

УДК 621.7

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМЫ КОНТАКТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОЛЛЕКТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

© 2010 Т.А. Дуюн

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Поступила в редакцию 23.03.2010

Рассмотрены вопросы технологического обеспечения точности формы контактной поверхности коллектора электродвигателя. Представлена методика, учитывающая влияние технологической и эксплуатационной наследственности на формирование точности формы в процессе изготовления коллектора.

Ключевые слова: *электродвигатель, коллектор, контактная поверхность*

Надежность электрических машин постоянного тока во многом определяется надежностью щеточно-коллекторного узла, являющегося одним из наиболее ответственных узлов коллекторных машин. Процесс коммутации в скользящем контакте щеточно-коллекторного узла является сложным процессом, а коллектор во время работы находится в напряженно-деформированном состоянии, обусловленном рядом воздействий: механических, физико-химических, тепловых и электромагнитных. Точность формы контактной поверхности коллектора является важнейшим показателем качества, влияющим на процесс коммутации и надежность работы электродвигателя. ГОСТ 28295-89 «Коллекторы электрических вращающихся машин» предъявляет жесткие требования к точности формы: биение коллектора в готовой машине должно быть не более 0,03 мм.

Рассмотрим формирование точности формы контактной поверхности коллектора с учетом технологической и эксплуатационной наследственности, а также с учетом факторов, влияющих на формирование точности формы при выполнении каждой технологической операции и в период эксплуатации. Представим вышеуказанные взаимосвязи в виде структурной схемы (рис. 1). В качестве окончательного метода обработки контактной поверхности вместо традиционного шлифования представлен альтернативный метод – обкатывание, имеющий ряд преимуществ, являющийся экономически более целесообразным и надежно обеспечивающий требуемые параметры качества.

Основными операциями технологического процесса, на которых формируется точность формы контактной поверхности, являются операции чернового и чистового точения. Анализ элементарных погрешностей, действующих в процессе точения, показывает, что технологические

режимы обработки оказывают значительное влияние на три из пяти действующих погрешностей. Следовательно, управляя технологическими режимами, такими как скорость резания, подача, глубина резания, можно регулировать технологическую наследственность данных операций. Исходя из графа, представленного на рис. 1, погрешность формы контактной поверхности готового коллектора определена параметром X_{14} , который для общепромышленных машин не должен превышать 0,015 мм.

$$X_{14} = k_{101}k_{112}k_{123}k_{134}X_{10} \leq 0,015, \quad (1)$$

Коллекторные пластины, поступающие на сборку, имеют исходные погрешности размеров, в результате чего погрешность формы после операции сборки может достигать 1-3 мм. Операции механической обработки должны устранить данную погрешность. Последняя технологическая операция – обкатывание – предназначена в основном для формирования микрорельефа поверхности и мало влияет на точность обработки. Можно считать, что передаточный коэффициент ребра k_{134} равен единице, то есть требуемая точность формы должна сформироваться уже после операции чистового точения.

Степень пооперационного копирования геометрических погрешностей выражается через коэффициент, который представляет собой соотношение одноименных погрешностей, созданных на выполняемой и предыдущей операциях:

$$k_{112} = \frac{X_{12}}{X_{11}}, \quad k_{123} = \frac{X_{13}}{X_{12}}, \quad (2)$$

где X_{11} , X_{12} , X_{13} – соответственно погрешности формы после сборки, чернового и чистового точения.

Дуюн Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения. E-mail: tanduun@mail.ru

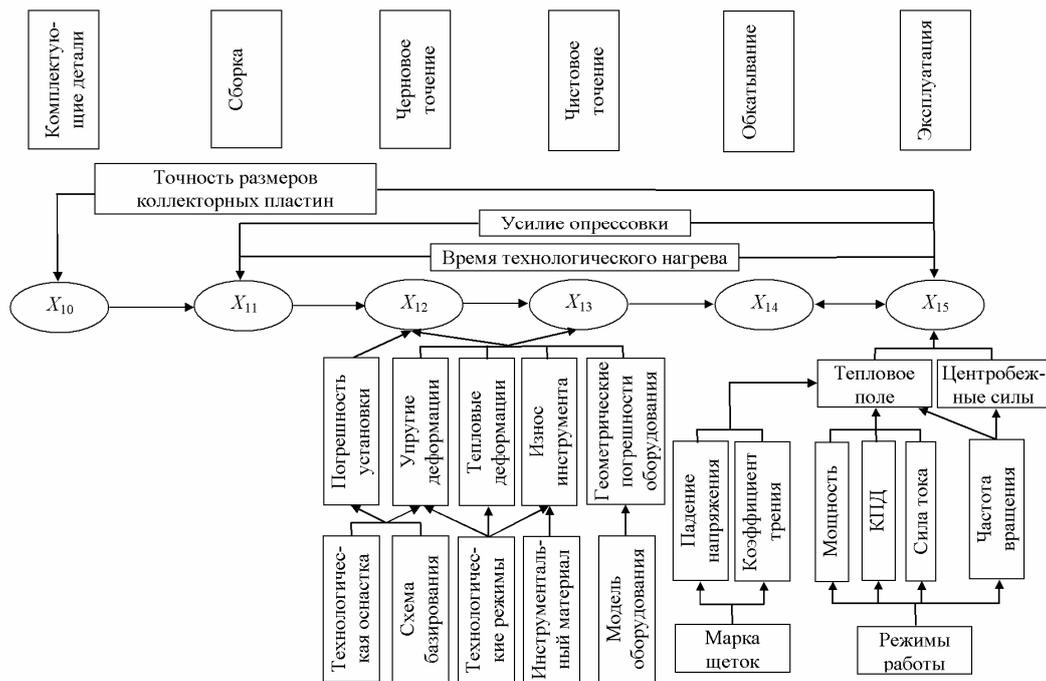


Рис. 1. Структурная схема формирования точности формы контактной поверхности коллектора

Суммарная погрешность формы и взаимного расположения контактной поверхности определяется суммой действующих погрешностей (табл. 1). Суммарная погрешность после операции черного точения равна

$$X_{12} = \sqrt{\Delta_{уст}^2 + 3\Delta_{и}^2 + \Delta_{у.д.}^2 + 3\Delta_{т.д.}^2 + \Delta_{г}^2}, \quad (3)$$

где $\Delta_{уст}$ – погрешность установки заготовки, мкм; $\Delta_{и}$ – погрешность износа режущего инструмента, мкм; $\Delta_{уст}$ – погрешность установки заготовки, мкм; $\Delta_{у.д.}$ – погрешность упругих деформаций технологической системы, мкм; $\Delta_{т.д.}$ – погрешность тепловых деформаций, мкм; $\Delta_{г}$ – погрешность геометрических неточностей оборудования, мкм.

Суммарная погрешность после операции чистового точения равна

$$X_{13} = \sqrt{3\Delta_{и}^2 + \Delta_{у.д.}^2 + 3\Delta_{т.д.}^2 + \Delta_{г}^2}. \quad (4)$$

Одной из погрешностей, имеющей существенную технологическую наследственность и оказывающей доминирующее влияние на суммарную погрешность, является погрешность упругих деформаций технологической системы. Рассмотрим подробнее ее формирование. На начало операции механической обработки коллектор имеет определенную погрешность формы. При этом за счет изменения величины припуска в одном поперечном сечении глубина резания изменяется от t_{max} до t_{min} . Следовательно, за один оборот заготовки нормальная составляющая силы резания P_y будет изменяться от P_{ymax} до P_{ymin} . Произойдет частичное копирование исходной некруглости (овальности).

Погрешность формы поперечного сечения детали можно выразить следующим образом:

$$\Delta_{у.д.} = y_{max} - y_{min} = \frac{P_{ymax} - P_{ymin}}{j_c}, \quad (5)$$

где j_c – жесткость технологической системы.

Чем выше жесткость системы, тем меньше коэффициент копирования погрешности. Это говорит о том, что форма детали на рассматриваемой операции уточняется быстрее, то есть быстрее устраняются геометрические погрешности. Выразим нормальную составляющую силы резания через технологические параметры:

$$P_y = C_y t^x s^y v^n, \quad (6)$$

где C_y – коэффициент, зависящий от условий резания; t – глубина резания, мм; s – подача, мм/об; v – скорость резания, м/мин; x, y, n – показатели степени при каждом факторе (степени влияния каждого фактора). Таким образом, погрешность формы после операции черного точения можно выразить в следующем виде:

$$\Delta_{у.д.12} = \frac{Ks^y v^n (t_{12} - X_{11})}{j_c}, \quad (7)$$

после операции чистового точения:

$$\Delta_{у.д.13} = \frac{Ks^y v^n (t_{13} - \Delta_{у.д.12})}{j_c}. \quad (8)$$

Податливость технологической системы (величина обратная жесткости) зависит от схемы базирования и определяется жесткостью отдельных узлов станка: передней и задней бабки,

суппорта. При черновом точении коллектора он базируется в патроне, следовательно, податливость технологической системы будет равна суммарной податливости передней бабки и суппорта:

$$\frac{1}{j_c} = \frac{1}{j_{\text{суп}}} + \frac{1}{2j_{\text{п.б.}}} \quad (9)$$

При чистовой обработке коллектор обрабатывают в сборе с якорем, базируя по центральным отверстиям вала, поэтому податливость технологической системы будет определяться

суммарной податливостью передней, задней бабки и суппорта:

$$\frac{1}{j_c} = \frac{1}{j_{\text{суп}}} + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{j_{\text{п.б.}}} + \frac{1}{j_{\text{з.б.}}} \right) \quad (10)$$

Обрабатываемая заготовка имеет высокую жесткость, поэтому ее податливостью можно пренебречь. На рис.2 представлены возможные значения остаточных погрешностей формы в зависимости от перепада значения силы резания на операциях чернового и чистового точения.

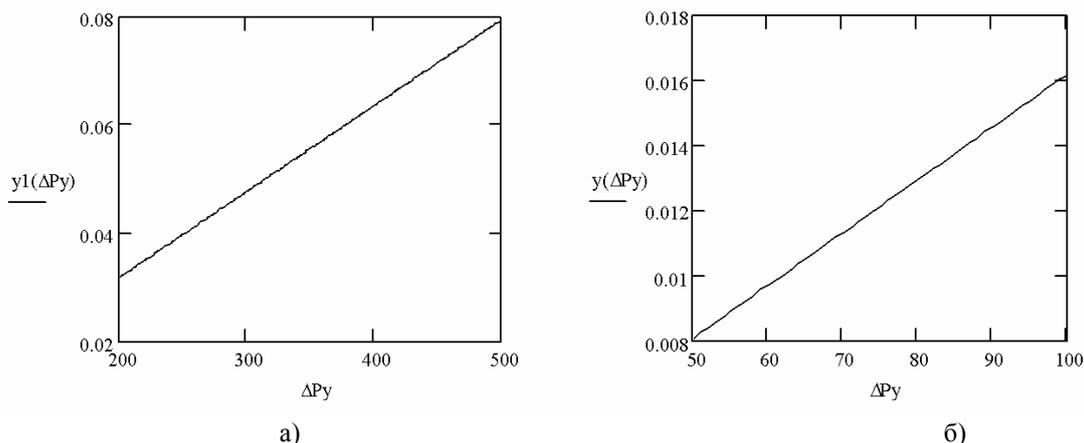


Рис. 2. Остаточная погрешность формы контактной поверхности, мм в зависимости от влияния погрешности упругих деформаций после чернового (а) и чистового (б) точения в зависимости от изменения величины силы резания, Н

Анализ графиков показывает, что после чернового точения остаточная погрешность формы может достигать до 80 мкм, а после чистового точения – может превысить допустимую величину 15 мкм. Следовательно, процесс управления параметром точности на данном этапе состоит в том, чтобы назначить режимы резания, обеспечивающие требуемую силу резания и допустимую погрешность.

Вывод: разработанная методика может быть использована для оптимизации технологических параметров: глубины резания, подачи и скорости резания, как основных факторов, оказывающих влияние на силу резания, для операций чернового и чистового точения. В качестве

целевой функции может быть принята максимальная производительность. Техническими ограничениями будут являться: допустимая погрешность формы, а также допустимые интервалы варьирования технологических параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Васильев, А.С. Технологические основы управления качеством машин / А.С. Васильев, А.М. Дальский, С.А. Клименко и др. – М.: Машиностроение, 2003. – 256 с.
2. Рыжов, Э.В. Математические методы в технологических исследованиях / Э.В. Рыжов, О.А. Горленко. – Киев: Наук. думка, 1990. – 184 с.

TECHNOLOGICAL PROVIDING THE ACCURACY OF CONTACT SURFACE FORM OF ELECTRIC MOTOR COLLECTOR

© 2010 Т.А. Duyun

Belgorod State Technological University named after V.G. Shuhov

Questions of technological providing the accuracy of contact surface form of electric motor collector are considered. The method considering influence of technological and operation heredity on shaping the form accuracy during the manufacturing of collector is presented.

Key words: *electric motor, collector, contact surface*

Tatiana Duyun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Machine Building Technology. E-mail: tanduun@mail.ru