

ХАРАКТЕР ВОЗДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ТЕЛ И УПРОЧНЯЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ПОВЕРХНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ

Д.В. Авдеева, А.А. Михальчук, П.А. Гурин, Н.А. Миронычев

*Пензенский государственный университет,
г. Пенза Россия*

Рассмотрены вопросы физико-механического воздействия рабочих тел и упрочняющего инструмента на наружные и внутренние поверхности деталей и труб. Получено аналитическое выражение для определения размерных характеристик деталей. Изучена топография обработанных поверхностей. Приведены практические рекомендации по назначению условий и режимов обработки.

Ключевые слова: схемы контактирования, рабочие тела, неровности, глубина внедрения и деформирования, топография, производительность обработки, технологические режимы

Вопросы повышения производительности обработки поверхностей различных по форме деталей и труб с отличным от круглого поперечного сечения связан с правильным выбором технологии, инструмента и оборудования. Известны методы эффективной механической обработки эластичным инструментом, пескоструйная, с наложением ультразвука и вибраций, потоком гидроабразивной суспензии, центробежно-планетарная обработка [1, 2, 3, 4, 8].

В процессе контактирования абразивных частиц в потоке гидроабразивной суспензии наблюдается комплекс взаимодействий: эффект скольжения, перекатывания по внутренней поверхности, пластической деформации и внедрения в поверхность трубы.

Абразивные частицы (рабочие тела) при движении в потоке суспензии или вязкой полимерной среде внедряются в поверхность на незначительную глубину, образуются царапины, а при скольжении срезают своим субмикрорельефом тонкие слои металла с выступающих неровностей. Наблюдается микрорезание и субмикрорезание. В случае обработки трубы с прямоугольным поперечным сечением преобладает удар рабочих тел о плоскости внутренней поверхности и пластическая деформация. Деформируются выступы и неровности, формируется регулярный микрорельеф.

Изучение топографии обработанных поверхностей, полученных различными методами позволило определить их состояние и характер неровностей. Равномерное размещение кратеров от удара абразивных частиц при гидроабразивной и пескоструйной обработке показано на рисунке 1. В поверхностном слое могут находиться сколы абразивных зерен, что в некоторых случаях недопустимо, т.к. приводит к интенсивному износу контактирующих поверхностей.

Абразивно-экструзионная обработка, проводимая путем циклического реверсивного прокачивания абразивно-полимерной массы или абразивного эластичного инструмента также характеризуются наличием шаржированных частиц в поверхностном слое деталей, причем, вследствие значительных давлений на абразивные зерна, наблюдаются глубокие риски на поверхности (рисунок 2).

Ультразвуковая безабразивная финишная обработка, при которой на контактирующий с поверхностью инструмент накладываются вибрации ультразвуковой частоты, позволяет нивелировать неровности поверхности, но вследствие единичного точечного контакта формирует особую текстуру поверхности (рисунок 3), незначительно изменяя первоначальные высотные параметры профиля [4].

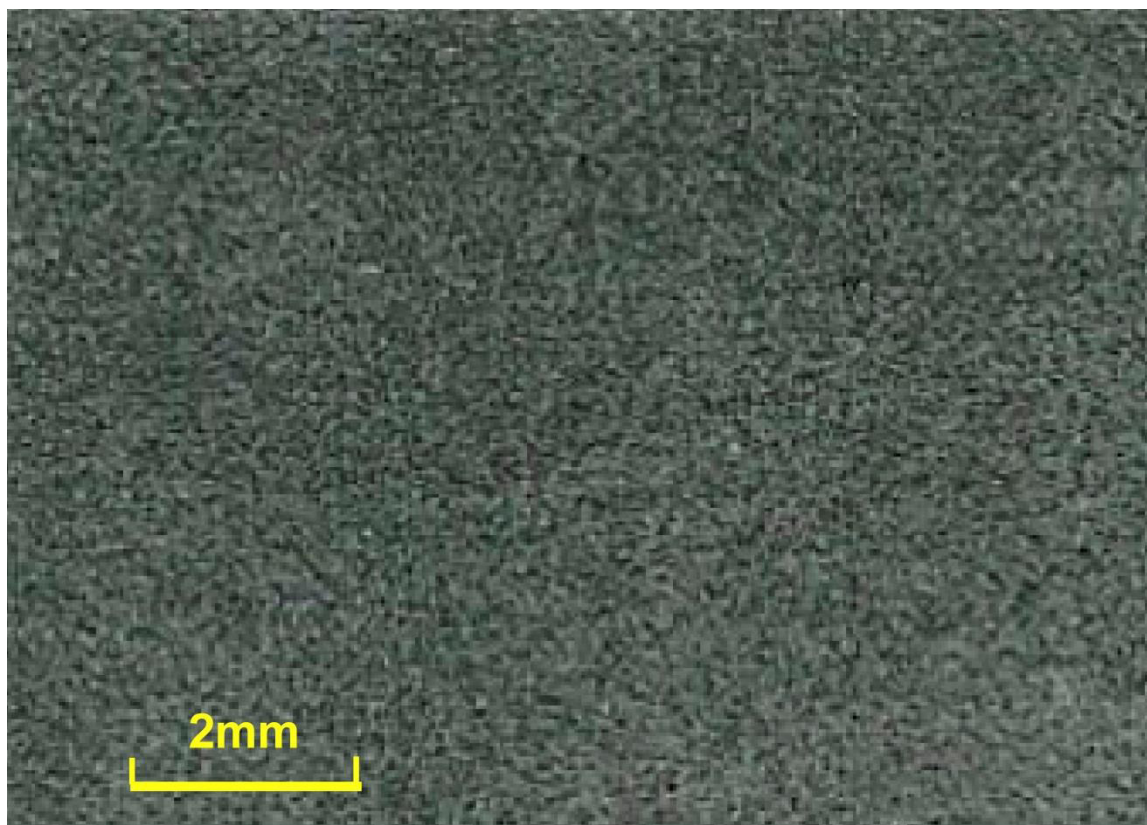


Рисунок 1 – Поверхность стальной пластины после пескоструйной обработки

Степень очистки Sa3C [1]

Ранее проведенными исследованиями было установлено, что рабочая среда загрузки в трубах, контейнерах, обечайках круглого поперечного сечения при центробежно-планетарном вращении с различными скоростями характеризуется следующими режимами и воздействием на внутреннюю поверхность: каскадный, водопадный, смешанный каскадно-водопадный, полного центрифугирования [7]. В последнем случае обработка деталей в загрузке и внутренней поверхности не происходит.

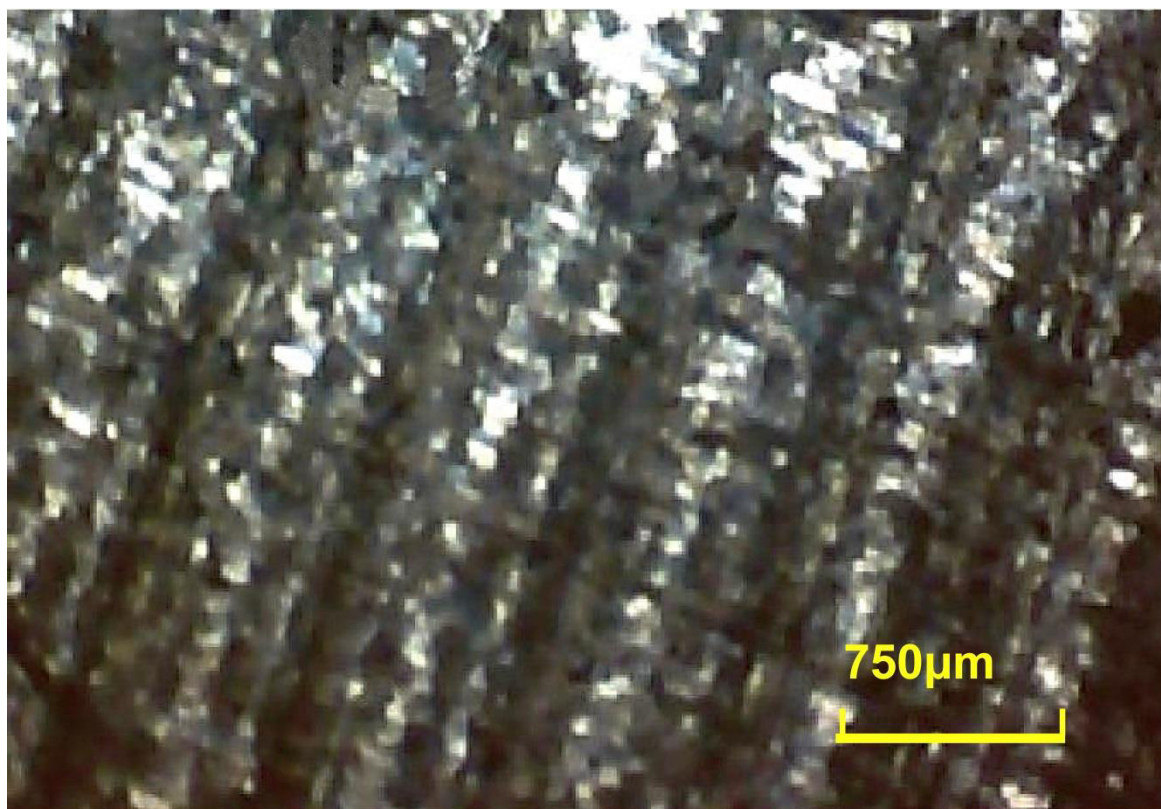


Рисунок 2 – Поверхность детали из алюминиевого сплава после абразивно-экструзионной обработки [3]



Рисунок 3 – Поверхность детали из алюминиевого сплава Д16Т после безабразивной ультразвуковой финишной обработки

Воздействие рабочих тел на стенки в трубах и контейнерах сечением прямоугольной формы и характер их движения при центробежно-планетарной обработке отличается от вышеперечисленных режимов. Добавляется ударный (метательный) эффект воздействия стенок трубы, которые при вращении трубы работают как лопасти насоса. Эффект удара сопровождается смятием неровностей на поверхности, формированием регулярного рельефа, причем с увеличением массы рабочих тел контактные давления возрастают, а глубина внедрения увеличивается. Вместе с тем происходит проскальзывание рабочей абразивной среды по поверхности с нивелированием выступов неровностей как в поперечном сечении, так и вдоль трубы.

На практике для достижения необходимых и эффективных условий обработки в центробежно-планетарных установках экспериментально подбираются соотношения частот вращения труб и системы

Физическое воздействие на поверхность детали при центробежно-планетарной обработке характеризуется как ударное и оценивается глубиной внедрения рабочего тела.

Глубина внедрения рабочего тела может быть определена по формуле [5]

$$h = \dot{x} d \sqrt{\frac{\rho_a}{6q}} \cdot \sin \left(\frac{1}{d} \sqrt{\frac{6q}{\rho_a}} \tau_b \right),$$

где $\dot{x}$ – проекция скорости движения рабочего тела на ось X, направление оси – по радиусу вращения системы планетарной установки, м/с;

d – диаметр рабочего тела (сферы), мм;

ρ_a – плотность материала сферы, кг/м³;

τ_b – время удара частица сферической формы с учетом пластического деформирования, определяемое по формуле [6];

$$\tau_b = \frac{\pi d}{2} \sqrt{\frac{\rho_a}{6q}}.$$

q – среднее динамическое давление текучести.

Для высокопластичных металлов и их сплавов q можно принимать численно равной твердости материала (НВ) по Бринелю в Па [5,6]. Диапазон скоростей соударения сферической частицы об упруго-пластическое полупространство от 0,2 до 5 м/с.

Проведены эксперименты по обработке труб из алюминия АД00. Полученные зависимости позволили установить значимость каждого из технологических режимов обработки. Существенное увеличение размеров рабочих тел (металлических шариков) ограничивается размером внутреннего пространства и заданной глубиной внедрения в поверхность. Отмечено также значимость и объемного содержания твердой фазы в рабочей загрузке. С увеличением степени заполнения интенсивность воздействия снижается, т.к. сокращается путь пролета рабочих тел до соударения и сила удара.

Поверхностный график изменения размера канала трубы с прямоугольным поперечным сечением представлен на рисунке 4.

Сводные показатели производительности абразивной и безабразивной обработки деталей из высокопластичных материалов и стали приведены в таблице.

Зависимость
изменения размера канала Δa_v от времени обработки t и диаметра шариков d

$$\Delta a_v = 6,614063 - 2,8632d - 0,07395t + 0,0475dt + 0,2048d^2$$

Частота вращения планшайб $n_{пл} = 170 \text{ мин}^{-1}$

Частота вращения деталей $n_{дет} = 480 \text{ мин}^{-1}$

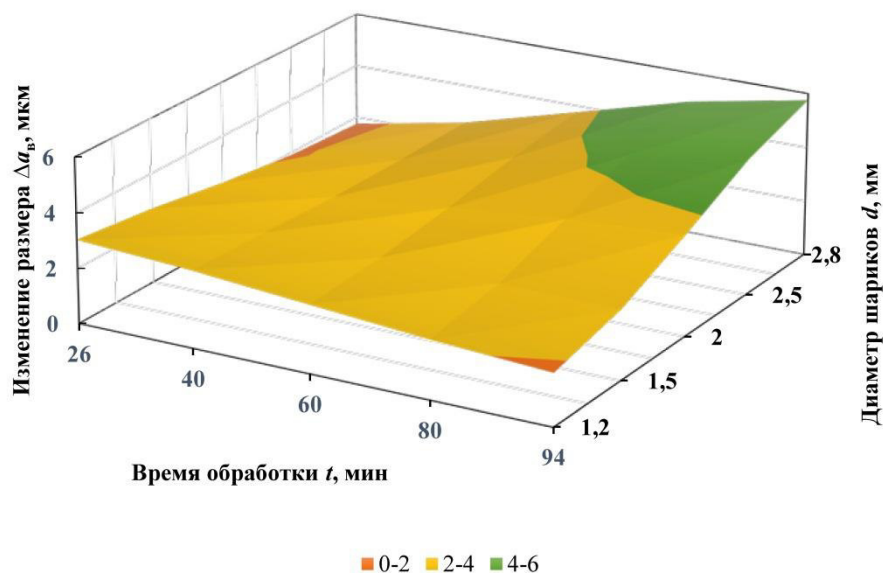


Рисунок 4 – График изменения размера канала трубы при центробежно-планетарной обработке

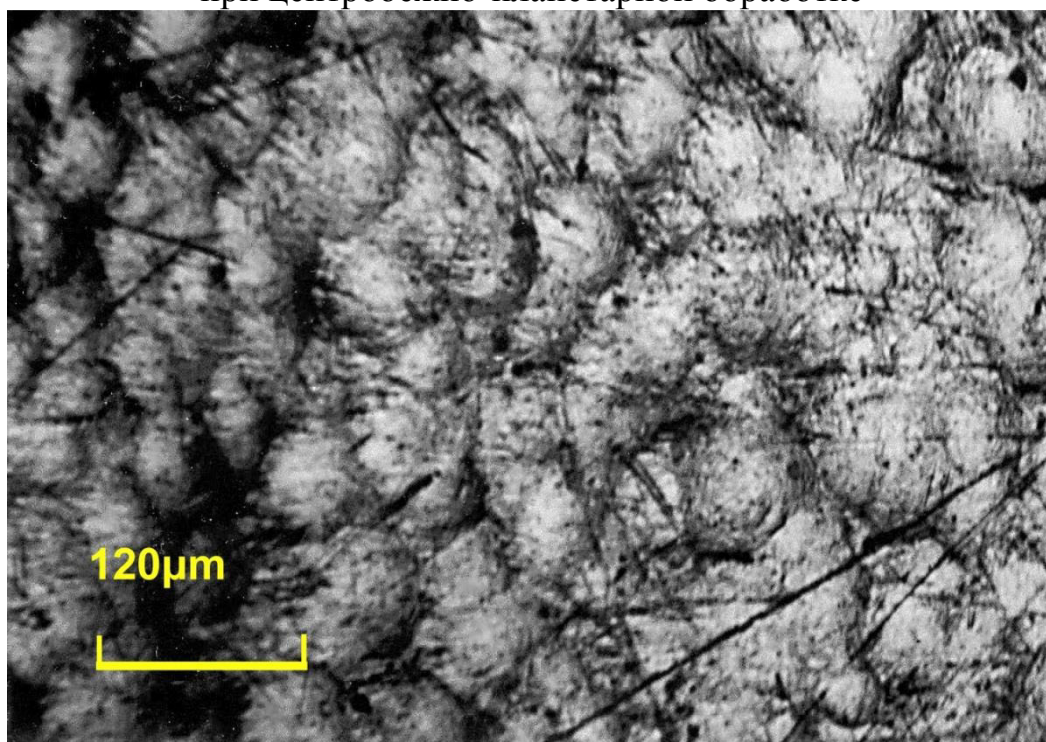


Рисунок 5 – Топография внутренней поверхности канала трубы после центробежно-планетарной обработки

Таблица 1 – Показатели производительности абразивной и безабразивной отделочной обработки наружных и внутренних поверхностей деталей

Метод обработки	Припуск на обработку, мм	Рабочий инструмент (среда)	Характер воздействия на поверхность	Область применения
Гидроабразивная (пескоструйная)	Толщина дефектного слоя (до 5 мм)	Гидроабразивная суспензия, (кварцевый песок)	Абразивный, ударный	Очистка металлической поверхности
Абразивно-экструзионная	До 1 мм	Вязкая на основе полимеров абразивная рабочая среда	Абразивное микрорезание зернами	Очистка от загрязнений, удаление заусенцев, шлифование, полирование
Безабразивная ультразвуковая финишная (БУФО)	В пределах высоты неровностей	Индентор, дорн	Вибрационное	Обкатка, дорнование, раскатка
Центробежно-планетарная абразивная	0,05–0,5	Гидроабразивная суспензия	Абразивное микрорезание зернами	Очистка, шлифование
Центробежно-планетарная безабразивными рабочими средами	В пределах высоты неровностей	Металлические и стеклянные шарики	Ударный	Отделка, упрочнение

Список использованных источников

1 ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014 Подготовка стальной поверхности перед нанесением лакокрасочных материалов и относящихся к ним продуктов. Визуальная оценка чистоты поверхности. Часть 1. Степень окисления и степени подготовки непокрытой стальной поверхности и стальной поверхности после полного удаления прежних покрытий. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12с. https://www.teh-stroy.ru/gost-r-iso-8501-1-2014.php?ysclid=lfneuz91w776176917#photo_d_fl

2 Мартынов, А.Н. Основы метода обработки деталей свободным абразивом, уплотненным инерционными силами. – Саратов: Изд-во Саратов.ун-та, 1981. – 212 с.

3 Сысоева, Л.П. Абразивно-экструзионная обработка алюминиевых сплавов / Л.П. Сысоева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2015. – Т. 15. – № 2. – С. 40-50.

4 Самуль, А.Г., Гилета В.П., Насонов А.И. Микрогеометрия деталей из алюминиевых сплавов после ультразвукового поверхностно-пластического деформирования // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2021. – № 3 (74). – С.82-90.

5 Гольдсмит В. Удар. Теория и физические свойства соударяемых тел: Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1965. – 443 с.

6 Контактное взаимодействие твердых тел при статических и динамических нагрузках / Рыжов Э.В., Колесников Ю.В., Суслов А.Г. – Киев: Наукова думка, 1982. – 172 с.

7 Бушуев, Л.П. О движении загрузки в барабанах планетарной центробежной мельницы / Л.П. Бушуев // Изв. АН СССР. ОТН. Механика и машиностроение. – 1961. – № 1. – С. 167-169.

8 Кузнецов А.А., Гурин П.А., Миронычев Н.А. К вопросу контактного взаимодействия частиц уплотненной абразивной среды с обрабатываемой поверхностью деталей при центробежно-планетарной обработке / Сб.статей Всероссийской научно-практической конференции «Техника и технология современных производств». – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2019. – С.39-43.

THE NATURE OF INFLUENCE OF WORKING BODIES AND THE STRENGTHENING TOOL ON THE SURFACE OF DETAILS AT FINISHING PROCESSING

D.V. Avdeeva, A.A. Mikhalechuk, P.A. Gurin, N.A. Mirohychev

*Penza State University,
Penza Russia*

Questions of physicomachanical influence of working bodies and the strengthening tool on external and internal surfaces of details and pipes are considered. Analytical expression for definition of dimensional characteristics of details is received. The topography of the processed surfaces is studied. Practical recommendations about purpose of conditions and the modes of processing are provided.

Keywords: schemes of engagement, working bodies, roughnesses, depth of introduction and deformation, topography, processing performance, technological modes