

МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ПОРШНЕВЫХ ПАЛЬЦЕВ КОМПРЕССОРА

Студент – Залуцкий М.А., 33 тс, 4 курс, ФТС

Научные

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

Сенчуров Е.В., ст. преподаватель.

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

Аннотация: установлены аналитические зависимости для определения величины напряженности ЭМП, экспериментально определена шероховатость поверхности, определены качественные показатели поверхности поршневых пальцев после магнитно-абразивной обработки.

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка, поршневой палец, электромагнитное поле, размерный и массовый съем материала.

В паровых машинах основным видом кривошипно-шатунного механизма являлся крейцкопфный. Поэтому у первых моделей тихоходных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) Э. Ленуара, Н. Отто и Р. Дизеля, которые предназначались для стационарных условий, поршень жестко соединялся со штоком, а уже шток через шарнир воздействовал на шатун. Но для транспортных ДВС крейцкопфная схема оказалась слишком громоздкой и тяжелой, поэтому с конца XIX века на быстроходных автомобильных и авиационных ДВС применяется тронковая схема. В этой конструкции шатун соединяется с поршнем поршневым пальцем [1]. По подобной схеме работают компрессоры и область их применения довольно обширна. Они применяются в ремонтных мастерских сельскохозяйственных предприятий для подачи воздуха к пневмоинструменту, также компрессоры устанавливаются на тракторы марки «Беларус» для снабжения пневмосистемы трактора сжатым воздухом.

В настоящее время имеет место тенденция создания и использования электрофизических и электрохимических методов обработки, среди которых особое место занимает магнитно-абразивная обработка (МАО) [2]. Однако, проблема обработки методом МАО заключается в необходимости определения топографии электромагнитного поля (ЭМП) в зоне обработки по причине установления знака и места приложения сил резания, обусловленных напряженностью H этого поля, с целью повышения эффективности процесса размерного и массового съема материала.

Тождественность математического описания процесса MAO и его природы обеспечивает управление обрабатываемостью деталей из различных материалов и позволяет назначать режимы резания при учете структуры и марки материала изделия, его конфигурации и топологического пространства зоны обработки. Расчет производился в системе цилиндрических координат (рисунок). Значение векторного потенциала магнитного поля (МП), связанного с током I в определенной точке M , находящейся на расстоянии r_1 и r_2 от осей проводников с током определяется формуле [3]

$$A_z = - \frac{M_0 I}{2p} \ln \frac{r_1}{r_2} + C$$

и осуществляется использованием метода наложения через выражение ротора $rot \vec{A}$ в цилиндрических координатах. Вектор \vec{A} направлен на оси проводника и потому имеет только осевую составляющую \vec{r}_z . Считая, что в точке 0 $A_z = 0$, имеем

$$A_z = \frac{M_0 I}{2p} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

Оценка ЭМП для MAO указывает, что данная система носит вихревой характер по причине соленоидального типа его конструкции и, поэтому, из-за

$$div(rot \vec{A}) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{A}),$$

где $\vec{\nabla}$ – дифференциальный оператор, его скалярное произведение равно нулю, но ротор вектора \vec{B} в целом ряде точек поля нулю не равен.

Линии магнитной индукции непосредственно у поверхности детали имеют вид, близкий к окружностям с центром внутри этой детали. По мере удаления от нее эти линии искажаются, и для обработки методом MAO необходимо знать величины и направления \vec{B} на наружной поверхности детали, поскольку \vec{B} определяет силу резания и давления ФАП для реализации размерного и массового съема материала.

Таким образом, в зоне обработки методом MAO существует ось ветвления, проходящая через точку M с координатами $r = \frac{m_0 I}{2p B_{вн}}$ и $\theta = 180^\circ$,

где B во всех точках равно нулю, но в других точках на поверхности детали она нулю не равна, поскольку поле, как ранее отмечалось, имеет вихревой характер. Следовательно, используя принцип того, что кривые $A_z = const$, линии магнитной индукции будут окружностями с центрами, лежащими на оси x и в любом месте пространства, где существует ток, име-

ется вихревое магнитное поле. Поэтому, согласно положению метода насыщения, внутри этих окружностей помещается линия из двух проводников и расчет производится, как указывалось ранее, вышеуказанным методом для определения B в точке M , лежащей на наружной поверхности детали, рисунок.

Двухпроводная линия при учете нахождения проводников на расстоянии $2L$ расположена во внутреннем пространстве детали, имеющей наружный радиус R_1 и внутренний радиус R_2 .

Тогда

$$A_z = - \frac{M_0 I}{\rho} \mathring{a} \frac{P_n}{r^n} \cos n\varphi \text{ при } (r \geq R_2; n = 1, 3, 5, \dots).$$

В соответствии с выражением ротора в цилиндрических координатах магнитная индукция имеет радиальную B_r и B_θ составляющие.

$$B_r = \frac{1}{r} \frac{dA_z}{d\varphi} \text{ и } B_\theta = - \frac{dA_z}{dr}$$

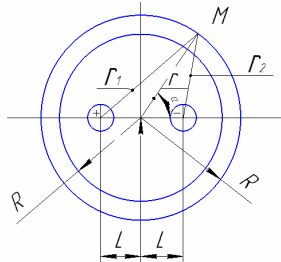


Рисунок – Схема расчета магнитного поля

Поскольку, согласно приведенного расчета напряженности H на поверхности поршневых пальцев компрессора, ее наибольшее значение будет при $\theta = 0$ или $\theta = \pi$ будет равно $H = -2H_0$, то основными условиями эффективности МАО поршневых пальцев служат кинематические и динамические показатели процесса. Режимы и параметры МАО поршневых пальцев являются: магнитная индукция, $B = 0,9$ Тл; частота осцилляции полюсных наконечников, $n = 280$ дв.ход/мин; амплитуда осцилляции полюсных наконечников, $A = 0,8$ мм; скорость резания, $V_p = 2-3$ м/с; величина силы тока, подаваемого на катушки ЭМС, $I = 5$ А; величина рабочего зазора, $\delta = 1$ мм; коэффициент заполнения рабочего зазора, $K_z = 1$; время обработки, $t = 60$ с; ФАП – Ж15КТ ТУ 6-09-03-483-81, размерность, $\Delta = 0,1-0,16$ мм; СОТС – СинМА-1 ТУ 38.5901176-91, 5% водный раствор; расход СОТС – 200 мл/мин.

Величину размерного съема (ΔD , мкм) определяли на микроскопе МИМ-201; массового съема (ΔG , мг) – на весах лабораторных ВЛТ-1; ше-

роховатость поверхности до (Ra_1 , мкм) и после МАО (Ra_2 , мкм) – на профилографе-профилометре мод. 252 «Калибр».

Размеры поршневых пальцев компрессора $D = 15$ мм, $L = 35$ мм. Исходная шероховатость составляла $Ra_1 = 0,6–0,8$ мкм. Шероховатость после обработки – $Ra_2 = 0,05$ мкм. Величина размерного съема составила $\Delta D = 45$ мкм, массового съема – $\Delta G = 150$ мг за 60 с. Величину магнитной индукции в рабочем зазоре (В, Тл) определяли тесламетром Т-3, который должен соответствовать требованиям ($Ra = 0,08$ мкм, HRC 60, ΔD , мкм, ΔG , мг).

В результате проведенных исследований установлены аналитические зависимости для определения величины напряженности ЭМП, что обеспечивает определение динамики процесса и степень силового воздействия на обрабатываемые детали. Экспериментально определена шероховатость поверхности, величина массового и размерного съема.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р ИСО 18669-1-2018. Двигатели внутреннего сгорания. Поршневые пальцы. Часть 1. Общие технические требования; введ. 2019–06–01. – Москва: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»; Москва: Стандартинформ, 2018. – 12с.
2. Сакулевич, Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф.Ю. Сакулевич. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 326с.
3. Говорков, В.А. Электрические и магнитные поля / В.А. Говорков. – Москва: Энергия, 1968. – 328с.

УДК 621.923

РАСЧЁТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Студент – Залуцкий М.А., 33 тс, 4 курс, ФТС

Научные

руководители – Сергеев Л.Е., к.т.н., доцент¹

Мендалиева С.И., к.т.н.²

¹*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

²*«Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина», г. Нур-Султан, Республика Казахстан*

Аннотация: проведен анализ и исследование электромагнитной системы, рассчитаны основные параметры для электромагнитной системы, на основе полученных данных создана установка для реализации процесса магнитно-абразивной обработки внутренних поверхностей.