

УДК 621.787.4

DOI: 10.35211/1990-5297-2025-1-296-26-28

*С. И. Кормилицин¹, А. Е. Курбатов², И. П. Петрюк²***ПРИМЕНЕНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО РОТАЦИОННОГО УПРОЧНИТЕЛЯ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**¹Волгоградский государственный технический университет²Костромская государственная сельскохозяйственная академия

E-mail: fpo@vstu.ru, itf-2020@rambler.ru, ipp2801@rambler.ru

Для расширения технологических возможностей обработки деталей импульсно-ударным поверхностным пластическим деформированием предложено устройство для их ротационной обработки шариками. Предлагаемое устройство позволяет повысить стойкость инструмента, производительность обработки и увеличить твердость поверхностного слоя в 1,2–1,3 раза.

Ключевые слова: упругопластическая деформация, упрочнение поверхностного слоя, машиностроение, обработка металлических поверхностей шариками

*S. I. Kormilitsin¹, A. E. Kurbatov², I. P. Petryuk²***APPLICATION OF IMPROVED ROTARY HARDENER
FOR PROCESSING TITANIUM ALLOY PARTS**¹Volgograd State Technical University²Kostroma State Agricultural Academy

To expand the technological capabilities of processing parts by pulse-impact surface plastic deformation, a device for their rotary processing with balls is proposed. The proposed device allows increasing the tool life, processing productivity and increasing the hardness of the surface layer by 1,2-1,3 times.

Keywords: elastic-plastic contact deformation, hardening of the surface layer, mechanical engineering, processing of metal surfaces with balls

Работоспособность деталей после ремонта, как правило, ниже чем у новых, что связано со снижением их прочностных характеристик в ходе усталостного износа при эксплуатации, поэтому для увеличения ресурса восстановленных деталей часто проводят упрочнение их поверхностного слоя [1]. На практике для повышения циклической прочности и долговечности широко используется поверхностное пластическое деформирование (ППД), технологическое и инструментальное обеспечение которого достаточно хорошо проработано [1–3].

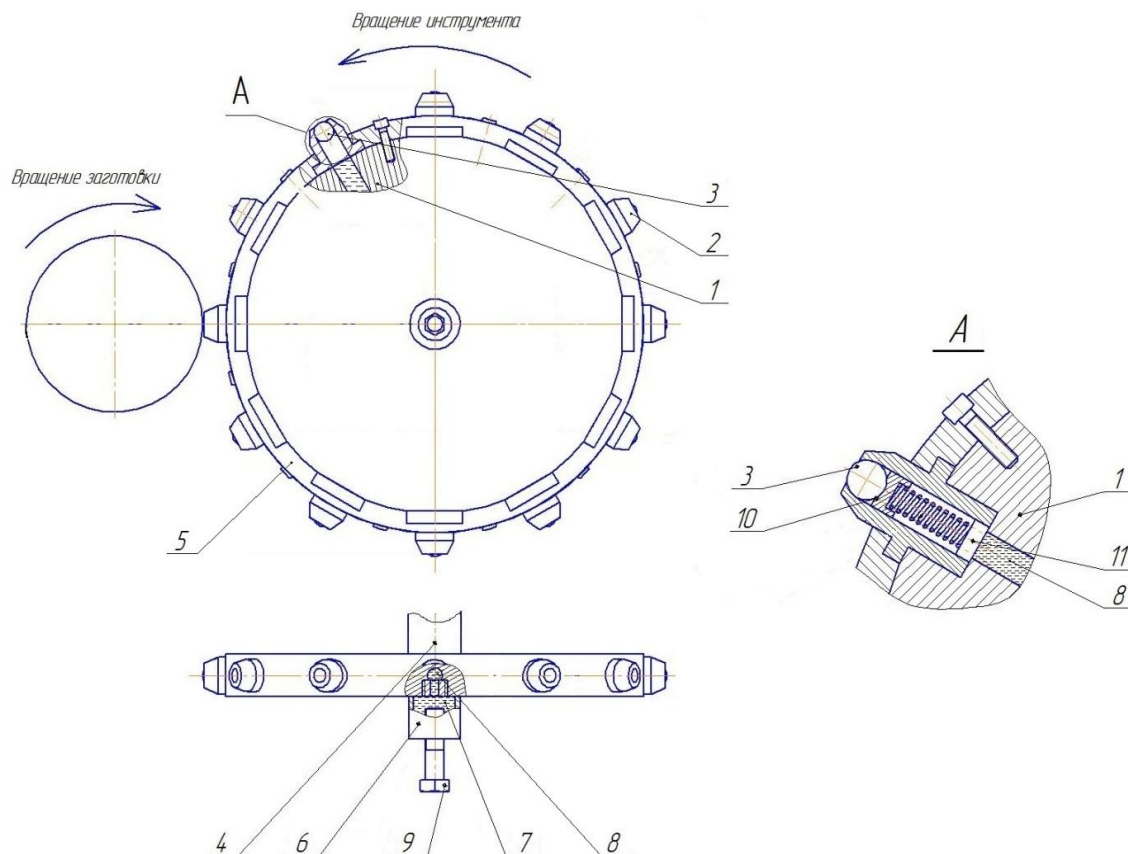
При этом, повысить качество и производительность процесса ППД можно при помощи ротационных упрочнителей [1, 4, 5].

Однако, имеющиеся конструкции устройств для ротационной обработки поверхностей деталей имеют один общий недостаток – выход из строя гнезд под шарик, что приводит к снижению давления деформирующих элементов на обрабатываемую поверхность и их выкрашиванию; это снижает стойкость инструмента, производительность и качество обработки.

В ходе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на базе Костромской государственной сельскохозяйственной акаде-

мии, связанных с восстановлением деталей машин сельскохозяйственного назначения [6–10], было предложено устройство для ротационной обработки поверхностей деталей шариками, представленное на рисунке.

В предложенной конструкции при ППД создается натяг между обрабатываемой деталью и деформирующими элементами (шариками). Это приводит к тому, что при импульсно-ударном воздействии шарик не отскакивает от обрабатываемой поверхности, а прижимается к ней с силой, которая обеспечивается усилием поджатия шарика пружиной (рисунок). Величина усилия поджатия регулируется давлением гидропласта в системе. Деформирующие шарик, опирающийся на антифрикционную подложку и поджимаемый пружиной, обеспечивают постоянное давление на обрабатываемую поверхность, что повышает эффективность процесса ППД. Кроме того, в предлагаемой конструкции, усилие поджатия шарика не зависит от частоты вращения корпуса упрочнителя, что позволяет регулировать основные параметры обработки (скорость, усилие, подача) независимо друг от друга и, тем самым, расширяет технологические возможности процесса обработки детали.



Устройство для ротационной обработки деталей шариками:

1 – корпус; 2 – гнезда-обоймы; 3 – закаленные стальные шарики; 4 – вал; 5 – кольцо-сепаратор для крепления гнезд-обойм; 6 – камера; 7 – гидропласт; 8 – каналы для подачи гидропласта; 9 – регулировочный винт; 10 – антифрикционная подложка; 11 – плунжер

Усилие воздействия шарика на деталь определяется по формуле:

$$F = q \left(\frac{d \cdot q}{0,45 \cdot E} \right)^2, \quad (1)$$

где d – диаметр шарика, мм; E – модуль упругости обрабатываемого материала, Н/мм²; q – наибольшее значение удельного давления:

$$q = (1,8 \dots 2,1) \cdot \sigma_T, \quad (2)$$

где σ_T – предел текучести, обрабатываемого материала, Н/мм².

Для промышленных испытаний была изготовлена партия цилиндрических заготовок из титанового сплава ВТ22, который находит широкое применение для высоконагруженных конструкций, в том числе – сварных. Шероховатость поверхности образцов составляла до $Ra = 3,2$ мкм с микротвердостью $4,1 \dots 4,2$ ГПа.

Диаметр корпуса установки – 270 мм; деформирующие шарики диаметром 10 мм из закаленной стали ШХ15. Процесс ППД проводился на токарно-винторезном станке 16К20, в резцедержателе которого было установлено предлагаемое устройство. При обработке по-

верхности детали использовали СОЖ (смесь индустриального масла и керосина).

Импульсно-ударное поверхностное пластическое деформирование проводили в следующем режиме:

частота вращения корпуса – 2600 мин^{-1} ;
частота вращения заготовки – 500 мин^{-1} ;
продольная подача инструмента – 50 мм/мин ;
число проходов – 3;
натяг – $0,2 \text{ мм}$;
усилия обкатывания – $170 \dots 175 \text{ Н}$.

Контроль параметров обрабатываемых образцов проводился микрометром МК50-1 и на профилометре мод. 283, тип АП, ГОСТ 19300-86. Измерение микротвердости поверхностного слоя образцов проводилось в соответствии с требованиями ГОСТ 9450-76 на микротвердомере ПМТ-3М при нагрузке на индентор $0,5 \text{ Н}$ и времени выдержки 10 с . Структура поверхностного слоя изучалась после механического шлифования и травления с помощью оптического металлографического микроскопа МЕТАМ РВ-21.

После поверхностного упрочнения диаметр заготовки уменьшился на $0,02 \text{ мм}$; микро-

твердость увеличилась до 5,2...5,4 ГПа; глубина наклепанного слоя находилась в пределах 0,15...0,20 мм. При этом, эксперимент показал, что стойкость инструмента повышается на 45...55 %.

Таким образом, предлагаемое устройство для ротационной обработки деталей шариками позволит расширить технологические возможности поверхностного пластического деформирования, повысить стойкость инструмента, производительность и качество процесса обработки поверхностного слоя восстанавливаемых деталей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чадин, А. Н. Основы технологии производства и ремонта автомобилей / А. Н. Чадин. – Великий Новгород : НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2005. – 351 с.
2. Влияние упрочняющей обкатки валов роликами на механические свойства поверхностного слоя / Ю. И. Сидякин, С. Ю. Абакумова, С. И. Агапов, Д. В. Заярный, Г. А. Бауэр // Известия ВолГТУ : научный журнал № 1 (260) / ВолГТУ. – Волгоград, 2022. – С. 39–42.
3. Сидякин, Ю. И. Повышение эффективности упрочняющей обработки валов обкаткой их роликами или шариками / Ю. И. Сидякин // Вестник машиностроения. – 2001. – № 2. – С. 43–49.
4. Пат. 2155126 РФ, МПК В24В 39/02, В24В 39/04, В24В 39/06. Способ центробежной обработки деталей шариками / Казаков В. М. – Заявл. 10.11.1998 ; опубл. 27.08.2000, Бюл. № 24.
5. Пат. 2411118 РФ, МПК В24В 39/00. Устройство для центробежной обработки ППД с пневматическим буфером / Степанов Ю. С., Киричек А. В., Сафронов В. В. [и др.]. – Заявл. 22.06.2009 ; опубл. 10.02.2011, Бюл. № 4.
6. Разработка автоматической системы управления подачей гидросуппорта токарного станка / И. Ш. Кадыров, Ж. Т. Темирбеков, Б. С. Турусбеков, М. С. Волхонов // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 1. – С. 10–16.
7. Разработка универсальной автоматической системы управления технологическим процессом обработки отверстий многолезвийным инструментом / Ж. Т. Темирбеков, И. Ш. Кадыров, Б. С. Турусбеков, М. С. Волхонов // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2020. – № 1 (30). – С. 114–119.
8. Приспособление для установки крестовины карданного вала / А. В. Косарев, А. Е. Курбатов, С. В. Жукова, Г. С. Березовский // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе : сб. ст. 71-й междунар. науч.-практ. конф. Т. 2 – Караваево : Костромская ГСХА, 2020. – С. 168–172.
9. Работоспособность соединений деталей сельскохозяйственной техники / А. Б. Турыгин, А. В. Рожнов, И. П. Петрюк, И. С. Жуков // Известия ВолГТУ : научный журнал № 7 (217) / ВолГТУ. – Волгоград, 2018. – С. 60–63.
10. Курбатов, А. Е. Вибрационный роликовый накатник для обработки наружных поверхностей валов / А. Е. Курбатов, И. П. Петрюк, С. И. Кормилицин // Известия ВолГТУ : научный журнал № 8 (279) / ВолГТУ. – Волгоград, 2023. – С. 27–29.