

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ



УДК 631.3.004.67

**В.Н. Чижов,  
Н.М. Мишустин**

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИЛ ПРИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОМ СПЕКАНИИ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Практически во всех современных машинах существуют вращающиеся детали, опорами для которых служат подшипники скольжения и подшипники качения. Подшипники скольжения обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с подшипниками качения, а отказаться от использования подшипников скольжения на данном этапе развития техники невозможно.

В настоящее время для изготовления подшипников скольжения используются в основном цветные металлы и их сплавы, которые имеют высокую стоимость и сравнительно небольшой ресурс. Величина максимального износа втулки подшипника скольжения мала по сравнению с габаритными размерами втулки и редко превышает 0,4 мм [1]. При ремонте узлов подшипников скольжения изношенная втулка подшипника скольжения заменяется на новую, а старая выбраковывается и в лучшем случае идет на металлолом. Технологии восстановления втулок подшипников скольжения не нашли широкого применения, в связи с чем существует проблема разработки новых технологий для изготовления втулок подшипников скольжения.

Решить данную проблему позволит использование антифрикционных материалов, получаемых из менее дефицитных и более дешевых компонентов. Одним из видов таких материалов являются антифрикционные покрытия, получаемые электроконтактным напеканием порошковых композиций на металлическую основу. Использование такой технологии позволяет управлять антифрикционными и физико-механическими свойствами напеканого слоя путем подбора состава порошковой композиции и микропористости слоя. Но при изготовлении втулок подшипников скольжения с небольшими габаритными размерами (диаметр менее 80 мм и толщина стенки до 7 мм) использовать данную технологию невыгодно по следующим причинам. Во-первых, толщина металлической основы, на которую производится напекание, должна быть не менее пяти миллиметров, так как на нее оказывается большое тепловое воздействие, в результате эта основа может расплавиться по причине чрезмерного перегрева или изменить свои геометрические размеры. Во-вторых, при использовании металлической основы с толщиной стенки 5-6,5 мм в процессе

обработки после напекания будет сниматься большой слой антифрикционного материала, а напеченный микропористый слой, оставшийся на основе, будет обладать значительно меньшей маслостойкостью вследствие небольшой своей толщины.

Известны технологии изготовления ленты спеканием порошковых композиций. Эти технологии позволяют получать порошковые ленты, которые обладают схожими с покрытиями получаемыми при напекании физико-механическими и антифрикционными свойствами. Исходя из этого можно предположить, что существует возможность изготовления втулок подшипников скольжения электроконтактным спеканием порошковых композиций без металлической основы.

При изготовлении втулок подшипников скольжения электроконтактным спеканием порошковых композиций необходимо обеспечить одновременное спекание порошковой композиции в ленту и формирование спеченной ленты во втулку, пока она находится в пластичном состоянии. Серия поисковых экспериментов по определению возможности изготовления втулок подшипников скольжения показала, что порошковая композиция достаточно хорошо спекается в ленту, но при этом не происходит формирования ленты во втулку (рис. а). На рисунке б представлена схема процесса спекания с одновременным формированием ленты во втулку. Поэтому необходима разработка дополнительного приспособления для формирования из спекаемой ленты втулки подшипника скольжения.

Процесс формирования втулки подшипника скольжения из спекаемой ленты можно попытаться достичь несколькими способами. Одним из них является использование электромагнитного поля, образующегося при протекании электрического тока через ролик-электрод и матрицу. Но электромагнитное поле, создаваемое при протекании электрического тока через перечисленные детали, не обеспечивает формирование спекаемой ленты во втулку, поэтому нами разработан способ и устройство, позволяющие изменять направление электромагнитного поля так, чтобы спекаемая лента под их воздействием формировалась во втулку. Однако для назначения режима процесса электроконтактного спекания порошковой композиции необходимо знать напряжение источника тока. Экспериментальным способом определить напряжение во вторичной цепи трансформатора, при котором сила, создаваемая электромагнитным полем, была достаточной для формирования спекаемой ленты во втулку, можно, но для этого необходимо проведение большого количества экспериментов. В связи с этим нами было принято решение экспериментальным способом установить значение силы, необходимой для формирования спекаемой ленты во втулку, а затем теоретически определить значение напряжения во вторичной цепи трансформатора, при котором получалось бы такое значение силы, создаваемой электромагнитным полем, которой будет достаточно для формирования спекаемой ленты во втулку.

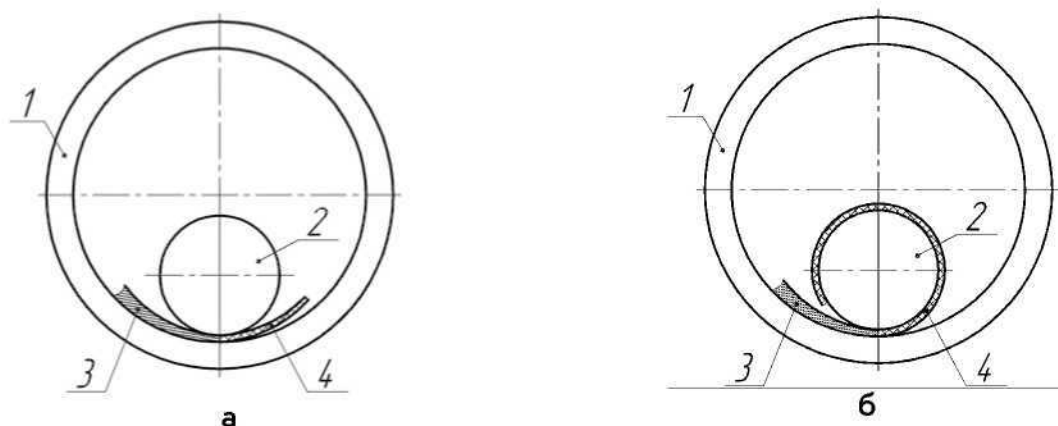


Рис. Схема процесса спекания порошковой композиции:

а — без формирования ленты во втулку, б — с формированием ленты во втулку;  
1 — матрица, 2 — ролик-электрод, 3 — порошковая композиция, 4 — спекаемая лента

Для определения напряжения во вторичной цепи трансформатора необходимо принять ряд допущений:

1. Электромагнитное поле, создаваемое трансформатором, токопроводами, не оказывает воздействия на процесс формирования втулки.

2. Направления векторов  $\vec{B}$  и  $\vec{S}$  совпадают.

3. Матрицу считаем соленоидом (т.к. она имеет форму кольца) с одним витком.

Исходя из принятых допущений, напряжение во вторичной цепи трансформатора можно определить, выразив его из уравнения магнитного потока [2]:

$$\Phi = \frac{U}{4,44 \cdot \omega_0 \cdot f}, \text{ Тл}; \quad (1)$$

$$U = \Phi \cdot (4,44 \cdot \omega_0 \cdot f), \text{ В}, \quad (2)$$

где  $\Phi$  – магнитный поток, Тл;

$\omega_0$  – число витков в обмотке,  $\omega_0 = 1$ ;

$f$  – частота тока, Гц.

В свою очередь, магнитный поток можно определить из уравнения для определения магнитодвижущей силы (МДС) [3]:

$$I \cdot \omega = \Phi \cdot R, \text{ А}; \quad (3)$$

$$\Phi = \frac{I \cdot \omega}{R}, \text{ Тл}; \quad (4)$$

где  $I \cdot \omega$  – МДС, А;

$R$  – магнитное сопротивление воздушного зазора, А/Вб.

Принимая во внимание уравнение, по которому определяется сила, с которой действует электромагнитное поле на помещенный в него ферромагнитный материал, имеем [3]:

$$F \approx \frac{I \cdot \omega \cdot \mu_0 \cdot S}{2 \cdot \delta^2}, \text{ Н}; \quad (5)$$

$$I \cdot \omega \approx \frac{2 \cdot F \cdot \delta^2}{\mu_0 \cdot S}, \quad (6)$$

где  $\mu_0$  – магнитная постоянная,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м;

$S$  – площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>;

$\delta$  – воздушный зазор, м.

Подставив все полученные значения в уравнение (2), получим:

$$U \approx \frac{2 \cdot F \cdot \delta^2 \cdot R}{\mu_0 \cdot S} \cdot (4,44 \cdot \omega_0 \cdot f) \approx \frac{8,88 \cdot F \cdot \delta^2 \cdot R \cdot \omega_0 \cdot f}{\mu_0 \cdot S}, \text{ В}.$$

Учитывая допущение (3), уравнение примет следующий вид:

$$U \approx \frac{8,88 \cdot F \cdot \delta^2 \cdot R \cdot f}{\mu_0 \cdot S}.$$

Из полученного уравнения следует, что напряжение во вторичной цепи трансформатора прямо пропорционально произведению силы, при которой происходит формирование втулки подшипника скольжения из спекаемой ленты, квадрата величины воздушного зазора, величины магнитного сопротивления воздушного зазора, частоты тока и обратно пропорционально произведению магнитной постоянной на площадь поперечного сечения.

Величина силы, необходимой для формирования спекаемой ленты во втулку, определяется экспериментально, ее можно изменять только в большую сторону, а это будет приводить к увеличению напряжения во вторичной цепи трансформатора, но также и к более хорошему формированию втулки. Величину магнитного сопротивления воздушного зазора можно считать условно постоянной величиной, так как в нашем случае она зависит только от геометрической формы воздушного зазора, который, в свою очередь, не изменяется в процессе спекания втулки подшипника скольжения, следовательно, условно постоянной можно считать и величину воздушного зазора, которая останется постоянной при сохранении геометрической формы воздушного зазора. Частота тока в промышленных сетях Российской Федерации принята постоянной ( $f = 50$  Гц), поэтому эту величину также можно считать постоянной, но при необходимости ее можно изменить, при этом уменьшение частоты тока приведет к уменьшению напряжения во вторичной цепи трансформатора, определяемому из полученного уравнения.

Значение площади поперечного сечения будет изменяться с изменением величины напряжения во вторичной цепи. Данное явление было установлено при проведении экспериментов, при этом с уменьшением площади поперечного сечения будет происходить увеличение напряжения во вторичной цепи трансформатора.

Правильность полученного уравнения мы можем проверить сопоставлением

значения силы, необходимой для формирования спекаемой ленты во втулку, полученной экспериментально и определенной теоретически из уравнения (5).

### Библиографический список

1. Чернавский С.А. Подшипники скольжения / С.А. Чернавский. М.: Машгиз, 1963. 243 с.

2. Компанец А.С. Курс теоретической физики: учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов / А.С. Компанец. Т. 2. Статистические законы. М.: Просвещение, 1975. 480 с.

3. Ройзен В.З. Электромагнитные малогабаритные реле / В.З. Ройзен. Л.: Энергоатомиздат, 1986. 252 с.



УДК 33:631.3.06:631.155.3

А.М. Зубахин,  
С.А. Камша

## ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ЗЕРНА КОМБАЙНОМ

Зерновое производство является основной продовольственного комплекса Алтая.

Ввиду нехватки комбайнов и их низкой надежности сроки уборки значительно увеличиваются, следовательно, существенно возрастают биологические потери зерна. По данным расчетов средняя величина потерь находится в пределах 1,3-2,1 ц/га, или в масштабах края ежегодно составляет 536-557 тыс. т [1].

Однако эти потери связаны с продолжительностью уборки; не учитываются потери комбайном, связанные с его техническим состоянием, зависящим, в свою очередь, от срока его службы.

Общие потери зерна комбайнами подразделяются на следующие виды [3]:

- за жаткой;
- от недомолота в соломе;
- свободного зерна в соломе;
- при очистке;
- вследствие герметичности.

Нормативные потери устанавливаются при проведении государственных испытаний машин в размере 2,5-3% (2,75%) [2].

Эти потери можно выразить выражением:

$$П = УБ \cdot 0,0275,$$

где УБ - биологическая урожайность.

Однако на практике эти нормативы не выдерживаются из-за ухудшения технического состояния комбайнов в процессе их эксплуатации. Возникает необходимость в определении суммарных потерь зерна.

В таблице 1 представлены данные о работе комбайнов в СПК колхозе им. Мичурина Волчихинского района.

На основании этих данных сделаны расчеты, позволяющие дать оценку влияния срока службы комбайнов на погектарный сбор урожая (табл. 2).

Так как уровень урожайности колеблется от 7 до 19 ц по годам, бригадам и отдельным комбайнам, сделать такую оценку очень трудно, поэтому урожайность была пересчитана в индексы. За базовые значения приняты средние урожайности по бригадам, и индексы рассчитаны как отношение урожайности, полученной каждым комбайном, к средней урожайности по бригаде.

По данным таблицы 2 построен график зависимости изменения индексов урожайности от срока службы комбайнов (рис.).