

УДК 674.05

Е.А. Памфилов, П.Г. Пыриков

Пыриков Павел Геннадьевич родился в 1972 г., окончил Брянский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры механической технологии древесины Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 50 научных работ в области обеспечения триботехнических характеристик металлических материалов на основе электрофизических способов упрочнения.



ПРИМЕНЕНИЕ УПРАВЛЯЕМЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛАХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Отражены некоторые теоретические и конструктивные аспекты применения магнитных полей в качестве силового (несущего), движущего и упрочняющего фактора в узлах станков разных типов.

Ключевые слова: деревообрабатывающие станки, магнитное поле, магнитострикция, режимы эксплуатации, долговечность, эффективность.

Решение проблемы повышения эффективности деревообрабатывающего оборудования неразрывно связано с интенсификацией режимов его эксплуатации, что, в свою очередь, обуславливает поиск новых способов совершенствования функциональных узлов. Широкое применение в станкостроении полимерных и композиционных материалов позволяет существенно повысить скорости движения и подачи, расширить ассортимент обрабатываемых материалов.

Учитывая, что значительная часть деталей в станках подвержена износу, определенный интерес приобретает разработка конструкций пар трения, работающих по так называемому безопорному принципу, согласно которому между элементами сопряжения присутствует газовая или жидкостная смазка, благодаря чему представляется возможным повысить скорости относительных перемещений деталей, снизить коэффициент трения и обеспечить динамическую устойчивость узла в целом. Перспективно при этом применение управляемых магнитных полей (индуцирование) и эффекта магнитострикции.

В данной работе отражены некоторые аспекты применения магнитных полей в качестве силового (несущего), движущего и упрочняющего фактора в узлах станков разных типов.

Механизмы главного движения с поступательно движущимися телами (на примере ленточнопильных станков). Расширяющееся использование в современной деревообработке ленточнопильных станков (ЛПС) определяет повышенный интерес специалистов к вопросам их совершенствования. С учетом этого предложена конструкция опор пильной ленты в виде статических электромагнитных направляющих, работающих на эффекте

индуцирования инструментального (полотно пильной ленты) и конструкционного (опоры и направляющие) материалов. При этом магнитные силы выступают в качестве механического (силового) несущего и стабилизирующего факторов.

Система магнитного взаимодействия опор и пильной ленты представлена схемой из трех равномерно намагниченных полосовых (в поперечном сечении) магнитов с одноосным (однонаправленным) расположением полюсов, при этом вектор намагниченности j перпендикулярен к плоскости изгиба пильной ленты на опорах. Так как опоры можно считать цилиндрами, то наибольшая концентрация результирующего магнитного поля выражена в его основании, а само оно представляет собой суперпозицию полей, образованных двойным слоем фиктивных единичных магнитных зарядов, взаимодействие между которыми реализуется по закону Кулона.

Тогда получим равнодействующую систему сил, приложенную к единице длины пильной ленты:

$$F = 2 \left[\frac{1}{4\pi\mu_0 J} \cdot \frac{m_0 m_1}{x^2} - \frac{1}{4\pi\mu_0} \cdot \frac{m_0 m_2}{(a-x)^2} \right] \quad (1)$$

или при $q = F/I$ и $I = \pi R$:

$$q = 8\pi^2 R \mu_0 J_0 h_0 \left[\frac{J_1 h_1}{x^2} - \frac{J_2 h_2}{(a-x)^2} \right], \quad (2)$$

где μ – относительная магнитная проницаемость среды, в которой взаимодействуют магнитные заряды;

μ_0 – магнитная постоянная, Гн/м;

m_0, m_1, m_2 – массы магнитных зарядов;

a – расстояние между серединами направляющих опор, мм;

x – расстояние между серединой нижней направляющей опоры и пильной ленты, мм;

J_0, J_1, J_2 – соответственно намагниченность пильной ленты, нижней и верхней направляющих опор, кА/м;

h_0, h_1, h_2 – соответственно толщина пильной ленты, нижней и верхней направляющих пластин, мм.

При определении магнитодвижущей силы, обеспечивающей при заданных $h_0, h_1, h_2, x, a, \mu, R$ требуемые величины J_0, J_1, J_2 и q , учитывали магнитные сопротивления на различных участках цепи. На основе допущения о равенстве функций индуктивности от напряженности магнитного поля в элементах направляющих опор и пильной ленте и равенстве величин их намагниченности (без учета влияния воздушного зазора между пильной лентой и опорами) упростим формулу (2):

$$q = 8\pi^2 R \mu_0 J^2 h_0 \left[\frac{h_1}{x^2} - \frac{h^2}{(a-x)^2} \right]. \quad (3)$$

Отсюда

$$J = \sqrt{\frac{q}{8\pi^2 R \mu \mu_0 h_0 \left[\frac{h_1}{x^2} - \frac{h_2}{(a-x)^2} \right]}}. \quad (4)$$

Окончательное определение величины магнитодвижущей силы обмотки магнитной опоры проводили с учетом значений падения магнитных напряжений (соответствующих расчетной величине магнитного потока) по результатам анализа вебер-амперных характеристик.

Конструктивно предложенный принцип реализуется введением подвижной и неподвижной магнитоэлектрических опор, механизма натяжения и привода пильной ленты. Опоры выполнены в виде электромагнитов с полюсными элементами и криволинейными направляющими пластинами, между которыми в воздушном зазоре размещается пильная лента. Опоры оснащены системой охлаждения, а на одном из двух полюсных элементов, имеющем большую площадь поперечного сечения, установлены стабилизирующие ролики, на которые опирается нерабочая кромка инструмента.

Магнитные опоры (рис. 1) содержат катушки индуктивности 2 с сердечниками 10, создающие магнитный поток, пронизывающий первый по направлению тока полюсный элемент 6 опоры, направляющие пластины 5, 7

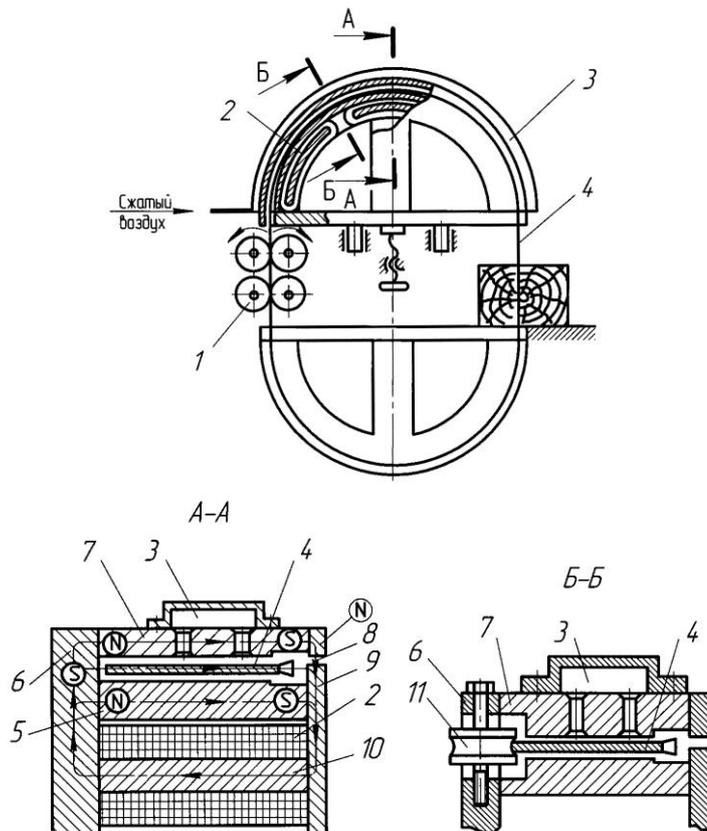


Рис. 1. Ленточнопильный станок с магнитоэлектронными опорами и направляющими пильного полотна: 1 – привод пилы, 2 – катушки индуктивности, 3 – система аэрационного охлаждения катушек и пильной ленты, 4 – пильная лента, 5, 7 – направляющие пластины, 6, 9 – полюсные элементы, 8 – функциональный канал, 10 – сердечники, 11 – стабилизирующий ролик

и второй полюсный элемент 9. При соблюдении полярности на полюсном элементе 6 опоры возникает положительный полюс, а на полюсном элементе 9 – отрицательный. На направляющих пластинах 5, 7 и пильной ленте 4, расположенной между ними, возникают магнитные полюса: в зоне полюсного элемента 6 – полюс N, в зоне элемента 9 – S. Одинаковая полярность направляющих пластин и пильной ленты обуславливает эффект «отталкивания» – возникновение воздушного зазора между пилой и направляющими, что в процессе ее движения исключает фрикционный контакт. При несовпадении направлений тока в двух параллельных проводниках силы магнитного взаимодействия стремятся оттолкнуть их друг от друга. При одинаковой полярности концов направляющих пластин, закрепленных неподвижно, и пильной ленты последняя стремится занять среднее положение между ними.

Благодаря исключению маховых моментов, уменьшению сил инерции, сил трения и аэродинамических сопротивлений фактическую скорость резания предполагается увеличить на 30 ... 40 % по сравнению традиционными конструкциями данного оборудования.

Базирующие и направляющие элементы с трением скольжения.

Для функциональных узлов оборудования неравномерность износа по площади контакта изменяет удельную намагниченность, что существенно осложняет использование непосредственного индуцирования в качестве «промежуточной» среды. При этом возникает необходимость в своего рода «материализации» смазки, имеющей положительную магнитную восприимчивость. В качестве смазки выступает магнитная жидкость. В нашем случае модель пар трения представлена магнитогидродинамической системой, функционирующей по законам магнитной гидродинамики.

Суть этого заключается в том, что в узлах трения станков между сопрягаемыми деталями подается и удерживается магнитная жидкость. Это позволяет управлять движением жидкости. Например, при взаимной перпендикулярности направлений движения и линий магнитного поля (поперечное поле) возникающие силы направлены строго против движения; при других углах между скоростью движения и линиями поля силы имеют компоненту, нормальную скорости движения, что приводит к искажению траектории течений вдоль линий поля; при параллельности траекторий и силовых линий взаимодействие отсутствует.

Рассматриваемая система является частным случаем жидкостного трения при ортотропном характере поведения смазки – магнитной жидкости. При соблюдении принципа подбора полярностей эффект отталкивания по-прежнему сохраняется и реализуется в виде так называемой магнитной ямы, образованной пересечением пучков линий магнитной индукции от

двух катушек. Дополнительное стимулирование относительных перемещений обеспечено движением самой жидкости, которая в индуцированном состоянии может быть представлена континуальной средой и изменяет свои свойства (в частности текучесть) при магнитострикционном эффекте.

Подобного рода магнитогидродинамические системы предполагается использовать, например, в кривошипно-шатунном механизме и ползунах лесопильных рам, шипорезных, токарных и строгальных станках циклового действия.

Режущие узлы и инструмент. Направленное индуцирование инструментального материала (ножи сборных фрез и ножевых валов) позволяет обеспечивать управление напряженным состоянием в прикромочных (рабочих) областях инструмента. С учетом этого предложено проводить его эксплуатацию в намагниченном состоянии, при котором режимы индуцирования устанавливаются с учетом условий изнашивания и специфики разрушения. Эффект упрочнения при этом получают за счет формирования в изнашиваемых участках регламентированного уровня благоприятных магнитострикционных напряжений сжатия при намагничивании выше насыщения. В условиях трещинообразования вектор магнитострикционных напряжений сжатия ориентируется нормально плоскости распространения трещин соответствующего типа.

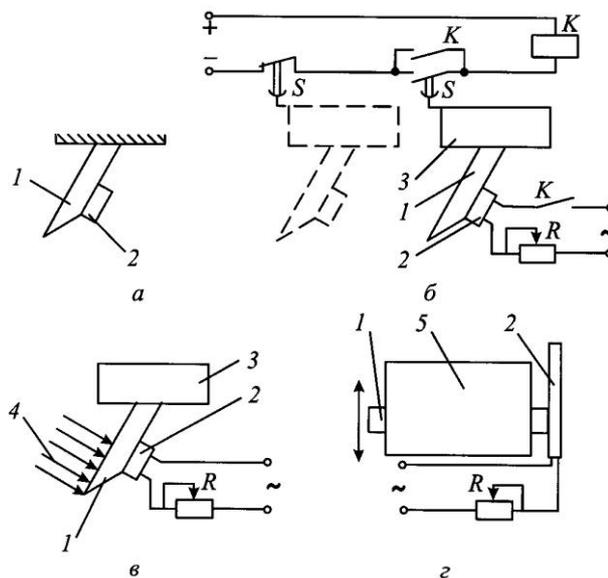


Рис. 2. Схемы управления уровнем магнитострикционных напряжений в объектах трибосопряжений постоянным магнитом (*а*), электромагнитом циклического (*б*) и постоянного (*в*) действия, электромагнитом через воздушный зазор (*г*): 1 – изнашиваемый объект, 2 – постоянный магнит (электромагнит), 3 – оснастка, 4 – охлаждающая среда, 5 – изнашивающий объект

Представляется возможным обеспечить индуцирование по схемам, приведенным на рис. 2: постоянным магнитом или электромагнитом при прямом контакте с изнашиваемой областью, а также соленоидом, охватывающим зону трения. В последнем случае непосредственного контакта между соленоидом и элементом трибосопряжения не происходит, а индуцирование обеспечивается через воздушный зазор и определяется, в частности, форм-фактором. Назначение величины напряженности магнитного поля и положения силовых линий магнитной индукции осуществляют с учетом магнитной восприимчивости (проницаемости) материала, макрогеометрии изделия, схемы нагружения и типа возможных микротрещин на площадках контакта.

При намагничивании в структуре ферромагнитного материала за счет направленной ориентации свободных электронов происходит процесс смещения границ доменов (кристаллов), заключающийся в изменении их объемов, у которых намагниченность ориентирована близко к направлению поля за счет изменения объема соседних доменов, а также процесс изменения направления самопроизвольной намагниченности отдельных доменов за счет поворота вектора намагниченности во внешнем поле. Вследствие этого обеспечивается повышение вязкости и износостойкости, а также возрастание дисперсности кристаллографической структуры, закрепление на поверхности трения легирующих элементов, повышение твердости, ударной вязкости, сопротивления усталости, временного сопротивления на растяжение, предела прочности на изгиб и интенсивности теплоотвода от зоны трения в направлении намагничивания, что в совокупности способствует повышению износостойкости.

Таким образом, определяя величину и направление действия внешней нагрузки на площадках контакта и устанавливая с учетом этого положение магнитных силовых линий при намагничивании материала, можно формировать в зонах износа благоприятную совокупность механических и трибологических характеристик.

Согласно рис. 2 (схемы *a*, *г*), индуцирование магнитного поля в материале *1* обеспечивается постоянным магнитом или электромагнитом *2* в течение полного цикла работы (на протяжении фаз прямого и обратного хода, например, при возвратно-поступательных перемещениях), а также избирательно – циклически (схема *б*). В последнем случае перед началом взаимодействия элементов пары трения происходит замыкание контакта *S1*, вследствие чего в катушке *K* электромагнита протекает электрический ток, создающий магнитное поле заданной напряженности. По мере выхода из контакта элемента *2* срабатывает концевой выключатель *S2*, обесточивающий катушку *K* электромагнита к моменту начала совершения обратного хода. По его окончании цикл повторяется. Согласно схеме *в*, магнитное поле создается электромагнитом (соленоидом) *2*, который установлен вблизи зоны взаимодействия трущихся объектов на протяжении всего пути контакта. При этом перемещающийся элемент *1*, совершая прямой и обратный ходы,

периодически проходит зону намагничивания, в пределах которой в материале возникают магнитоэлектрические напряжения сжатия.

Предложенные способы ориентированы, главным образом, на управление напряженным состоянием в инструменте. Однако большую эффективность в обеспечении его долговечности следует ожидать на основе управления их параметрическим и структурным состояниями при комплексной упрочняющей обработке.

Вывод

Из полученных результатов следует, что применение магнитных полей в узлах деревообрабатывающего оборудования весьма многосторонне. Оно выражается в возможности управлять как функциональными характеристиками деталей, так и их параметрическим состоянием в доэксплуатационный и эксплуатационный периоды. Возможность формирования различных индуцированных состояний в материалах позволяет отметить универсальность действия магнитных полей при обеспечении работоспособности оборудования.

Е.А. Памфилов, П.Г. Пыриков

Use of Guided Magnetic Fields in Functional Units of Woodworking Equipment

Some theoretical and constructive aspects of magnetic field application as power (bearing), driving and strengthening factor in the units of machines of different types are reflected.

