

где сравнивается с сигналом задающей координаты, поступающим на другой вход со счетчика 28. Сигнал ошибки на выходе фазового дискриминатора преобразуется в импульсно-аналоговом преобразователе 50 и поступает на второй вход суммирующего усилителя 33. Аналогично на выходе реверсивного счетчика 45 образуется сигнал, пропорциональный круговой подаче B_4 . Этот сигнал после деления в счетчике 51 поступает на вход фазового дискриминатора 53, где сравнивается с сигналом задающей координаты, поступающим на другой вход со счетчика 22. Сигнал ошибки после преобразования в импульсно-аналоговом преобразователе 54 поступает на третий вход суммирующего усилителя 33. Сигналы ошибки обеспечивают коррекцию скорости ведомой координаты по обоим задающим координатам.

Для обработки прямозубых колес с управляющих входов элементов И 21, 35, 36, 39, 46 снимается потенциал P_1 и отключается генератор 55, а на управляющие входы ключа 31 и элемента И 38 подается потенциал P_2 . В итоге отключаются задающая и корректирующая части системы синхронизации сложной формообразующей группы $\Phi_v (П_1 B_4)$, что равносильно ее преобразованию в простую группу $\Phi_v (П_1)$.

УДК 621.923:531.3

Е.С. ЯЦУРА (БПИ),

И.А. КИРПИЧЕНКО (АН БССР), кандидаты техн.наук

МЕТОД СНИЖЕНИЯ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ ШПИНДЕЛЯ ШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА

Необходимым условием решения проблем повышения производительности и точности обработки резанием является создание адаптивных систем управления металлорежущими станками. Целевая функция управления таких систем заключается в минимизации отклонений положения инструмент—деталь в рабочем пространстве станка в условиях действия переменных силовых факторов процесса резания. Разработан ряд алгоритмов адаптивного управления, обеспечивающих автоматическое повышение точности станка путем формирования специальных силовых воздействий на элементы его несущей системы [1–3]. Многомерность объекта управления — упругой системы металлорежущего станка — обуславливает требование многомерности адаптивной системы компенсации силовых деформаций, что значительно усложняет задачу ее синтеза. Существенным препятствием для создания адаптивных систем являются также трудности технической реализации адаптивных связей, связанные с требованием наличия достаточно полной модели объектов управления, соответствующих измерительных и исполнительных устройств, ограничениями, накладываемыми конструкцией несущей системы и исполнительных устройств.

Результаты исследований [4] показали, что существует возможность существенного снижения упругой деформации формообразующих узлов шлифовального станка за счет синтеза упругой системы с учетом компоновочных факторов.

Целью настоящего исследования является разработка метода синтеза компоновки шлифовального станка, при которой упругая деформация шпинделя от возмущающих воздействий, возникающих в зоне резания (изменение припуска на обработку и твердости материала заготовки, колебания скорости резания и подачи, изменение режущей способности инструмента и т.д.), достигает минимума.

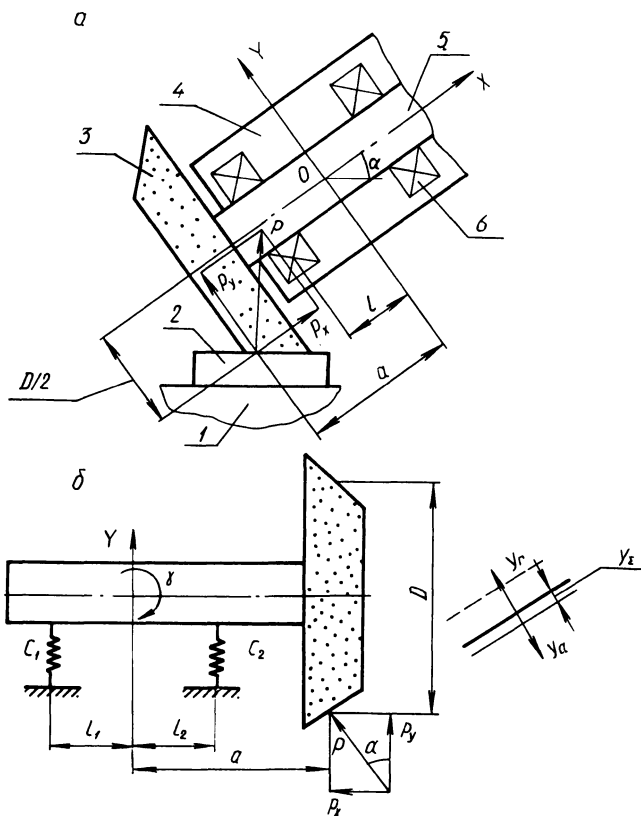


Рис. 1. Динамическая система плоскошлифовального станка новой компоновки: а – схема действия составляющих силы резания; б – динамическая схема шпиндельного узла; 1 – стол; 2 – обрабатываемая деталь; 3 – шлифовальный круг; 4 – шпиндельный узел; 5 – шпиндель; 6 – опора шпинделя

В работе [4] предложен способ плоского шлифования, при котором ось шпинделя и обрабатываемая поверхность детали составляют некоторый угол α . В этом случае, помимо радиальной P_y и касательной P_x составляющих силы

резания, возникает осевая составляющая P_x [5], вызывающая изгиб шпинделя в плоскости XOY (рис. 1, а). Под влиянием изгиба возникают смещения шпинделя в осевом и радиальном направлениях. Деформации от радиальной P_y и осевой P_x составляющих силы шлифования можно рассматривать независимо [5], что позволяет представить суммарную упругую деформацию шпинделя в виде

$$y_{\Sigma} = y_r + y_a ,$$

где y_r, y_a — составляющие деформации, вызываемые действием сил P_y и P_x соответственно.

Установлено [5], что результирующая P силы резания, равная векторной сумме радиальной P_y и осевой P_x составляющих, перпендикулярна к образующей профиля шлифовального круга, а соотношение P_y и P_x не зависит от глубины резания и скорости движения подачи и соответствует условию

$$P_x = P_y \operatorname{tg} \alpha . \quad (1)$$

Из выражения (1) следует, что изменение угла α приводит к изменению составляющих P_y и P_x и, следовательно, позволяет управлять деформациями y_r и y_a таким образом, чтобы выполнялось условие минимума упругой деформации шпинделя в направлении, перпендикулярном к обрабатываемой поверхности:

$$y_{\Sigma} \rightarrow \min . \quad (2)$$

Для определения угла α , при котором выполняется условие (2), рассмотрим уравнение движения шпинделя. На рис. 1, б приведена эквивалентная расчетная схема. Введем обобщенные координаты y и γ . Уравнения движения шпинделя можно представить в виде:

$$m\ddot{y} + (k_1 + k_2)\dot{y} + (c_1 + c_2)y + (k_1 l_1 - k_2 l_2)\dot{\gamma} + (c_1 l_1 - c_2 l_2)\gamma = P \cos \alpha \sin \omega \tau ; \quad (3)$$

$$J_2 \ddot{\gamma} + (k_1 l_1^2 + k_2 l_2^2)\dot{\gamma} + (c_1 l_1^2 + c_2 l_2^2)\gamma + (k_1 l_1 - k_2 l_2)\dot{y} + (c_1 l_1 - c_2 l_2)y = (0,5 PD \sin \alpha - Pa \cos \alpha) \sin \omega \tau , \quad (4)$$

где m — масса шпинделя; k_1, k_2 — коэффициенты сопротивления опор шпинделя; c_1, c_2 — коэффициенты жесткости опор шпинделя; J_2 — момент инерции шпинделя относительно поперечной оси; D — диаметр шлифовального круга в зоне резания; $P \sin \omega \tau$ — возмущающее воздействие в зоне резания.

Решения уравнений (3), (4) имеют вид

$$\begin{aligned} y &= a_1 \sin \omega \tau + b_1 \cos \omega \tau ; \\ \gamma &= a_2 \sin \omega \tau + b_2 \cos \omega \tau . \end{aligned} \quad (5)$$

Условие (2) с учетом выбранных обобщенных координат y, γ можно представить в виде

$$y - \gamma a \rightarrow \min . \quad (6)$$

Совместное решение уравнений (3)–(6) позволяет получить зависимости для определения угла α при различных параметрах конструкции шпиндельного узла, в частности при условии $k_1 = k_2 = 0, c_1 = c_2 = c$ и $l_1 = l_2 = l$, угол α определяется следующим образом:

$$\alpha = \arctg \frac{2}{D} \left(a + \frac{|2cl^2 - J_z \omega^2|}{a |2c - m\omega^2|} \right).$$

Экспериментальная проверка полученных результатов осуществлялась на плоскошлифовальном станке мод. 3Е711В при обработке заготовок из стали 45 (40...45 HRC₃) шлифовальным кругом 24А40ПСМ26К5. Скорость движения подачи составляла 12 м/мин, глубина резания – 10 мкм. Схема обработки приведена на рис. 2. Эффективность предложенного метода снижения упругой деформации шпинделя оценивали по фактической интенсивности съема металла, определяемой отношением объема снимаемого при шлифовании

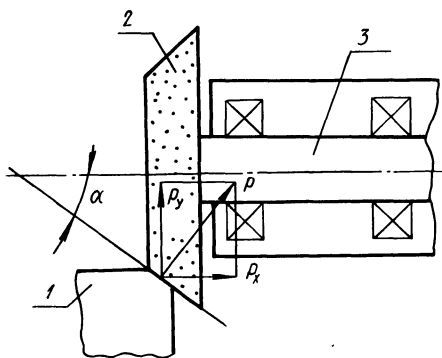


Рис. 2. Схема шлифования при проведении эксперимента на станке мод. 3Е711В: 1 – обрабатываемая деталь; 2 – шлифовальный круг; 3 – шпиндель

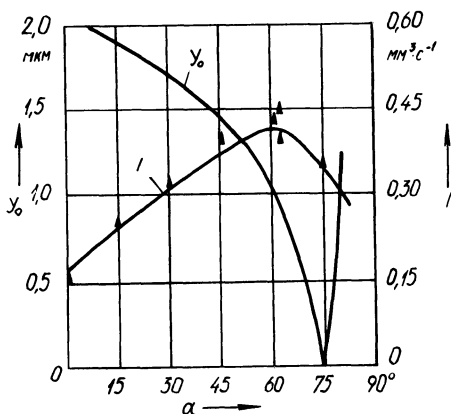


Рис. 3. Зависимость статической составляющей γ_0 относительной упругой деформации и фактической интенсивности съема металла I от угла наклона шпинделя α

металла к основному (машинному) времени (рис. 3). Установлено, что при $\alpha = 62^\circ$ фактическая интенсивность съема металла достигает максимума за счет резкого снижения продолжительности выхаживания в связи с уменьшением статической составляющей упругой деформации шпинделя. Отклонение фактического значения угла α от расчетного (74°) составляет 16 %, что свидетельствует о достаточной точности разработанной модели.

Таким образом, предложенный метод синтеза упругой системы шлифовального станка обеспечивает минимизацию упругой деформации шпинделя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ш а т о х и н С.Н., П и к а л о в Ю.А., Я р о ш е н к о С.А. Шпиндельные узлы с отрицательной податливостью и динамометрическими преобразователями в адаптивных и диагностирующих системах станков // Динамика станоч. систем гиб. автоматизир. пр-в. – Тольятти, 1988. – С. 323–324.
2. С и в а к о в А.Н., М е щ е р я к о в Г.Н. Адаптивная компенсация отжаты базовых узлов РСС и КСС с ЧПУ // Динамика станоч. систем гиб. автоматизир. пр-в. – Тольятти, 1988. – С. 356–357.
3. Г а л и ц к о в С.Я. Автоматическое управление несущими системами станков // Динамика станоч. систем гиб. автоматизир. пр-в. – Тольятти, 1988. – С. 359–360.
4. А.с. 1393598 (СССР). Способ плоского шлифования / И.А. Кирпиченко, Г.В. Тилигузов, П.Ф. Лобков и др.
5. Глубинное и маятниковое профильное шлифование // Режущие инструменты: Экспресс-инфор. – 1983. – № 42. – С. 19–26.

УДК 621.91.01

М.И. МИХАЙЛОВ, канд.техн.наук (ГПИ)

РАСЧЕТ ВМЕСТИМОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАГАЗИНА МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА

Инструментообеспечение многоцелевых станков, работающих в гибких производственных системах (ГПС), может решаться на основе трех концепций [1].

1. Общий инструментальный склад на группу станков. Такой подход предусматривает постоянный поток деталей, контролируемый для всей группы станков. Этот подход диктует принципиально новые требования к конструкции ГПС: наличие инструментальных магазинов большой вместимости и системы автоматического транспортирования инструмента от станка к станку и от инструментального склада. Необходимое условие успешной работы такой ГПС – разработка соответствующей системы программного обеспечения.

2. Одна группа инструментов на несколько партий деталей. Такой подход базируется на групповой технологии. При этом вместимость инструментального магазина составляет 80–140 инструментов. Число выполняемых на станке операций увеличивается, однако растет количество резервного инструмента, что значительно удорожает эту систему.

3. Партия деталей – группа инструментов. Этот подход аналогичен подходу, используемому обычно в серийном производстве, когда для обработки партии деталей к станку подают определенный набор инструментов. Переход на обработку новых деталей требует автоматической смены инструментального магазина с помощью робокары или трансманипулятора (для ГПМ, имеющих накопители магазинов).

Вместимость инструментального магазина в случае реализации третьей концепции установим поэтапно.

На первом этапе определение минимальной вместимости магазина M произведем с использованием понятия детали-представителя, которую проекти-