

нять, что ток в проводе линии не зависит от положения подвижных частей линейных ВЭП. В соответствии с методом эквивалентных синусоид все величины считаются изменяющимися по гармоническому закону [5]. Электромагнитная сила при этом определяется только относительным положением колец и не зависит от относительной скорости [5].

Для определения электромагнитной силы необходимо получить распределение магнитных потоков. Магнитные потоки могут быть определены по схеме замещения нелинейной магнитной цепи численными методами. В качестве начального приближения целесообразно задавать магнитные потоки, полученные в линейном приближении, соответствующем прямолинейному участку кривой намагничивания. Среднее значение электромагнитной силы получается равным сумме трех составляющих, обусловленных изменением главного рабочего зазора и зубцового зазора, а также изменением пазового зазора. Результаты расчетов показывают, что тяговые характеристики имеют типичный вид для электромагнитов с поперечным движением.

Как следует из ряда проведенных расчетов, электромагнитная сила нелинейно зависит от рабочего зазора преобразователя, даже если пренебрегать насыщением стальных участков. Однако при малых вибрациях амплитуду электромагнитной силы можно приближенно считать постоянной и определять ее по среднему значению зазора. При исследовании режима установившихся колебаний можно принять, что на основное кольцо, посаженное на провод, действует достаточная большая сила сухого трения. Подвижное кольцо перемещается по направляющим, поэтому можно принять, что на него действует сравнительно небольшая сила вязкого трения, пропорциональная скорости движения.

При принятых допущениях линейный ВЭП может быть представлен, как двухмассовая виброударная система. При этом возможно соударения подвижных колец и установление режима ударного виброперемещения. Взаимодействие соударяющихся тел оценивается теоремой импульсов и коэффициентом восстановления скорости удара, а сам удар считается мгновенным (стереомеханическая модель удара) [6].

Основным режимом работы рассматриваемого линейного ВЭП является режим установившихся виброударных колебаний, когда сила сухого трения превосходит электромагнитную силу и основание неподвижно. Анализ виброударного режима колебаний в рассматриваемом одномерном случае может быть произведен аналитически с помощью метода «припасовывания» интервалов при условии независимости вынуждающей силы от положения ударника [6]. Для анализа процесса установления такого режима возможно применение численных методов интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений или имитационного моделирования.

Из результатов расчетов следует, что положение ограничителя практически не сказывается на периоде движения, который близок к периоду вынуждающей силы, но оказывает значительное влияние на амплитуду колебаний. Размах вибраций может быть увеличен на 20-40%. С помощью полученной математиче-

ской модели возможно решить задачу оптимизацию преобразователей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хитерер М.Я., Овчинников И.Е. Синхронные электрические машины возвратно-поступательного движения. – СПб.: КОРОНА принт, 2004. – 368 с.
2. Пат. РФ № 2247464. Электромагнитный вибратор / Хайруллин И.Х., Исмагилов Ф.Р., Саттаров Р.Р., Трофимов А.В., Терегулов Т.Р., – Оpubл. 27.02.2005. Бюл. № 6.
3. Пат. РФ № 2251196 Электромагнитный вибратор / Исмагилов Ф.Р., Хайруллин И.Х., Саттаров Р.Р., Трофимов А.В., Полихач Е.А. – опубл. 27.04.2005. Бюл. № 12.
4. А.с. РФ. МКИ Н 02 G 7/16, Устройство для очистки проводов линий электропередач / Хайруллин И.Х., Исмагилов Ф.Р., Хайруллин Т.И., Исмагилов Р.Ф. – Оpubл. 27.11.99. Бюл. №33.
5. Иванов–Смоленский А.В. Электромагнитные силы и преобразование энергии в электрических машинах. – М.: Высшая школа, 1989. – 312 с.
6. Вибрация в технике: Справочник в 6-ти т. / Под ред.И.И.Блехмана. Т.2.: Колебания нелинейных механических систем, 1979. – 351с.

#### ПРИЧИНЫ НИЗКОГО КАЧЕСТВА ТЯНУТЫХ ПРУТКОВ ИЗ ЛАТУНИ ЛМЦА

Муратов В.С., Святкин А.В.  
Самарский Государственный  
Технический Университет, ОАО “АвтоВАЗ”,  
Самара

Для изготовления детали автомобилей ВАЗ «Втулка направляющая клапана» используется прутки Ø 13,5 мм из легированной латуни ЛМЦА 58-2-1. Данный сплав омологирован (термин, употребляющийся на АвтоВАЗе, при внедрении в производство отечественного материала взамен импортного, предусмотренного первоначальной конструкторской документацией фирмы «Фиат») институтом ГИПРОЦМО и утвержден в качестве материала для направляющих втулок.

Однако данный материал обладал неустойчивыми технологическими свойствами. Характеристики прутков в различных партиях металла, поставляемых на завод, оказались неустойчивыми. Помимо плохой обрабатываемости резанием проблемы возникали и в процессе хранения. На части прутков была отмечена потеря прямизны и круглой формы профиля. Прутки в результате длительного хранения оказывались неравномерно искривленными, поверхность приобретала характерную огранку. Было замечено, что потере формы часто способствовали погрузочно-транспортные операции, связанные с перекладыванием пакетов прутков, с их падениями, ударами и т.п. Это свидетельствует о том, что прутки поставляются потребителю с недостаточными напряжениями.

Основными технологическими операциями обработки втулок резанием являются обточка и сверление. На всех стадиях обработки получали чрезвычайно мелкую сыпучую стружку. В период освоения сплава

возникали проблемы в связи с низкой стойкостью режущего инструмента – резцов и сверл.

После металлографического анализа партий сплава ЛМцА, имеющих различную обрабатываемость было выявлено, что металл хорошей обрабатываемости имеет стабильную двухфазную ( $\beta+\alpha$ )-структуру. Напротив, металл плохой обрабатываемости преимущественно однофазный (только зерна  $\beta$ -фазы).

Из числа легирующих элементов наиболее сильное  $\beta$ -образующее влияние оказывает алюминий. Действительно, образцы деталей хорошей и плохой обрабатываемости гарантированно отличались друг от друга по содержанию алюминия (среднее содержание алюминия в партиях хорошей обрабатываемости – 1,172%, плохой – 1,315%).

Деформация прутков в процессе хранения указывает на высокий уровень остаточных напряжений, которые подразделяются на макронапряжения (I-рода) и микронапряжения (II-рода). Уровень остаточных напряжений II – рода определяется правильностью проведения операции отжига и корректировкой химического состава сплава. Известно, что металл находящийся в однофазном  $\beta$ -состоянии имеет склонность к растрескиванию.

Снятие напряжений должно достигаться операцией низкотемпературного отжига. Для более полного снятия остаточных напряжений первого рода в  $\beta$ -латунях, к которым относится сплав ЛМцА, необходимо повышение температуры отжига примерно до 400 °С, но такой отжиг сопровождается падением твердости примерно на 10...15 единиц НВ. А это сопоставимо с шириной интервала, который оговорен требованиями ТУ 48-0808-91-92: 170±20 НВ.

На основании вышеизложенного можно заключить, что для получения стабильных характеристик технологического процесса изготовления детали «Втулка направляющая клапана», необходимо гарантированное обеспечение в латуни ( $\beta+\alpha$ )-структуры.

#### РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ В ЛИНЕЙНОЙ ДИСПЕРГИРУЮЩЕЙ СРЕДЕ

Савин Е.З.<sup>1</sup>, Тартачный А.А.<sup>2</sup>, Хоменюк А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дальневосточный государственный университет путей сообщения

<sup>2</sup>Вычислительный центр ДВО РАН, Хабаровск

Несмотря на определенные успехи, достигнутые в изучении распространения оптических импульсов в диспергирующей среде, к которой относятся волоконные световоды, интерес к этому вопросу не ослабевает. Решая даже задачи линейной оптики, не всегда удается получить их точное описание. В настоящее время удалось осуществить генерацию световых импульсов длительностью в несколько колебаний поля и мощностью более 10<sup>9</sup> Вт/см<sup>2</sup>. Структура таких импульсов существенно отличается от общепринятых моделей модулированных квазимонохроматических сигналов с прямоугольной или гауссовой огибающей.

Традиционные решения уравнений Максвелла в прозрачных средах связаны с представлением в виде произведений функций, зависящих либо от координаты, либо от времени (разделяющиеся решения). При этом временная зависимость обычно исследуется с помощью преобразования Фурье. Многие десятилетия такой подход формировал язык описания квазимонохроматических волн в оптике, однако, попытки применить этот же подход в динамике взаимодействия коротких видеоимпульсов с диспергирующими средами натолкнулись на неожиданные трудности, как концептуальные, так и вычислительные. При Фурье-преобразовании огибающая сигнала конечной длительности усредняется по бесконечному интервалу времени. Участки быстрого изменения огибающей, которые являются наиболее важными для регистрации сигнала в телекоммуникационных системах, оказываются при этом скрытыми. С другой стороны, для восстановления временной огибающей локализованного сигнала с помощью обратного Фурье-преобразования необходимо исключить поля гармоник вне области локализации. Однако, для уточнения области локализации требуется учитывать все возрастающее количество гармоник. Деформация импульса в диспергирующей среде описывается, как известно, в частотной области методом разложения фазы в ряд по степеням отношения спектральной ширины импульса  $\Delta\omega$  к несущей частоте  $\omega$ . К сожалению, для коротких широкополосных импульсов, содержащих одно или несколько колебаний поля, отношение  $\Delta\omega/\omega$ , не является малым параметром. При этом количество спектральных компонент, требуемое для синтеза поля импульса в глубине среды, становится непомерно большим. Следует отметить, что трудности связаны не с уравнениями Максвелла, а с традиционным методом их решения с помощью разделения переменных и преобразований Фурье. Этот способ удобен для описания квазимонохроматических волн с медленно меняющейся амплитудой и фазой, но малоэффективен для анализа нестационарных и негармонических полей.

Предлагается новый подход к решению уравнений Максвелла, который позволяет получить точные аналитические решения не связанные со стандартным разделением переменных и вне рамок разложений Фурье. Такие решения образуют математическую основу описания быстропеременных непериодических полей и коротких импульсов в различных средах. Модель дисперсионной эволюции сверхкороткого оптического импульса, распространяющегося в линейной диспергирующей среде, может быть представлена в виде решений уравнения Клейна-Гордона, которое в безразмерной форме выглядит следующим образом:

$$\frac{\mathcal{I}^2 F}{\mathcal{I}q^2} - \frac{\mathcal{I}^2 F}{\mathcal{I}h^2} = F.$$

Тогда решениями данного уравнения является выражение:

$$F = \sum_q a_q F_q,$$