

УДК 539

## ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Максимов Д.Д., аспирант 3 года обучения кафедры машиностроения  
Научный руководитель: Максаров В.В., д.т.н., профессор  
Санкт-Петербургский горный университет  
г. Санкт-Петербург

Стремительное развитие электротехники, оптики и аэрокосмической техники обуславливает повышение требований к качеству эксплуатационных поверхностей обрабатываемых изделий во многих областях промышленности [4,6,8]. Качество поверхности изделия характеризуется двумя параметрами – шероховатостью и геометрической точностью [3,5].

Одним из современных нетрадиционных способов окончательной обработки изделий является магнитно-абразивная обработка (МАО). Процесс МАО основан на взаимодействии ферромагнитных частиц и магнитного поля, которое может быть сформировано как постоянными, так и непостоянными магнитами [1,2]. В процессе МАО ферромагнитные частицы используются для формирования абразивной щетки. Абразивная щетка является гибким инструментом, который может подстроиться под любой профиль обрабатываемой поверхности. Щетка формируется из магнитно-абразивной массы, которая представляет собой смесь перемешанных между собой абразивных и ферромагнитных частиц. Основную работу резания в процессе МАО совершают абразивные частицы, которые удерживаются ферромагнитными частицами под действием магнитного поля.

Различные сочетания движений режущего инструмента – щетки и обрабатываемой заготовки друг относительно друга способствуют повышению производительности всего процесса [8]. В настоящее время исследователи, занимающиеся разработкой методов МАО, находятся в поиске оптимального сочетания движений в процессе обработки [9,10].

Возможность или невозможность движения, например, вращения магнита с абразивной щеткой относительно обрабатываемой поверхности, обуславливается исключительно технической возможностью, а именно – конструкцией устройства для МАО.

Обработка сложнопрофильных изделий методом МАО ставит перед исследователями ряд нерешенных на сегодняшний день задач.

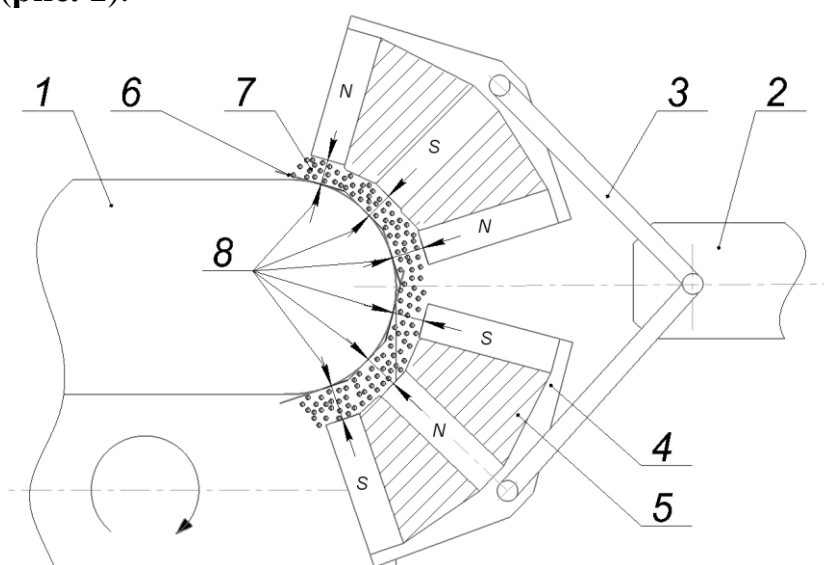
Во-первых, на текущий момент не существует универсальной конструкции устройства, которое могло бы обработать всевозможные сложные профили поверхностей. Существуют предложения по применению емкостей, наполненных магнитно-абразивным порошком, в которые помещаются и приводятся во вращение обрабатываемые изделия, а расположенные по

периметру емкости разнополярные переменные магниты приводят в движение магнитно-абразивную массу. Основным недостатком описанного устройства является низкая эффективность использования магнитно-абразивного порошка, так как большая его часть не будет взаимодействовать с обрабатываемой поверхностью. В то время как у поверхности сформируется слой с уже отработавшим магнитно-абразивным порошком, который будет удерживаться с одной стороны заготовкой, а с другой стороны неотработанной магнитно-абразивной массой. Как показывают исследования, спустя 10-15 минут непрерывной обработки порошок становится малоэффективен.

Во-вторых, постоянные магниты на текущий момент не нашли своего широкого применения в процессе МАО. Профиль обрабатываемой поверхности необходимо описать одним или несколькими магнитами. Если использовать один магнит, то он также получится сложнопрофильным, а изготовление сложнопрофильных магнитов – дорогостоящий процесс. Также применимость сложнопрофильного магнита сужается до обработки изделий только с идентичным профилем. Поэтому предлагается использовать несколько постоянных магнитов, имеющих форму параллелепипеда, которые будут в наибольшем приближении описывать обрабатываемый профиль.

В-третьих, необходимо обеспечивать равноудаленность рабочей поверхности магнита или магнитов от обрабатываемой поверхности с целью равномерного распределения магнитно-абразивной массы в рабочем зазоре. Постоянство рабочего зазора по всему обрабатываемому профилю позволяет получить не только равные количества магнитных и абразивных частиц в конкретной точке рабочего зазора, но и обеспечить равномерное распределение магнитной индукции.

В результате теоретических и экспериментальных исследований разработан способ сложнопрофильных поверхностей и устройство для его осуществления (рис. 1).



**Рис. 1.** Способ магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей, где:

1 – обрабатываемая заготовка; 2 – устройство; 3 – кронштейн; 4 – кассета; 5 – магнитопровод; 6 – касательные к обрабатываемой поверхности; 7 – магнитно-абразивная масса; 8 – рабочий зазор [составлено авторами]

В устройстве предлагается использовать постоянные магниты, которые будут формировать постоянное магнитное поле. Набором таких магнитов возможно описать практически любой сложный профиль обрабатываемой заготовки

Предлагаемый способ магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей характеризуется постоянным рабочим зазором по всему обрабатываемому профилю, который обеспечивается тем, что постоянные магниты располагаются таким образом, чтобы их рабочие поверхности были параллельны касательным к обрабатываемой поверхности.

Таким образом, существует комплексная проблема, открывающая достаточно широкие горизонты для исследований, направленных на изучение природы процесса MAO сложнопрофильных изделий и создание оптимальных конструкций устройств, позволяющих использовать постоянное или непостоянное магнитное поля.

#### Список литературы:

1. Ahmad, S., Singari, R. M., & Mishra, R. S. Development of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> based magnetic abrasive by sintering method and its performance on ti-6Al-4V during magnetic abrasive finishing. Transactions of the Institute of Metal Finishing, 2021, 99(2), 94-101. <https://doi.org/10.1080/00202967.2021.1865644>
2. Kumar, V., Sharma, R., Dhakar, K., Singla, Y. K., & Verma, K. Experimental evaluation of magnetic abrasive finishing process with diamond abrasive. International Journal of Materials and Product Technology, 2019, 58(1), 55-70. <https://doi.org/10.1504/IJMPT.2019.096928>
3. Maksarov V. V., Popov M. A., Zakharova V. P. Influence of magnetic-abrasive machining parameters on ceramic cutting tools for technological quality assurance of precision products from cold-resistant steels Chernye Metally. 2023. №1. pp. 67-73. <https://doi.org/10.17580/chm.2023.01.10>
4. Ivanov S.L., Ivanova P.V., Kuvshinkin S.Y. Promising model range career excavators operating time assessment in real operating conditions // Journal of Mining Institute. 2020. Vol. 242(2). pp. 228-233. <https://doi.org/10.31897/pmi.2020.2.228>
5. Yungmeister D.A., Sudarikov S.M., Kireev K.A. Feasibility of type of deep-water technologies for the extraction of marine ferro-manganese nodules // Journal of Mining Institute. 2019. Vol. 235. pp. 88-95. <https://doi.org/10.31897/pmi.2019.1.88>
6. Keksin A.I., Filipenko I.A. Oil and gas sector products cold working process // Topical Issues of Rational Use of Natural Resources 2019. 2020. Vol. 1. pp. 400-405. <https://doi.org/10.1201/9781003014577-50>
7. Bolobov V.I., Popov G.G. 2021 Methodology for testing pipeline steels for resistance to grooving corrosion. Journal of Mining Institute 252(6) 854–860 <https://doi.org/10.31897/PMI.2021.6.7>

8. Chawla, Gagandeep & Kumar, Vinod & Sharma, Rishi. (2021). Neural Simulation of Surface Generated During Magnetic Abrasive Flow Machining of Hybrid Al/SiC/B4C-MMCs. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*. 7. <https://doi.org/10.1007/s40735-021-00587-4>
9. Cheng, Ken-Chuan & Chen, Kuan-Yu & Tsui, Hai-Ping & Wang, A-Cheng. (2021). Characteristics of the Polishing Effects for the Stainless Tubes in Magnetic Finishing with Gel Abrasive. *Processes*. 9. 1561. <https://doi.org/10.3390/pr9091561>
10. Cui, T., Zhang, G., Cui, Y., Jiang, L., Zhu, P., & Du, J. (2021). Effect of atomizing rapid solidification spherical abrasive finishing on the surface quality of copper-nickel alloy. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 235(12), 2004–2014. <https://doi.org/10.1177/09544054211007993>