

Машиностроение

УДК 62-3

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЕРТИКАЛЬНОГО КООРДИНАТНО-РАСТОЧНОГО СТАНКА

Б.М. Горшков¹, Д.Г. Токарев¹, О.В. Маршанская²

¹ Тольяттинский государственный университет
445667, Тольятти, ул. Белорусская, 14

² Поволжский государственный университет сервиса

Разработка динамической модели является важным этапом проектирования оборудования. Исследование его динамических характеристик позволяет учесть влияние параметров станка на точность обработки. Найдены аналитические зависимости между контактными деформациями в стыках корпусных деталей станка и точностью в его рабочем пространстве. Получены амплитудно-частотные характеристики колебаний упругой системы станка.

Ключевые слова: станок, динамическая модель, динамические характеристики, точность обработки

Разработка динамической модели координатно-расточного станка вертикальной компоновки и исследование упругих систем технологического оборудования являются важным этапом на пути его проектирования, так как позволяют изучить влияние отдельных конструктивных и силовых параметров на точность обрабатываемых заготовок. Эта задача приобретает значительную актуальность, например, при создании высокоточных координатно-расточных станков. Поэтому целью работы является нахождение аналитических зависимостей, описывающих динамику упругой системы прецизионного координатно-расточного станка вертикальной компоновки.

Учитывая физические особенности исследуемого координатно-расточного станка, и прежде всего наличие стыков, составим динамическую модель его упругой системы.

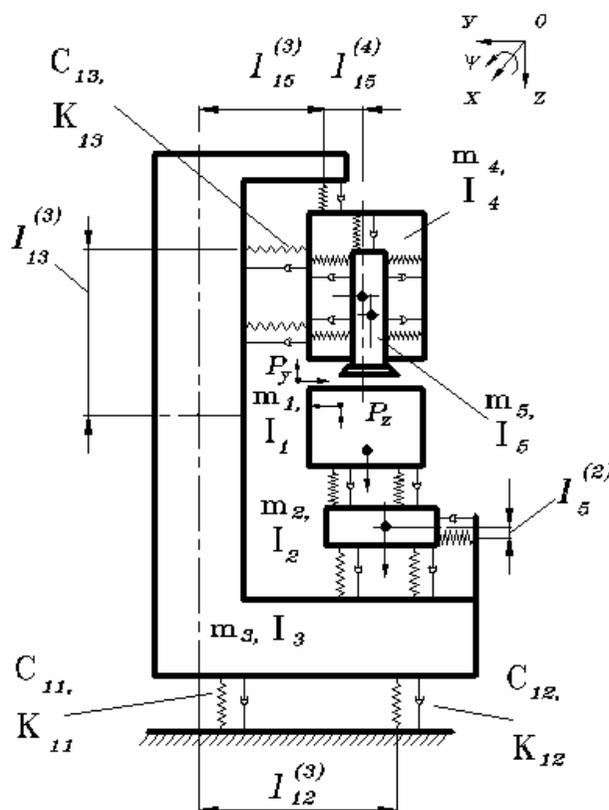
Известно [1], что при колебаниях узлы станка и обрабатываемая заготовка перемещаются как абсолютно жесткие тела, при этом деформации станка в основном сосредоточены в его стыках.

Рассмотрим расчетную динамическую модель станка в виде линейной много-массовой системы с упругими и диссипативными связями [2]. Выбор количества масс определяется задачами исследования, стремлением, с одной стороны, упростить

¹ Горшков Борис Михайлович, кандидат технических наук, доцент
Токарев Дмитрий Геннадьевич, старший преподаватель
Маршанская Ольга Васильевна, кандидат технических наук, доцент
e-mail: fti@tltsu.ru

расчетную схему, а с другой стороны – учесть наиболее существенные параметры. Следует отметить, что особый интерес при исследовании представляют низшие собственные частоты системы и амплитуды колебаний.

Учитывая, что доминирующими перемещениями, как показали проведенные предварительно экспериментальные исследования, являются перемещения в стыках, колебательную систему станка можно представить в виде плоской модели, состоящей из пяти сосредоточенных масс (рис. 1).



Р и с. 1. Расчётная схема станка в координатной плоскости YOZ

Пусть $m_1, I_1; m_2, I_2; m_3, I_3; m_4, I_4; m_5, I_5$ – массы и моменты инерции узлов станка; $c_1, c_2, c_3, \dots, c_{34}$ и $k_1, k_2, k_3, \dots, k_{34}$ – коэффициенты жесткости и демпфирования соответственно.

Внешним возмущающим воздействием (источником вынужденных колебаний) полагаем силу резания, возникающую при фрезеровании обрабатываемой заготовки и в первом приближении изменяющуюся по гармоническому закону $P = P_0 \sin \omega t$ [3].

Колебания будем рассматривать в направлении оси OY и угла поворота ψ , так как в этом направлении они максимальны по величине и оказывают наибольшее влияние на точность и качество обработки.

Учитывая вышесказанное, за обобщенные координаты принимаем относительные перемещения масс, отсчитываемые от начала координат, которые расположены в центре тяжести каждой массы, и углы поворота масс относительно их центров тя-

жести. Для принятой модели, используя принцип Даламбера, составим уравнения равновесия:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_1 \cdot \ddot{z}_1 - R_3 - R_4 = P_z; \\ I_1 \cdot \ddot{\psi}_1 - R_3 \cdot l_{3(1)} + R_4 \cdot l_{4(1)} = P_z \cdot l_{z(2)} + P_y \cdot l_{y(2)}; \\ m_2 \cdot \ddot{z}_2 + R_3 + R_4 - R_1 - R_2 = 0; \\ I_2 \cdot \ddot{\psi}_2 + R_3 \cdot l_{3(2)} - R_4 \cdot l_{4(2)} - R_1 \cdot l_{1(2)} + R_2 \cdot l_{2(2)} + R_5 \cdot l_8 = 0; \\ m_3 \cdot \ddot{z}_3 - R_{15} + R_1 + R_2 - R_{11} - R_{12} = 0; \\ I_3 \cdot \ddot{\psi}_3 + R_{15} \cdot l_{15(3)} + R_{13} \cdot l_{13(3)} - R_{14} \cdot l_{14(3)} - R_1 \cdot l_{1(3)} - R_2 \cdot l_{2(3)} - R_5 \cdot l_{5(3)} + \\ + R_{11} \cdot l_{11(3)} + R_{12} \cdot l_{12(3)} = 0; \\ m_4 \cdot \ddot{z}_4 + R_{15} - R_{16} = 0; \\ I_4 \cdot \ddot{\psi}_4 + R_{15} \cdot l_{15(4)} - R_{16} \cdot l_{16(4)} - R_{13} \cdot l_{13(4)} - R_{14} \cdot l_{14(4)} + R_{17} \cdot l_{17(4)} + R_{18} \cdot l_{18(4)} + \\ + R_{19} \cdot l_{17(4)} + R_{20} \cdot l_{18(4)} = 0; \\ m_5 \cdot \ddot{z}_5 + R_{16} = -P_z; \\ I_5 \cdot \ddot{\psi}_5 + R_{16} \cdot l_{16(5)} - R_{17} \cdot l_{17(5)} - R_{19} \cdot l_{17(5)} - R_{18} \cdot l_{18(5)} - R_{20} \cdot l_{18(5)} = -P_z \cdot l_{z(5)} + \\ + P_y \cdot l_{y(5)}. \end{array} \right. \quad (1)$$

В уравнении (1) $R_1 \dots R_5, R_{11} \dots R_{20}$ – реакции связей узлов станка, а $l_{n(1)} \dots l_{n(5)}, l_{y(2)}, l_{y(5)}, l_{z(2)}, l_{z(5)}$ – геометрические параметры его расчетной схемы.

В результате подстановки силовых и геометрических параметров в уравнение (1) и представления этой системы в операторной форме получаем систему алгебраических уравнений с комплексными коэффициентами $a_{ij}(p)$ относительно передаточных функций $W_z(p)$ и $W_\psi(p)$

$$\begin{aligned} W_{Z_5}(p) &= \frac{Z_5(p)}{P(p)}; \quad W_{Z_4}(p) = \frac{Z_4(p)}{P(p)}; \quad W_{Z_3}(p) = \frac{Z_3(p)}{P(p)}; \\ W_{Z_2}(p) &= \frac{Z_2(p)}{P(p)}; \quad W_{Z_1}(p) = \frac{Z_1(p)}{P(p)}; \quad W_{\Psi_5}(p) = \frac{\Psi_5(p)}{P(p)}; \\ W_{\Psi_4}(p) &= \frac{\Psi_4(p)}{P(p)}; \quad W_{\Psi_3}(p) = \frac{\Psi_3(p)}{P(p)}; \quad W_{\Psi_2}(p) = \frac{\Psi_2(p)}{P(p)}; \\ W_{\Psi_1}(p) &= \frac{\Psi_1(p)}{P(p)}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $Z_1(p) \dots Z_5(p)$ – линейные перемещения, $\Psi_1(p) \dots \Psi_5(p)$ – угловые перемещения соответствующих масс, а $P(p)$ – внешнее возмущение (сила резания) в изображениях по Лапласу.

Представляя систему уравнений (1) в матричной форме, получим уравнение вида

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 & 0 & 0 & a_{16} & a_{17} & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 & 0 & a_{26} & a_{27} & a_{28} & 0 & 0 \\ 0 & a_{32} & a_{33} & a_{34} & 0 & 0 & a_{37} & a_{38} & a_{39} & 0 \\ 0 & 0 & a_{43} & a_{44} & a_{45} & 0 & 0 & a_{48} & a_{49} & a_{9,10} \\ 0 & 0 & 0 & a_{54} & a_{55} & 0 & 0 & 0 & a_{59} & a_{5,10} \\ a_{61} & a_{62} & 0 & 0 & 0 & a_{66} & a_{67} & 0 & 0 & 0 \\ a_{71} & a_{72} & a_{73} & 0 & 0 & a_{76} & a_{77} & a_{78} & 0 & 0 \\ 0 & a_{82} & a_{83} & a_{84} & 0 & 0 & a_{87} & a_{88} & a_{89} & 0 \\ 0 & 0 & a_{93} & a_{94} & a_{95} & 0 & 0 & a_{98} & a_{99} & a_{9,10} \\ 0 & 0 & 0 & a_{10,4} & a_{10,5} & 0 & 0 & 0 & a_{10,9} & a_{10,10} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} W_{Z1} \\ W_{Z2} \\ W_{Z3} \\ W_{Z4} \\ W_{Z5} \\ W_{\Psi1} \\ W_{\Psi2} \\ W_{\Psi3} \\ W_{\Psi4} \\ W_{\Psi5} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где $a_{11} \dots a_{10,10}$ – динамические массовые коэффициенты.

Однако для определения амплитуды относительных колебаний режущего инструмента и обрабатываемой заготовки наиболее удобен метод механического импеданса. Поэтому, осуществив необходимые преобразования, решая систему линейных уравнений относительно передаточных функций $W_{Z5}(p)$, $W_{Z4}(p)$, $W_{Z3}(p)$, $W_{Z2}(p)$, $W_{Z1}(p)$ и $W_{\Psi5}(p)$, $W_{\Psi4}(p)$, $W_{\Psi3}(p)$, $W_{\Psi2}(p)$, $W_{\Psi1}(p)$ и осуществив замену оператора p на $i\omega$ [4], получим

$$\frac{Z_i(i\omega)}{P(i\omega)} = \frac{H_i + iB_i}{C + iD}, \quad \frac{\Psi_i(i\omega)}{P(i\omega)} = \frac{E_i + iF_i}{C + iD}, \quad (4)$$

где H_i , E_i и B_i , F_i – действительные и мнимые части определителей при соответствующих неизвестных;

C и D – действительные и мнимые части главного определителя системы (3).

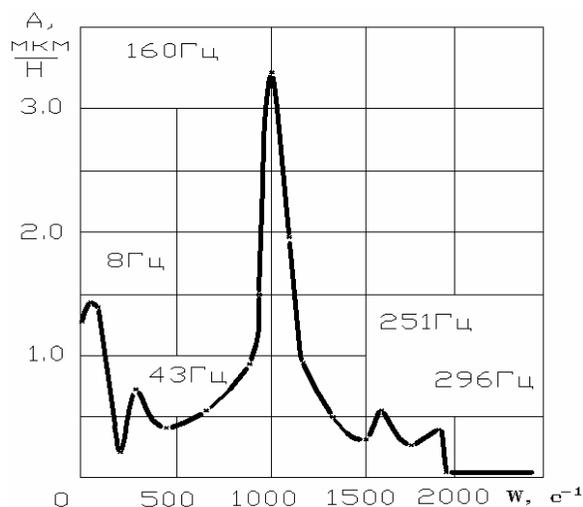
Амплитуду относительных колебаний шпиндельного узла (m_5) и обрабатываемой заготовки (m_1) в вертикальном направлении запишем как модуль разности векторов абсолютных колебаний этих масс:

$$\frac{Y_{отн}}{P} = \frac{\sqrt{[(H_4 - H_5)C + (B_4 - B_5)D]^2 + [(B_4 - B_5)C - (H_4 - H_5)D]^2}}{C^2 + D^2}, \quad (5)$$

$$\frac{\alpha_{отн}}{P} = \frac{\sqrt{[(E_4 - E_5)C + (F_4 - F_5)D]^2 + [(F_4 - F_5)C - (E_4 - E_5)D]^2}}{C^2 + D^2}.$$

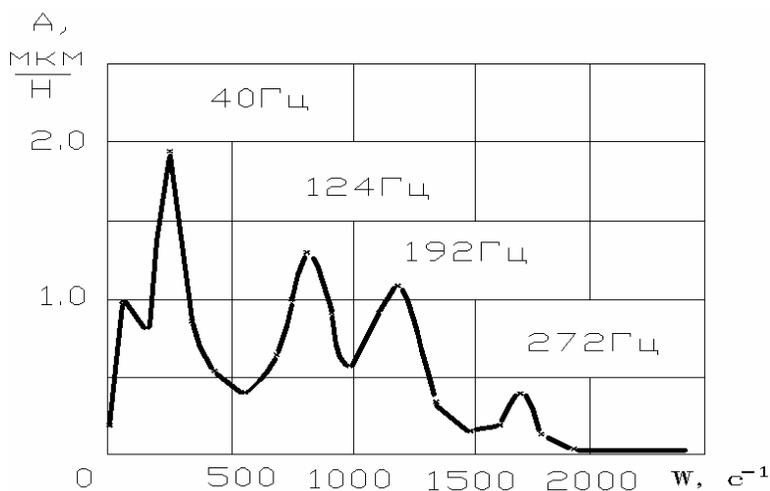
Таким образом, были получены аналитические зависимости, описывающие динамику упругой системы станка. Они позволяют, варьируя параметрами модели, оценить точность обработки заготовки в рабочем пространстве станка. Кроме того, имеется возможность рассчитать амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики системы и оценить влияние жесткостных и демпфирующих свойств на интенсивность относительных колебаний подсистемы «инструмент-заготовка».

На основе найденных вышеуказанных уравнений (с применением соответствующего программно-аппаратного обеспечения) были получены точностные параметры процесса обработки, а также амплитудно-частотные характеристики колебаний пятимассовой динамической модели вертикального координатно-расточного станка.



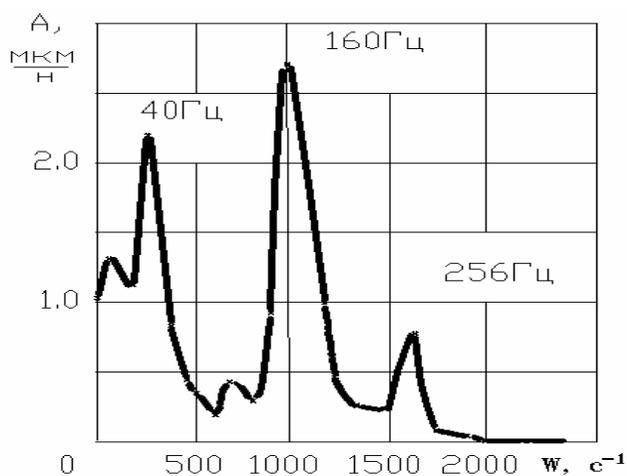
Р и с. 2. АЧХ колебаний инструмента

Для анализа точности обработки наибольший интерес представляют амплитудно-частотные характеристики – кривые колебаний инструмента m_5 и заготовки m_1 . Результаты расчетов изображены на рис. 2 и рис. 3 соответственно. Исходные данные C_1 для расчета были получены на экспериментальной установке, выполненной на базе вертикального координатно-расточного станка модели 24К40СФ4. Коэффициенты жесткости и демпфирования K_i приняты из рекомендаций [3]. Кроме того, вызывает интерес суммарная амплитудно-частотная характеристика подсистемы «инструмент-заготовка» (рис. 4).



Р и с. 3. АЧХ колебаний заготовки

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что снижение собственных частот колебаний подсистем, например, при ослаблении затяжки стыков узлов станка, определяет резонансные частоты, ухудшающие качество обработки, которые можно прогнозировать.



Р и с. 4. АЧХ подсистемы «инструмент-заготовка»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Игнатъев А.А., Мартынов В.В.* Управление точностью обработки на токарном ГПМ в стационарном режиме // СТИН. – 1995. – №10. – С. 33-37.
2. *Васильев Г.Н., Ягопольский А.Г., Тремасов А.П.* Проблемы диагностики и обеспечение надежности металлорежущих станков // СТИН. – 2003. – №7. – С. 14-17.
3. Типовые методики и программы испытаний металлорежущих станков: Метод. рекомендации. – М.: НИИмаш, 1984. – 172 с.
4. Расчет контактных деформаций и отгибов направляющих. Установление форм направляющих из условий жесткости. (Руководящие материалы) / Под общ. ред. Д.Н. Решетова. ОНТИ, 1963.

Статья поступила в редакцию 19 июля 2008 г.

UDC 62-3

DEVELOPMENT AND STUDY OF THE VERTICAL COORDINATE-BORING LATHE DYNAMIC MODEL

B.M. Gorshkov¹, D.G. Tokarev¹, O.V. Marshanskaia

¹ Togliatti State University
14, Belorusskaya str., Togliatti, Samara region, 445667

The development of the dynamic model is an important stage in the equipment project. The study of its dynamic performance permits to take into consideration the influence of lathe parameters on its work accuracy. The analytic dependency of the contact deformation in joints of lathe body parts on accuracy in lathe servicing space has been found. Amplitude-frequency performance of lathe flexible system oscillations has been derived.

Key words: *lather, dynamic model, dynamic performance, work accuracy*

¹ *Boris M. Gorshkov, Candidate of Technical Sciences, Associate professor.
D.G. Tokarev, senior lecturer.
O.V. Marshanskaia, Candidate of Technical Sciences, Associate professor.*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ХОНИНГОВАНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Н.В. Лысенко¹, Ю.А. Шилова

Самарский государственный технический университет
443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассмотрены причины появления погрешностей обработки при хонинговании нежестких заготовок. Предложены варианты уменьшения погрешностей конструкторско-технологическими методами.

Ключевые слова: *финишная обработка, точность, качество поверхности, хонингование, цилиндр*

В современном машиностроении постоянно возрастают требования к повышению точности размеров, формы и расположения поверхностей при минимальной шероховатости микрорельефа. От этих параметров зависят надежность и долговечность машин и механизмов, при этом снижаются потери на трение, повышается КПД и т.д.

Основными методами достижения точности размеров на финишных операциях являются хонингование, суперфиниширование и различные методы доводки. При отделочной обработке поверхностей тел вращения заданная точность обеспечивается правильной отладкой технологической операции: подбором абразивных брусков, режимов резания, выбором СОЖ и соответствующей технологической оснастки, а также технологического перебега инструмента за края обрабатываемой поверхности.

Точность обработки отверстий при хонинговании зависит от ряда причин, а именно от жесткости технологической системы «заготовка-инструмент-приспособление-станок». Значительные трудности достижения геометрической точности формы отверстий в продольном и поперечном направлениях возникают при обработке тонкостенных деталей с переменной жесткостью. Погрешности обработки отверстий объясняются несколькими причинами.

Во-первых, возникающие под действием сил закрепления тонкостенных заготовок деформации увеличивают погрешность установки и тем самым снижают точность механической обработки. Современный математический аппарат позволяет рассчитать величину деформаций при закреплении заготовок, определить форму эпюр деформаций от действия сил зажима и решить задачу оптимального проектирования технологической операции. Следовательно, силы и деформации стенок при закреплении заготовки должны быть такими, чтобы они не превышали величины требуемой точности обработки на данной операции. В работах Биргера И.А. [1], Корсакова В.С. [2], Тимошенко С. П. [3] представлены решения уравнений упругой линии поперечного сечения кольца под действием радиальных сил.

Применение общего уравнения упругой линии поперечного сечения тонкостенной цилиндрической заготовки под действием n сил значительно упрощает расчет

¹ *Лысенко Николай Васильевич, кандидат технических наук, доцент
Шилова Юлия Александровна, студентка 4 курса
e-mail: Ledi-Sh@yandex.ru*

деформаций с использованием компьютерных программ и позволяет наметить пути их уменьшения.

Для вывода общего уравнения линии поперечного сечения кольца под действием n сил в дифференциальное уравнение упругой линии кольца [4]

$$\frac{d^2 \omega}{d\varphi^2} + \omega = -\frac{MR^2}{EJ_x} \quad (1)$$

подставляется значение момента M из работы [1]

$$M = Q_n R - \left[\frac{n}{2\pi} - \frac{\cos(\pi/n - \varphi)}{2 \sin \pi/n} \right], \quad (2)$$

где R – радиус срединной поверхности; E – модуль упругости; $j_x = \frac{lh^3}{12}$ – осевой момент инерции; h – толщина стенки; l – длина (ширина) кольца; Q_n – величина n -ной силы.

В результате общего решения уравнения (1) после подстановки M (2) получим уравнение упругой линии поперечного сечения кольца под действием n сил

$$\omega = \frac{Q_n R^3}{2EJ_x} \left[\frac{1}{2} \sin \varphi + \frac{1}{2 \sin^2 \frac{\pi}{n}} \left(\frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{n} \right) \cos \varphi + \frac{1}{2 \sin^2 \frac{\pi}{n}} \cdot \varphi \cdot \sin \left(\varphi - \frac{\pi}{n} \right) - \frac{\pi}{n} \right] = \frac{Q_n R^3}{EJ_x} \cdot f. \quad (3)$$

Расчеты по формуле (3) показывают, что с увеличением числа сил от 2 до 6 деформации уменьшаются на 95-98%. Следовательно, при закреплении тонкостенных заготовок типа колец необходимо использовать установочные элементы в виде цанг с коэффициентом охвата наружной поверхности, составляющим 0,8-0,9. При закреплении заготовок большей длины характер деформации стенок носит более сложный характер [7].

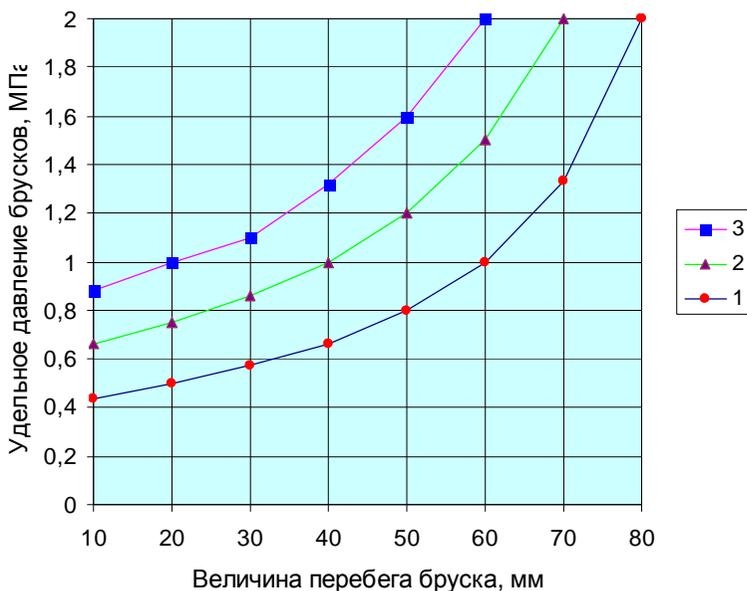
Во-вторых, для уменьшения погрешностей обработки необходимо стремиться к тому, чтобы удельное давление брусков на обрабатываемую поверхность было величиной постоянной или изменялось незначительно при перемещении инструмента в осевом направлении. Однако это условие не может быть выполнено в связи с исходными погрешностями формы отверстия, сформированными предшествующей обработкой, а также деформацией стенок заготовок при закреплении. Кроме этого, для обеспечения цилиндричности отверстия необходимо предусматривать перебеги абразивных брусков за края отверстия. Это неизбежно приводит к перераспределению удельного давления брусков на обрабатываемую поверхность, так как площадь контакта инструмента с заготовкой уменьшается. Согласно рекомендации [5], величина перебега брусков в среднем составляет 0,3 длины бруска и в каждом конкретном случае подбирается экспериментально. Мгновенное удельное давление брусков P_M на обрабатываемую поверхность заготовки при выходе брусков за края отверстия на величину y отличается от заданного номинального P_H и может быть определено по следующим зависимости:

$$P_M = \frac{P_H \cdot l\bar{b}}{l\bar{b} - y}, \quad (4)$$

где $l\bar{b}$ – длина бруска; y – величина перебега бруска.

В частном случае, когда бруски полностью находятся в отверстии, удельное давление брусков на станке заготовки составит $P_M = P_H$.

Рассмотрим пример хонингования отверстия $\phi 55$ мм шестибрусковой головкой с шириной брусков $b = 8$ мм и длиной 100 мм с удельным давлением брусков P_H от 0,4 до 0,8 МПа с различной величиной перебега инструмента. Результаты расчета по формуле (1) представлены в виде графика на рис. 1.



Р и с. 1. Зависимость удельного давления брусков P_M от величины их перебега за края отверстия:

1. $P_H = 0,4$ МПа
2. $P_H = 0,6$ МПа
3. $P_H = 0,8$ МПа

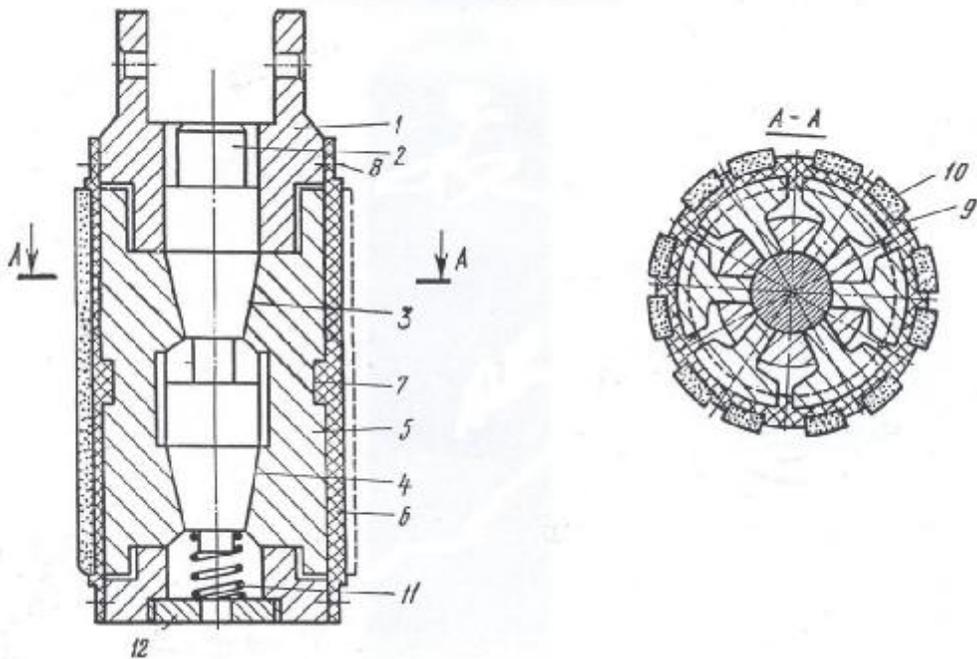
Таким образом, установлено, что при технологическом перебеге брусков согласно рекомендациям [5] на 1/3 удельное давление на рабочую поверхность брусков, оставшихся в отверстии, возрастает в 1,5 раза по сравнению с номинальным P_H . При большем перебеге инструмента удельное давление на бруски резко увеличивается и носит асимптотический характер. При таких давлениях работа абразивными и алмазными брусками невозможна из-за их катастрофического износа или засаливания. Значительное повышение удельного давления вызывает увеличение упругих деформаций стенок нежестких деталей с торцевой части отверстия. Следовательно, для повышения точности формы отверстия в продольном сечении необходимо назначить такой перебеги инструмента, чтобы мгновенное удельное давление брусков не вызывало предельно допустимых деформаций заготовок в радиальном направлении. С другой стороны, это не может быть реализовано на практике, так как недостаточный выход хона из обрабатываемого отверстия неизбежно приводит к потере точности в осевом направлении [5].

Изложенное выше дает основание технологу искать новые варианты обеспечения точности хонингования тонкостенных деталей. Рассмотрим некоторые из них.

В качестве альтернативного способа управления точностью обработки при хонинговании можно использовать бруски на эластичной основе. В этом случае рост удельного давления брусков позволит в первую очередь деформировать наименее жесткое звено «заготовка – брусок», а именно эластичную подложку бруска, не вы-

зывая деформации стенок обрабатываемой детали. Однако следует учитывать, что такие бруски не исправляют исходную погрешность формы отверстия, а лишь формируют необходимую шероховатость поверхности с различным микрорельефом и относительной опорной длиной профиля. Поэтому задачей предшествующей операции является обеспечение заданной точности обработки согласно техническим требованиям чертежа.

Другим возможным вариантом получения точности обработки тонкостенных деталей может быть применение специальной хонинговальной головки с абразивными или алмазными брусками (рис. 2).



Р и с. 2. Хонинговальная головка для обработки тонкостенных цилиндров

Хонинговальная головка имеет корпус 1, внутри него размещен шток 2 с разжимными конусами 3 и 4, на которые опираются сектора-толкатели 5. На сектора-толкатели установлен упруго-эластичный элемент 6. В средней части элемент входит в кольцевые проточки 7 секторов-толкателей 5 и удерживается от смещения вдоль оси, а винты 8 удерживают его от поворота вокруг оси. По периферии упруго-эластичный элемент имеет карманы 9 для фиксирования режущих брусков 10. Разжимной шток в нижней части опирается на винтовую пружину 11, которая удерживается резьбовым кольцом 12.

Хонинговальная головка работает следующим образом. Хонинговальная головка, укрепленная на шпинделе, вводится в обрабатываемое отверстие. Головке сообщается вращательное и возвратно-поступательное движение. На шток 2 подается рабочее давление от гидросистемы станка. В результате осевого перемещения штока 2 разжимные конусы 3 и 4 прижимаются к секторам-толкателям 5. Упруго-эластичный элемент 6 растягивается и передает давление режущим брускам 10, которые прижимаются к стенкам обрабатываемой детали. Под действием радиальных сил резания, прежде чем наступит деформация стенок детали, упруго-эластичный

элемент 6 деформируется сам, при этом исключает или уменьшает деформацию детали. В результате уменьшаются погрешности формы при обработке. Кроме того, конструктивное исполнение секторов-толкателей 5 с суммарной шириной 0,9-0,95 от длины окружности образуемого ими цилиндра и выбор расстояния между брусками и их шириной в соотношении не более 0,8-1,0 дополнительно уменьшает как гранность обрабатываемой детали, так и упругие перемещения ее станок. После окончания цикла обработки рабочее давление снимается, под действием пружины 11 разжимной шток 2 поднимается, а упруго-эластичный элемент 6 сжимает сектора-толкатели 5 и возвращает режущие бруски 10 в исходное положение.

Применение предлагаемой хонинговальной головки позволяет вести обработку тонкостенных деталей с малой и переменной жесткостью с высокой производительностью и точностью. Конструктивное исполнение головки исключает возникновение упругих деформаций тонкостенных деталей в процессе обработки. В этом случае действие сил резания на внутреннюю поверхность цилиндра можно рассматривать как нагружение его равномерным внутренним давлением, когда имеют место минимальные радиальные упругие перемещения стенок обрабатываемой заготовки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Биргер И.А., Пановко Я.Г. Прочность, устойчивость, колебания: Справочник. В 3-х т. – М.: Машиностроение, 1968. – Т. 1. – 831 с.
2. Корсаков В.С. Точность механической обработки. – М.: Машгиз, 1961. – 379 с.
3. Тимошенко С.П. Сопротивление материалов. В 2-х т.: Пер. с англ. – М.: Наука, 1965. – Т. 2. – 480 с.
4. Бояринов С.В. Основы строительной механики машин: Учеб. пособие для машиностроительных специальностей. – М.: Машиностроение, 1973. – 456 с.
5. Хонингование. Справочное пособие. / С.И.Куликов, В.А. Фоманчук, Ф.Ф. Ризванов, Ю.М. Евсеев. – М.: Машиностроение, 1973. – 168 с.
6. А.С. 852514 от 07.04.1981 В 24В 33/02.
7. Лысенко Н.В., Гутман Г.Н. Расчет радиальных деформаций тонкостенных деталей в процессе хонингования // Изв. вузов. Машиностроение. – 1983. – №7. – С.156-158.

Статья поступила в редакцию 8 июля 2008 г.

UDC 621. 923. 5

ASSURANCE OF ACCURACY THE HONED FINISHING THIN-WALLED DETAIL

N. V. Lisenko¹, Y. A. Shilova

Samara State Technical University
244, Molodogvardeiskaya str., Samara, Russia, 443100

The reason of working error appearing at honed finishing limp storage are addressed. Ways to reduce errors using deesign and technological methods are suggested.

Key words: *finishing handling, accuracy, surface quality, honing, cylinder*

¹ *Nikolay V. Lisenko, Candidate of Technical Sciences, Associate professor
Yuliya .A. Shilova, student*