

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ

Студент – Богуславский А.К., 34 тс, 3 курс, ФТС

Научные

руководители – Сергеев Л.Е., к.т.н. доцент;

Сенчуров Е.В., начальник отдела внедрения

НТР НИИМЭСХ БГАТУ

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

При финишной обработке, как и при других видах механической обработки, выявление взаимного влияния технологических режимов приходится проводить опытным путем и устанавливать его количественное значение посредством поиска эмпирических формул. Анализ полученных эмпирических зависимостей – один из наиболее широко используемых методов исследования способов финишной обработки резанием, в том числе и магнитно-абразивной обработки (МАО) [1]. Исследования по методу многофакторного планирования экспериментов [2] проводятся путем изучения функции отклика при изменении ряда варьируемых факторов и фиксации остальных факторов, статистической проверки адекватности аппроксимирующих функций, их последующего анализа, построения графиков, таблиц и т. п. Математические методы планирования экспериментов представляют собой надежное средство рациональной организации научно-исследовательских и опытно-технологических работ [2], так как сокращают сроки экспериментальных исследований и повышают эффективность поиска функциональных зависимостей.

Проведенные исследования при использовании локально-интегральной модели процесса МАО отверстий (в частности, игольчатых подшипников 4074912 ГОСТ 4657–82, сталь ШХ15 ГОСТ 801–78, 61–65 HRC₃, $D \times d \times B = 85 \times 60 \times 25$ мм) и его описании в виде квадратичного полинома позволили выявить наиболее значимые факторы и определить интервалы их варьирования. Применение данного квадратичного полинома позволило получить функцию отклика. Однако исследования МАО, например, цилиндрических радиусных поверхностей беговых дорожек шариковых подшипников 1000812 ГОСТ 8338–75, геометрические параметры которых имеют более сложную зависимость от технологических режимов МАО, выявили неадекватность регрессионных моделей

второго порядка в выбранном диапазоне варьирования факторов. Поэтому для описания процесса в качестве регрессионных моделей взяты полиномы третьего порядка. В данной работе решены задачи моделирования и оптимизации технологических режимов MAO радиусных цилиндрических поверхностей (канавок под уплотнительные кольца, беговых дорожек шариковых подшипников и т. п.) с помощью регрессионного анализа.

В качестве параметров оптимизации выбраны шероховатость обработанной поверхности $Y_1 = Ra$, мкм и производительность процесса, оцениваемая параметром $Y_2 = \Delta g$, мг/(см²·мин) – скорость съема массы металла с единицы площади обработанной поверхности детали в единицу времени (далее – удельный массовый съем).

Исследовано влияние следующих факторов технологии MAO: $X_1 = V_p$, м/с – скорость резания (скорость вращения заготовки); $X_2 = V_o$, м/с – скорость осцилляции (скорость возвратно-поступательного движения полюсных наконечников относительно обрабатываемой поверхности); $X_3 = B$, Т – величина магнитной индукции; $X_4 = A$, мм – амплитуда осцилляции полюсных наконечников; $X_5 = Ra_0$, мкм – исходная шероховатость поверхности детали; $X_6 = t$, с – время обработки.

В результате статистического анализа значимости коэффициентов регрессии и адекватности полученного уравнения установлена зависимость параметра Ra от факторов MAO вида

$$Ra = \exp \left(\begin{array}{l} -2,4217 + 0,0941X_1 + 0,1337X_2 - 0,1814X_3 + 0,2772X_4 + 0,2788X_5 + 0,0497X_6 - \\ -0,0678X_1X_6 + 0,1431X_2X_3 - 0,2166X_2X_4 - 0,0731X_4X_5 - 0,0617X_4X_6 + \\ + 0,0688X_1X_2X_3 + 0,0643X_1X_2X_4 - 0,1218X_2X_3X_4 - 0,0484X_2X_3X_5 + \\ + 0,1507X_1^2 + 0,0884X_2^2 + 0,1390X_3^2 + 0,0426X_4^2 + 0,0695X_5^2 + 0,0862X_6^2 - \\ - 0,0425X_1^3 - 0,0213X_2^3 - 0,0130X_3^3 - 0,03086X_4^3 - 0,0265X_5^3 - 0,0214X_6^3 \end{array} \right) \quad (2)$$

Расчеты показывают, что параметр Ra будет иметь минимальное значение в точке исследованного факторного пространства.

Аналогично выполнен анализ зависимости значения Δg от факторов MAO, описываемой полученным уравнением регрессии:

$$\Delta g = \exp \left(\begin{array}{l} -0,9973 + 0,0571X_1 + 0,0982X_2 - 0,1791X_3 + 0,2862X_4 + 0,2529X_5 - 0,2412X_6 - \\ - 0,0735X_1X_6 + 0,1138X_2X_3 - 0,1961X_2X_4 - 0,0641X_4X_5 + \\ + 0,0551X_1X_2X_3 + 0,0597X_1X_2X_4 - 0,0774X_2X_3X_4 + \\ + 0,1388X_1^2 + 0,0883X_2^2 + 0,1201X_3^2 + 0,0437X_4^2 + 0,0873X_5^2 + 0,1438X_6^2 - \\ - 0,0335X_1^3 - 0,0167X_2^3 - 0,0193X_3^3 - 0,0319X_4^3 - 0,0175X_5^3 - 0,0152X_6^3 \end{array} \right) \quad (3)$$

Численное решение с использованием регрессионной зависимости (3) позволило определить технологические режимы, обеспечивающие максимальное значение Δg .

При сравнении полученных регрессионных уравнений двух исследованных режимов процесса МАО прослеживается подобие в направлении влияния его факторов и их взаимодействий. Это связано с взаимозависимостью параметров Y_1 и Y_2 : наиболее интенсивный сьем металла происходит при более высокой шероховатости и снижается по мере срезания вершин микрорельефа. Поэтому критерии оптимизации (минимум шероховатости и максимум производительности) взаимно противоречивы. Поскольку выполнить оптимизацию процесса возможно только по одному критерию оптимизации, то второе требование необходимо задавать в виде граничного значения, руководствуясь техническими ограничениями.

По результатам оптимизации можно заключить, что для повышения удельного массового съема Δg при учете скоростей резания и осцилляции, амплитуды осцилляции и магнитной индукции необходимо обеспечить следующие значения технологических режимов: $B > 0,8$ Т, $A > 2$ мм, $V_o > 0,25$ м/с, $V_p = 2 - 4$ м/с; для снижения шероховатости обработанной поверхности Ra при учете скоростей резания и осцилляции, времени обработки и исходной шероховатости необходимо обеспечить следующие величины технологических режимов: $V_o = 0,6 - 1,0$ м/с, $V_p = 2 - 4$ м/с, $t = 40 - 70$ с, $Ra_0 = 0,4 - 0,8$ мкм.

Список использованных источников

1. Коновалов, Е.Г. Чистовая обработка деталей в магнитном поле ферромагнитными порошками / Е.Г. Коновалов, Г.С. Шулев. – Минск : Наука и техника, 1967. – 125 с.

2. Монтгомери, Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных / Д.К. Монтгомери. – Л. : Судостроение, 1980. – 384 с.

УДК 621.923

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Студент – Зубок Е.В., 37 тс, 2 курс, ФТС

Научный

руководитель – Ворошуха О.Н., ст. преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Рассмотрено влияние магнитно-абразивной обработки на эксплуатационные свойства деталей машин.

Ключевые слова. Магнитно-абразивная обработка, эксплуатационные свойства, износостойкость, микротвердость, коррозионная стойкость, контактная долговечность.