

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЛТОВАНИЯ ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ К НАНЕСЕНИЮ ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ

Богдан Д. И.<sup>1</sup>, Коряк А. А.<sup>1</sup>, Егоров П. А.<sup>1</sup>, Шарапата А. С.<sup>1</sup>, Вельможная Ю. Л.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Аннотация.** Предложена методика галтования для массовой и производительной обработки деталей с целью устранения дефектов после выполнения операций лазерной резки. Выполнены: анализ последовательности технологических операций, оценка производственно-технологических возможностей вибрационных станков и опыта их эксплуатации. Подобрана конструкция оборудования и его оптимальные режимы работы, число колеблющихся масс, вид и характер движения рабочей камеры, форма и объем рабочей камеры, характеристики упругих связей, тип привода и его характеристики, форма и грануляция галтовочных тел, промывочные растворы и степень заполнения рабочей камеры. Продемонстрированы результаты до и после указанного вида обработки.

**Ключевые слова:** галтование, микроудар, вибрация, окалина, облой, грат, коррозия, заусенцы, наклеп, мойка, очистка, нагар, шероховатость, износостойкость, листового материал, лазерная резка, притупление кромки.

### Введение

За последнее время широкое распространение получили вибрационные методы обработки, а также соответствующие им машины и оборудование. Их применение способствует интенсификации различных процессов, повышает качество обработки, уровень механизации и автоматизации многих трудоемких работ, экономическую эффективность и производительность труда.

Широкие технологические возможности этого метода в сочетании с высокой производительностью на очистных, доделочных, шлифовально-полировальных и упрочняющих операциях ставят его в число наиболее актуальных и перспективных способов обработки и упрочнения деталей машин и приборов. Высокая интенсивность и экономичность вибрационных процессов обуславливаются возможностью обработки одновременно всей поверхности деталей большого количества деталей.

Особую актуальность галтование приобрело при обработке штампованных деталей из листового материала, который часто применяется при производстве кузовов автомобиля.

Также широкое распространение получила технология лазерной раскройки листового материала. Это обусловлено в первую очередь низким соотношением стоимости работ по обработке к стоимости материала, что благоприятно сказывается на себестоимости изделия. Зачастую стоимость механической обработки

превышает стоимость самого материала. За счет высокой степени автоматизации технологического процесса порезки в некоторых случаях стоимость работ может приближаться к стоимости материалов и даже уступать ей. В некоторых конструкциях стоимость работ даже приближается к стоимости материала в связи с высокой степенью автоматизации технологического процесса порезки (использование автоматизированного проектирования в современных САПР, имеющих встроенный модуль работы с листовым материалом; использование САПР по оптимизации раскроя, минимизирующих расходы и длину реза; раскрой на автоматизированных станках).

В качестве основного недостатка получаемых деталей можно выделить оплавление торцевой поверхности детали, что особым образом проявляется при обработке деталей из материалов с высокой теплопроводностью (нержавеющая сталь, медь, латунь и т. д.).

В случае ручной зачистки детали полностью нивелируются все преимущества данного метода получения деталей. Поэтому авторами статьи предложен более совершенный метод - обработки деталей галтованием после лазерной резки.

### Анализ публикаций

В работе [1] описаны основные направления применения, достоинства и недостатки, технологические возможности вибрационного обо-

рудования для обработки деталей различных машин и приборов. Описана практика применения абразивных материалов (металлических и неметаллических) с разными свойствами, характеристиками, формами и размерами.

Теоретические основы, методики расчета и конструирования объемных вибрационных машин, а также типовые схемы лотковых галтовочных барабанов и взаимное расположение осей вращения дебаланса относительно галтовочной емкости описываются в работе [2].

В работах [3, 4] описаны конструкции и основные подходы при использовании промышленных жидкостей при галтовании. Описано влияние кислотности этих жидкостей на поверхностный слой обрабатываемых деталей.

Применение различных конструктивных и технологических мероприятий, описанных в монографии [5], позволяет обрабатывать детали (машин, приборов, инструментов) в различных гранулированных средах для широкого спектра технологических операций. Подробно рассмотрены вопросы обеспечения производительности обработки и требуемого качества поверхности, характеристики и классификации гранулированных сред, условий их эффективного применения, технологии и источники получения.

В работах [6, 7] рассмотрены основные тематические подходы при описании и моделировании динамической колебательной системы лоткового галтовочного барабана.

Особенности расчета конструкции тороидального галтовочного барабана приведены в работе [8].

В работе [9] рассмотрены технологический процесс и технология изготовления абразивного инструмента из соответствующих абразивных материалов. Даны рекомендации по выбору абразивных инструментов.

Широкие технологические возможности вибрационной обработки и особенности взаимодействия рабочей среды с поверхностью обрабатываемых деталей отмечены в работах [10-12].

Опыт использования вибрационной обработки для механизации трудоемких и малопродуктивных операций, выполняемых обычно вручную (скругление острых кромок, удаление облоя и заусенцев) изложен в источнике [13].

Особое внимание следует обратить на то, что основные изыскания по галтовочному оборудованию имели место в советской школе в 1970 годах. С развалом советского союза и

утратой основной массы производственных мощностей данный вид обработки утратил свою актуальность, тем самым, спровоцировав исчезновение научных школ по данному направлению на территории Украины. И только сейчас с широким распространением автоматизированной лазерной резки данная технология приобретает большую актуальность. К сожалению, более свежих публикаций по этой тематике, чем представленных в этом литературном обзоре, авторам статьи найти не удалось.

### **Цель работы и постановка задачи**

Цель работы: определение возможности и области применения галтовочного оборудования в зависимости от материала обрабатываемых деталей, вида галтовочных тел и промышленных растворов; определение диапазона частотного регулирования привода и особенности конструкции типовых установок для галтования.

Необходимо разработать метод групповой обработки деталей после лазерной резки, который обеспечит достаточно высокую эффективность обработки, в совокупности с одновременной обработкой большого количества деталей при достижении одинакового эффекта для всех деталей. При этом данный метод должен позволить притупить острые кромки и удалить облой после лазерной резки, тем самым обеспечив эстетический внешний вид детали и возможность ее нормального функционирования в готовом изделии.

### **Обзор галтовочного оборудования**

Сущность процесса вибрационной обработки состоит в последовательном нанесении на поверхности обрабатываемых деталей большого числа микроударов множеством частиц рабочей среды при их взаимном соударении и скольжении, вызванных действием направленных вибраций, сообщаемых рабочей камере, в которой размещены обрабатываемые детали и рабочая среда [1]. Его основой является механический или механохимический съем мельчайших частиц металла и его окислов с обрабатываемой поверхности, а также сглаживание микронеровностей путем их пластического деформирования частицами рабочей среды, совершающими в процессе работы колебательное движение [2, 9].

Процесс вибрационной обработки протекает следующим образом. Обрабатываемые детали загружаются в рабочую камеру, заполнен-

ную рабочей средой с требуемыми характеристиками. Рабочей камере, смонтированной на пружинах и имеющей возможность колебаться в различных направлениях, вибрация сообщается от вибратора с частотой  $f=15 - 50$  Гц и амплитудой от 0,5 до 9 мм. В процессе вибрирования детали и рабочая среда непрерывно подвергаются переменным по знаку ускорениям. Рабочая среда и обрабатываемые детали имеют интенсивное относительное перемещение, совершая два вида движений: колебание и медленное вращение (циркуляционное движение) [2]. От стенок рабочей камеры вибрация передается по прилегающим слоям рабочей среды, которые передают ее следующим слоям и т. д.

В процессе обработки детали занимают различные положения в рабочей среде и проходят различные зоны рабочей камеры, что обеспечивает достаточно равномерную обработку всех поверхностей деталей, контактирующих с частицами рабочей среды. Воздействие на обрабатываемую деталь одновременно большого числа микроударов в различных направлениях способствует удержанию ее во взвешенном состоянии, исключая, таким образом, грубые забоины и повреждения [4].

Процесс обработки может протекать всухую, с периодической или непрерывной промывкой содержимого рабочей камеры (деталей, рабочей среды) смазочно-охлаждающей жидкостью (СОЖ). Последняя обеспечивает удаление продуктов износа (частиц металла и абразива) с поверхности деталей и частиц рабочей среды, смачивает их, способствует разделению и равномерному распределению деталей в рабочей среде. Путем изменения уровня жидкости в рабочей камере регулируется интенсивность обработки. В состав жидкого раствора могут вводиться различного рода химические добавки со специальными свойствами, что позволяет регулировать интенсивность процесса и качества обработки.

В зависимости от назначения операции могут применяться абразивные материалы различных характеристик, а также металлические и неметаллические полирующие материалы требуемой формы и размеров.

В процессе обработки рабочая камера совершает гармонические (или близкие к ним) колебания, а ее точки движутся по траекториям в виде окружности или эллипса. Частицы рабочей среды в течение каждого периода колебаний на некотором его участке движутся вместе с рабочей камерой, при этом их траектории и скорости совпадают или весьма близки. Затем

происходит отрыв частиц среды от стенок рабочей камеры вследствие разности величины и направления их скоростей и ускорений (после чего частицы среды совершают свободное перемещение).

Граничный слой, а с ним и остальная масса рабочей среды и обрабатываемых деталей, как бы находятся в «зацеплении» и обкатываются относительно друг друга под действием импульсов движений, сообщаемых рабочей среде стенками рабочей камеры при их встрече на некотором участке каждого цикла ее колебания.

По форме камеры обработки галтовочные машины бывают [3, 5]: лотковые рис. 1 и торообразные рис. 2.

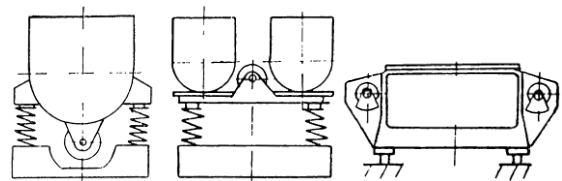


Рис. 1. Компонентные схемы лотковых галтовок [5]

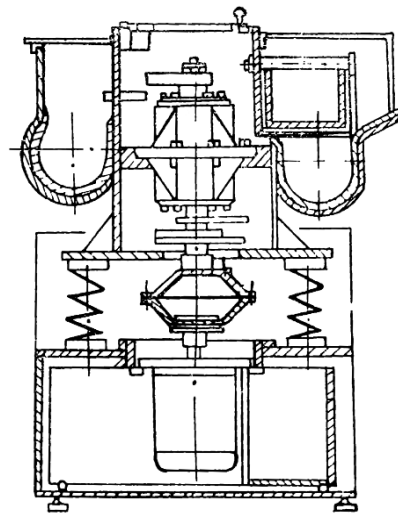


Рис. 2. Схема галтовочного станка с торообразной рабочей камерой [5]

Лотковые галтовки имеют преимущества в виде возможности загрузки деталей больших габаритов, но вместе с тем интенсивность обработки деталей ниже в 1,5 раза, чем в галтовках с торообразной формой галтовочной камеры.

#### Примеры обработки галтованием деталей из нержавеющей стали

Авторами статьи приводится пример обработки галтованием деталей из нержавеющей стали в лотковой галтовке.

Экспериментально был подобран режим обработки: частота вращения двух дебалансов – 1500 об/мин, характер движения – плоскопараллельное, объем камеры – 60 л, тип привода – асинхронный, мощность привода – 1.5 кВт, время обработки – 180 мин, галтование мокрое [6, 7, 8], оптимальным промывочным раствором является вода, степень заполнения рабочей камеры – 30%. Галтовочные тела представляли собой треугольные призмы с длиной ребра 15 мм. Внешний вид галтовочных тел представлен на рис. 3.



Рис. 3. Галтовочные тела

Отметим, что при увеличении частоты обычно уменьшается время обработки, то есть можно добиться результата за меньшее время обработки. Но при этом режим работы галтовочной машины должен находиться в околорезонансной зоне самой конструкции. Это замечание является важным, так как частота собственных колебаний конструкции машины зависит от веса обрабатываемых деталей, галтовочных тел. Система управления галтовочной машины должна иметь возможность изменения частоты вращения дебаланса.

Вид деталей после лазерной резки представлен на рис. 4-7.

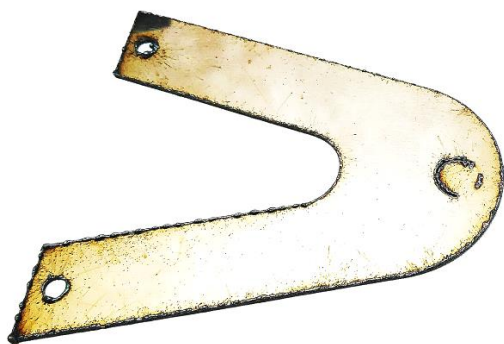


Рис. 4. Полный вид изделия после лазерной резки



Рис. 5. Оплавления по дуговой траектории реза



Рис. 6. Дефекты небольших отверстий и прямых углов

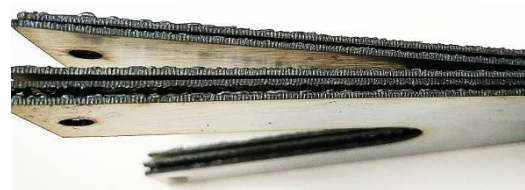


Рис. 7. Торцовая поверхность после лазерной резки

Они имеют следующие дефекты: оплавления по дуговой траектории, дефекты на небольших отверстиях, большие наплывы вдоль линии реза. В качестве недостатков следует отметить наличие острой кромки на деталях со стороны размещения режущей головки, оплавления материала с противоположной стороны и пилообразный профиль торца детали, который вызван дискретным движением приводов режущей головки. При галтовании по предлагаемой методике удастся убрать эти дефекты. На рис. 8, 9 показаны детали после обработки галтованием.



Рис. 8. Торцовая поверхность после галтования

Приведенные фотографии подтверждают эффективность данного вида обработки: исчезли большие наплывы облоя, восстановилась форма окружностей отверстий и детали приобрели равномерную по всей плоскости деталей и торцам шероховатость, что важно для внешнего вида изделия. На рис. 7 видна форма торцов детали после лазерной резки. Форма торцов после обработки галтованием показана на рис. 8. Для сравнения качества обработки поверхностей после лазерной обработки и галтования представлены совмещенные изображения деталей (рис. 9, 10).



1 – до галтования; 2 – после галтования  
Рис. 9. Изделие до и после галтования



Рис. 10. Качество обработки галтованием серии изделий

### Выводы

Таким образом, ввиду широкого распространения лазерной резки в металлообработке сегодня особую актуальность приобрела необходимость устранения оплавления и облоя торца детали. Предложенный авторами метод обработки, а именно галтование, обладает не-

оспоримыми преимуществами в связи с высокой автоматизацией и одновременной обработкой большого количества деталей по всей ее поверхности. Применение галтования не снижает эффективность технологической цепочки обработки деталей (проектирование, лазерная резка, гибка, галтование, покрытие, сборка). Галтование позволяет уйти от ручных слесарных операций по устранению указанных дефектов при изготовлении деталей, тем самым снижая себестоимость изделия и делая процесс изготовления деталей более технологичным и доступными для широкого круга потребителей.

Применение галтования в автомобилестроении также имеет особую актуальность. Острые кромки после штампования достаточно тяжело убрать ручным способом ввиду больших габаритов детали и небольшой толщины листа. Вибрационная обработка позволяет автоматизировать достаточно трудоемкий процесс удаления окалины и масляного загрязнения с листа перед нанесением лакокрасочного покрытия. Кроме того, регулярная создаваемая шероховатость на поверхности обеспечивает хорошее сцепление с грунтом и, как следствие, повышает коррозионную стойкость детали.

Галтовка деталей после термообработки имеет бесспорное преимущество так как правильно подобранный размер галтовочных тел позволяет одновременно обработать всю поверхность детали достаточно сложной формы. Такая сложная форма детали зачастую диктуется необходимостью снижения металлоемкости деталей автомобилей. Низкий вес деталей обеспечивает высокую экономичность при снижении общей массы автомобилей.

Авторами статьи показана целесообразность применения галтовочного оборудования для одновременной обработки большого количества деталей из нелегированной и легированной листовой стали, продемонстрированы эффективные результаты галтования деталей из нержавеющей стали в галтовке лоткового типа с указанными в статье параметрами рабочего процесса. Указанный метод позволяет удалить облой после лазерной резки и притупить острые кромки, а также обеспечить эстетический внешний вид изделия.

### Литература

1. Политов И. В., Кузнецов М. А. Вибрационная обработка деталей машин и приборов. Ленинград: Лениздат, 1965. 126 с.
2. Малкин Д. Д. Теория и конструирование объемных виброобработывающих устройств. В



- кн.: Вибрационная техника в машиностроении. Львов, 1967. 278 с.
3. Альбом типовых конструкций оборудования для виброабразивной обработки (виброгалтовки) деталей. Ростов н/Д, 1967. 23 с.
  4. Карташов И. Н., Шаинский М. Е., Власов В. А. и др. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах. Киев, 1975. 188 с.
  5. Бабичев А. П., Мотренко П. Д., Костенков С. А., Рожненко О. А., Тамаркин М. А., Шумячер В. М. Инструментальное обеспечение процессов обработки деталей в гранулированных средах: монография: Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону), 2011. 266 с.
  6. Лавендел Э. Э., Субач А. П. Определение параметров движения контейнера и загрузки с учетом их взаимодействия при объемной вибрационной обработке. В кн.: Вопросы динамики и прочности. Рига: Зинатис. Вып. 22. Рига, 1972. С. 5-18.
  7. Бурштейн И. Е., Бабичев А. П., Картышев Б. Н. и др. Объемная вибрационная обработка. Москва: Машиностроение. 1970. 96 с.
  8. Ящерицын П. И., Мартынов А. Н. Чистовая обработка деталей в машиностроении. Минск: Высшая школа, 1983. 192 с.
  9. Муцянюк В. И., Гаврилов П. А., Глаговский Б. А., Ивакин В. Д. Абразивные материалы и инструменты. Каталог-справочник. Москва: НИИ по машиностроению. 1981. 360 с.
  10. Бранспиз Е. В. Повышение эффективности виброабразивной обработки путем рационального выбора ее основных параметров: дис. ... кандидата тех. наук: 05.03.01. Нац. б-ка України ім. В. І. Вернадського. Київ, 2001.
  11. Калмыков М. А. Повышение эффективности процесса вибрационной обработки крупногабаритных изделий: дис... кандидата тех. наук: 05.03.01. Нац. б-ка України ім. В. І. Вернадського. Київ, 2005.
  12. Гончаревич И. Ф., Гончаревич И. Ф., Фролов К. В. Теория вибрационной техники и технологии. Москва: Наука. 1981. 320 с.
  13. Бабичев А. П. Отделочно-упрочняющая обработка деталей многоконтактным виброударным инструментом. Ростов-на-Дону: ДГТУ. 2003. 191 с.
  3. (1967). Al'bom tipovykh konstruktсий oborudovaniya dlya vibroabrazivnoy obrabotki (vibrogaltovki) detaley. [An album of typical constructions of equipment for vibroabrasive processing (vibrating) of parts]. Rostov n/D, 23 [in Russian].
  4. Kartashov I. N., Shainskiy M. Ye., Vlasov V. A. i dr. (1975). Obrabotka detaley svobodnymi abrazivami v vibriruyushchikh rezervuarakh [Processing of parts with free abrasives in vibrating tanks]. Kiyev. 188 [in Russian].
  5. Babichev A. P., Motrenko P. D., Kostenkov S. A., Rozhnenko O. A., Tamarkin M. A., Shumyacher V. M. (2011). Instrumental'noye obespecheniye protsessov obrabotki detaley v granulirovannykh sredakh [Tool support of part processing processes in granular environments]. monografiya: Donskoy gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet (Rostov-na-Donu), 266 [in Russian].
  6. Lavendel E. E., Subach A. P. (1972). Opredeleniye parametrov dvizheniya konteynera i zagruzki s uchetom ikh vzaimodeystviya pri ob'yemnoy vibratsionnoy obrabotke [Determination of the motion parameters of the container and the load, taking into account their interaction during volumetric vibration processing]. V kn.: Voprosy dinamiki i prochnosti. Riga: Zinatis. 22. Riga, 5-18 [in Russian].
  7. Burshteyn I. Ye., Babichev A. P., Kartyshev B. N. i dr. (1970). Oyemnaya vibratsionnaya obrabotka [Volumetric vibratory processing]. Moskva: Mashinostroyeniye. [in Russian].
  8. Yashcheritsyn P. I., Martynov A. N. (1983). Chistovaya obrabotka detaley v mashinostroyenii [Finishing parts in mechanical engineering]. Minsk: Vysshaya shkola [in Russian].
  9. Mutsyanko V. I., Gavrilov P. A., Glagovskiy B. A., Ivakin V. D. (1981). Abrazivnyye materialy i instrumenty. Katalog-spravochnik [Abrasive materials and tools. Directory]. Moskva: NII po mashinostroyeniyu. [in Russian].
  10. Brunspiz E.V. (2001) Povysheniye effektivnosti vibroabrazivnoy obrabotki putem ratsional'nogo vybora yeye osnovnykh parametrov [Improving the efficiency of vibroabrasive processing by rational selection of its main parameters]. dys. ... kandydata tekhn. nauk: 05.03.01 / Nats. b-ka Ukrayiny im. V. I. Vernads'koho. Kyiv, [in Russian].
  11. Kalmykov M. A. (2005). Povysheniye effektivnosti protsessa vibratsionnoy obrabotki krupnogabaritnykh izdeliy [Improving the efficiency of the vibration processing of large products]. dys... kandydata tekhn. nauk: 05.03.01. Nats. b-ka Ukrayiny im. V. I. Vernads'koho. Kyiv [in Russian].
  12. Goncharevich I. F., Goncharevich I. F., Frolov K. V. (1981). Teoriya vibratsionnoy tekhniki i tekhnologii [Theory of vibration tech-

### References

1. Politov I. V., Kuznetsov M. A. (1965). Vibratsionnaya obrabotka detaley mashin i priborov. [Vibration processing of machine parts and devices]. Leningrad: Lenizdat. [in Russian].
2. Malkin D. D. (1967) Teoriya i konstruirovaniye obyemnykh vibroobratyvyayushchikh ustroystv. [Theory and design of volumetric vibration processing devices]. V kn.: Vibratsionnaya tekhnika v mashinostroyenii. L'vov. 278. [in Russian].

nique and technology]. Moskva: Nauka. [in Russian].

13. Babichev A. P. (2003). Otdelochno-urochnyayushchaya obrabotka detaley mnog-okontaktnym vibroudarnym instrumentom [Finishing and hardening of parts with multi-contact vibro-impact tools]. Rostov-na-Donu: DGTU. [in Russian].

**Богдан Дмитрий Иванович**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. ДМ и ТММ, тел. +38 099-334-30-00, phd.bogdan@gmail.com,

**Коряк Александр Алексеевич**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. ДМ и ТММ, тел. +38063475-67-85, alexanderalexkor@gmail.com,

**Егоров Павел Анатолієвич**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. ДМ и ТММ, тел. +38066225-33-51, egorovpa@online.ua,

**Шарапата Андрей Сергеевич**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. ДМ и ТММ, тел. +38 097-273-10-70, shandreysh@gmail.com,

**Вельможная Юлия Леонидовна**<sup>1</sup>, студентка, тел. +38 068-314-33-81, velmozhnaya.yulya@gmail.com

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, м. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

### Використання галтування після лазерної різання для підготовки поверхонь деталей до нанесення декоративного покриттів

**Анотація.** Запропоновано методику галтування для масової і продуктивної обробки деталей з метою усунення дефектів після виконання операцій лазерного різання. Виконано: аналіз послідовності технологічних операцій, оцінка виробничо-технологічне можливостей вібраційних верстатів і досвіду їх експлуатації. Підібрана конструкція устаткування і його оптимальні режими роботи, число тих, хто вагається мас, вид і характер руху робочої камери, форма і обсяг робочої камери, характеристики пружних зв'язків, тип приводу і його характеристики, форма і грануляція галтувальних тіл, промивні розчини і ступінь заповнення робочої камери. Продемонстровані результати до і після зазначеного виду обробки. На малюнках наведені основні дефекти, що виникають при лазерному способі різання заготовок і результати їх усунення після використання запропонованої методики. Виконано аналіз і оцінка використання запропонованої мето-дики обробки конкретної серії деталей з точки зору технологічної та економічної ефективності, якості обробки, рівня механізації, автоматизації та продуктивності праці. Авторами виявлені можливості і області застосування галтовочного обладнання. Запропонована методика дозволяє: очистити деталі від нагару, накіпу, забруднень, мастила, абразив, стружки і пилу; усунути оплавлення

торцевих поверхонь; притупити, закруглити і полірувати гострі кромки; видалити облой, усунути недорези отворів і пилкоподібний профіль торця деталі; вирівняти і знизити шорсткість по всій деталі; підвищити ефективність, рівномірність і якість обробки; збільшити число одночасно оброблюваних деталей; знизити собівартість виробу; заощадити на допоміжних матеріалах і інструменті, підвищити технологічність виготовлення, рівень механізації і автоматизації обробки; підвищити доступність виробу для споживача. Крім того, вібраційний і ударний характер впливу безлічі галтувальних тіл на оброблювані деталі дозволяє підвищити мікротвердість, сформувати сприятливі стискають залишкові напруги в поверхневому шарі, підвищити зносостійкість і втомну міцність виробу.

**Ключові слова:** галтування; мікроудару; вібрація. окалина; облой; грат; корозія; задирки; наклеп; мийка; очищення; нагар; шорсткість; зносостійкість; листовий матеріал; лазерна різка; притуплення кромки.

**Богдан Дмитро Іванович**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. ДМ і ТММ, тел. +38 099-334-30-00, phd.bogdan@gmail.com,

**Коряк Олександр Олексійович**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. ДМ і ТММ, тел. + 38063475-67-85, alexanderalexkor@gmail.com,

**Егоров Павло Анатолієвич**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. ДМ і ТММ, тел. + 38066225-33-51, egorovpa@online.ua,

**Шарапата Андрій Сергійович**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. ДМ і ТММ, тел. +38 097-273-10-70, shandreysh@gmail.com,

**Вельможна Юлія Леонідівна**<sup>1</sup>, студентка, тел. +38 068-314-33-81, velmozhna-ya.yulya@gmail.com

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

### Using tumbling after laser cutting to prepare the detail surfaces for applying decorative coatings

**Annotation.** A tumbling technique is proposed for mass and productive machining of parts in order to eliminate defects after performing laser cutting operations. Completed: analysis of the sequence of technological operations, evaluation of production and technological possibilities of vibrating machines and experience of their operation. The design of the equipment and its optimal modes of operation, the number of oscillating masses, the type and nature of movement of the working chamber, the shape and volume of the working chamber, the characteristics of elastic connections, the type of drive and its characteristics, the shape and granulation of tumbling bodies, washing solutions and the degree of filling of the working chamber were selected. Results are shown before and after the specified type of

treatment. The figures show the main defects arising in the laser method of cutting blanks and the results of their elimination after using the proposed technique. The analysis and evaluation of the use of the proposed method of processing a specific series of parts in terms of technological and economic efficiency, quality of processing, level of mechanization, automation and productivity of labor has been carried out. The authors identified the possibilities and areas of use of tumbling equipment. The proposed method enables to: clean the parts from carbon deposits, scale, dirt, grease, abrasive, chips and dust; eliminate the melting of the end surfaces; blunt, round and polish the sharp edges; remove burr, eliminate undercutting of holes and sawtooth profile of the part butt; align and reduce roughness throughout the part; improve the efficiency, uniformity and quality of processing; increase the number of simultaneously processed parts; reduce the cost of the product; save on auxiliary materials and tools, improve manufacturability, level of mechanization and automation of processing; increase product availability to the consumer. In addition, the vibration and impact nature of the effect of a multitude of tumbling bodies on the workpieces makes possible to increase the microhardness, to

form favorable compressive residual stresses in the surface layer, to increase the wear resistance and fatigue strength of the product.

**Keywords:** tumbling; micro shock; vibration. scale; rip-off; burr; corrosion; burrs; work hardening; washing; cleaning; soot; roughness; wear resistance; sheet material; laser cutting; edge blunting.

**Bogdan Dmitry Ivanovich**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof. MP and TMM Department, tel. +38 099-334-30-00, phd.bogdan@gmail.com,

**Koryak Alexander Alekseevich**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof. MP and TMM Department, tel. + 38063475-67-85, alexander-alexkor@gmail.com,

**Egorov Pavel Anatolievich**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof. MP and TMM Department, tel. + 38066225-33-51, egorovpa@online.ua,

**Sharapata Andrei Sergeevich**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof. MP and TMM Department, tel. +38 097-273-10-70, shandreysh@gmail.com,

**Vel'mozhnaya Yuliya Leonidovna**<sup>1</sup>, student, tel. +38 068-314-33-81, velmozhnaya.yulya@gmail.com  
<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.