

устройства осевой и тангенциальной подачи, благодаря чему повышается кинематическая точность станка. В этом случае на основании (4)

$$i_{\tau} = c_{\tau} \sin \alpha / \cos \beta .$$

В ряде моделей универсальных зубофрезерных станков вращение инструментального шпинделя с фрезой осуществляется посредством косозубой передачи. При относительном осевом перемещении косозубых колес вследствие тангенциальной подачи ведомое колесо с инструментальным шпинделем получают дополнительный поворот, который должен быть компенсирован сообщением столу соответствующего дополнительного поворота путем коррекции передаточного отношения гитары цепи дифференциала.

Станок, настроенный по описанному способу, работает следующим образом. От двигателя 1 (см. рис. 1) получает вращательное движение B_1 инструментальный шпиндель 13. Одновременно по цепи обкатки через дифференциал 10 и гитару 9 столу 11 сообщается вращательное движение B_2 . Движения стола и инструментального шпинделя связаны между собой передаточным отношением a/z .

По цепи подачи инструментальному шпинделю с фрезой через орган настройки 7 сообщается осевая подача Π_3 , а через орган настройки 6 — тангенциальная подача Π_4 . В результате фреза перемещается под некоторым углом α_1 к оси вращения стола, благодаря чему на вращающейся заготовке нарезаются винтовые зубья с углом наклона α_1 .

Для дополнения α_1 до заданного значения α стол 11 получает по цепи дифференциала через гитару 8 дополнительный поворот B_3 , связанный с движением Π_1 . Необходимость в движении B_3 отпадает, если $\alpha_1 = \alpha$. При $\alpha_1 \neq \alpha$ в отличие от применяемого на практике способа не настраивается дополнительный поворот стола, связанный с тангенциальной подачей фрезы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. — М.: Машиностроение, 1970. — 403 с. 2. Шавлюга Н.И. Расчет и примеры наладки зубофрезерных и зубодолбежных станков. — Л.: Машиностроение, 1978. — 168 с.

УДК 621.923.5

А.Д. МАЛЯРЕНКО, В.И. ЮРИНОК

ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И НАСТРОЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДОВОДОЧНЫХ СТАНКОВ С ПЛАНЕТАРНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТА НА ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Параметры качества оптических деталей достигаются главным образом на окончательных операциях технологического процесса их изготовления, обеспечивающих возвратно-качательное, т. е. осциллирующее относительно вращающейся детали, движение инструмента, представляющего притир с рабочей частью из алмазного (для шлифовальных операций) или полимерного (для

полировальных) материала. В настоящее время появилось достаточное количество конструктивных решений технологического оборудования, обеспечивающего планетарное перемещение инструмента относительно детали. Эти конструкции в сравнении со станками с возвратно-качательным движением инструмента [1] позволяют получить более благоприятное распределение скоростей резания в зоне контакта и тем самым обеспечить более интенсивное протекание процесса обработки на повышенных режимах без ухудшения качества обработанных поверхностей.

Одной из основных задач является обеспечение возможности управления изменением формы поверхности детали при ее обработке. Для ее решения необходимо прежде всего выявить факторы, влияющие на формообразование, и определить наиболее существенные из них.

Изменение формы обрабатываемой поверхности детали в общем случае зависит от скорости изнашивания материала γ на различных участках заготовки, которая в свою очередь представляет степенную функцию скорости резания (относительного проскальзывания) v_p и контактного давления p [2]:

$$\gamma = k p^m v_p^n,$$

где k — коэффициент, зависящий от условий обработки и износостойкости материалов ($k = \text{const}$); m и n — показатели степени, которые в диапазонах рабочих нагрузок и скоростей, применяемых при окончательной обработке оптических деталей, можно считать равными единице [3].

При допущении, что давление в зоне контакта постоянное и равномерно распределенное, задача исследования закономерности съема припуска сводится к анализу кинематических особенностей процесса обработки и траектории движения инструмента относительно детали. Для ее решения наиболее приемлемо численное исследование, так как в данном случае можно анализировать процесс и выбирать параметры обработки, не прибегая к серии натурных испытаний, сопровождающих отработку технологии изготовления каждой новой оптической детали.

Важен выбор выходной величины, в качестве которой предлагается средняя суммарная скорость резания $v_{\text{ср}}^{\Sigma}$ в зонах различных сферических поясов обрабатываемых деталей за определенный отрезок времени, по которой можно судить о характере съема припуска:

$$v_{\text{ср}j}^{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} v_{p_{ij}}^{\Sigma}}{n_j},$$

где j — номер сферического пояса; n_j — число зон, на которое разбивается данный сферический пояс; $v_{p_{ij}}^{\Sigma}$ — суммарная скорость резания за выбранный промежуток времени в i -й зоне j -го сферического пояса.

Скорость резания v_p в произвольной точке (зоне) в любой момент времени представляет модуль произведения вектора абсолютной угловой скорости инструмента в обращенном движении Ω и радиуса-вектора R рассматриваемой точки (центра зоны):

$$v_p = |\vec{\Omega} \times \vec{R}|; \quad (1)$$

$$\vec{\Omega} = \vec{\omega}_1^H + \vec{\omega}_2^H - \vec{\omega}^D, \quad (2)$$

где $\vec{\omega}_1^H$ и $\vec{\omega}_2^H$ – векторы угловых скоростей соответственно переносного и относительного движений инструмента; $\vec{\omega}^D$ – вектор угловой скорости вращения детали (рис. 1).

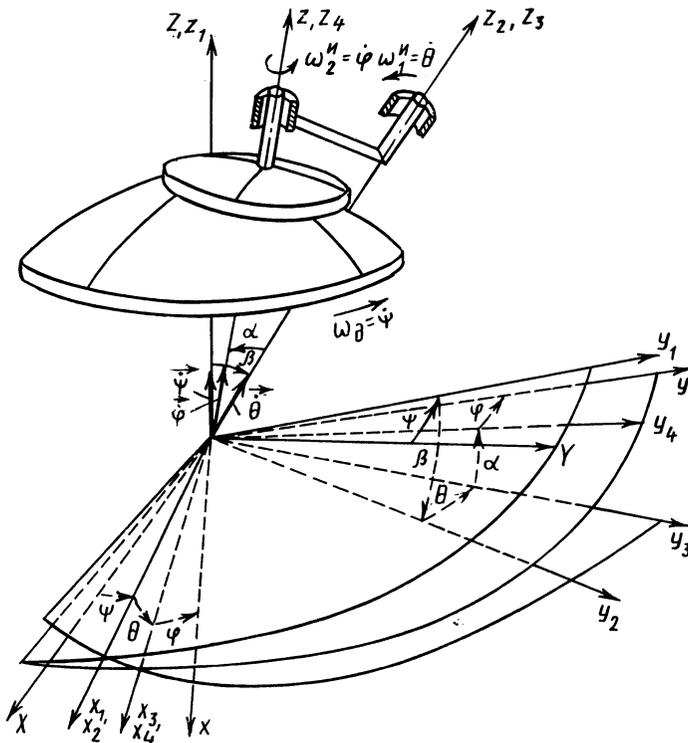


Рис. 1. Схема к определению скорости резания при планетарном движении инструмента

Планетарное движение инструмента характеризуется наличием двух вращений инструмента: переносного с угловой скоростью $\vec{\omega}_1^H$, ось которого смещена относительно оси вращения изделия на угол β (угол наклона водила), и относительного с угловой скоростью $\vec{\omega}_2^H$ вокруг оси симметрии инструмента, которая в свою очередь наклонена относительно оси вращения водила на угловой эксцентриситет a . Точкой пересечения всех трех осей (детали, переносного и относительного вращений инструмента) является центр кривизны обрабатываемой поверхности. Таким образом, имеет место сферическое движение тела вокруг неподвижной точки. Поэтому для определения проекций составляющих векторов, входящих в выражения (1) и (2), удобно воспользоваться

методом преобразования координат в матричной форме записи (т. е. матрицами поворотов). Тогда проекции векторов $\vec{\omega}_1^n$, $\vec{\omega}_2^n$, $\vec{\omega}^d$ и R на оси выбранной неподвижной системы координат XYZ (рис. 1):

$$\{\vec{\omega}_1^n\} = [\psi_{пов}]_z [\beta_{пов}]_x \{0; 0; \dot{\theta}\}^T;$$

$$\{\vec{\omega}_2^n\} = [\psi_{пов}]_z [\beta_{пов}]_x [\theta_{пов}]_z [\alpha_{пов}]_x \{0; 0; \dot{\varphi}\}^T;$$

$$\{\vec{\omega}^d\} = \{0; 0; \dot{\psi}\}^T;$$

$$\{\vec{R}\} = [\psi_{пов}]_z [\beta_{пов}]_x [\theta_{пов}]_z [\alpha_{пов}]_x [\varphi_{пов}]_z \{x; y; z\}^T,$$

где $[\psi_{пов}]_z$, $[\beta_{пов}]_x$, $[\theta_{пов}]_z$, $[\alpha_{пов}]_x$, $[\varphi_{пов}]_z$ — матрицы поворота на угол, указанный внутри квадратных скобок, вокруг оси, указанной индексом.

В процессе исследования рассматривались следующие параметры: радиус формируемой сферической поверхности $R_{сф} = 0,02...0,05$ м; угол раствора

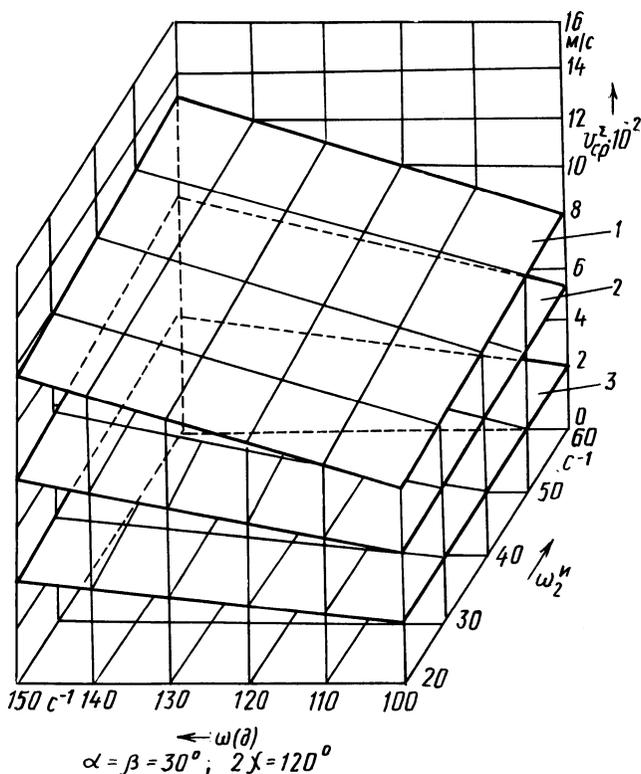


Рис. 2. Влияние кинематических параметров обработки деталей при планетарном движении инструмента на суммарную среднюю скорость резания (равномерность и интенсивность съема припуска) в краевом (1), среднем (2) и центральном (3) поясах обрабатываемой сферической поверхности

сферической поверхности детали $2\chi = 180^\circ$; угловая скорость вращения детали $\omega^{\text{д}} = 100 \dots 150 \text{ с}^{-1}$; скорость переносного вращения инструмента $\omega_1^{\text{н}} = 3 \dots 20 \text{ с}^{-1}$; собственного вращения инструмента $\omega_2^{\text{н}} = 20 \dots 60 \text{ с}^{-1}$; угол наклона водила $\beta = 15 \dots 45^\circ$; угловой эксцентриситет a , изменяющийся от 0 до β .

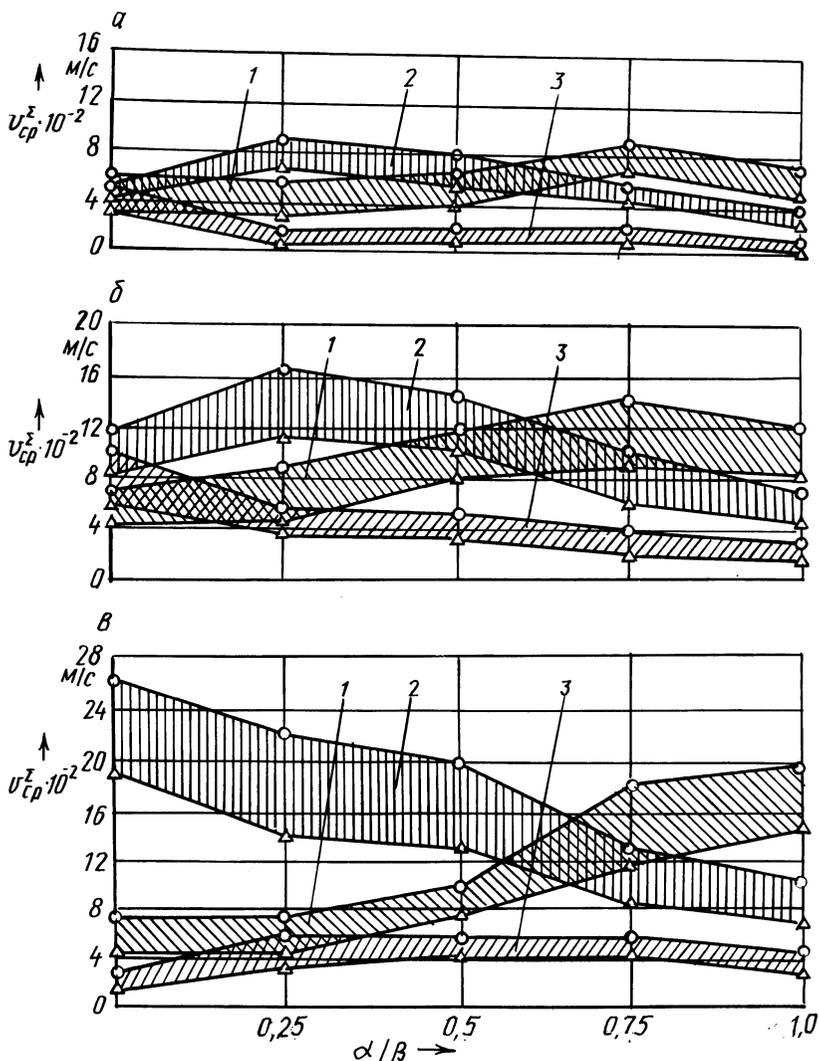


Рис. 3. Влияние настроечных параметров станка с планетарным движением инструмента на характер сема припуска в краевом (1), срединном (2) и центральном (3) поясах сферической детали при $\omega_2^{\text{н}} = 20 \text{ с}^{-1}$, $R_{\text{сф}} = 0,05 \text{ м}$:
 а - $\beta = 15^\circ$; б - $\beta = 30^\circ$; в - $\beta = 45^\circ$ (○ - $\omega^{\text{д}} = 150 \text{ с}^{-1}$, △ - $\omega^{\text{д}} = 100 \text{ с}^{-1}$)

Скорость резания прямо пропорциональна радиусу сферической поверхности, поэтому достаточно определить ее при одном значении $R_{\text{сф}}$ и затем умножить на отношение требуемого и расчетного радиусов. В данном исследовании $R_{\text{сф}}$ принимался равным 0,05 м. Установлено, что изменение скорости переносного вращательного движения ω_1^n в принятом диапазоне вызывает изменение $v_{\text{ср}}^{\Sigma}$ менее чем на 1 %, т. е. влияние этого параметра не существенно. Изменение скоростей вращения детали ω^d и инструмента ω_2^n в принятом диапазоне (рис. 2) также не оказывает существенного влияния на характер изменения скорости резания по поясам (т. е. равномерность съема припуска), но влияет на интенсивность обработки.

Наибольшее влияние на характер изнашивания трущихся сферических поверхностей оказывают геометрические параметры процесса: угол наклона водила β и угловой эксцентриситет a (рис. 3). Изменение β позволяет интенсифицировать обработку, но не влияет на характер съема припуска. Если в процессе формообразования изменять угол a , можно управлять изменением формы детали. При изменении a в диапазоне от 0 до $0,5\beta$ интенсивней обрабатывается срединный пояс детали, при $0,5\beta < a < 0,75\beta$ износ срединного и краевого поясов примерно одинаков, при $0,75\beta < a < \beta$ съем припуска в краевом поясе детали происходит интенсивнее. Износ центрального пояса наименьший.

Таким образом, на процесс формообразования деталей при планетарном движении инструмента существенное влияние оказывают настроечные параметры станка (угловой эксцентриситет a и угол наклона водила β), что согласуется с имеющимися экспериментальными данными при обработке на станках с возвратно-качательным движением инструмента [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Филонов И.П., Маляренко А.Д., Юринок В.И. Сравнительный анализ формообразования сферических поверхностей оптических деталей профильным алмазно-абразивным инструментом с использованием ЭВМ // Сб. тез. докл. област. семинара "Технологич. обеспечение профильн. алмазно-абразив. обработки". – Пенза, 1984. – С. 54–56.
2. Трение, изнашивание и смазка / Под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. – М.: Машиностроение, 1978. – Кн. 1. – 400 с.
3. Голованова М.Н., Сергеев О.А. Соотношение между механической работой, количеством выделяющегося тепла и энергией диспергирования при шлифовке стекла // Оптико-мех. пром-сть. – 1959. – № 8. – С. 56–59.
4. Травин В.В., Птицына Л.Д. О возвратно-поступательном движении при тонком алмазном шлифовании // Оптико-мех. пром-сть. – 1977. – № 8. – С. 65.

УДК 081.62-775

И.В. КОНОВАЛОВ

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА ФАЗ ВЕКТОРОВ ОСТАТОЧНЫХ ДИСБАЛАНСОВ РОТОРА С УЧЕТОМ ВНЕШНЕГО ДИСБАЛАНСА ОТ ИНСТРУМЕНТА

Точность вращения ротора с установленным на нем инструментом является одним из основных параметров работоспособности технологической системы [1]. Смена или переустановка инструмента может привести к превыше-