Медведев С.Е.**Индукционный подогрев тормозных систем колесного наземного транспорта***Липецкий государственный технический университет
(Россия, Липецк)**doi:10.18411/spc-22-02-2018-04**idsp: 000001:spc-22-02-2018-04*

Современные легковые и грузовые автомобили оснащаются производительными тормозными механизмами, позволяющими эффективно снижать скорость транспортного средства. Они, как правило, представлены двумя основными видами: дисковые и барабанные. Данные виды зарекомендовали себя как высокоэффективные и надежные системы. Однако, как показывает эксплуатационная практика, тормозные механизмы часто бывают выведены из строя под воздействием внешних факторов. Таким примером является примерзания тормозных колодок к диску, либо барабану (Рис. 1), в условиях эксплуатации транспортного средства при отрицательных температурах окружающей среды, либо колебаниях температуры с изменением знака. Особенно часто данное явление наблюдается при длительной стоянке с использованием стояночного (ручного) тормоза.

Традиционными способами восстановления рабочего состояния тормозной системы в, этом случае, основываются на воздействии внешними силами на механизмы: использование горячего воздуха или воды, либо воздействия механического характера, например, удар киянки. Указанные способы являются распространенным решением, однако, они неудобны и не всегда эффективны.

Выходом из сложившейся ситуации может служить использование кратковременного подогрева исполнительных механизмов в местах их контакта с помощью электрического тока. Особый интерес, при этом, представляет индукционный подогрев колодок. Данный тип подогрева имеет ряд преимуществ перед, к примеру, резистивным при использовании проводника, нагреваемого под действием протекающего через него электрического тока. Нагрев носит малоинерционный характер, а также имеет более равномерное прогрев рабочей поверхности [1].

Рис. 1. Места примерзания тормозных колодок

Принцип индукционного нагрева заключается в воздействии на металл токами Фуко. Указанные токи возникают в металле при воздействии на него переменного высокочастотного магнитного поля, которое возбуждает в них вихревое электрическое поле [2]. Применительно к барабанной тормозной системе легкового автомобиля (Рис. 2) объектом воздействия переменного магнитного поля является пятно контакта тормозных колодок и барабана.

Рис. 2. Направление вихревых токов на рабочей поверхности тормозной системы барабанного типа

ЭДС (электродвижущая сила) индукции в этом случае определяется скоростью изменения магнитного потока. При протекании в объеме металла, вызванных таким образом, токов Фуко, образец разогревается в соответствии с законом Джоуля-Ленца [2]:

$$Q = I^2 R t,$$

где Q – количество выделяемой теплоты; I – наводимые токи Фуко; R – активное сопротивление объема разогреваемого образца; t – время нагрева.

Выделение тепла на образце не является величиной равномерной по его объему, поскольку наибольшая плотность токов Фуко, в соответствии со скин-эффектом, будет наблюдаться на его поверхности: $J_x = J_0 e^{-kx}$, то «глубина», на которой плотность токов Фуко снизится до J_0/e определится как [3]:

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu\mu_0}},$$

где ρ – удельное сопротивление образца; ω – угловая частота переменного магнитного поля индуктора; μ – удельная магнитная проницаемость материала образца; μ_0 – магнитная проницаемость вакуума.

Последнее приведенное выражение сложно применять на практике, и более целесообразно преобразовать его к виду:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{f\mu}},$$

где f – частота тока в индукторе.

Очевидно, что глубина проникновения имеет экспоненциальную зависимость (рис. 3).

Рис. 3. Зависимость плотности тока от расстояния с поверхности в объем образца (глубина проникновения)

Таким образом, при использовании индукционного подогрева тормозных колодок при их примерзании, минимизирует воздействие на хрупкие детали и узлы тормозной системы, такие как поршни тормозных цилиндров, заклепки, трубки, заглушки, манжеты и др., выполненные в соответствии с технологией производства тормозных систем из цветных металлов, резины, силикона и полиэтилена. Размещение индукторов непосредственно на свободном пространстве тормозных колодок, позволяет создать замкнутый контур переменного магнитного потока, позволяющий направленно воздействовать на отдельные части тормозной системы, исключая влияние на хрупкие детали и узлы.

Эффективность подогрева тормозных колодок, в этом случае, оценивается исходя из зависимости [3]:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{D^2}{d^2} \left[1 + \left(2,5 \frac{\delta}{d} \right)^2 \right] \sqrt{\frac{\rho_1}{\mu \rho_2}}},$$

где D – внутренний диаметр индуктора; d – диаметр образца; δ – глубина проникновения; ρ_1 – удельное сопротивление материала индуктора; ρ_2 – удельное сопротивление материала образца; μ – относительная магнитная проницаемость материала образца.

С увеличением соотношения D/d снижается эффективность подогрева, поскольку уменьшается магнитная связь индуктора с образцом. Также снижается эффективность подогрева при увеличении соотношения δ/d .

1. Бодажков, В. А. Объемный индукционный нагрев [Текст] / В. А. Бодажков. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 1992. – 72 с.
2. Кувалдин А. Б. Индукционный нагрев ферромагнитной стали [Текст] / А. Б. Кувалдин. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 200 с.
3. Немков В. С. Теория и расчет устройств индукционного нагрева [Текст] / В. С. Немков, В. Б. Демидович. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 280 с.

Старков И.О., Дмитриева М.Л.

Роль наукоёмкого производства в современных условиях

*Сибирский государственный университет науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева
(Россия, Красноярск)*

doi:10.18411/spc-22-02-2018-05

idsp: 000001:spc-22-02-2018-05

Аннотация

В данной статье описана роль наукоёмкого производства. Приведены основные факторы, влияющие на развитие наукоёмкого производства. Выделены направления развития и совершенствования для улучшения ситуации.

Ключевые слова: наукоёмкое производство, нововведения.

Определяющим фактором роста нынешней экономики любой страны является прогресс наукоемких производств. В настоящее время наукоемкие отрасли устанавливают опережающее развитие страны в целом. Совершенствование и функционирование наукоемких производств очень актуальная и значимая тема.