

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВКИ КОЛЛЕКТОРНОГО КОЛЬЦА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Климченкова Н.В.

Донбасская государственная машиностроительная академия

Ket@dgma.donetsk.ua

Scientific principles for analysis of unstable parameters have been worked out. Theoretical and experimental investigations have been carried out. Recommendations on improvement of technology are presented.

Монолитность коллекторного кольца, стабильность рельефа рабочей поверхности и надежность, так необходимы в условиях эксплуатации электрических машин, достигаются при изготовлении кольца путем проведения нескольких циклов формовки. Цикл включает в себя этапы: прогревание в электропечи, выпекание прокладок в нагретом состоянии, подпрессовку для восстановления давления на поверхности прокладок, охлаждение в холодильной камере, подпрессовку.

Рациональное построение технологического процесса формовки и эффективное управление им может быть достигнуто только за счет перехода к анализу его неустановившихся параметров. Но такой переход потребовал соответствующего развития теоретической базы: проведения расчетов неустановившейся температуры деталей кольца; анализа технологических параметров, зависящих от изменения температуры, а именно, упругой и пластической деформации деталей, тангенциального температурного усилия, давления на поверхности выпекаемых изоляционных прокладок, механических напряжений [1-3].

Проведение расчета неустановившейся температуры деталей кольца сдерживалось сложностью физико-математического описания переходных тепловых процессов его конструкции. Значительно упростить решаемую задачу удалось путем выделения из кольца расчетного объема, включающего половину коллекторного деления. Этот объем повторяется в кольце многократно, а условия изменения температуры в таких объемах одинаковы. Рассматривая изменение превышения температуры пластины Θ_1 и прокладки Θ_2 только по времени формовки, тепловые процессы расчетного объема можно описать следующей системой уравнений:

$$(\Theta_1 - \Theta_B) \cdot \alpha \cdot F_1 + C_1 \frac{d\Theta_1}{dt} + \frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\frac{\delta_1}{\lambda_1 F_3} + \frac{\delta_2}{\lambda_2 F_3}} = 0; \quad (1)$$

$$(\Theta_2 - \Theta_B) \cdot \alpha \cdot F_2 + C_2 \frac{d\Theta_2}{dt} + \frac{\Theta_2 - \Theta_1}{\frac{\delta_1}{\lambda_1 F_3} + \frac{\delta_2}{\lambda_2 F_3}} = 0; \quad (2)$$

$$\Theta_1(t) = \Theta_2(t) = \Theta_{нач} = 0, \quad t = 0 \quad (3)$$

где $\Theta_B, \Theta_{нач}$ - превышение температуры воздуха в печи и начальное деталей кольца; α - коэффициент теплоотдачи наружных поверхностей; F_1, F_2, F_3 - площадь наружной поверхности пластины, прокладки, их боковой поверхности; C_1, C_2 - полная теплоемкость выделенного объема пластины, прокладки; λ_1, λ_2 - коэффициент теплопроводности материала пластины, прокладки; δ_1, δ_2 - расчетный тангенциальный размер пластины, прокладки; t - время переходного процесса.

Система уравнений (1-3) решена и получены аналитические выражения для определения температуры деталей кольца при его нагреваниях и охлаждениях:

$$\Theta_1(t) = \Theta_{1Y} (1 - e^{k_1 t}) + \Theta_{нач} e^{k_2 t}; \quad (4)$$

$$\Theta_2(t) = \Theta_{2Y} (1 - e^{k_3 t}) + \Theta_{нач} e^{k_4 t}; \quad (5)$$

где Θ_{1Y}, Θ_{2Y} - установившаяся температура пластины, прокладки. Полученные выражения (4,5) отличаются от известного для однородного тела учетом взаимного влияния сопрягаемых деталей кольца.

Расчет дискретного температурного поля коллекторного кольца проведен численным разностным методом с использованием тепловой схемы замещения выделенного объема, приведенной на рисунке.

Неустановившиеся тепловые процессы при этом описываются системой обыкновенных дифференциальных уравнений, решаемых на ПЭВМ и дающих превышения температуры для узловых точек ($\Theta_1 - \Theta_6$) с некоторым интервалом времени Δt . Распределение температуры в прокладке позволяет анализировать физико-химические процессы ее материала при выпекании.

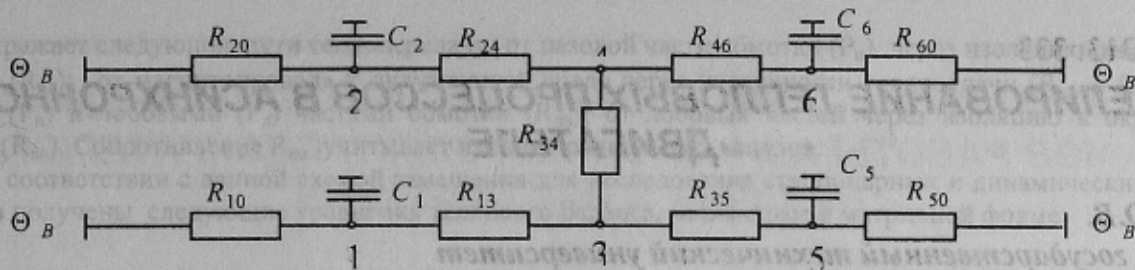


Рисунок - Тепловая схема замещения: ($R_{10} - R_{60}$) – сопротивления передаче тепла;

1,3,5 – узловые точки пластины; 2,4,6 – узловые точки прокладок; $C_1 - C_6$ – теплоемкости объемов

Решение задачи теплового расчета дало возможность расширить рамки анализа технологических параметров со стационарных на нестационарные режимы. Так изменение температурного усилия ΔN_{Θ} на некотором интервале времени находится из уравнения баланса упругих и пластических деформаций пластины и прокладки:

$$\Delta N_{\Theta} = \frac{\Delta \delta_1 - \Delta \delta_2 - \Delta \delta_y}{\delta_1 / E_1 F_3 + \delta_2 / E_2 F_3}, \quad (6)$$

где $\Delta \delta_1, \Delta \delta_2$ - изменение тангенциального размера пластины, прокладки в связи с текущим изменением их температуры; $\Delta \delta_y$ - усадка прокладки по толщине, зависящая от скорости усадки ее материала на данном интервале времени; E_1, E_2 - модуль упругости материала пластины, прокладки.

Очевидно, что расчет неустановившихся параметров при формовке требует наличия данных по текущим параметрам примененного материала изоляционных прокладок: скорости усадки, модулю упругости, коэффициенту температурного расширения. Изменение механических напряжений в пластине и давления на прокладку находятся в зависимости от ΔN_{Θ} [1-3].

Приведенные выше научные положения были применены для анализа технологий изготовления коллектора тягового электродвигателя типа НБ-418К6, устанавливаемого на магистральных электровозах ВЛ-80. В производственных условиях завода-изготовителя проведено экспериментальное исследование процесса формовки коллекторного кольца. Используются термопары и тензорезисторы. Экспериментально проверено влияние стабильного давления при выпекании прокладок на их качественные показатели.

Исследования технологического процесса формовки коллекторного кольца проведенные в представленной работе, позволяют сделать следующие выводы: разработаны научные положения для расчетов неустановившейся температуры деталей кольца; расширены рамки расчета технологических параметров формовки со стационарных на нестационарные режимы; получена возможность анализа параметров формовки еще на стадии разработки ее технологии, оценки их влияния на состоянии материала деталей, принятия мер по совершенствованию технологии и применяемого оборудования, повышения качества и эксплуатационной надежности изготавливаемых колец.

Анализируя характер изменения параметров при формовки конкретной конструкции коллекторного кольца, можно дать следующие рекомендации по совершенствованию технологии и применяемого оборудования: снижать усилие запрессовки при сборке кольца пропорционально максимуму температурного усилия, возникающего при последующем прогревании, что исключает выдавливание связующего из материала прокладок и их смятие; увязывать периодичность подпрессовок с закономерностью усадки прокладок при их выпекании для стабилизации давления и получения одинаковых свойств материалов по толщине; поддерживать соответствие между скоростью повышения давления и скоростями усадки прокладок при их выпекании и уменьшения тангенциального размера деталей при охлаждениях кольца, что стабилизирует давление и повышает качественные показатели выпекаемых изоляционных деталей кольца; совместить функции электропечи и пресса, холодильной камеры и пресса, что позволит стабилизировать давление на прокладках при их выпекании и охлаждениях, снизить количество транспортных операций по перемещению кольца к прессу, повысить качество прокладок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климченкова Н.В. Расчет технологических параметров для формовки коллекторного кольца // Тезисы докл. междунар. науч.- техн. конф. «Проблемы техники, технологии и экономики маш. пр-ва».- Краматорск: Изд. ДГМА.- 1996, с 56-57.
2. Климченкова Н.В. Разработка математической модели тепловых процессов формовки коллекторного кольца // Тезисы докл. межвуз. науч.- техн. конф. «Новые экономич. отнош. и кадр. обеспеч. пр-ва».- Краматорск: Изд. ДГМА.- 1996, с 53.
3. Климченкова Н.В. Разработка модели расчета механических нагрузок при формовке коллекторного кольца // Тезисы докл. межвуз. науч.- техн. конф. «Новые экономич. отнош. и кадр. обеспеч. пр-ва».- Краматорск: Изд. ДГМА.- 1996, с 52.