

УДК 621.9.048.6

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ**Жилина Дарья Александровна**

студент

Новосибирский государственный технический университет

г. Новосибирск, Россия

e-mail: dashazhilina2002@mail.ru

Аннотация

Статья обзорекает метод безабразивной финишной обработки металлов при помощи ультразвуковых колебаний. Рассматриваются эффективность и преимущества данного метода, схемы направления колебаний деформирующего инструмента, их условия применения и распространенность. Выявлено, что отсутствуют исследования по другим схемам обработки, не включая нормальную и тангенциальную схемы введения колебаний к поверхности.

Ключевые слова: ультразвуковая обработка, поверхностное пластическое деформирование, схема ввода колебаний.

ULTRASONIC METAL TREATMENT**Darya A. Zhilina**

student

Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

e-mail: dashazhilina2002@mail.ru

ABSTRACT

The article reviews the method of abrasive-free metal finishing by means of ultrasonic vibrations. The effectiveness and advantages of this method are considered, the schemes of the direction of oscillations of the deforming tool, their conditions of application and the degree of prevalence are described. There are no studies on different machining schemes, not including normal and tangential schemes of vibration introduction to the surface.

Keywords: ultrasonic treatment, surface plastic deformation, vibration input scheme.

Введение

Современное машиностроение требует высокой производительности в работе машин и механизмов при различных условиях эксплуатации, в том числе при высоких скоростях и температурах, вибрациях и большом давлении. На выполнение этих условий напрямую

оказывает влияние качества поверхности и структурные свойства материалов, прошедших окончательную обработку. В настоящее время существует множество финишных методов обработки материалов, позволяющих достичь требуемого качества поверхности. Обработка на основе поверхностного пластического деформирования (ППД) имеет ряд преимуществ в сравнении со шлифованием, точением и полированием [1,2]. С помощью ППД можно достичь стабильного качества обработки, повысить износостойкость материала в несколько раз и значительно уменьшить шероховатость за один проход. Статические методы ППД заключаются в постоянном воздействии силы на обрабатываемую поверхность, плавном перемещении инструмента воздействия (ролик, шар, дорн). К данным методам относят алмазное выглаживание, раскатывание роликовым инструментом, обкатывание шаровым инструментом, метод однократного обжатия обрабатываемой поверхности [3]. Если к раннее перечисленным статическим методам обработки ППД добавить ультразвуковые колебания с частотой 18-24 кГц, то они становятся ударными методами. Данная статья направлена на обзор степени изученности ультразвуковой обработки (УЗО) материалов, обладающих различными физическими свойствами.

В роли источника упругих колебаний выступает магнитострикционный или пьезокерамический преобразователь, который получает электрический ток высокой частоты от генератора. Чтобы повысить амплитуду колебаний используют концентраторы ультразвуковой энергии, которые передают энергию в рабочую зону. При сообщении ультразвуковых колебаний происходит упрочнение поверхности обрабатывания. Такой ударный метод имеет множество преимуществ в сравнении со статическими методами ППД: кратность приложения силы значительно выше, из-за большой плотности дислокаций степень наклепа повышается в 1,2-1,5 раза, высокая скорость деформирования позволяет не нагреваться зоне контакта инструмента с деталью, остаточные напряжения положительно влияют на долговечность изделий. Технология УЗО позволяет обрабатывать сталь, цветные металлы, сплавы (в том числе титановые), чугун. Особо эффективно применение данной обработки для деталей из термически и химико-термически обработанных сталей. Высокое качество УЗО представлено в исследованиях [4-8]. Следует отметить, что для УЗО не требуется оставлять припуск, что, безусловно, позволяет сэкономить материал. В настоящее время при использовании УЗО чаще всего используется схема с направлением колебаний деформирующего инструмента по нормали к поверхности (рис. 1) [9]. Данная схема применяется к металлам и сплавам, обладающим высокой твердостью. Снижается шероховатость, повышается усталостная прочность и износостойкость. Распространенность данной схемы обусловлена тем, что уже установлены определенные зависимости поведения материала и качества поверхности от варьирования технологических параметров обработки [10].

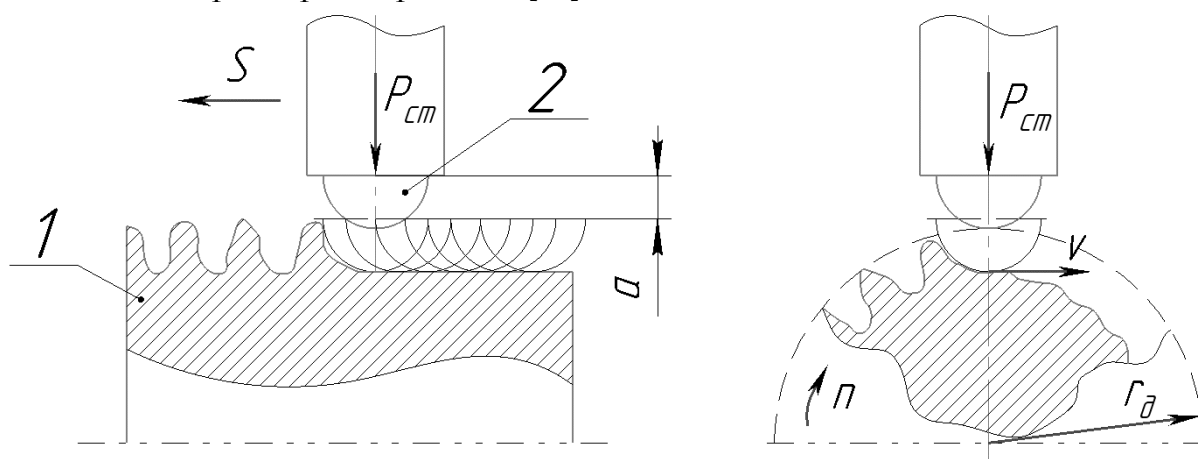


Рисунок 1 – Схема введения колебаний по нормали к поверхности:

1 – обрабатываемая деталь; 2 – индентор; $P_{ст}$ – усилие статического режима; S – продольная подача; V – окружная скорость заготовки; r_d – радиус заготовки; a – амплитуда смещения рабочей части инструмента

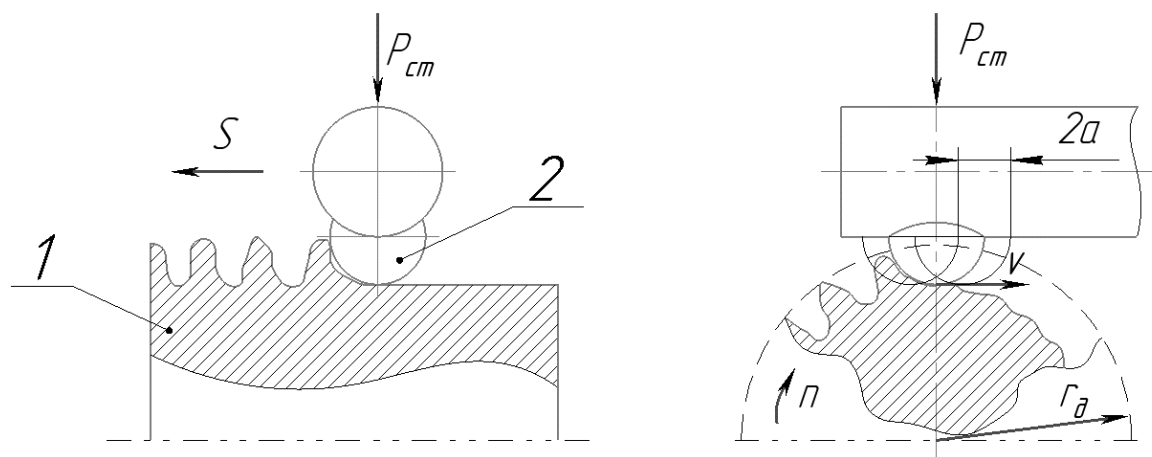


Рисунок 2 – Схема введения колебаний по касательной к поверхности:

1 – обрабатываемая деталь; 2 – индентор; $P_{ст}$ – усилие статического режима; S – продольная подача; V – окружная скорость заготовки; r_d – радиус заготовки; a – амплитуда смещения рабочей части инструмента

Обработка с тангенциальным направлением колебаний деформирующего инструмента применяется в первую очередь для алюминия, меди и ее сплавов. Использование данной схемы связано с тем, что по нормальной схеме ввода колебаний возникают волны текучести, что не наблюдается при схеме ввода колебаний по касательной к поверхности. Об этом свидетельствуют эксперименты [11-16]. Но избавившись от волнистости, так же теряется эффект упрочнения, что, безусловно требует нахождения пути решения проблемы.

В настоящее время недостаточно исследований введения колебаний по схемам, которые занимают промежуточное положение между тангенциальным и нормальным положениями, что делает недоступным их применение на практике. Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что неверный подбор схемы обрабатывания может не только оставить без достижения требуемого результата, но и ухудшить поверхность обрабатывания [17]. Для повышения качества и точности обработки необходимо дальнейшее изучение схем УЗО с изменением угла направления колебаний деформирующего инструмента. Это вызывает научный интерес и может привести к открытиям новых закономерностей с более удачными показателями качества поверхности из материалов различной твердости. УЗО позволяет интенсифицировать многие отрасли промышленности, в особенности авиастроение, судостроение, что в очередной раз подчеркивает необходимость последующих разработок и исследований.

Список литературы:

1. Тимонин Я.И. Инновационные методы безабразивной ультразвуковой финишной обработки, ультразвуковая импульсная упрочняюще-чистовая обработка металлов // Результаты современных научных исследований и разработок. – 2020. – С. 50-53.
2. Трясцин Д.А., М.В. Песин, Повышение качества и долговечности деталей на основе применение ультразвуковой обработки // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации. – 2021. – С. 209-212.
3. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987, 328 с.
4. Зайцев. К.В., Аралкин А.С. Применение ультразвука при обработке углеродистых сталей и титановых сплавов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. №3. – С. 94.
5. Алаев А.Г., Потапов А.И., Максаров В.В., Палаев Н.А. Технология, оборудование ультразвуковой упрочняюще-финишной обработки металлов и контроль качества // Металлообработка. – 2018. №6. – С. 38-41.
6. Петровская Т.С. Комплексная обработка титана // Известия ВолГТУ. – 2009. №11. – С. 71-73.
7. Yanxiong Liu, Sergey Suslov, Qingyou Han, Lin Hua, Clause Xu. Comparison Between Ultrasonic Vibration-Assisted Upsetting and Conventional Upsetting // Metallurgical and Materials Transactions A. – 2013. №44. P. 3232-3244.
8. Wenbo Bie, Bo Zhao, Guofu Gao, Fan Chen, Jiangwei Jin. Tangential Ultrasonic-Vibration Assisted Forming Grinding Gear: An Experimental Study // Micromachines. – 2022. №13. P. 1826.
9. Осипенкова Г.А. Отделочно-упрочняющая обработка с применением ультразвуковых крутильных колебаний / «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина» – 2-е изд., перераб. и доп. – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2015. – 179 с.
10. Xian Luo, Xuerping Ren, Qi Jin Haitao Qu, Hongliang Hou. Microstructural evolution and surface integrity of ultrasonic surface rolling in Ti6Al4V alloy // Elsevier. – 2021. №13. P. 1586-1598.
11. Самуль А.Г., Гилета В.П. Ультразвуковая обработка материалов низкой твердости // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2017. №4. – С. 27-31.
12. Рахимьянов Х.М., Гилета В.П., Самуль А.Г. Ультразвуковая обработка при тангенциальных колебаниях индентора // X Международная научно-техническая конференция «Инновации в машиностроения». – 2019. – С. 73-78.
13. Самуль А.Г., Гилета В.П., Насонов А.И. Микрогеометрия деталей из алюминиевых сплавов после ультразвукового поверхностного пластического деформирования // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2021. №3. – С. 82-90.
14. Самуль А.Г., Рахимьянов Х.М., Гилета В.П., Кудрявцева Ю.С. Выбор рациональной схемы ультразвуковой обработки для конструкционных материалов средней твердости // Инновации в машиностроении. – 2020. – С. 111-116.

15. Xinyi Hu, Dongfu Song, Huiping Wang, Yiwang Jia, Haiping Zou, Mingjuan Chen. Effect of Ultrasonic-Assisted Modification Treatment on the Microstructure and Properties of A356 Alloy // *Materials*. – 2022. №15.
16. Rizwan Ullah, Eric Fangnon, Juha Huuki. Effect of Ultrasonic Burnishing Parameters on Burnished-Surface Quality of Stainless Steel After Heat Treatment // *Flexible Automation and Intelligent Manufacturing: The Human-Data-Technology Nexus*. – 2022. P. 38-47.
17. Асамбаев Ж.А. Обработка металлов с использованием ультразвуковых колебаний режущего инструмента // *Аллея науки*. – 2021. №7. – С. 183-187.

References:

1. Timonin Y.I. Innovative methods of abrasion-free ultrasonic finishing, ultrasonic pulse hardening and finishing of metals // *Results of modern scientific research and development*. - 2020. - P. 50-53.
2. Tryastin D.A., M.V. Pesin, Improving the quality and durability of parts based on the use of ultrasonic processing // *Aerospace engineering, high technology and innovation*. - 2021. - P. 209-212.
3. Odintsov L.G. Strengthening and finishing of parts by surface plastic deformation: Handbook. - M.: Mechanical engineering, 1987, 328 p.
4. Zaitsev. K.V., Aralkin A.S. Application of ultrasound in the processing of carbon steels and titanium alloys // *Modern problems of science and education*. - 2014. №3. - P. 94.
5. Alaev A.G., Potapov A.I., Maksarov V.V., Palaev N.A. Technology, equipment of ultrasonic hardening-finishing treatment of metals and quality control // *Metalworking*. - 2018. №6. - P. 38-41.
6. Petrovskaya T.S. Complex processing of titanium // *VSTU news*. - 2009. №11. - P. 71-73.
7. Yanxiong Liu, Sergey Suslov, Qingyou Han, Lin Hua, Clause Xu. Comparison Between Ultrasonic Vibration-Assisted Upsetting and Conventional Upsetting // *Metallurgical and Materials Transactions A*. - 2013. №44. P. 3232-3244.
8. Wenbo Bie, Bo Zhao, Guofu Gao, Fan Chen, Jiangwei Jin. Tangential Ultrasonic-Vibration Assisted Forming Grinding Gear: An Experimental Study // *Micromachines*. – 2022. №13. P. 1826.
9. Osipenkova G.A. Finishing-strengthening processing with ultrasonic torsional vibrations / "The Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin" - 2nd ed. revised and supplemented - Nizhny Tagil: NTI (branch) UrFU, 2015. - 179 p.
10. Xian Luo, Xueping Ren, Qi Jin Haitao Qu, Hongliang Hou. Microstructural evolution and surface integrity of ultrasonic surface rolling in Ti6Al4V alloy // *Elsevier*. – 2021. №13. P. 1586-1598.
11. Samul A.G., Gileta V.P. Ultrasonic processing of materials of low hardness // *Actual problems in mechanical engineering*. - 2017. №4. - P. 27-31.
12. Rakhimyanov H.M., Gileta V.P., Samul A.G. Ultrasonic machining at tangential vibrations of the indenter // X International Scientific and Technical Conference "Innovations in Mechanical Engineering". - 2019. - P. 73-78.

13. Samul A.G., Gileta V.P., Nasonov A.I. Microgeometry of parts from aluminum alloys after ultrasonic surface plastic deformation // Progressive technologies and systems of mechanical engineering. - 2021. №3. - P. 82-90.
14. Samul A.G., Rakhimyanov H.M., Gileta V.P., Kudryavtseva Y.S. Selection of a rational scheme of ultrasonic treatment for structural materials of medium hardness // Innovations in Mechanical Engineering. - 2020. - P. 111-116.
15. Xinyi Hu, Dongfu Song, Huiping Wang, Yiwang Jia, Haiping Zou, Mingjuan Chen. Effect of Ultrasonic-Assisted Modification Treatment on the Microstructure and Properties of A356 Alloy // Materials. - 2022. №15.
16. Rizwan Ullah, Eric Fangnon, Juha Huuki. Effect of Ultrasonic Burnishing Parameters on Burnished-Surface Quality of Stainless Steel After Heat Treatment // Flexible Automation and Intelligent Manufacturing: The Human-Data-Technology Nexus. - 2022. P. 38-47.
17. Asambaev J.A. Metal processing using ultrasonic vibrations of cutting tools // Alley of Science. - 2021. №7. - P. 183-187.