

Особенности выбора инструментальных материалов при абразивной доводке в процессе 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, *sergeygusev020701@gmail.com
DOI: 10.31044/1684-2561-2025-0-8-13-17
Поступила в редакцию 10.02.2025
После доработки 11.03.2025
Принята к публикации 01.04.2025

В статье рассматриваются особенности выбора инструментальных материалов при абразивной доводке в процессе обработки или непосредственного восстановления уплотнительных поверхностей деталей трубопроводной арматуры. Приведены математические зависимости для оценки качества процесса финишной обработки.

Ключевые слова: выбор, инструментальные материалы, абразивная доводка, уплотнительные поверхности, восстановление, трубопроводная арматура, оценка качества, финишная обработка.

The features of the choice of tool materials for abrasive finishing during processing or direct restoration of sealing surfaces of pipe fittings are considered. Mathematical dependencies to assess the quality of the finishing process are given.

Keywords: selection, tool material, abrasive finishing, sealing surface, restoration, pipe fittings, quality assessment, final polishing.

Введение

На повышение качества процесса финишной абразивной обработки непосредственное влияние оказывает выбор инструментального материала. Инструмент из эльбора по сравнению с обычными абразивными инструментами обладает повышенной режущей способностью (в 5–10 раз) и ее постоянством в процессе длительной эксплуатации; отсутствием засаливания, что исключает необходимость частой правки инструмента; высокой стойкостью рабочего контактного профиля, обеспечивающей получение обрабатываемой плоскости с высокой точностью.

Материалы и методы

Алмаз и эльбор превосходят в 3–4 раза по твердости и износостойкости основные

абразивные инструменты, поэтому их используют для абразивной обработки высокотвердых и трудношлифуемых материалов. Однако алмаз имеет невысокую термостойкость и химически активен к железу. Эти свойства ограничивают его эффективное применение при высокоскоростной обработке железоуглеродистых сплавов.

В отличие от алмаза в эльборе сочетается высокая твердость с высокой теплостойкостью и химической инертностью к железу (вплоть до температуры 1300–1500 °С), что обеспечивает интенсивный отвод тепла из зоны шлифования. Это обстоятельство снижает силу и температуру резания. Прижоги при обработке инструментом не образуются, так как стружка в межзерновом пространстве выгорает. Низкие температуры в зоне резания кругами из кубического нитрида бора (КНБ) исключают

возможность образования растягивающих напряжений в поверхностном слое, и наоборот, способствуют образованию напряжений сжатия, которые положительно влияют на износостойкость обрабатываемых деталей и инструмента.

Это позволяет осуществлять процессы шлифования и доводки более интенсивно и при этом получать обрабатываемую поверхность изделия без прижогов, а также фазовых и структурных изменений в поверхностном слое. Благодаря этому эльбор весьма эффективен при высокоскоростной абразивной обработке железоуглеродистых сплавов. Однако эльбор является хрупким материалом и поэтому его используют лишь в абразивном мелкозернистом инструменте. В результате скалывания кристаллов при шлифовании режущие кромки постоянно обновляются, тем самым обеспечивая самозатачивание инструмента.

Инструмент из эльбора, обладая исключительно высокой износостойкостью, длительно сохраняет высокие режущие свойства и заданный профиль без правки, поэтому эльборовый инструмент очень эффективен для обработки прецизионных фасонных поверхностей (резбовых, винтовых, зубчатых, профильных направляющих), а также малых отверстий, например прецизионных подшипников, где износ инструмента определяет заданную геометрическую точность. Инструмент из эльбора применяют также при обработке уплотнительных поверхностей клина и корпуса задвижек трубопроводной арматуры (рис. 1).

Задвижки — очень популярный и распространенный тип запорной арматуры. Благодаря своей надежности и простой конструкции они востребованы на транспортных и технологических трубопроводах с самыми разнообразными рабочими средами. В зависимости от конструктивного и материального исполнения, задвижки могут использоваться в системах с рабочими давлениями до 25 МПа и температурами до +565 °С.

Доводку уплотнительных поверхностей осуществляют на специальном станке. Принцип действия станка основан на сообщении абразивному инструменту простого вращательного движения или сложного вращательного движения (абсолютного и относительного) по круговой траектории. При обработке клина задвижки используют специальное приспособление.

Встречающиеся в литературных источниках и проспектах утверждения технических специалистов зарубежных фирм о том, что эльборовые круги и притиры с пастой из эльбора или из нитрида бора, применяемые в высокоскоростных переносных станках для финишной абразивной обработки, могут дать хороший результат по точностным показателям и шероховатости запорных поверхностей деталей трубопроводной арматуры, вызывают сомнения. В зависи-

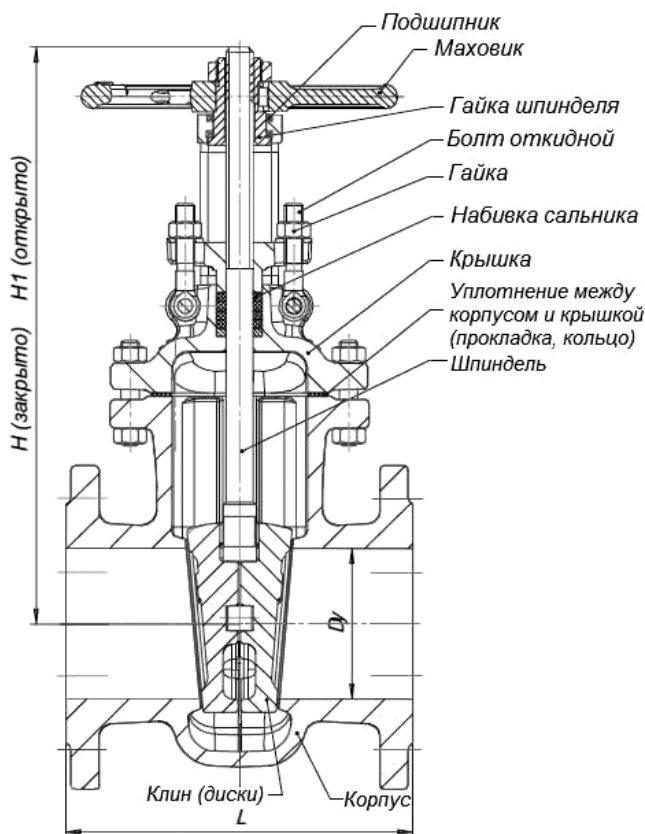


Рис. 1. Задвижка трубопроводной арматуры

мости от диаметра условного прохода D_N предварительная и окончательная обработка шлифовальными кругами и притирами будет осуществляться либо одним инструментом, либо инструментальным блоком из нескольких инструментов (рис. 2).

Для диаметра условного прохода $D_N = 50\text{—}800$ линейная скорость резания шлифовальными кругами и притирами диаметром 40—120 мм при частоте вращения $n = 1000\text{—}2000$ мин⁻¹ будет изменяться в диапазоне от 10—30 м/с до 40—60 м/с с учетом того, что каждый инструмент имеет планетарное или обычное вращение [1—8]. Линейная скорость резания притирами будет изменяться в диапазоне 2—4 м/с.

Неправомерность данного утверждения заключается в следующем:

1) мощность электродвигателя по техническим характеристикам переносных станков изменяется в диапазоне 1—1,5 кВт, что позволяет развивать частоту вращения шпинделя станка n в диапазоне 40—400 мин⁻¹ [1—8];

2) применение зависимого вращения шлифовального и притирочного инструмента на вышеуказанных высокоскоростных станках за счет изменения передаточного отношения вызывает большие трудности, так как может привести к проблеме размещения инструментов на обрабатываемой уплотнительной поверхности деталей трубопроводной арматуры [1—6];

3) кроме того, скоростной процесс обработки уменьшает твердость поверхностного слоя материала, наплавляемого при ремонте на уплотнительные поверхности, изменяет физико-механические характеристики и химические свойства материала, что негативно влияет на эксплуатационные параметры задвижек;

4) высокие скорости обработки вызывают значительные вибрации и малопрогнозируемый съем материала трубопроводной арматуры;

5) дефектный слой необходим для обеспечения ресурса работы, поэтому высокие скорости противопоказаны;

6) ремонт без демонтажа арматуры при значительных дефектах уплотнительных поверхностей и смены наплавочного материала исключен.

Производительность процессов шлифования и доводки, а также достигаемая при этом шероховатость поверхности зависят не только от абразивного инструмента, но и от следующих технологических факторов: скорости вращения притира, удельного давления между притиром и деталью, способа подачи доводочного материала.

С увеличением скорости перемещения притира до 4 м/с и давления на притир выше 0,2 МПа производительность процесса возрастает прямо пропорционально скорости и приводит к чрезмерному нагреву деталей, появлению прижогов на обрабатываемой поверхности, а также к появлению вибраций технологической системы в процессе обработки. Процесс протекает ненормально, притиры начинают вибрировать и перемещаться рывками, что отражается на производительности и качестве притирки. При этом за счет неправильного распределения усилий, прилагаемых к детали, образуются завалы и перекосы на притираемой поверхности [6—8].

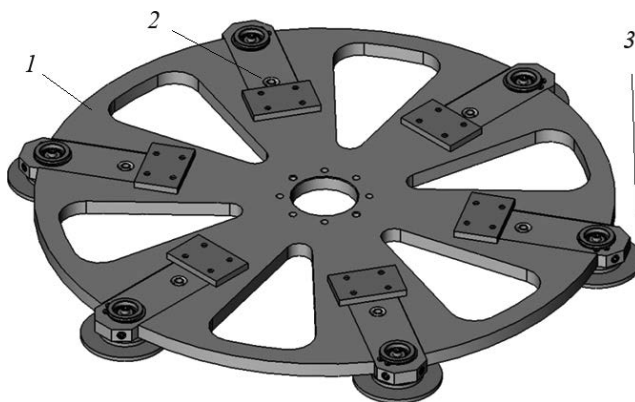


Рис. 2. Инструментальные блоки для шлифования и притирки: 1 — диск; 2 — планка; 3 — блок с шлифовальным или притирочным инструментом: $D_N = 400, 500, 600$ мм, 700—800, 900—1000 мм

На предприятиях ГАКС-АРМ-СЕРВИС и ГАКС-РЕМ-АРМ (г. Пенза) шлифовально-доводочные переносные станки типа ГАКС-Ф-4 имеют привод с двигателем мощностью 2 кВт, частота вращения выходного вала которого изменяется в диапазоне $n = 60—500 \text{ мин}^{-1}$, а линейные скорости притирки при чистовой и черновой обработке уплотнительных поверхностей корпуса задвижки трубопроводной арматуры с условным диаметром прохода $D_N = 100$ изменяются соответственно $V_{\text{чист}} = 0,174 \text{ м/с}$, $V_{\text{черн}} = 0,31 \text{ м/с}$. На производстве используют задвижки из серого чугуна следующих марок: СЧ20, СЧ25 и стальные марок: 20Л, 25Л, 20Х13 и др.

Плотность (непроницаемость) уплотнительных поверхностей деталей арматуры — корпуса задвижки и клина обеспечивается инструментом. На поверхность чугунного или стального притира наносят абразивную пасту или самоклеящуюся мелкозернистую шкурку.

Температура при притирке в зоне резания определяется по зависимости [3]:

$$\Theta_s = T_K + \frac{q}{\alpha} \cdot V,$$

где q — тепловой поток через единицу поверхности слоя в единицу времени ($q = 75,7 \cdot 10^{-1} \text{ кг/м}^2$); V — линейная скорость притирки, м/с.

При обработке чугуна:

α — коэффициент теплоотдачи ($\alpha = 0,066 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$).

$$\Theta_s = T_K + \frac{q}{\alpha} \cdot V = 293 + \frac{8,57}{0,066} \cdot 0,31 \approx \approx 335 \text{ К} \approx 62 \text{ }^\circ\text{С}.$$

При обработке притирами с эльборовым инструментом:

$$\Theta_s = T_K + \frac{q}{\alpha} \cdot V = 293 + \frac{5,32}{0,022} \cdot 3 \approx 725 \text{ К} \approx 452 \text{ }^\circ\text{С}.$$

При температуре нагрева 350—530 °С, как следует из литературных и производственных данных [7, 8], серый чугун и высоколегированные стали с содержанием хрома более 15% склонны к охрупчиванию. Прочность и твердость данных материалов заметно понижаются.

Обсуждение результатов

Исходя из вышеизложенного, высокоскоростное шлифование и притирка эльборовым инструментом нецелесообразны. В этом случае восстановление без демонстрации при значительных дефектах уплотнительных поверхностей и смены наплавочного материала исключено. Оптимальные скорости притирки при диаметре условного прохода задвижки $D_N = 50—1000$ изменяются при чистовой обработке в диапазоне $V = 0,15—0,8 \text{ м/с}$, а при черновой обработке $V = 0,3—2 \text{ м/с}$ [7, 8].

Как показали экспериментальные исследования в производственных условиях, в качестве материала шлифовальных кругов можно рекомендовать хромотита-

Состав притирочно-доводочной пасты

Наименование компонента	Содержание, %	Примечание
Электрокорунд белый 25А М20П-М14П ГОСТ 26327—84	50	Марка и зернистость абразива могут быть другими (см. состав суспензии)
Кислота олеиновая ГОСТ 7580—91	10	—
Литол-24 ГОСТ 21250—87	15	—
ПАВ (кальцинированная сода)	10	—
Масло индустриальное И20А	15	—
Примечание: материал шкурки и зернистость: черновая обработка 91А16-Н(Р80); 91А10-Н(Р120); 15А16-Н(Р80); 15А10-Н(Р120); чистовая обработка 91АМ63-Н(Р240); 15АМ63-Н(Р240)		

нистый электрокорунд марок 91А или 92А зернистостью F60(Z25), связку бакелитовую с упрочнением БУ(В), твердость — СТ2(Р) или Т1(Р). Для притиров используют серый чугун СЧ 20 ГОСТ 1412, пасту на основе хромотитанистого электрокорунда марки 91А(92А) или белого электрокорунда марки 24А(25А). Состав притирочно-доводочной пасты и рекомендации по выбору самоклеящейся шкурки для стальных притиров приведены в таблице.

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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров Е.Г., Тименский С.В., Левитин В.С. Исследование влияния легированных добавок на качество чугунных дисков. Труды ВНИИПП. Вып. 2 (70). М.: Специнформцентр ВНИИПП. 1972. 214 с.
2. Ящерицын П.И., Зайцев А.Г. Повышение качества шлифовальных поверхностей и режущих свойств абразивно-алмазного инструмента Минск: Наука и техника. 1972. 226 с.
3. Ящерицын П.И., Зайцев А.Г., Барботько А.И. Тонкие доводочные процессы обработки деталей машин и приборов. Минск.: Наука и техника. 1976. 328 с.
4. Ковалев А.А. О доводке керамических материалов. В сборнике Внедрение алмазов в промышленность. М.: НИИМАШ. 1967. 179 с.
5. Черников А.В. Исследование производительности процессов плоской притирки. М.: Вестник машиностроения. № 9. 1965. 111 с.
6. Орлов П.Н. Технологическое обеспечение качества деталей методами доводки. М.: Машиностроение. 1988. 384 с.
7. Скрыбин В.А., Схиртладзе А.Г., Репин А.С., Зинкин С.В. Повышение качества поверхности при абразивной доводке пластин чувствительных элементов емкостных датчиков давления // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2009. № 8. С. 43—46.
8. Скрыбин В.А. Восстановление деталей запорной арматуры // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2023. № 3. С. 3—8.

ВНИМАНИЕ! ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ!

При представлении статьи в редакцию необходимо соблюдать следующие условия для учета в системе РИНЦ:

- указывать достоверное место работы автора (точное название организации, совпадающее с названием, зарегистрированным на сайте <http://elibrary.ru>);
- библиографические ссылки давать **без ошибок** (название статьи, полное название журнала, год, том, номер издания, страницы).

При несовпадении представленных и учтенных в elibrary данных автора система на запросы НЕ отвечает, т.к. не находит этих данных на своем портале.

В этом случае редакция не принимает никаких претензий.