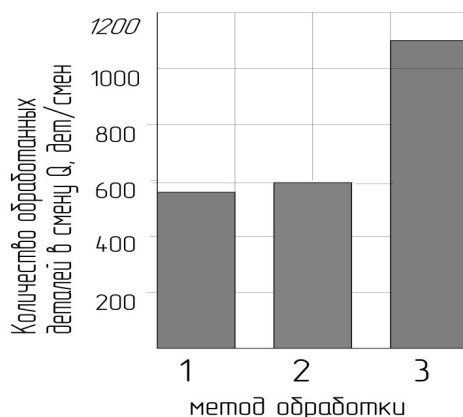


Рис. 1. Производительность механической обработки отверстий при использовании различных технологических способов с использованием: 1 – мерного инструмента; 2 – расточного инструмента; 3 – цилиндрической фрезой по схеме планетарного фрезерования

Для оценки влияния на производительность факторов, входящих в формулу (2), изменяли их значения в интервалах  $S_z = 0,05\text{--}0,20$   $\text{мм/зуб.}$ ,  $z = 2\text{--}4$  шт.,  $n = 1500\text{--}3000$   $\text{мин}^{-1}$ ,  $d = 5\text{--}8$   $\text{мм}$ . Влияние факторов  $S_z$ ,  $z$ ,  $n$  и  $d$  представлено функциями  $Q_T = f(S_z)$ ,  $Q_T = f(z)$ ,  $Q_T = f(n)$ ,  $Q_T = f(d)$ . Кривые 1–4 (рис. 2) описываются соответственно уравнениями:

$$Q_T = 3,18z \text{ при } n = 2000 \text{ мин}^{-1}, d = 7 \text{ мм}, S_z = 0,1 \text{ мм/зуб.}, \quad (4)$$

$$Q_T = 95,5S_z \text{ при } n = 2000 \text{ мин}^{-1}, z = 3, d = 7 \text{ мм}, \quad (5)$$

$$Q_T = 0,005n \text{ при } S_z = 0,1 \text{ мм}, z = 3, d = 7 \text{ мм}, \quad (6)$$

$$Q_T = 38,22 / (11 - d) \text{ при } n = 2000 \text{ мин}^{-1}, z = 3, S_z = 0,1 \text{ мм/зуб.} \quad (7)$$

При увеличении скорости круговой подачи  $S_z$ , числа зубьев  $z$ , частоты вращения  $n$  и диаметра фрезы  $d$  технологическая производительность возрастает.

Для обеспечения максимально возможной производительности планетарного фрезерования отверстий корпусных деталей при одновременном выполнении технологических требований к обработанным поверхностям изделия необходимо соблюдать следующие рекомендации:

– использовать фрезы максимального диаметра и с наибольшим числом зубьев;

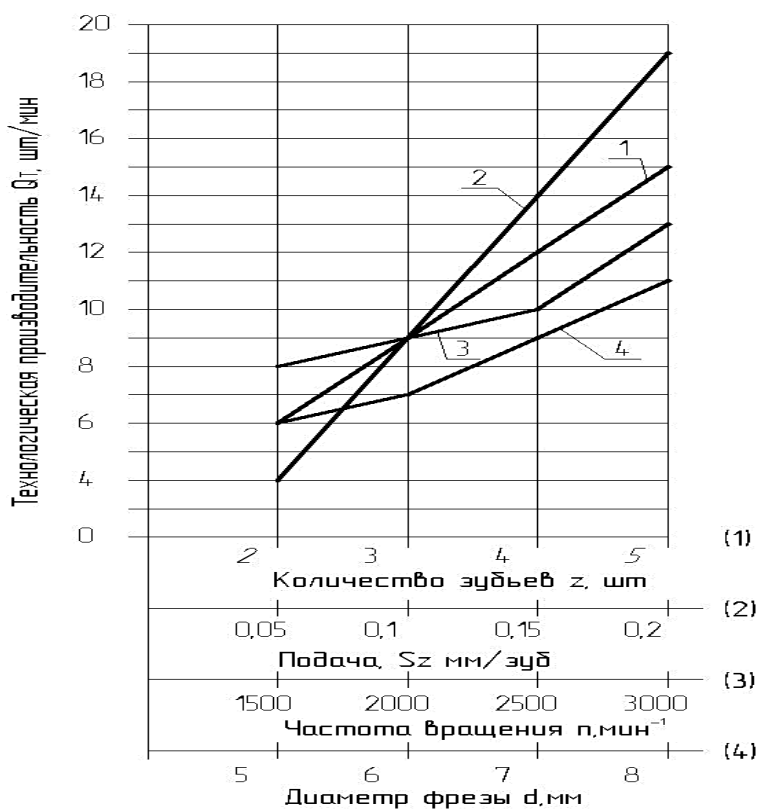


Рис. 2. Зависимость технологической производительности от: 1 – числа зубьев  $z$ ; 2 – подачи  $S_z$ ; 3 – частоты вращения  $n$ ; 4 – диаметра фрезы  $d$

– фрезеровать заготовки при максимальных скоростях круговой подачи и частотах вращения в соответствии с возможностями оборудования, ограничивая их значения обеспечением требуемых геометрических характеристик обработанных поверхностей;

– назначать при планетарном фрезеровании отношение радиуса фрезы к эксцентриситету в пределах  $(0,45-0,75) d_{от}$ , где  $d_{от}$  – диаметр отверстия, что позволит проводить эффективную обработку одной фрезой отверстий с двукратным увеличением их диаметров [3].

### Список литературы

1. Харитонов Т.А., Гусев В.Г. Производительность обработки отверстий специзделий различными режущими инструментами // Современные материалы, техника и технология: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. – Курск: Университетская книга, 2014.

2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 912 с.

3. Рыжкин А.А. Режущий инструмент. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 405 с.

Получено 07.12.2015

**Харитоновна Татьяна Александровна** – аспирант кафедры «Технология машиностроения», институт машиностроения и автомобильного транспорта, Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, e-mail: tata.1990x@yandex.ru.

**Гусев Владимир Григорьевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения», институт машиностроения и автомобильного транспорта, Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, e-mail: prof\_gusev@mail.ru.