

УДК 621.7

DOI: 10.52531/1682-1696-2023-23-1-42-47

Научная статья

# ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ ГАЛТОВКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО И СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**А.В. Крюков, А.В. Волков,  
Я.Г. Шарыгина**

АО «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИМ. АКАДЕМИКА А.И. БЕРГА»

Рассмотрен галтовочный процесс с точки зрения его технологии на основе полученных экспериментальных данных в производственных цехах АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга». Проанализированы типы галтовочного оборудования с учетом эффективности технологической операции галтовки в зависимости от применяемого материала и режимов обработки. Определены оптимальные режимы в зависимости от обработки деталей из алюминиевых сплавов системы Al–Mg с учетом обеспечения требований нормативных документов [2]. Шероховатость поверхности основного металла должна быть не более Ra 10 ( $Rz$  40) – под защитные покрытия и Ra 1,25 ( $Rz$  6.3) – под твердые и электроизоляционные анодно-окисные покрытия. Поверхность деталей после механической обработки должна быть без видимого слоя смазки или эмульсии, металлической стружки, заусенцев, пыли и продуктов коррозии, без внедрения частиц инородного материала [2].

Работа имеет практическую ценность и при дальнейших исследованиях в данном направлении может служить основой для формирования нормативной базы и регламентирования процесса галтовки в зависимости от обрабатываемого материала, его требований, заданных в КД, или иной нормативной технической документацией.

**Ключевые слова:** Галтовка, галтовочные тела, абразивный наполнитель, режимы галтовки, компаунд, производительность галтовки, заусенец, облой, алюминиевый сплав, вакуумная плотность, герметичные корпуса

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для обеспечения требований по вакуумной плотности готовых микромодулей, на их корпуса наносят защитные покрытия.

© 2023, А.В. Крюков, А.В. Волков, Я.Г. Шарыгина  
Поступила в редакцию 17.11.2022

Original article

## THE USE OF VIBRATION FINISHING IN THE PREPARATION OF SURFACES OF PARTS MADE OF ALUMINUM- MAGNESIUM ALLOYS IN CONDITIONS OF SMALL-SCALE AND MASS PRODUCTION

**A.V. KRYUKOV, A.V. VOLKOV,  
Y.G. SHARYGINA**

JSC «CENTRAL RESEARCH INSTITUTE  
OF RADIO ENGINEERING NAMED AFTER  
ACADEMICIAN A.I. BERG»

The tumbling process is considered from the point of view of its technology on the basis of the experimental data obtained in the production workshops of JSC "TsNIRTI im. Academician A.I. Berg". The types of finishing equipment are analyzed taking into account the efficiency of the technological operation of finishing, depending on the material used and processing modes. The optimal modes are determined depending on the processing of parts made of aluminum alloys of the Al–Mg system, taking into account the requirements of regulatory documents [2]. The surface roughness of the base metal should be no more than Ra 10 ( $Rz$  40) – for protective coatings and Ra 1.25 ( $Rz$  6.3) – for solid and electrically insulating anodic oxide coatings. The surface of the parts after machining should be free of a visible layer of lubricant or emulsion, metal chips, burrs, dust and corrosion products without the introduction of particles of foreign material [2].

**KEYWORDS:** Tumbling, tumbling bodies, abrasive filler, tumbling modes, compound, tumbling performance, burr, flash, aluminum alloy, vacuum tightness, sealed housings

Перед пайкой на корпуса наносится полученное химическим методом покрытие в виде соединения никеля с фосфором (далее – химический никель), характеризующее высокой коррозионной стойкостью, способностью экранировать высокочастотные электромагнитные излучения [6].

Поверхностный слой (покрытие) играет определяющую роль в формировании эксплуатационных и

других свойств изделий. Создание его на поверхности материала практически всегда изменяет физико-химические свойства в нужном направлении.

Нанесение покрытий позволяет восстановить ранее утраченные свойства в процессе эксплуатации изделий. Однако, чаще всего изменяются свойства исходных поверхностей изделий в процессе их производства. В этом случае свойства материала поверхностного слоя существенно отличаются от свойств исходной поверхности. В подавляющем большинстве меняется химический и фазовый состав вновь созданной поверхности, в результате получают изделия с требуемыми эксплуатационными характеристиками, например, высокой коррозионной стойкостью, жаростойкостью, износостойкостью и многими другими показателями. Изменение физико-химических свойств исходных поверхностей изделий может быть осуществлено созданием как внутренних, так и внешних покрытий. При нанесении внутренних покрытий сохраняются неизменными размеры изделий ( $Lu = const$ ). Некоторые методы обеспечивают и постоянство массы изделия, в других методах - приращение массы ничтожно мало и им можно пренебречь. Как правило, отсутствует четкая граница модифицированного поверхностного слоя ( $dm \neq const$ ). При нанесении внешних покрытий размер изделия увеличивается ( $Lu \neq const$ ) на толщину покрытия ( $\Delta pk$ ). Возрастает и масса изделия. На практике встречаются и комбинированные покрытия. Например, при нанесении теплозащитных покрытий, отличающихся повышенным количеством несложностей во внешнем слое, жаростойкость обеспечивается за счет внутреннего безпористого покрытия.

Для обеспечения требований нормативных документов [2] применяется технологическая операция – *галтовка*. Операция галтовки широко используется в машиностроении для безразмерной обработки деталей с целью удаления заусенцев и облоя, скругления острых кромок, снятия окалины и ржавчины, получения заданной шероховатости обработанной поверхности, полирования, обезжиривания и очистки поверхностей деталей и т.д. Галтовка применяется главным образом тогда, когда необходимо обработать большое количество однотипных деталей, обеспечивая при этом достижение заданных характеристик поверхностей обрабатываемых изделий и сокращение ручного труда [7]. Проведенный анализ показал основные типы наполнителя (рис. 1), используемого в качестве обрабатывающего абразивного инструмента с целью осуществления технологического процесса галтовки [1].

Абразивный инструмент распределяется на основные геометрические формы (рис. 2).

Важная роль галтовочных тел предопределяется тем, что именно на них возложена основная задача по обработке деталей. Между тем, анализ литературных данных показывает, что эксплуатационные возможности галтовочных тел от типа машины используются далеко не

полностью [3]. Поэтому задача повышения эксплуатационных параметров галтовочных тел в зависимости от типа галтовочной машины является актуальной.

Проведенный анализ по типу работы галтовочных машин [1] для обработки деталей с высокой точностью из алюминиево-магниевого сплава типа корпус (рис. 3) был выбран тип оборудования – вибрационные машины кругового типа (рис. 4).

Это вибрационные машины нового поколения специально разработаны для различных типов производств машиностроительной отрасли. Они предназначены для широкого спектра операций – от обдирки, грубой шлифовки, до тонкой шлифовки – полировки (в зависимости от выбранного наполнителя) [1].

Рекомендуются для обработки изделий из черных и цветных металлов самого широкого спектра: шестерёнок, штампов, автозапчастей, различного инструмента, столовых приборов и др., а также для обработки пластика и керамики. Могут использоваться для реконструкции деталей, очистки от ржавчины, для грубого, среднего и лёгкого шлифования.

Система подвески вибрационной галтовочной машины сконструирована таким образом, что из-за разности амплитуды колебаний в продольном и поперечном направлениях галтовочная среда вместе с содержащимися в ней изделиями, находится в непрерывном круговом движении и представляет собой объёмную структуру в виде геометрического тора. Сложное движение абразивных частиц также включает их вертикальное «стекание» со стенки рабочего контейнера сверху вниз. Суммарное воздействие на обрабатываемые изделия даёт эффективность обработки, недостижимую в галтовочных машинах роторного типа. Рабочий контейнер, где происходит обработка, имеет полиуретановое покрытие и обладает износостойкими, щёлочупорными и кислотостойкими характеристиками. Каждая машина имеет люк разгрузки.

Режимами галтовки являются частота вибраций барабана и длительность обработки. Помимо выбора типа принципа работы галтовочного оборудования, перед началом галтовочного процесса следует определить:

- тип и размер абразивного наполнителя (галтовочных тел).
- тип компаунда (технологической жидкости, в среде которой происходит обработка);
- соотношение «обрабатываемые изделия и наполнитель»;
- концентрацию компаунда, способ подачи (постоянный, проточный), объём компаунда, в случае отсутствия проточной системы подачи, частоту его смены.

Перечисленные пункты в результате технологической операции галтовки оказывают значительное влияние на качество поверхности деталей.

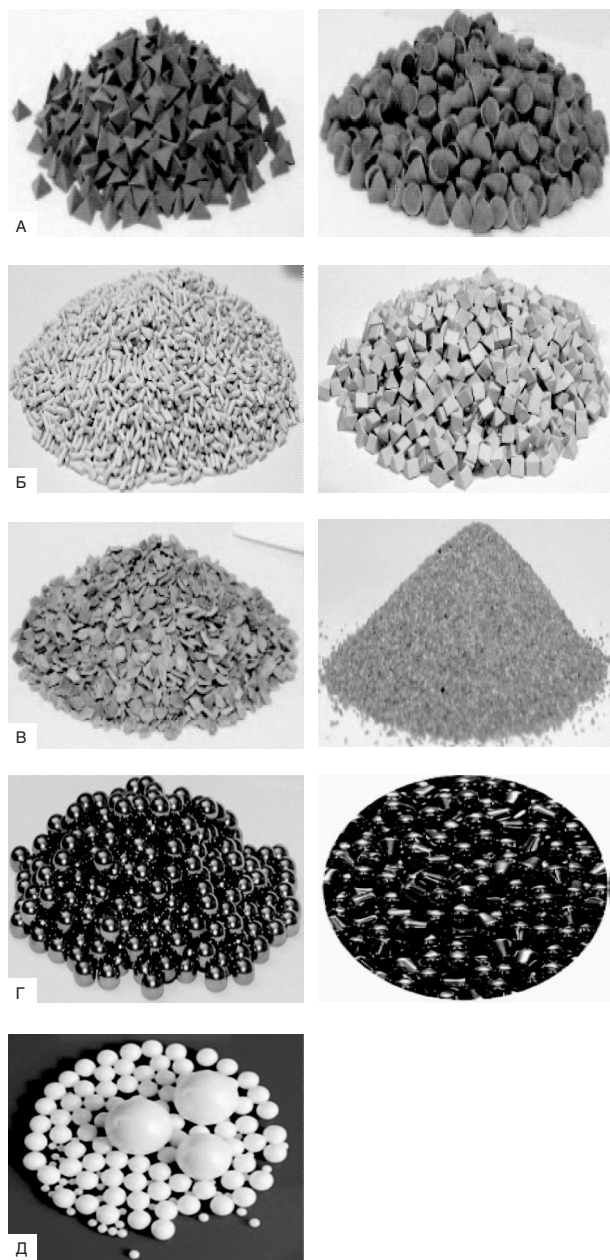


Рис. 1.

А – Пластиковый наполнитель, Б – Керамический абразивный наполнитель, В – наполнитель из ореховой скорлупы (применяется для более чистой обработки такой как полировка), Г – Стальной наполнитель, Д – Наполнитель на основе диоксида циркония

	Ball	SCT	ACT	SCC	ACC	ACTS	SCTS	ACE	Cone
Качество обработки									
	шар	призма	клин	цилиндр	косой цилиндр	триангл	триангл клин	эллипс	конус (пуля)

Рис. 2.

Формы галтовочного материала

А.В. КРЮКОВ, А.В. ВОЛКОВ, Я.Г. ШАРЫГИНА  
ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ ГАЛТОВКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО И СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Однако на данный момент отсутствуют экспериментальные данные, показывающие зависимость производительности и получаемого качества поверхности обработанных изделий от частоты работы барабана и времени обработки. На практике данная зависимость имеет экстремальный характер, согласно которому при малой частоте колебаний процесс идет крайне медленно и непроизводительно ввиду невысокой скорости взаимного перемещения деталей и наполнителя, при увеличении частоты колебаний скорость относительного движения и производительность возрастают. При увеличении частоты колебаний барабана рабочий состав начинает двигаться как единое целое с минимальными относительными перемещениями между составляющими компонентами (деталь — наполнитель), что негативно отражается на производительности и качестве обработанных поверхностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

С целью определения узких мест производства корпусов модулей сверх высоко частотных (СВЧ) приборов на предприятии в соответствии со стандартом [4] были составлены карты потока создания ценностей (КПСЦ) текущего состояния (рис. 5).

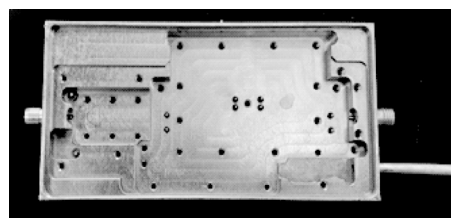


Рис. 3.

Корпус электронного изделия



Рис. 4.

Вибрационные машины среднего объема фирмы СТАНКЕ

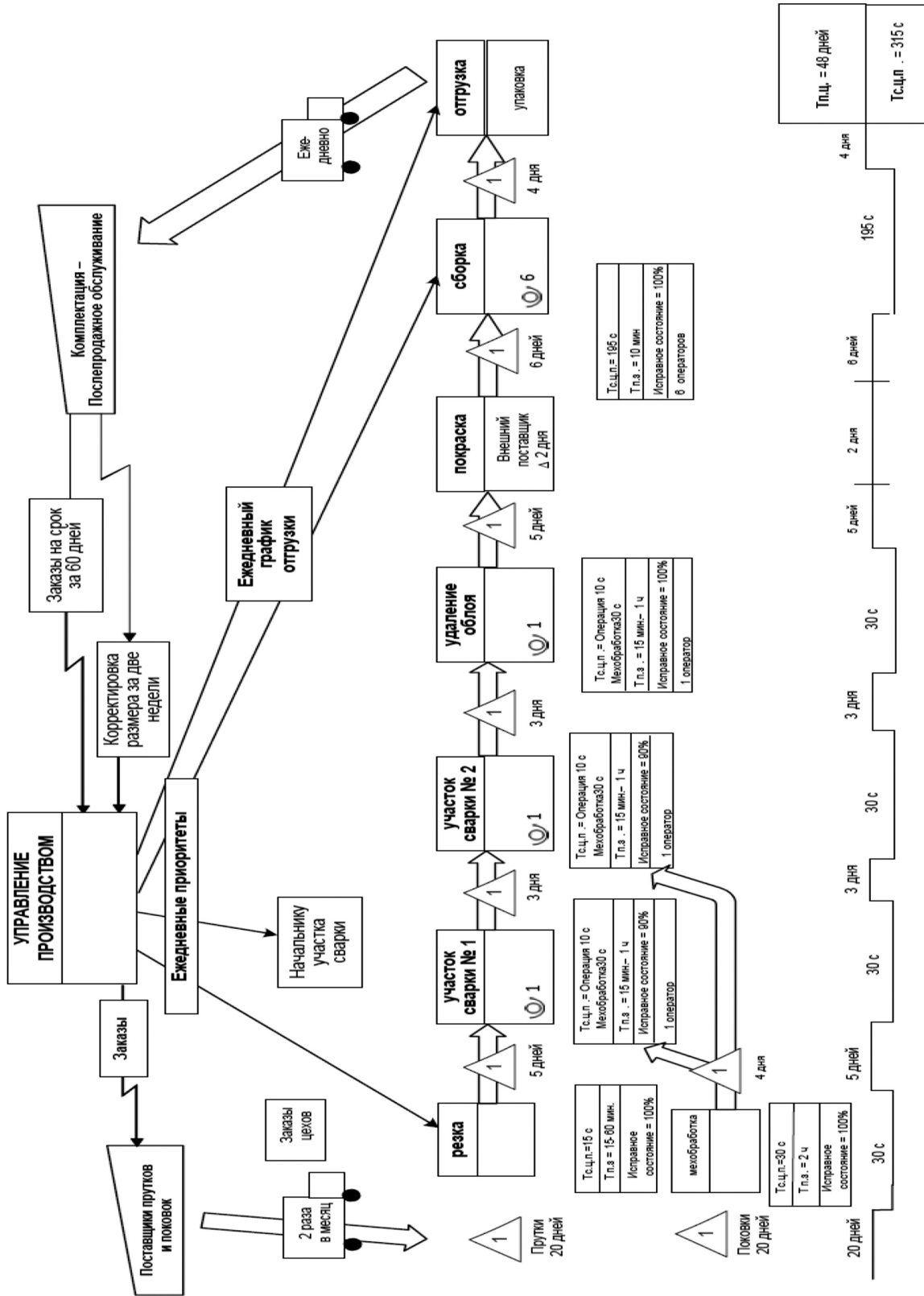


Рис. 5. Пример карты потока создания ценности текущего состояния [5]

Примечание. Тс.ц.п. – время создания ценности продукта; Тп.з – время переналадки оборудования; Тп.ц. – время производственного цикла

Картирование производства изготовления корпусов показало, что основное время изготовления (узкое место) занимает слесарная обработка (операция) по удалению заусенцев и притуплению острых кромок (рис. 6).

Данная технологическая операция была проанализирована с целью определения причин затраченного времени обработки (рис. 7).

При изготовлении деталей с последующим нанесением металлизированных покрытий необходимо обеспечить требования [2], которые обязывают подготавливать поверхность деталей перед нанесением

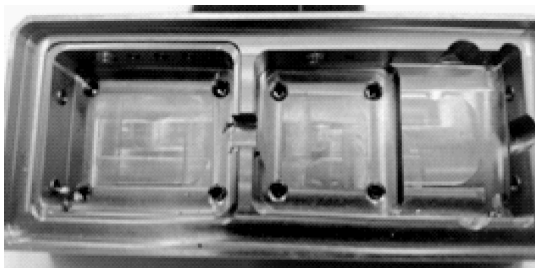


РИС. 6.

Дефекты в виде заусенцев на корпусе после обработки на фрезерном станке

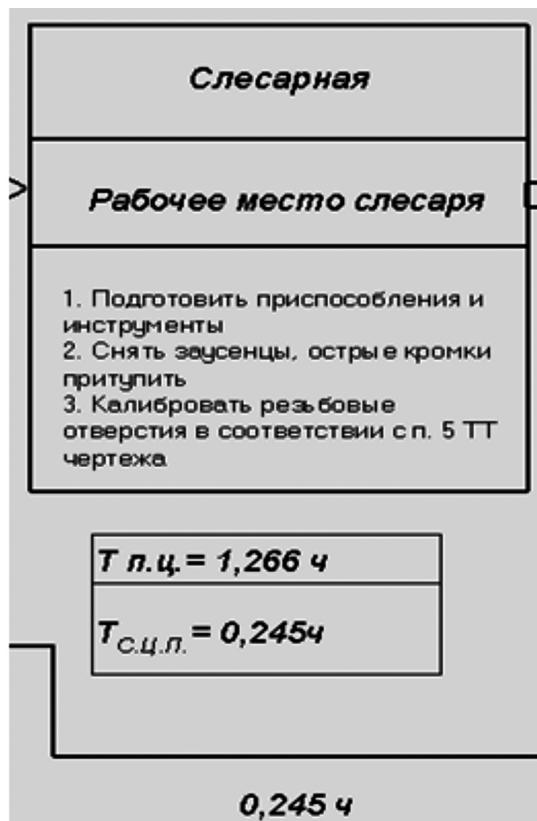


РИС. 7.

Используемые сокращения  $T_{п.ц}$  – время производственного цикла.  $T_{с.ц.п}$  – время создания ценности продукта

металлизированных покрытий. Для обеспечения этих требований на предприятии применяется слесарная операция.

При удалении всякого рода заусенцев используют различный инструмент (шаберы самодельные, так как они изготавливаются под каждый вид деталей индивидуально, надфили, сверла, наждачная бумага) (рис. 8). Как правило они индивидуальные, так как стандартными типами инструмента добиться нужного качества не получается.

При этом рабочий постоянно находится в увеличительных очках. Причина в том, что заусенцы невооруженным глазом увидеть затруднительно, при этом не учитывается, что заусенцы имеют эффект бликования и их, порой возможно пропустить. Не удаленные заусенцы приводят к нарушению покрытия, а также, мешают при установке электронной компонентной базы (рис. 9) в местах, предусмотренных в корпусах под электронные компоненты.

С целью исключения такого рода дефектов и сокращения времени на (слесарную) обработку были проанализированы способы и технологии удаления вышеперечисленных дефектов. Для исключения данных дефектов по результатам анализа была выбрана галтовочная обработка.

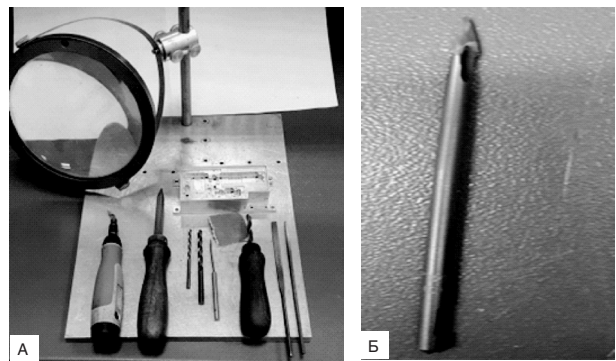


РИС. 8.

А – Набор инструмента, применяемый при обработке, увеличительное стекло на штативе; Б – самодельный шабер для удаления заусенцев во внутренних углах детали

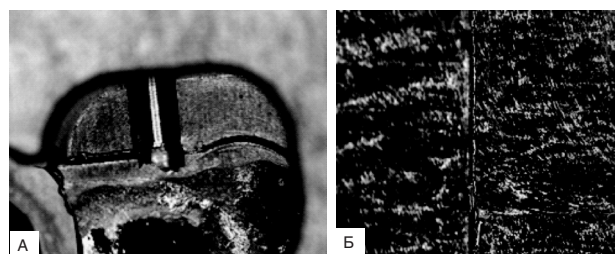


РИС. 9.

А – заусенец в местах установки платы; Б – заусенец в месте установки крышки

С целью оценки эксплуатационных возможностей галтовочных тел была разработана методика проведения испытаний, которая включала в себя следующее:

- выбор материала для обработки;
- длительность обработки;
- изучение амплитуд колебания галтовочной установки, влияющей на качество поверхности обработанных деталей.

Проведенные испытания показали, что длительность галтовки металлических деталей, при обработке в машинах вибрационного типа, составляет от 40 мин. до 3 ч. в зависимости от требуемого результата и обрабатываемого материала. Анализ показал, что при серийном изготовлении деталей контроль их состояния во время галтовки производится непосредственно во время обработки, при достижении заданного качества поверхности процесс останавливается. Длительность обработки во многом зависит от начального состояния деталей (шероховатость, количество и размер заусенцев после фрезерования). В условиях реального производства многое определяется опытом исполнителя (параметры режима работы по большей части подбираются интуитивно), что значительно влияет на производительность и качество работы.

## ВЫВОДЫ

Для практического решения рассмотренных проблем необходимо вести подробный журнал галтовочных операций для сбора и дальнейшего анализа опытных данных, на основании которых впоследствии можно будет выработать ориентировочные рекомендации по назначению параметров режима работы оборудования, которые на данный момент отсутствуют в литературе. На базе практического опыта (журнал галтовочных операций) будут составлены приблизительные рекомендации по назначению режимов галтовки и со временем сформируется нормативная база, соответствующая конкретным условиям обработки на галтовочном участке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Галтовочное оборудование: Электронный каталог. URL: <http://www.spark-welding.rugaltovka.pdf> (дата обращения 11.08.2022).
2. ГОСТ 9.301-86 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. М.: Изд-во Стандартиформ, 2010. 16 с.
3. Костенков С.А. Повышение работоспособности галтовочных тел на основе применения зерен с контролируемой формой: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.03.01. Томск, 2007. 21 с.
4. РК.СК.02.01-2019 Система менеджмента качества. Руководство по качеству. АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга», 2019. 117 с.
5. СТ ИС КОНЦЕРН ВКО 02.2-304-2019 Система

менеджмента бережливого производства и операционной эффективности. АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», 2019. 23 с.

6. Хади О.Ш., Литвинов А.Н. Оценка точности приближенного метода определения допустимого давления для корпусов микросборок. Актуальные проблемы современного машиностроения: сб. тр. Междунар. научно-практ. конф. Юрга: Юргинский Государственный университет, 2014. С. 191–194.
7. Щёлокова П.Ю., Беляков Н.В. Основные проблемы назначения режимных параметров роторной галтовки металлических изделий в условиях серийного и мелкосерийного производства // Политехнический молодежный журнал, 2017. № 3. С. 1–8. DOI: 10.18698/2541-8009-2017-3-80.

## REFERENCES

1. Finishing equipment: Electronic catalog. URL: <http://www.spark-welding.rugaltovka.pdf> (Accessed 11.08.2022). (In Russian).
2. GOST 9.301-86 Unified system of protection against corrosion and aging. Metallic and non-metallic inorganic coatings. Moscow: Izd-vo Standartinform, 2010:16. (In Russian).
3. KOSTENKOV S.A. Improving the performance of tumbling bodies based on the use of grains with a controlled shape: author. dis. cand. tech. Sciences: 05.03.01. Tomsk, 2007:21. (In Russian).
4. РК.СК.02.01-2019 Quality management system. Quality guide. JSC "TsNIRTI im. academician A.I. Berg", 2019:117. (In Russian).
5. ST IS CONCERN VKO 02.2-304-2019 Management system for lean production and operational efficiency. JSC Concern VKO Almaz-Antey, 2019:23. (In Russian).
6. KHADI O.SH., LITVINOV A.N. Estimation of the accuracy of an approximate method for determining the allowable pressure for microassembly bodies. Actual problems of modern mechanical engineering: Sat. tr. International scientific and practical. conf. Yurga: Yurga State University, 2014:191–194. (In Russian).
7. SHCHELOKOVA P.YU., BELYAKOV N.V. The main problems of assigning regime parameters for rotary finishing of metal products in conditions of serial and small-scale production. *Politekhnicheskii molodezhnyi zhurnal*. 2017;(3):1–8. DOI: 10.18698/2541-8009-2017-3-80 (In Russian).

**Крюков Антон Вячеславович**, инженер-технолог 2 кат., АО "ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга",  
☎ 107078, г. Москва, ул. Новая Басманная, д. 20, стр. 9,  
107078, Moscow, st. Novaya Basmannaya, 20, building 9,  
тел.: +7 (977) 265-40-57, e-mail: minyuc@yandex.ru

**Волков Андрей Валентинович**, заместитель главного инженера, начальник конструкторско-технологической службы АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»,  
☎ тел.: +7 (499) 261-67-73

**Шарыгина Яна Геннадьевна**, инженер-технолог 2 кат., АО "ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга",  
☎ тел.: +7 (916) 566-81-65