ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտություններ, սերիա XXXVII, № 1, 1984 Серия технических наук

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Л. М. ТЕРЕЩЕНКО, Г. Р. САГАТЕЛЯН

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ СРАБАТЫВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ДОВОДОЧНОМ ШЛИФОВАНИИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ПЛОСКОСТЕЙ

В МВТУ им. Н. Э. Баумана разработана серийная технология доводочного шлифования напыленных износостойкими покрытиями уплотнительных поверхностей деталей трубопроводной арматуры (корпусов задвижек, вентилей, клапанов). Детонационные покрытия $Al_2O_3+Cr_2O_3$ и ВЗК («стиллит») обрабатываются специальными алмазными кругами АСК 63/50 100%-ной концентрации на связках, соответственно, ТО-2 и МС6П. Доводочное шлифование производится при скорости резания $v = 3—5$ *м/с* и давлении в зоне обработки $p = 0{,}2—0{,}5$ *МПа* на модернизированном станке для доводки уплотнительных поверхностей модели СС4А [1].

Основной особенностью обработки является одинаковость размеров кольцевых поверхностей инструмента и заготовки, что приводит к практическому равенству погрешности формы обрабатываемой поверхности отклонению от плоскостности рабочей поверхности инструмента. Поэтому очевидна необходимость определения кинематических режимов резания, обеспечивающих равномерное срабатывание инструмента. Предполагается, что износ алмазного круга в каждой его точке пропорционален длине дуги контакта этой точки (пути трения L) [2], что подтверждено опытами.

Другой важной особенностью доводочного шлифования на станке СС4А является то, что различные точки инструмента, лежащие на одинаковом расстоянии r от его центра, при $\varphi_1 = 0°$, $\varphi_2 = 90°$, $\varphi_3 = 180°$ и $\varphi_4 = 270°$ перемещаются по обрабатываемой поверхности по различным траекториям (рис. 1).

На рис. 1 представлена кинематическая схема заменяющего кулисного механизма OAB. Точка O соответствует общей оси вращения гильзы и шпинделя станка. Торцевому радиальному пазу шпинделя соответствует звено OB, а оси ролика — точка B. Длина звена AB равна расстоянию l от собственной оси инструмента до оси ролика. Инструмент жестко связан со звеном AB и точка A соответствует оси инструмента.

Кинематический режим обработки на станках рассматриваемого типа полностью описывается заданием величин e, l и $\nu = n_г/n_ш$, где $n_г$ и $n_ш$ — частоты вращения гильзы и шпинделя станка.

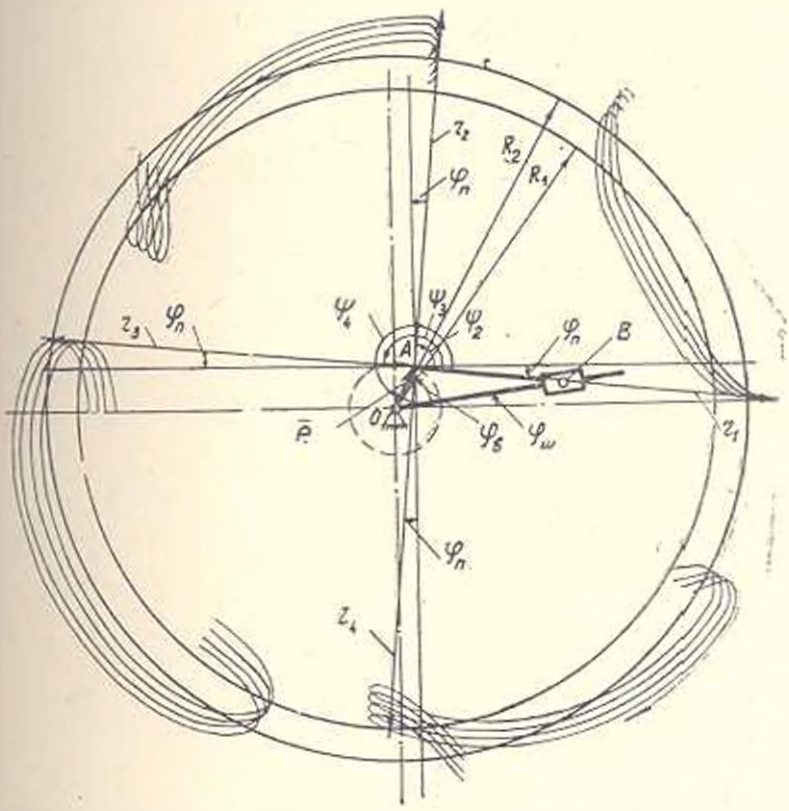

Рис. 1. Траектории, описываемые различными точками рабочей поверхности инструмента при $e = 10$ *мм*, $l = 32$ *мм*, $\nu = 8$.

Прогнозирование формы износа алмазного круга сводится к вычислению длины кривой, дифференциал которой имеет вид:

$$dL = \sqrt{(d\rho)^2 + (\rho d\theta)^2}, \qquad (1)$$

где ρ и θ — полярные координаты рассматриваемой точки.

Положение точки К на плоскости, связанной с обрабатываемой поверхностью, определяется решением векторного уравнения (рис. 2)

$$\bar{\rho} = \bar{e} + \bar{r}, \qquad (2)$$

где e — эксцентриситет между собственной осью круга и совместной осью вращения шпинделя и гильзы станка СС4А; r — расстояние от рассматриваемой точки до оси круга.

Составляющие векторного уравнения (2) в текущем положении показаны на рис. 2 элементами: $\bar{e} = \overline{OA}$; $\bar{r} = \overline{AK}$; $\bar{\rho} = \overline{OK}$. Направления векторов $\bar{e}$ и $\bar{r}$ в любом текущем положении определяются

условиями: 1) вектор $\bar{e}$ проворачивается вокруг оси O на величину угла $\varphi_в$; 2) вектор $\bar{r}$ проворачивается вокруг конца вектора $\bar{e}$ на величину угла $\varphi_п$.

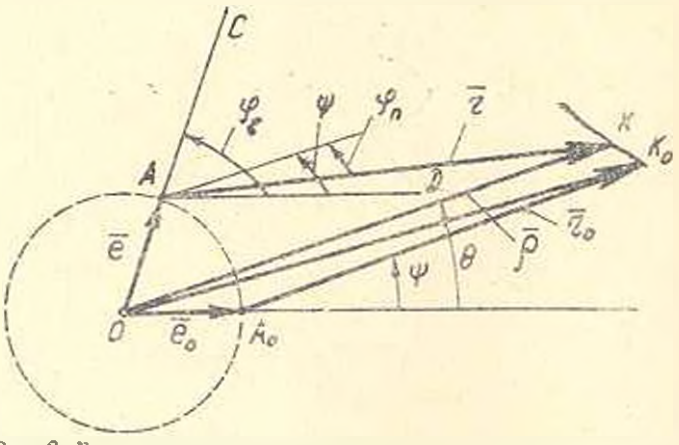

Рис. 2. Векторная схема для определения длин дуг контакта.

Модуль вектора $\bar{\rho}$ можно определить по формуле (рис. 2):

$$\rho = \sqrt{e^2 + r^2 + 2er\cos \measuredangle CAK},$$

где $\measuredangle CAK = \varphi_в - \measuredangle KAD = \varphi_в - (\psi + \varphi_п) = \varphi_в - \varphi_п - \psi$:

$$\varphi_в = \frac{\varphi_п}{\nu} - \alpha; \tag{3}$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{e}{l}\sin k\varphi_в\right): \quad k = 1 - \frac{1}{\nu}.$$

Тогда формула для определения ρ запишется в виде:

$$\rho = \sqrt{e^2 + r^2 + 2er\cos(k\varphi_в + \alpha - \psi)}. \tag{4}$$

Полярный угол θ, как видно из рис. 2, может быть определен из условия:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{e\sin\varphi_в + r\sin(\psi + \varphi_п)}{e\cos\varphi_в + r\cos(\psi + \varphi_п)}.$$

Применяя приведенные выше обозначения:

$$\theta = \operatorname{arc\,tg}\frac{e\sin\varphi_в + r\sin\left(\frac{\varphi_в}{\nu} - \alpha + \psi\right)}{e\cos\varphi_в + r\cos\left(\frac{\varphi_в}{\nu} - \alpha + \psi\right)}. \tag{5}$$

Формулы (4) и (5) описывают траекторию точки K на плоскости обработки в параметрическом виде.

Движение инструмента по обрабатываемой поверхности носит циклический характер. Расчеты длин дуг контакта производятся для одного цикла, который в своем начале и конце характеризуется одинаковыми углами между векторами $\bar{e}$ и $\bar{r}$. Очевидно, что это имеет место только в том случае, если один из векторов совершит вокруг другого полный оборот, т. е. должно выполняться равенство:

$$\varphi_в - \varphi_н = 2\pi.$$

Используя (3) и видоизменяя это равенство, получим:

$$\sin k\varphi_в = -\frac{e}{l}\sin k\varphi_н,$$

которое может выполняться лишь при

$$\varphi_{в.н.} = \frac{\pi \cdot m}{k}, \qquad m = \pm 1,\ \pm 2,\ \pm 3, \ldots \tag{6}$$

Полученное значение угла $\varphi_н$ называется углом цикла для гильзы станка, а угол цикла для шпинделя можно определить по формуле:

$$\varphi_{ш.н.} = \frac{\pi m}{1-\nu}. \tag{7}$$

Длина траектории точки K определяется выражением:

$$L = \int_0^{\varphi_в} \sqrt{\left(\frac{d\rho}{d\varphi}\right)^2 + \left(\rho\frac{d\theta}{d\varphi}\right)^2}\, d\varphi, \tag{8}$$

где $\varphi = \varphi_н$, а верхний предел интегрирования $\varphi_в$ рассчитывается по формуле (6).

Дифференцируя выражения (4) и (5), получаем:

$$\frac{d\rho}{d\varphi} = -\frac{ker\,(k+G)\sin(k\varphi + \alpha - \psi)}{\rho};$$

$$\rho\frac{d\theta}{d\varphi} = \frac{e^2 + Gr^2 + (1+G)er\cos(k\varphi + \alpha - \psi)}{\rho},$$

где $G = \dfrac{1}{\nu} - \dfrac{k\dfrac{e}{l}\cos k\varphi}{\cos\alpha}$, а $\cos\alpha = \sqrt{1 - \left(\dfrac{e}{l}\sin k\varphi\right)^2}$.

Наличие контакта рассматриваемой точки К притира с обрабатываемой поверхностью определяется соотношением

$$R_1 \leqslant \rho \leqslant R_2, \tag{9}$$

где R_1 и R_2 — внутренний и наружный радиусы обрабатываемой кольцевой поверхности.

При изменении φ от 0° до φ_u условие (9) может выполняться в общем случае, n раз. При этом каждому i-тому выполнению условия (9) соответствуют свои пределы интегрирования в выражении (8): φ_i' и φ_i''. Следовательно, длина дуги контакта точки K притира равна:

$$L = \sum_{i=1}^{n} \int_{\varphi_i'}^{\varphi_i''} \frac{1}{\rho^2} \sqrt{[k(k+G)\,er\sin(k\varphi + \alpha - \psi)]^2 + }$$

$$\overline{+ [e^2 + Gr^2 + (1+G)\,er\cos(k\varphi + \alpha - \psi)]^2}\, d\varphi. \qquad (10)$$

Как видно из выражения (10), величина L действительно зависит от угла ψ, т. е. от рассматриваемого сечения инструмента, в котором лежит точка K. Следовательно, форма изношенной рабочей поверхности инструмента принципиально не описывается телом вращения. Однако, с точки зрения формообразования обработанной поверхности детали, форма износа рабочей поверхности инструмента может быть аппроксимирована телом вращения путем следующего усреднения:

$$L = \frac{1}{2\pi} \int_{0}^{2\pi} L(\psi)\, d\psi.$$

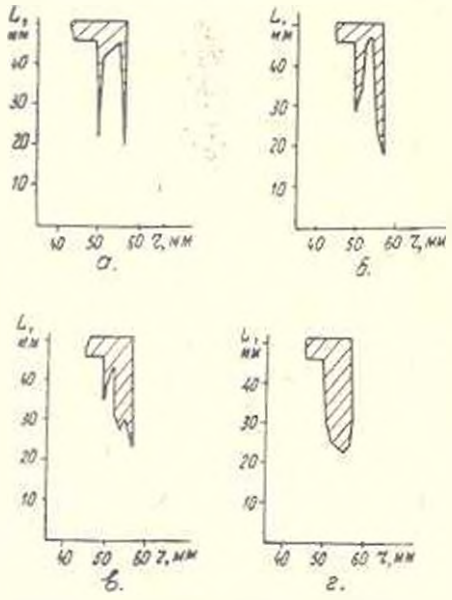

Рис. 3. Ожидаемые формы изношенной поверхности инструмента: *а* — $e=1$ *мм*; *б* — $e=3$ *мм*; *в* — $e=5$ *мм*; *г* — $e=7$ *мм*.

Согласно предлагаемой методике прогнозируемая форма изношенной поверхности инструмента описывается поверхностью, образованной вращением эпюры распределения длин дуг контактов $L = f(r)$ при $r_1 \leqslant r \leqslant r_2$, где r_1 и r_2 — внутренний и наружный радиусы кольцевой рабочей поверхности инструмента, вокруг его собственной оси.

На рис. 3 показаны рассчитанные на ЭВМ ЕС 1033 эпюры ожидаемых форм изнашивания рабочей поверхности инструмента, которые показывают, что при $e = 1$ *мм* инструмент изнашивается, преимущественно периферией, т. е. его рабочая поверхность приобретает выпуклую форму; при $e = 3$ *мм* форма износа рабочей поверхности инструмента — вогнутый тор, а при $e = 7$ *мм* — выпуклый тор. При $e = 5$ *мм* инструмент, изнашиваясь, приобретает вогнутую форму. Таким образом, имеется принципиальная возможность, варьируя в серийном производстве ве-

личиной e, компенсировать неравномерности срабатывания инструмента и обеспечить требуемую плоскостность обработанной поверхности детали.

С увеличением e до 8—10 *мм* расчетное срабатывание инструмента становится более равномерным, однако следует учесть, что при $e \geqslant r_2 - r_1$ базирование инструмента нарушается и он теряет пространственную устойчивость, что приводит к резкому возрастанию отклонений от плоскостности как его рабочей поверхности, так и обработанной поверхности детали.

МВТУ им. В. Э. Баумана

21. IX. 1983

Լ. Մ. ՏԵՐԵՇՉԵՆԿՈ, Հ. Ռ. ՍԱՂԱԹԵԼՅԱՆ

ԳՈՐԾԻՔԻ ՀԱՎԱՍԱՐԱՉԱՓ ՄԱՇՄԱՆ ԱՊԱՀՈՎՈՒՄԸ ԽՏԱՑՆՈՂ ՄԱԿԵՐԵՍՆԵՐԻ ՎԵՐՋՆԱԿԱՆ ՀՂԿՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Բերված է օղակաձև գործիքի բանվորական մակերևույթի մաշման խնդրի անալիտիկական լուծումը օղակաձև խտացուցիչի վերջնական հղկման դեպքում։ Դիտարկված է հաստոցի փոխարինող մեխանիզմի երկվեկտորային սխեման, երբ վեկտորներից մեկը անհավասարաչափ է պտտվում։ Ընդունված է գործիքի բանվորական մակերևույթի յուրաքանչյուր կետի մաշման համաչափությունը և պրոցեսի կինեմատիկական գործոնների փոփոխակման միջոցով ցույց է տրրված գործիքի անհավասարաչափ մաշման աղդակերծման սկզբունքային հնարավորությունը։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Михаэль С. Ю., Бенин Л. А.* Технология арматуростроения. — М.—Л.: Машиностроение, 1966, с. 190—200.
2. Доводка прецизионных деталей машин /*И. Н. Орлов, А. А. Сивелова, В. А. Полухин, Ю. И. Нестеров.* Под ред. *Г. М. Ипполитова.* — М.: Машиностроение, 1978, с. 127—161.