

УДК 621.92

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ, РЕАЛИЗУЕМЫХ НА АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ВИБРОГАЛТОВОЧНОМ ОБОРУДОВАНИИ

**Саранцев Никита Сергеевич**, магистрант, направление подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: orenburzgets@mail.ru

Научный руководитель: **Серегин Андрей Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: 2805seregin1963@gmail.com

**Аннотация.** Данная статья посвящена исследованию финишной обработки деталей сферической формы методом виброгалтования. Актуальность работы обуславливается относительной новизной данного метода, а также недостаточной изученностью режимов и стратегий обработки в специальной литературе. Для рассмотрения данной темы был проведен эксперимент, суть которого заключается в постепенном сокращении стадий обработки, а, как следствие, и общего времени, необходимого для обработки деталей. В ходе эксперимента получены значения шероховатости, определенные с помощью специального устройства – профилометра, на основании анализа этих данных предложен оптимальный метод обработки. Стоит отметить, что данная технология обработки была внедрена на машиностроительном предприятии, где было отмечено снижение трудоемкости на 26%. В дальнейшем планируется сравнить предложенную технологию обработки с обработкой на современных станках для финишной обработки (например, на шлифовальном станке с ЧПУ) и провести технико-экономический расчет.

**Ключевые слова:** виброгалтовка, финишная обработка, галтовка, метод поверхностной пластической деформации (ППД), обработка сфер.

**Благодарности:** статья подготовлена в рамках исследования, проводимого в ходе реализации стратегического проекта «Технологии и кадры для ОПК», выполняемого по программе стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

**Для цитирования:** Саранцев Н. С. Исследование технологий финишной обработки заготовок сферической формы, реализуемых на автоматизированном виброгалтовочном оборудовании // Шаг в науку. – 2022. – № 4. – С. 71–75.

## STUDY OF TECHNOLOGIES FOR FINISHING PROCESSING OF SPHERICAL WORKPIECES IMPLEMENTED ON AUTOMATED VIBROTUMBLING EQUIPMENT

**Sarantcev Nikita Sergeevich**, postgraduate student, training program 15.04.05 Design and technological support of machine-building industries, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: orenburzgets@mail.ru

Research advisor: **Seregin Andrey Alekseevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology, Metalworking Machines and Complexes, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: 2805seregin1963@gmail.com

**Abstract.** This article is devoted to the study of the finishing of spherical parts by the method of vibration grinding. The relevance of the work is due to the relative novelty of this method, as well as the insufficient availability of information regarding processing modes and strategies in the specialized literature. To study this topic, an experiment was conducted, the essence of which is to gradually reduce the processing stages, and as a result, the total time required for processing parts. During the experiment, roughness values were obtained, determined using a special device – a profilometer, based on the analysis of these data, an optimal processing

method was proposed, it is worth noting that this processing technology was introduced at a machine-building enterprise, where a 26% reduction in labor intensity was noted. In the future, it is planned to compare the proposed processing technology with processing on modern finishing machines (for example, on a CNC grinding machine) and conduct a technical and economic calculation.

**Key words:** vibration grinding, finishing treatment, barrel polishing, method of surface plastic deformation (SPD method), processing of spheres.

**Acknowledgements:** this article was prepared as part of research conducted during the implementation of the strategic project «Technologies and personnel for the defense industry», carried out under the program of strategic academic leadership «Priority 2030».

**Cite as:** Sarantcev, N. S. (2022) [Study of technologies for finishing processing of spherical workpieces implemented on automated vibrotumbling equipment]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 4, pp. 71–75.

Финишная обработка – важный этап производственного и технологического процесса, как правило, применяется в точном машиностроении (приборостроение, радиотехническое и электронное машиностроение, электротехническая промышленность и т. д.), среднем (автомобилестроение, тракторостроение, станкостроение, ракетостроение, робототехника и т. д.), а также нередко встречается и в других отраслях машиностроения. Главными целями финишной обработки являются достижение высоких требований к точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей. Повышение требований к качеству деталей машин вызывает необходимость поиска и внедрения новых высокопроизводительных методов обработки поверхности, обеспечивающих изготовление детали в соответст-

вии с предъявляемыми требованиями. В результате появляются новые, более прогрессивные методы финишной обработки, об одном из таких методов пойдет речь в данной работе [2].

Главный элемент крана – хорошо отшлифованный шар (рисунок 1 – взято из открытых источников) с цилиндрическим сквозным отверстием – является подвижным элементом (затвором) шаровых кранов. Шаровой кран – это один из современных и прогрессивных типов запорной трубопроводной арматуры, запирающий или регулирующий элемент которого имеет сферическую форму.

Зачастую краны данной конструкции находят применение в нефте- и газопроводах, системах городского газоснабжения, водоснабжения, отопления и иных сферах.



Рисунок 1. Элемент шарового крана

Источник: взято из *Шаровой кран: устройство, разновидности, правила выбора и монтаж* – URL: <https://mos-citystroy.ru/svarka/sharovoj-klapan-eto.html> (дата обращения: 23.03.2022)

Шар постоянно находится в потоке работающей жидкости, в которой могут присутствовать твердые частицы, делающие риски и углубления на поверхности затвора [3]. Для того, чтобы противостоять воздействию этих частиц, наружная поверхность шара должна иметь высокую твердость [4]. Особенно подвержен износу шаровый затвор, регулирующий поток, и особенно, если он установлен в промежуточном положении. Для снижения абразивного износа поверхность затвора, как правило, имеет полированное твердое гальванопокрытие из хрома. Исходя из условий работы, к рабочей поверхности предъявляют следующие требования:

- отклонение от сферичности формы не более 0,01 мм;

- шероховатость Ra 0,08 мкм, что соответствует 11 качеству точности;

- твердость 60...73 HRC.

Следует отметить, что шары являются сложно профильными деталями с поверхностями, до которых может быть трудно добраться обычному инструменту при финишной и отделочной операциях [5]. Есть и другие особенности финишной обработки таких деталей:

- к поверхностям, обрабатываемых давлением, должна быть приложена минимальная сила;

- следует учитывать возможность обработки труднодоступных мест: выступов, пазов и других элементов конструкции деталей сложного профиля;

- несмотря на наличие поверхностей разных

уровней и мест расположения, обработка должна быть равномерной;

– сведение на нет неблагоприятных свойств поверхностного слоя деталей;

– на поверхности не должно быть прижогов, а тепловое воздействие на деталь должно быть минимальным.

Выбор метода финишной обработки, а также технологии, оборудования и инструментов существенно влияет на решение этих задач. При выборе инструмента (рабочей среды), как правило, учитывают низкую стоимость его изготовления и ремонта, но при этом высокую износостойкость при его эксплуатации. С точки зрения применяемого оборудования стремятся к использованию универсальных станков, устройств, стандартной оснастки [6]. Также учитывают затраты на дополнительную электроэнергию (например, для электрохимических, электроискровых и других методов), на дополнительные устройства и приборы, пасты, которые идут сверх обычных затрат. При оценке экономического эффекта метода обработки, высокую производительность можно достигнуть либо за счет большого количества одновременно обрабатываемых деталей [7]. Также важна оценка качества обработанных поверхностей, в том числе отсутствие остаточных напряжений и температур-

ных деформаций поверхностного слоя [1]. Резюмируя все вышесказанное, приходим к выводу, что основными факторами, влияющими на выбор способа финишной обработки, являются: универсальное оборудование, себестоимость изготовления, материал детали, требования к поверхностному слою. Выбор галтования как финишной обработки удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям и позволяет получить детали высокого качества на выходе.

На основании анализа рассмотренных материалов сформировали цель и задачи исследований.

Целью данной работы является исследование технологии галтовки. Для реализации данной цели необходимо решить следующие задачи:

– исследовать возможности обеспечения требуемых свойств поверхностного слоя на автоматизированном виброгалтовочном оборудовании;

– провести экспериментальное исследование процесса виброгалтовки на разных стадиях обработки;

– разработать технологию финишной обработки, позволяющей повысить качество обработанных деталей.

Исследуемый процесс виброгалтовки происходит на виброгалтовочной установке SCV-400. Внешний вид установки показан на рисунке 2 (выполнен автором).



Рисунок 2. Виброгалтовочная установка SCV-400

Источник: выполнено автором

Исследование проводилось в 3 этапа.

Этап 1: детали предварительно лезвийно обрабатываются начисто, затем помещаются в виброгалтовочную установку, где, по рекомендации производителя, проходят 5 стадий обработки ЭГЗ (экстра грубое зерно), ГЗ (грубое зерно), СЗ (среднее зерно), СТЗ (сверх тонкое зерно), керамика, по окончании каждого перехода обработки измеряется шероховатость.

Режимы обработки:

– частота колебаний камеры – 50 Гц ;

– время обработки в каждой стадии – 3 ч.

После обработки на станке при следующих режимах резания (тонкое точение):  $V_c = 130$  м/мин,  $f = 0,1$  мм/об,  $t = 0,2$  мм) детали имели легкий блеск, на ощупь были гладкими, заусенцев не было. Измеренная шероховатость в среднем составляла:  $Ra 0,589$  мкм.

После стадии ЭГЗ (рисунок 3 – выполнен автором) деталь заметно потемнела, углы стали более сглаженными, характерные риски от резца не исчезли.



Рисунок 3. Детали после стадии ЭГЗ

Источник: выполнено автором

Результаты замеренной шероховатости в среднем равняются: 0,447 Ra.

После стадии ГЗ (рисунок 4 – выполнен автором) можно отметить более равномерное распре-

деление шероховатости по поверхности, однако заметного снижения шероховатости замечено не было, измеренная шероховатость в среднем составляла: Ra 0,443 мкм.



Рисунок 4. Деталь после стадии «ГЗ»

Источник: выполнено автором

После стадии «СЗ» (рисунок 5 – выполнен автором) поверхность стала заметно чище, риски от рез-

ца почти невидны, цвет не изменился, измеренная шероховатость в среднем составляла: Ra 0,165 мкм.



Рисунок 5. Вид детали после стадии «СЗ»

Источник: выполнено автором

После стадии «СТЗ» (рисунок 6 – выполнен автором) шар поменял цвет (стал блестящий) ри-

ски от резца пропали, измеренная шероховатость в среднем составляла: Ra 0,099 мкм.



Рисунок 6. Внешний вид детали после стадии СТЗ

Источник: выполнено автором

После стадии «керамика» (рисунок 7 – выполнен автором) шар приобрел свойство «зеркально-

сти», измеренная шероховатость в среднем составила: Ra 0,086 мкм.

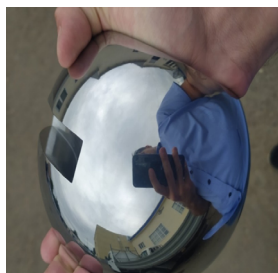


Рисунок 7. Внешний вид детали после стадии «Керамика»

Источник: выполнено автором

Анализируя данные замеренной шероховатости, приходим к выводу, что стадией ГЗ можно пренебречь, так как на изменение шероховатости эта стадия влияет не критично, а сокращение трудоемкости будет являться существенным преимуществом.

### Этап 2

Проведем исследование технологического процесса виброгалтовки, состоящего из 4 этапов: ЭГЗ, СЗ, СТЗ, керамика. И также произведем замеры шероховатости после каждой стадии.

После проведения замеров получаем следующие результаты: ЭГЗ – Ra 0,442, СЗ- Ra 0,195, СТЗ- Ra 0,11, Керамика – Ra 0,092.

Произведем анализ полученных данных: несмотря на то, что мы исключили стадию ГЗ, конечное качество поверхности практически не изменилось.

Также можем отметить незначительное изменение шероховатости между стадиями СЗ и СТЗ. Поэтому следующий этап исследований будет за-

ключаться в исключении стадии СТЗ. Так же было замечено, что наибольший перепад в значениях происходит между стадиями ЭГЗ и СЗ. Так как ЭГЗ имеет самую крупную зернистость – увеличим время обработки на этой стадии до 5 ч, для большего снижения шероховатости на черновом этапе галтования и уменьшим на 1 ч время на последующих этапах. В итоге получаем: «ЭГЗ» – 5 ч, «СЗ» – 3 ч, «керамика» – 3 ч.

### Этап 3

После проведения эксперимента получаем следующие результаты: ЭГЗ – Ra 0,437, СЗ – Ra 0,171, Керамика – Ra 0,089.

Несмотря на то, что мы исключили стадию СТЗ, конечное качество поверхности практически не изменилось. Следовательно, можно оптимизировать процесс виброгалтовки, что не отражается на качестве поверхности. Так же стоит отметить снижение трудоемкости на 26%.

### Литература

1. Бутаков Б. И. Исследование и разработка способов обкатывания роликами винтов и червяков с крупным шагом в тяжелом машиностроении: автореферат дис. ... канд. техн. наук. / Уральск. политехн. ин-т им. С. М. Кирова. – Свердловск: 1974. – 27 с.
2. Горшко А. И. Арматура трубопроводная целевого назначения: В 3 кн. / А. И. Горшко. – М.: Машиностроение, 2003 (ППП Тип. Наука). – Кн. 1: Выбор. Эксплуатация. Ремонт. – 2003 (ППП Тип. Наука). – 427 с.
3. Гуревич Д. Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры / Д. Ф. Гуревич, – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва; Ленинград: Машиностроение. [Ленингр. отд-ние], 1964. – 832 с.
4. Исаев А. И. Процесс образования поверхностного слоя при обработке металлов резанием / А. И. Исаев, канд. техн. наук. – Москва: изд-во и 1-я тип. Машгиза, 1950 (Ленинград). – 358 с.
5. Кулаков Ю. М. Отделочно-зачистная обработка деталей. – Москва: Машиностроение, 1979. – 216 с.
6. Папшев Д. Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. – Москва: Машиностроение, 1978. – 152 с.
7. Теория обработки металлов давлением: (Вариационные методы расчета усилий и деформации) / И. Я. Тарновский [и др.]; Под ред. И. Я. Тарновского. – Москва: Металлургиздат, 1963. – 672 с.

Статья поступила в редакцию: 30.05.2022; принята в печать: 25.10.2022.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.