

зультатов измерений осуществлялся в алфавитно-цифровой форме. В качестве печатающего устройства использовался игольчатый принтер. Определялись параметры шероховатости:

- R_a – среднеарифметическая высота микронеровностей – арифметическое среднее значение величин профиля шероховатости R в пределах общего измерительного участка;
- R_z – усредненная высота микронеровностей – среднее значение, полученное из единичных значений высоты микронеровностей на пяти следующих друг за другом единичных измерительных участках;
- R_q – среднее квадратическое отклонение профиля в пределах базовой длины.

Установлено: наибольшая величина R_a , R_z , R_q достигается при раскатке чугуновых образцов и равна соответственно 0,55; 4; 17; 081 мкм; наименьшая величина R_a , R_z , R_q достигается при чистовом точении алюминиевых образцов (0,07; 0,51; 0,09 мкм).

ЛИТЕРАТУРА

1. Магалин А.А. Технология механической обработки.– Л., 1977.– 460 с.
2. Справочник металлиста. Т. 2. / Под ред. А.Г.Рахштадта и В.А. Брострема.– М., 1976.– 717 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 1. / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова.– М., 1985.– 568 с.
4. Старков В.К. Дислокационные представления о резании металлов.– М., 1979.– 160 с.

УДК 621.941.1

Ж.А.МРОЧЕК, Г.Ф.ШАТУРОВ

ПРОФИЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НАБИВНЫХ БУМАЖНЫХ ВАЛОВ КАЛАНДРА

Белорусская государственная политехническая академия

Минск, Беларусь

Институт технологии металлов НАН Беларуси

Могилев, Беларусь

Набивной бумажный вал каландра (НБВК) набран из тонких бумажных колец, установленных на стальной вал и сжатых вдоль оси торцевыми металлическими замками. Длина валов составляет 4...9 метров, а диаметр 0,4...0,8 метра. Геометрическая форма рабочей поверхности НБВК должна быть бочкообразной с перепадом диаметров на каждые 1000 мм длины не более 0,01 мм. Вес НБВК может достигать 170 кН. Это обстоятельство является причиной статического прогиба вала (достигает 4 мм), который сохраняется и в процессе профилирования его рабочей поверхности на металлорежущем станке. В процессе обработки вала приложенный крутящий

момент смещает центр масс вала от исходного вертикального положения в направлении угловой скорости ω_0 шпинделя станка на угол $\varphi_{0ц}$ до установления динамического равновесия (рис. 1). Поворот вала на угол $\varphi_{0ц}$ вызовет закручивание середин-

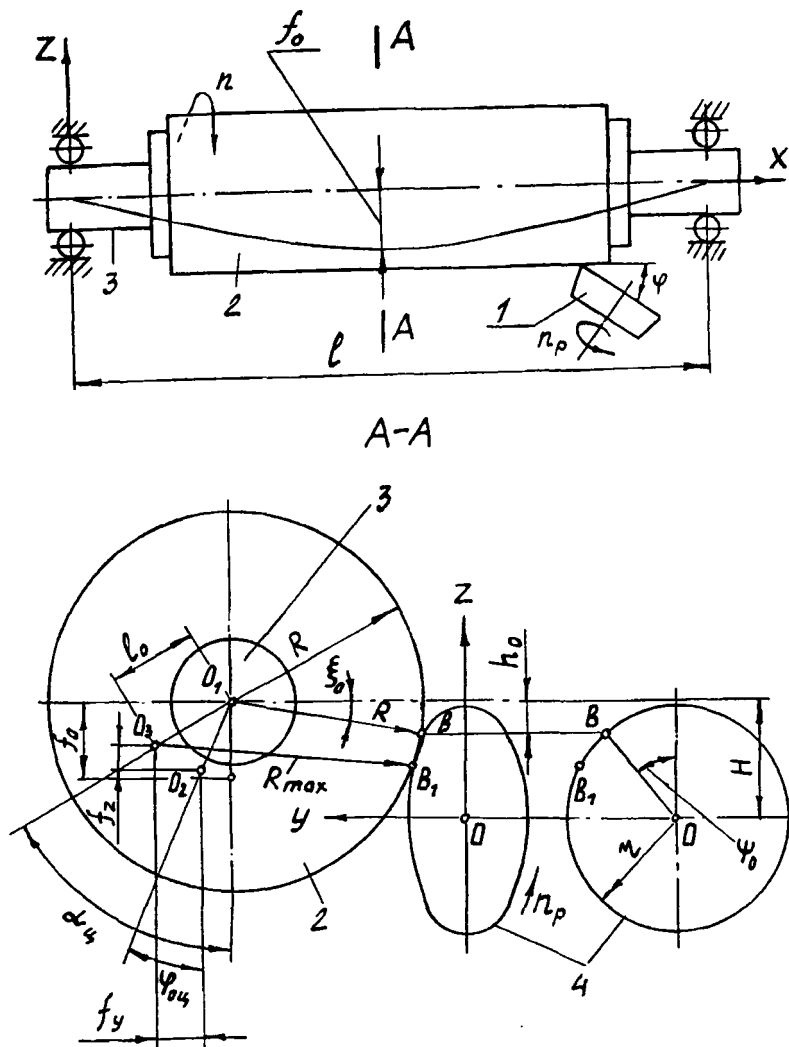


Рис. 1. Расчетная схема к определению точности обработки каландрового вала (1 – резец; 2 – бумажный цилиндр; 3 – стальной вал; 4 – режущая кромка резца)

ного сечения стального вала относительно закрепленного в патроне его конца. Угол $\varphi_{\text{ОЦ}}$ равен [1]

$$\varphi_{\text{ОЦ}} = 0,64 f_0 \omega_0 \sqrt{\frac{Q_B \ell}{2gG^* J_{\text{PC}}}}, \quad (1)$$

где

$$f_0 = \frac{5Q_B \ell^3}{384EJ_{\text{CB}}}. \quad (2)$$

Здесь f_0 – величина максимального прогиба вала;

ω_0 – угловая скорость шпинделя станка;

Q_B – вес вала;

g – ускорение свободного падения;

G^* – модуль упругости материала стального вала при сдвиге;

J_{PC} – полярный момент инерции площади сечения стального вала;

E – модуль упругости;

J_{CB} – момент инерции сечения стального вала.

С учетом деформаций по осям координат f_Y и f_Z от сил резания максимальный угол $\alpha_{\text{Ц}}$ отклонения центра масс вала от исходного положения в процессе обработки равен

$$\alpha_{\text{Ц}} = \arctg \left(\frac{f_0 \sin \varphi_{\text{ОЦ}} + f_{\text{Ц}}}{f_0 \cos \varphi_{\text{ОЦ}} - f_Z} \right); \quad (3)$$

$$f_Z = P_Z \frac{\ell^3}{48EJ_{\text{CB}}}; \quad (4)$$

$$f_Y = P_Y \frac{\ell^3}{48EJ_{\text{CB}}}, \quad (5)$$

где P_Y, P_Z – радиальная и тангенциальная составляющие силы резания; f_Y, f_Z – деформация вала в горизонтальной и вертикальной плоскости соответственно от действия сил P_Y и P_Z ; $\alpha_{\text{Ц}}$ – максимальный угол отклонения центра масс вала от вертикальной плоскости.

Профилирование рабочей поверхности НБВК усложняется не только наличием статического прогиба заготовки и инерционным отклонением центра масс вала, но и неизбежным размерным износом элемента ротационного или алмазного резца, который достигает критических значений при обработке длинных валов. Для решения проблемы точности предлагается токарный чашечный резец с микрообновляемой режущей кромкой в процессе обработки, что позволяет исключить влияние размерного износа на точность получения профилируемой поверхности [2].

Режущий элемент резца имеет замкнутую круговую режущую кромку, совершающую перемещение относительно оси резца от электродвигателя со скоростью один оборот за 2...4 часа. В этом случае размерный износ режущего элемента становится постоянной величиной, максимальное значение которой находится на краю активной зоны в направлении перемещения режущего лезвия, а профилирование поверхности осуществляется острой режущей кромкой. Продолжительность одного оборота режущей кромки гарантирует высокую стойкость инструмента.

Режущая кромка в форме окружности располагается в плоскости, которая ориентирована вертикально под углом φ относительно продольной оси заготовки, а ось режущего элемента смещена относительно оси вала на величину H (рис. 1). Наименее удаленная от оси точка B режущей кромки (вершина резца) обеспечивает диаметр обработанной поверхности. Положение вершины резца определяется центральными углами: ξ_0 относительно оси центров станка и ψ_0 относительно наивысшей точки режущей кромки:

$$\xi_0 = \arcsin (h_0 / R); \quad (6)$$

$$\psi_0 = \arctg (\sin \varphi / \operatorname{tg} \xi_0), \quad (7)$$

где R, r – радиусы обработанной поверхности заготовки и режущей кромки; h_0 – смещение вершины режущей кромки резца относительно оси центров станка; φ – угол установки резца.

Изменение положения центра вала (точка O_3) относительно геометрического центра режущей кромки (точка O) при обработке влечет за собой изменение положения вершины резца и диаметра его профилируемой поверхности (рис. 1). Максимальный радиус обработанной поверхности вала увеличивается и может быть определен из зависимости [1]

$$R_{\max} = R + \frac{\ell_0^2}{R} + \ell_0 \sin (\alpha_{\text{ц}} - \xi_0), \quad (8)$$

где

$$\ell_0 = \sqrt{(f_0 \sin \varphi_{\text{ОЦ}} + f_Y)^2 + (f_0 \cos \varphi_{\text{ОЦ}} - f_Z)^2}, \quad (9)$$

ℓ_0 – максимальная величина прогиба детали.

Тогда величина изменения диаметра обработанной поверхности вала (величина бочкообразности) равна

$$\Delta D_6 = 2(R_{\max} - R) = \frac{\ell_0^2}{R} + 2\ell_0 \sin (\alpha_{\text{ц}} - \xi_0), \quad (10)$$

где ΔD_6 – максимальная величина бочкообразности вала.

При заданной максимально допустимой погрешности обработки ΔD_g (бочкообразности) КВ, используя зависимость (10), можно определить минимальное смещение вершины резца h_0^{\min} , а затем и минимальное смещение H^{\min} , обеспечивающее заданную точность обработки (заданную бочкообразность).

$$\xi_0^{\min} = \alpha_{\text{ц}} - \arcsin\left(\frac{\Delta D}{2\ell_0} - \frac{\ell_0}{2R}\right); \quad (11)$$

$$h_0^{\min} = R \sin \xi_0^{\min}; \quad (12)$$

$$H^{\min} = h_0^{\min} + r \cos \psi_0^{\max}, \quad (13)$$

где

$$\psi_0^{\max} = \arctg(\sin \varphi / \tg \xi_0^{\min}).$$

В случае, когда $\xi_0 = \alpha_{\text{ц}}$, получим минимальную величину бочкообразности поверхности вала и максимальное смещение оси резца

$$h_0^{\max} = R \sin \alpha_{\text{ц}}; \quad (15)$$

$$H^{\max} = h_0^{\max} + r \cos \psi_0^{\max}, \quad (16)$$

где

$$\psi_0^{\max} = \arctg(\sin \varphi / \tg \alpha_{\text{ц}}). \quad (17)$$

На рис. 2 приведен алгоритм определения высоты установки оси резца, обеспечивающей необходимую точность обработки.

Рассмотрим пример определения величины смещения оси резца относительно оси центров станка для обеспечения бочкообразности вала $\Delta D_g = 0,02...0,03$ мм. Исходные данные: длина КВ $\ell = 8,6$ м; радиус наружной поверхности вала $R = 0,3$ м; диаметр внутреннего стального вала $d_{\text{св}} = 0,42$ м; радиус режущей кромки резца $r = 0,03$ м; угол установки плоскости режущей кромки резца относительно обрабатываемой поверхности $\varphi = 1^\circ$; частота вращения вала $n = 160$ об/мин; составляющие силы резания: $P_y = 180$ Н, $P_z = 280$ Н.

Вес стального вала равен $Q_{\text{св}} = 93,65$ кН, вес бумажного цилиндра $Q_{\text{бу}} = 11,40$ кН, общий вес – 105 кН. Все остальные расчеты сведены в табл. 1.

Следовательно, ось резца необходимо установить ниже оси заготовки на $H = 23,76...24,96$ мм, при этом погрешность обработки $\Delta D = 0,024...0,03$ мм. Профиль обработанной поверхности вдоль оси детали будет бочкообразным.

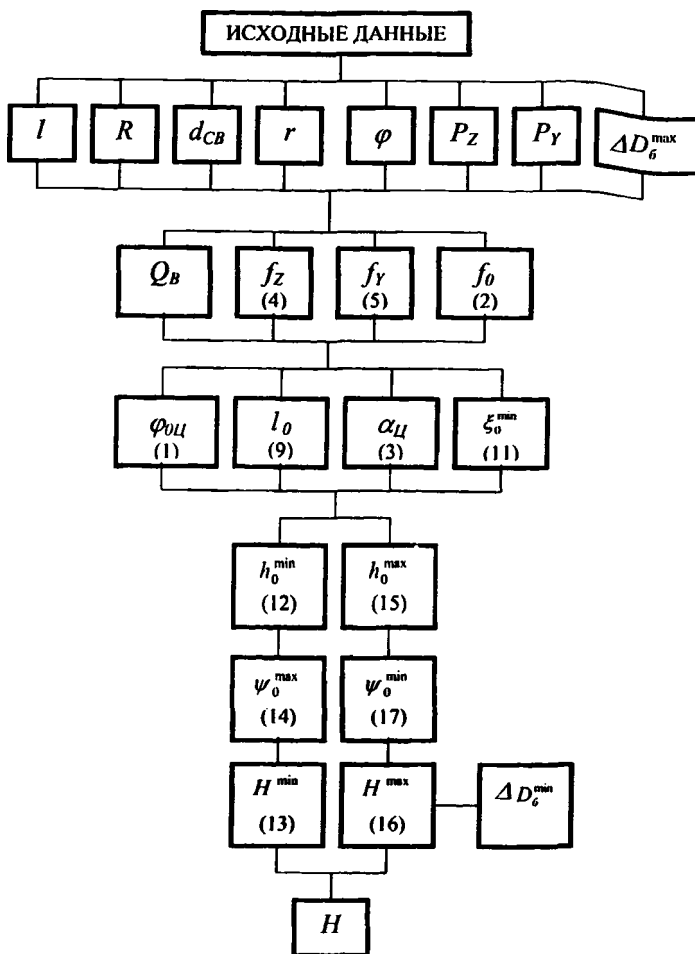


Рис. 2. Алгоритм поиска высоты установки (H) оси режущей кромки чашечного резца при тангенциальном резании для достижения необходимой точности обработки каландрового вала

Предложенная модель и методика расчета погрешности формы продольного профиля каландрового вала, имеющего статический прогиб, позволяют на стадии проектирования технологического процесса определить установочные параметры

инструмента, обеспечивающие точность профилируемой поверхности, и спроектировать необходимую технологическую оснастку.

Таблица 1

Результаты расчета смещения H установки оси резца относительно оси центров станка для обеспечения продольной погрешности (бочкообразности) вала $\Delta D_{\delta} = 0,02...0,03$ мм.

Исходные данные							
l , мм	R , мм	$d_{св}$, м	r , м	φ , град	n , об/мин	P_z , Н	P_y , Н
8,6	0,3	0,42	0,03	1	160	280	180
Результаты расчета							
Q_B , т	10,5	φ_{oc} , град	0,75	h_0^{min} , мм	4,4	h_0^{max} , мм	4,765
f_z , мм	$1,19 \cdot 10^{-2}$	α_c , град	0,91	ψ_0^{max} , град	49,8	ψ_0^{min} , град	47,69
f_y , мм	$0,766 \cdot 10^{-2}$	l_0 , мм	2,68	ΔD_{δ}^{max} , мм	0,03	ΔD_{δ}^{min} , мм	0,024
f_0 , мм	2,8	ξ_{s0}^{min} , град	0,845	H^{min} , мм	23,76	H^{max} , мм	24,96

ЛИТЕРАТУРА

1. Шатуров Г.Ф., Разнорвич Г.А. Положение центра масс вала со статическим прогибом при комбинированной обработке и его влияние на точность и скорость обработки / Ред. журн. «Известия АН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук», – Минск, 1996. – 14 с. – Деп. в ВИНТИ 22.07.96, № 2477. 2. А. с. № 1718454 СССР, МКИ В 23 В 27/12. Приводной ротационный резец / Г.Ф. Шатуров, А.С. Бухтилов (СССР). – № 4213622; Заявлено 27.01.87.

УДК 621.9.014

С.А. Соловей, В.Г. Куптель

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА ПРОЦЕСС ДРОБЛЕНИЯ СТРУЖКИ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ НАРУЖНОМ ТОЧЕНИИ

*Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь*

Сведения о параметрах стружки в макрообъеме немногочисленны. Найдена зависимость радиуса стружки от радиуса канавки на передней поверхности инструмента, толщины стружки, модуля упругости и предела текучести обрабатываемого мате-