

УДК 621.357.74:76

Особенности траектории движения инструмента при абразивной доводке в условиях обработки или восстановления уплотнительных поверхностей деталей трубопроводной арматуры

В.А. СКРЯБИН, д-р техн. наук, профессор, С.А. ГУСЕВ, аспирант
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, 440026, Российская Федерация

E-mail: vs_51@list.ru

DOI: 10.31044/1684-2561-2026-0-6 

Поступила в редакцию 28.11.2025

После доработки 30.01.2026

Принята к публикации 10.03.2026

В статье рассматриваются вопросы определения траектории движения абразивного инструмента притирочно-доводочного станка с целью обеспечения заданного качества уплотнительных поверхностей деталей запорной арматуры. Приведены математические зависимости расчетных точек траектории движения инструмента.

Ключевые слова: траектория, абразивный инструмент, схемы перемещения инструмента.

The article considers the issues of determining the trajectory of movement of the abrasive tool of a lapping-finishing machine in order to ensure the specified quality of sealing surfaces of shut-off valve parts. Mathematical dependences of the calculated points of the tool movement trajectory are presented.

Keywords: trajectory, abrasive tool, schemes of tool movement.

Введение

Анализ литературных источников и производственного опыта показал, что при абразивной доводке запорных поверхностей деталей трубопроводной арматуры недостаточно исследованным является вопрос особенностей траекторий движения инструмента относительно обрабатываемых уплотнительных поверхностей. Отсутствуют также методики определения режимных параметров и величины шероховатости в процессе абразивной доводки уплотнительных поверхностей [1–4]. Не полностью раскрыты вопросы настройки технологического оборудования перед притиркой поверхностей. Все это негативным образом влияет на производительность и качество процесса обработки и требует применения соответствующих

технических и технологических решений.

Материалы и методы

Большой вклад в создание установок для абразивной доводки уплотнительных поверхностей деталей трубопроводной арматуры внесли ученые и инженеры немецких фирм, в том числе концернов Unigrind-SLIM и EFCO-HSL, а также российские ученые и специалисты: С.В. Сейнов, А.К. Адаменков, В.А. Поляков, В.К. Погодин и др. Однако конструкции установок немецких фирм при всей их оригинальности обладают определенными недостатками, такими как: малая мощность электро- или пневмодвигателя по сравнению с российской фирмой «ГАКС-РЕМ-

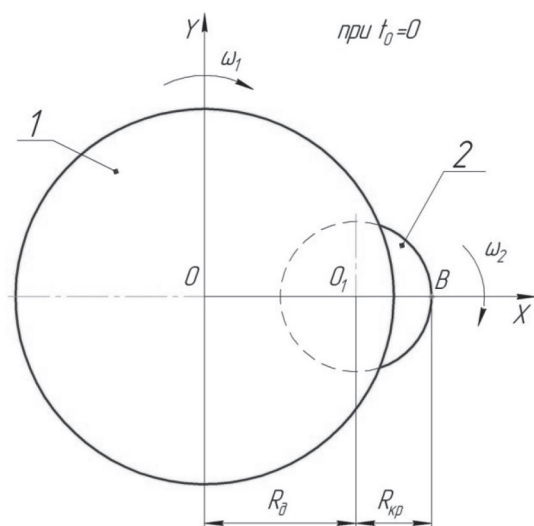


Рис. 1. Схема по определению траектории движения инструмента:

1 — диск, на котором закреплен инструмент; 2 — абразивный инструмент

АРМ» и малая глубина погружения шпинделя с инструментальным диском, оборудованном притирами, которая не позволяет обеспечить высокую производительность и заданные качественные параметры при абразивной доводке крупногабаритных корпусов клиновых задвижек с диаметром условного прохода $DN = 1000—1400$ мм и глубиной погружения $L = 1200—1400$ мм. Одними из первых предприятий в России по производству вышеуказанных установок, технологии шлифования и доводки запорных поверхностей деталей трубопроводной арматуры являются «ГАКС-АРМ-Сервис» и «ГАКС-РЕМ-АРМ» в составе «ГАКС-АРМ-Сервис» [2—6]. Специалисты вышеуказанных предприятий внесли значительный вклад в вопросы настройки переносных станков для абразивной доводки и создания методики определения режимных параметров и величины качественных параметров процесса финишной обработки уплотнительных поверхностей, а также в вопросы выбора рациональных абразивных материалов и СОТС (смазочно-охлаждающих технологических средств) [1—7].

Для определения траектории движения инструмента рассмотрим положение точки В при различных параметрах времени t .

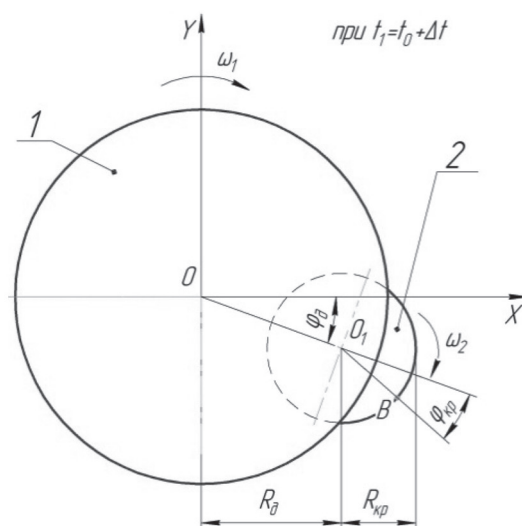


Рис. 2. Схема по определению траектории движения инструмента:

1 — диск, на котором закреплен инструмент; 2 — инструмент

Примем за начальный момент времени $t_0 = 0$, приращение $\Delta t = 0,1$ с.

При $t_0 = 0$ (рис. 1) спроецируем на ось OX положение точки В:

$$X_0 = R_d + R_{kp}, \quad (1)$$

где R_d — радиус от центра инструментального диска до оси инструмента (шлифовального круга или притира); R_{kp} — радиус инструмента (шлифовального круга или притира).

Спроецируем на ось OY положение точки В, при этом $Y_0 = 0$.

Углы поворота φ_d и φ_{kp} равны нулю.

При $t_1 = t_0 + \Delta t$ (рис. 2):

$$t_1 = 0 + 0,1 = 0,1 \text{ с.}$$

Определяем угол поворота диска

$$\varphi_d = \omega_1 \cdot t_1. \quad (2)$$

Определяем угол поворота инструмента

$$\varphi_{kp} = \omega_2 \cdot t_1. \quad (3)$$

Спроецируем на ось OX положение точки В (рис. 3):

$$X_1 = a + r. \quad (4)$$

Из треугольника OO_1M (см. рис. 3):

$$a = R_d \cdot \cos \varphi_d. \quad (5)$$

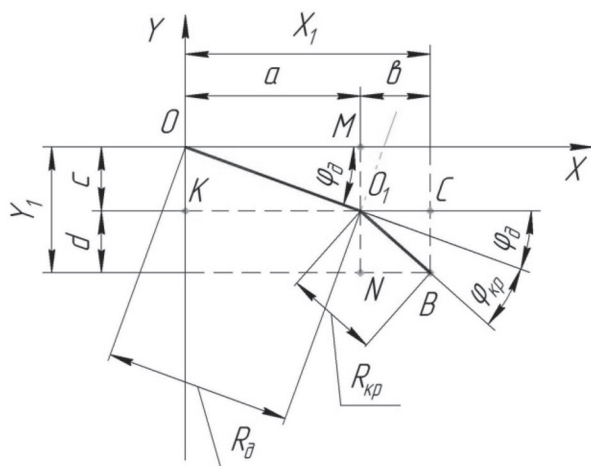


Рис. 3. Схема расчета положения точки В

Из треугольника BO_1C :

$$b = R_{kp} \cdot \cos(\varphi_{kp} + \varphi_d). \quad (6)$$

Спроецируем на ось OY положение точки B :

$$Y_1 = c + d. \quad (7)$$

Из треугольника OO_1K :

$$c = R_d \cdot \cos(90^\circ - \varphi_d). \quad (8)$$

Из треугольника BO_1N :

$$D = R_{kp} \cdot \cos(90^\circ - (\varphi_{kp} + \varphi_d)). \quad (9)$$

Рассмотрев два момента времени t_0 и t_1 , получим координаты положения точки B , что позволяет рассчитать путь, пройденный точкой за определенный момент времени:

$$\Delta l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}; \quad (10)$$

$$\Delta x = X_0 - X_1;$$

$$\Delta y = Y_0 - Y_1.$$

Для того, чтобы определить полный путь, пройденный точкой В, необходимо произвести расчет до момента, когда φ_d будет равен 2π .

Выводы

Таким образом, вопросы определения траектории движения абразивного инстру-

мента являются весьма важными для обеспечения заданного качества уплотнительных поверхностей деталей запорной арматуры. Приведенные математические зависимости позволяют управлять траекторией движения абразивного инструмента с целью обеспечения стабильности протекания технологического процесса финишной абразивной обработки.

Финансирование работы

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет». Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Использование ИИ

Авторы данной работы заявляют, что при подготовке статьи технологии искусственного интеллекта не использовались.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8—82 Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность.
2. Скрыбин В.А., Павлова Ж.В. Модернизация переносного станка для шлифования и притирки уплотнительных поверхностей затворов задвижек трубопроводной арматуры // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2015. № 2. С. 8—13.
3. Схиртладзе А.Г., Скрыбин В.А., Борискин В.П. Технологическое оборудование машиностроительных производств. Старый Оскол: ООО «ТНТ», 2013. 548 с.
4. Скрыбин В.А. Этапы обработки при восстановлении запорных деталей — трубопроводной запорной арматуры // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26. С. 228—244.
5. Схиртладзе А.Г., Скрыбин В.А., Борискин В.П. Ремонт технологических машин и оборудования. Старый Оскол: ООО «ТНТ», 2011. 432 с.
6. Сейнов С.В. Технологии и оборудование для притирки уплотнений арматуры // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2002. № 2. С. 8—13.
7. Орлов П.Н. Технологическое обеспечение качества деталей методами доводки. М.: Машиностроение, 1988. 384 с.