

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАПАЗОНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ БРОНЗОВЫХ ВКЛАДЫШЕЙ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Куфаев В.Г.

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: вкладыш подшипника скольжения, постоянные магниты, технологические параметры, шероховатость, подача, частота вращения.

Аннотация. Известно, что качество сопрягаемых поверхностей деталей машин (параметры шероховатости, твёрдости, напряжений поверхностных слоёв) оказывает наибольшее влияние на их эксплуатационные свойства. Бронзовые вкладыши подшипников скольжения не являются исключением, поэтому в настоящем исследовании изучается потенциал магнитно-абразивной обработки в области повышения качества данных деталей. Первая стадия любых экспериментальных исследований – определение диапазона, внутри которого будут варьироваться технологические параметры. В этой связи данное исследование было посвящено решению такой задачи – изучалось влияние различных значений подачи и частоты вращения инструмента для магнитно-абразивной обработки на показатели шероховатости обработанных заготовок. Результатом стал выбор наилучшего диапазона параметров: 500-750 мм/об для подачи и 1000-1500 мин⁻¹ для частоты вращения. Данные диапазоны будут в дальнейшем использованы для проведения исследований согласно теории планирования экспериментов.

DETERMINATION OF PROCESS PARAMETERS FOR MAGNETIC ABRASIVE MACHINING OF BRONZE BEARING SHELLS

Kufaev V.G.

Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg

Keywords: bearing shells, permanent magnets, technological parameters, roughness, feed rate, rotational speed.

Abstract. It is known that the quality of the mating surfaces of machine parts (roughness, hardness, surface layer stress parameters) has the greatest impact on their performance properties. Bronze plain bearing liners are no exception, so this study examines the potential of magnetic abrasive machining in improving the quality of these parts. The first stage of any experimental research is to determine the range within which the process parameters will vary. In this regard, this study was devoted to solving the following problem: the effect of different feed rates and tool speeds for magnetic abrasive machining on the roughness of the processed workpieces was studied. The result was the selection of the best parameter range: 500-750 mm/rev for feed and 1000-1500 min⁻¹ for the rotational speed. These ranges will be further used to conduct research according to the theory of experimental design.

Развитие отрасли машиностроения невозможно без повышения качества деталей как элементарной составляющей машин. Согласно современным положениям теории машиностроения, качество – это соответствие детали требованиям чертежа и условиям эксплуатации [1]. Выделяют несколько показателей качества, среди которых особое внимание уделяют шероховатости. Это справедливо и для бронзовых вкладышей подшипников скольжения. Качество любых деталей окончательно закладывается на стадии их финишной обработки. В данном исследовании рассматривается метод магнитно-абразивной

обработки (МАО) в условиях обработки вкладышей подшипников скольжения на станках с ЧПУ.

Известно, что проведению экспериментальных исследований должна предшествовать работа по определению диапазона режимных параметров, что предполагает проведение первичных опытов и оценку результатов [2, 3]. В настоящем исследовании в качестве инструмента была использована магнитопроводящая оправка – стальной прут, по окружности которого закреплены постоянные магниты с нанесённым на них абразивным порошком. Использование постоянных магнитов было мотивировано спецификой обрабатываемой заготовки – вкладыши подшипников скольжения относятся к деталям типа «втулка», а обработке должна подвергаться её внутренняя поверхность, поэтому традиционный метод МАО неэффективен. Напротив, применение постоянных магнитов давало значительные преимущества – они создавали сильное и стабильное магнитное поле.

Как уже говорилось, в данном исследовании описаны первичные эксперименты по подбору диапазона режимных параметров – частоты вращения и подачи оправки. Назначение значений параметров являлось отдельной задачей, требовалось соблюсти баланс между производительностью обработки и получаемым качеством, поскольку известно, что при больших значениях частоты вращения и подачи шероховатость обработанной поверхности сначала быстро снижается, но затем растёт. При малых же значениях параметров не отмечается значительных изменений. Соответственно, для частоты вращения были приняты значения 1000 мин^{-1} , 1500 мин^{-1} , 2000 мин^{-1} . Для подачи – 500 мм/об , 750 мм/об и 1000 мм/об .

Следует отметить, что значения частоты вращения вдвое больше значений для подачи. Это объясняется попыткой решить ещё одну задачу – нанесение на обрабатываемую поверхность следов обработки – углублений, расположенных под определённым углом друг к другу. Если принять во внимание, что направление частоты вращения инструмента можно принять за один катет прямоугольного треугольника, а направление подачи за другой, то получится, что отношение значения частоты вращения к подаче будет являться тангенсом угла пересечения второго катета и гипотенузы. Когда тангенс угла равен 2, это означает, что угол имеет значение 63° . В то же время известно, что пересечение следов обработки под углом в пределах $60\text{--}70^\circ$ обеспечивает наилучшие условия для удержания смазки в зоне обработки [3].

В качестве заготовок для обработки были приняты бронзовые втулки различного внутреннего диаметра – 61, 63 и 65 мм. Было проведено 9 опытов при различных сочетаниях частоты вращения и подачи, после чего проводилось измерение шероховатости по параметру R_a , а значения сравнивались с полученными значениями до обработки.

Переходя к анализу полученных результатов, стоит сказать, что у заготовок, обработанных на максимальных значениях 2000 мин^{-1} для частоты вращения и 1000 мм/об для подачи не было отмечено заметных улучшений по шероховатости – в некоторых случаях было заметно даже её ухудшение. Это объясняется сильным силовым воздействием абразивной массы на обрабатываемую поверхность – на первом этапе такого опыта происходило

быстрое снижение шероховатости, но с течением времени шероховатость возрастала. На обработанных поверхностях не было также замечено следов обработки. Напротив, для значений частоты вращения 1000 мин^{-1} и 1500 мин^{-1} , а подачи 500 мм/об и 750 мм/об было отмечено практически равное снижение шероховатости – в 10-12 раз по сравнению со значениями до обработки. Следы обработки, нанесённые на обработанные поверхности, были заметны при большом увеличении. Следовательно, в дальнейшем должен быть взят порошок большей зернистости, что сделает возможным их увеличение.

Таким образом, данный диапазон режимных параметров – от 1000 мин^{-1} до 1500 мин^{-1} для частоты вращения и от 500 мм/об до 750 мм/об для подачи может быть признан наиболее эффективным. Следовательно, следующий этап исследований – проведение экспериментальных исследований согласно теории планирования эксперимента. Планируется использовать значения частоты вращения и подачи из выбранных диапазонов, кроме того варьируемыми параметрами будут диаметр обрабатываемых втулок и время обработки. Наличие четырёх изменяемых параметров предполагает проведение 31 опыта с последующим анализом полученных результатов путём расчёта критерия Фишера для оценки адекватности и получением функции отклика. Это является задачами будущих исследований.

Список литературы

1. Гимадеев М.Р. Оценка влияния параметров шероховатости на эксплуатационные характеристики гладких цилиндрических отверстий и оптимизация алгоритмов механической обработки // Ученые заметки ТОГУ. – 2015. – Т. 6, №4. – С. 429-435.
2. Maksarov V.V., Efimova M.V. Methodology of automated magnetic abrasive machining of aircraft parts in the mining transportation complex // Russian Mining Industry. 2025, no. 1, pp. 62-67. doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1S-62-67.
3. Maksarov V.V., Karenina R.A., Sinyukov M.S. Improving the technology of finishing abrasive treatment in a magnetic field of the lock joint threaded surface of the structural alloy steel lock joint for drill rods // Chernye Metally. 2024, no. 9, pp. 65-70. DOI: 10.17580/chm.2024.09.10.
4. Садовец В.Ю., Резанова Е.В. Детали машин и основы конструирования: учебное пособие. – Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. – 180 с.

Сведения об авторе:

Куфаев Владислав Геннадьевич – аспирант.