

УДК 674.05:621.914.1

Т. В. Полякова, кандидат технических наук,
старший преподаватель (УГЛТУ, г. Екатеринбург, Россия);

В. Г. Новосёлов, кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой (УГЛТУ, г. Екатеринбург, Россия)

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ СИСТЕМЫ «СТАНОК – ПРИСПОСОБЛЕНИЕ – ИНСТРУМЕНТ – ДЕТАЛЬ» НА ТОЧНОСТЬ ПРОДОЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Для оценки влияния жесткости системы СПИД на точность обработки заготовок проведены исследования деформаций валов верхней и левой боковой ножевых головок четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523». Сила определялась динамометром сжатия, для измерения деформации использовалась стойка с индикатором часового типа. Измерения проводились при нагружении и разгрузке трехкратно, по усредненным значениям построены соответствующие графики зависимости силы и деформации. Расчетом определены возможные при работе станка средние и мгновенные силы резания. Установлено, что под действием максимальной мгновенной силы резания динамический прогиб на конце вала у верхней ножевой головки составит 0,023 мм, а у левой боковой – 0,003 мм, что на порядок меньше, чем допускаемое по нормам точности отклонение размера детали. Следовательно, величиной динамического прогиба валов данного станка, влияющей на точность обработки, можно пренебречь.

To assess the impact of AIDS on the system hardness precision machining workpieces held to study deformations of shafts top and left side cutter heads četyrehsto-longitudinal-milling machine was "Beaver 523". Power was determined by the dynamometer, FAS, to measure the deformation of the front was used with the time type. Measurement procedure of loading and unloading is carried out three times, on average the values in the stroeny dependency graphs of force and deformation. Calculation of possible machine the average and instantaneous cutting forces. found that under dei Multifiber maximum instantaneous cutting forces the dynamic deflection at the end of the shaft at the top-it will be head cutter 0.023 mm and 0.003 mm left sidebar that is less than the permitted deviation level accuracy standards. Consequently, the size of the dynamic deflection rollers the machine tool on Machining accuracy can be neglected.

Введение. Точность является одним из основных показателей качества изготавливаемой продукции и с точки зрения надежности технологической системы по ГОСТ [1] принимается в качестве основного критерия работоспособности. При обработке древесины резанием конечный размер детали определяется фактическим положением плоскости резания. Возникающие при резании силы воспринимаются инструментом и приспособлением, в котором инструмент закреплен, а также деталью и приспособлением, в котором она установлена и закреплена, благодаря чему образуется замкнутая силовая система – СПИД. Упругость системы СПИД приводит к деформациям ее элементов под действием сил резания и закрепления, инерционных и других сил и к образованию погрешностей форм и размеров обрабатываемой детали. Периодическое изменение силы резания обуславливает соответствующее периодическое изменение деформаций системы СПИД, то есть вибрацию. Упругие деформации обусловлены отжатиями основных узлов и отдельных элементов технологической системы, также контактными деформациями. Непостоянство сил резания в процессе обработки детали, обусловленное изменением сечения срезаемой

стружки, изменением механических свойств материала, износом и затуплением режущего инструмента, колебаниями снимаемого припуска материала, различной жесткости детали ввиду неоднородности физико-механических свойств древесины, вызывает и неравномерность упругих деформаций системы «станок – приспособление – инструмент – деталь», что влияет на точность обработки заготовки.

Основная часть. Для оценки влияния жесткости системы СПИД на точность обработки заготовок проведены исследования деформаций валов верхней и левой боковой ножевых головок четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523» в лаборатории кафедры станков и инструментов УГЛТУ. Нагружение валов производилось с помощью настроечных механизмов станка, сила определялась динамометром сжатия ДОСМ-3-1, для измерения деформации использовалась стойка с индикатором часового типа (рис. 1).

Сила прикладывалась к валу в средней части ножевой головки, и в этом сечении определялась величина деформации (рис. 2). Измерения проводились при нагрузке и разгрузке трехкратно, по усредненным значениям построены соответствующие графики зависимости силы и деформации, представленные на рис. 3.

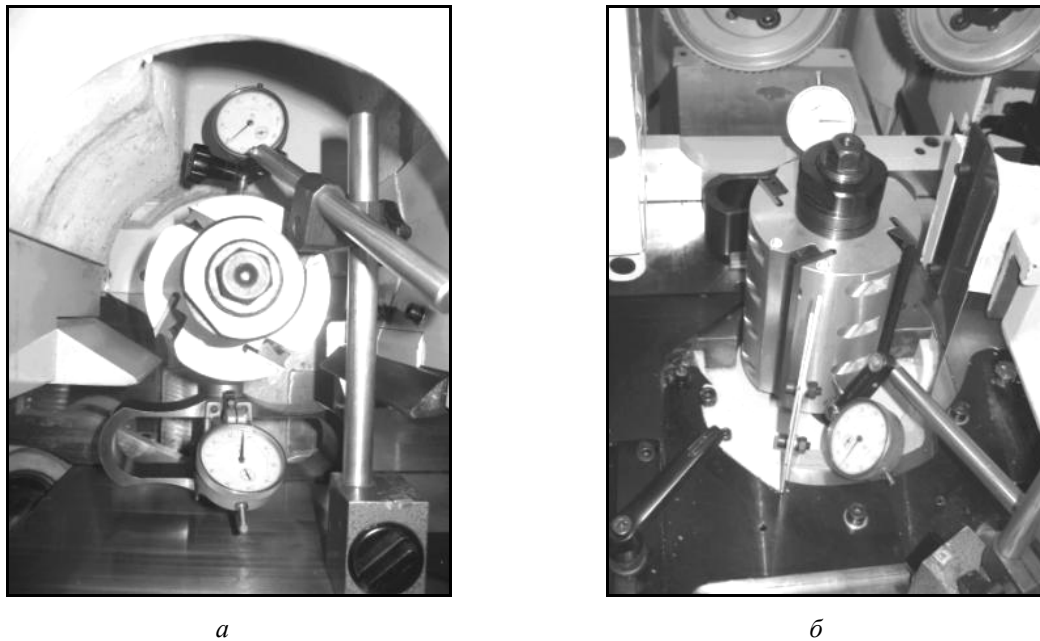


Рис. 1. Установка приборов для измерения сил и деформаций на верхней (а) и левой боковой (б) ножевых головках четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523»

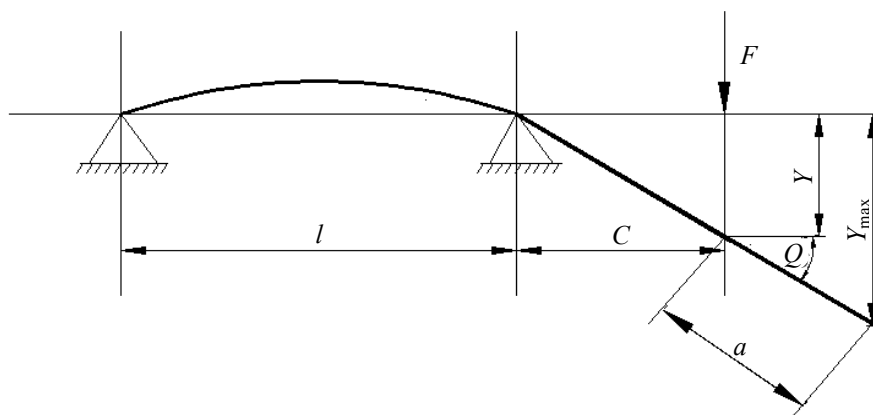


Рис. 2. Схема нагружения и измерения деформации валов ножевых головок четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523»

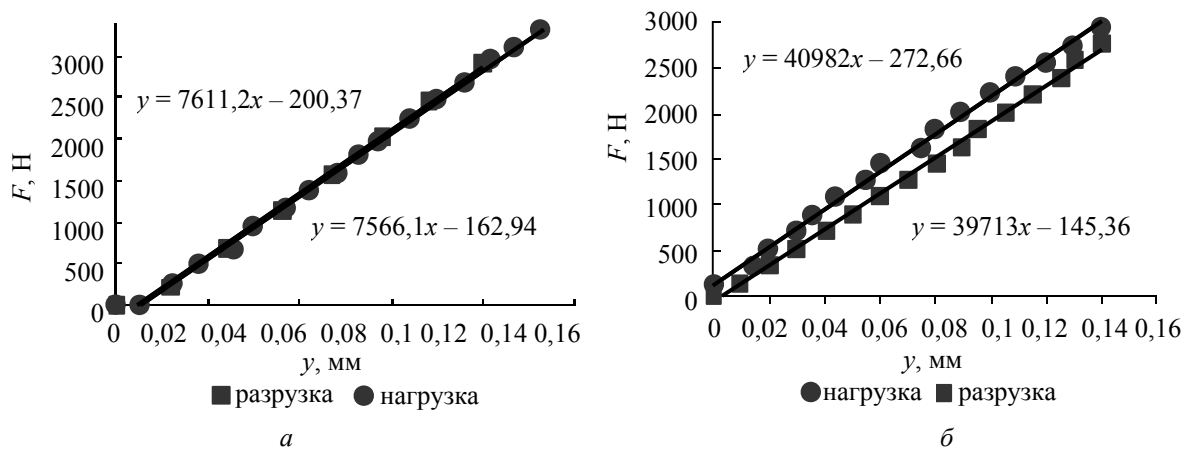


Рис. 3. Графики зависимости силы и деформации валов верхней (а) и левой боковой (б) ножевых головок четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523»

Как видно, нагрузочные и разгрузочные зависимости силы и деформации валов несколько различаются ввиду трения в соединениях деталей и гистерезиса в их материалах. Однако с достаточной для решения поставленной задачи точностью можно принять средние коэффициенты пропорциональности силы и деформации валов ножевых головок: верхней – 7589 Н/мм и левой боковой – 40303 Н/мм.

Из уравнения изогнутой оси двухопорной балки с нагруженной консолью [2]:

$$y = \frac{F c^2 (l + c)}{EJ 3}, \quad (1)$$

можно выразить приведенную к валу постоянного диаметра жесткость сечения EJ :

$$EJ = \frac{F c^2 (l + c)}{y 3}, \quad (2)$$

где дробь F / y и есть определенный из опыта коэффициент пропорциональности. Для определения деформации валов в процессе фрезерования выполним расчет сил резания на основе решения обратной задачи [3]. Окружная касательная сила резания средняя за оборот фрезы

$$F_{x0} = \frac{1000P\eta}{V}, \quad (3)$$

где P – мощность электродвигателя механизма резания, кВт; η – к. п. д. механизма резания; V – скорость резания, м/с.

Средняя сила резания на дуге контакта лезвий с древесиной, исходя из баланса работы сил:

$$F_{x_{\text{зуб}}} = \frac{F_{x0} \pi D}{l_k z}, \quad (4)$$

где D – диаметр фрезы, мм; l_k – длина дуги контакта лезвия с древесиной, мм; z – количество лезвий фрезы. Длина дуги контакта лезвия с древесиной

$$l_k = \sqrt{tD}, \quad (5)$$

где t – глубина фрезерования, мм.

Для станка «Beaver 523» с частотой вращения шпинделей 6000 мин^{-1} , диаметром фрез 125 мм, мощностью двигателя верхней головки 11 кВт, двигателя левой головки 5,5 кВт, считая к. п. д. пары подшипников качения 0,99, с количеством лезвий на фрезах 4, глубиной фрезерования 2 мм, получим для ножевых головок: верхней $F_{x_{\text{зуб}}} = 1722 \text{ Н}$ и левой боковой $F_{x_{\text{зуб}}} = 1174 \text{ Н}$. Приблизительно, полагая, что мгновенная сила ре-

зания нарастает по закону треугольника, можно принять ее максимальное значение равным удвоенному среднему, тогда получим для ножевых головок: верхней $F_{x_{\text{max}}} = 3444 \text{ Н}$ и левой боковой $F_{x_{\text{max}}} = 2348 \text{ Н}$.

Исходя из сделанных предположений, максимальная сила отжима составит для ножевых головок: верхней $F_{x_{\text{max}}} = 109 \text{ Н}$ и левой боковой $F_{x_{\text{max}}} = 74 \text{ Н}$. Ввиду дорезонансного режима работы валов можно считать их прогибы пропорциональными нагрузке, тогда деформация в средней части лезвия ножа фрезы не превысит 0,014 мм для верхней головки и 0,002 мм для боковой. Считая кривизну изогнутой оси вала малой, а также ввиду жесткости корпусов ножевых головок, примем, что деформация вала пропорциональна длине участка консоли. Тогда максимальный прогиб на конце верхней ножевой головки вала приблизительно составит 0,023 мм, а у левой боковой – 0,003 мм. Эта величина прогибов валов на порядок меньше, чем допускаемое по нормам точности отклонение размера детали 0,2 мм, обработанной на четырехстороннем продольно-фрезерном станке [4].

Заключение 1. Жесткость системы СПИД оказывает влияние на деформации валов ножевых головок фрезерного станка под действием сил отжима.

2. Величина деформаций валов ножевых головок реального фрезерного станка «Beaver 523» на порядок меньше, чем отклонение размера детали, допускаемое по нормам точности для четырехсторонних продольно-фрезерных станков.

Литература

1. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции: ГОСТ 27.202-83. – Введ. 1984-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 50 с.
2. Любошиц, М. И. Справочник по сопротивлению материалов / М. И. Любошиц, Г. М. Ицкович. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Минск: Выш. шк., 1969 – 464 с.
3. Глебов, И. Т. Обработка древесины методом фрезерования: учеб. пособие / И. Т. Глебов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. – 192 с.
4. Деревообрабатывающее оборудование. Станки строгальные четырехсторонние. Нормы точности: ГОСТ 7315-83. – Введ. 1983-04-28. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 9 с.

Поступила 25.02.2013