

УДК 621.791

СТАБИЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПРИВОДА УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКИ

В. П. ПЕТРОВСКИЙ, М. К. КУЛЬГЕЙКО, И. В. ГРИНКЕВИЧ⁺, С. В. РОГОВ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, пр. Октября 48, 246746 г. Гомель, Беларусь.

Описана специальная конструкция муфты, повышающая эффективность процесса электромагнитной наплавки.

Введение

Основную нагрузку при работе деталей машин (изменение температуры, давление, агрессивные среды и др.) несет поверхностный слой, поэтому экономически целесообразно улучшать физико-механические и электрохимические характеристики этого слоя, а не детали целиком.

Одним из эффективных методов изменения физико-механических свойств поверхностного слоя деталей является электромагнитная наплавка (ЭМН).

Постановка задачи

Качество наплавляемого слоя характеризуется таким показателем как сплошность покрытия. Сплошность покрытия находится в прямой зависимости от стабильности функционирования рабочего органа установки для ЭМН.

Целью данного исследования являлось повышение стабильности работы установки ЭМН за счет конструктивных изменений привода устройства.

Результаты исследований

Устройство для упрочнения подробно описано в работе [1], выполненное по схеме с осциллирующим движением полюсного наконечника (рабочего органа), имеет соединительный механизм, выполненный шарнирно-рычажным с приводом через эксцентрик и связанный через упругую центробежную муфту (рис. 1) с валом электродвигателя.

Рассмотрим особенности данного привода и упругой центробежной муфты (измененной конструкции) в устройстве ЭМН.

Соединительный механизм установки ЭМН с приводом через эксцентрик, по сути, является вибрационной машиной.

Кроме общих характеристик любая вибрационная машина имеет несколько характеристик качества и надежности, которые учитывают специфику ее проектирования, наладки и эксплуатации. К ним относятся стабильность, коэффициент усиления вынуждающей силы и уравновешенность (табл. 1) [2].

На основе анализа динамических схем* по эксплуатационным свойствам, представленных в работе [2], нами была выбрана схема 1 – вибрационная машина одномассной динамической схемы с принудительным приводом. Достоинство этой схемы в неизменности амплитуды колебаний рабочего органа, т. е. в высокой стабильности, что является наиболее важным фактором из трех (стабильность, коэффициент усиления вынуждающей силы и уравновешенность), характеризующих качество и надежность вибрационной машины, хотя по другим признакам эта схема не является оптимальной.

Динамической схемой вибрационной машины принято называть ее идеализацию в виде совокупности твердых или упругих тел, обладающих массами (моментами инерции), соединенных невесомыми упругими элементами и кинематическими направляющими так же, как и в реальной машине [2].

Часто при работе вибрационной машины (например, при использовании крестово-кулисной муфты) могут возникать дополнительные упругие колебания (рабочего органа, отдельных его элементов или участков), толчки и удары. Вызывая дополнительные воздействия на обрабатываемую среду, упругие колебания нарушают нормальный ход технологического процесса, снижая его стабильность.

Чтобы этого избежать применяют упругие муфты. Они обладают такими свойствами:

⁺ Автор, с которым следует вести переписку.

Таблица 1. Сравнение динамических схем по эксплуатационным свойствам [2]

Тип машины	Тип привода (режим работы)	Схема	Уравновешенность	Коэффициент усиления	Стабильность
Одномассные	Кривошипно-шатунный с жестким шатуном (зарезонансный)		--	-	++
			-	-	+
	Дебалансный (зарезонансный)		+	-	+
	Электромагнитный (резонансный)		--	+	--
Двухмассные	Кривошипно-шатунный (резонансный)		+	+	-
			-	+	+
	Дебалансный (резонансный)		+	+	--
	Электромагнитный (резонансный)		++	+	--
Трехмассные	Кривошипно-шатунный (резонансный)		+	+	-
	Дебалансный (межрезонансный)		+	+	+
	Электромагнитный (межрезонансный)		++	+	+

Примечание. Хорошие данные по какому-либо признаку условно характеризуются знаком «++», удовлетворительные знаком +, неудовлетворительные знаком «-» и крайне неудовлетворительные знаком «--».

– смягчают толчки и удары (демфируют изменение нагрузки, переводя кинетическую энергию в тепло и в потенциальную энергию деформации);

– защищают от резонансных крутильных колебаний;

– не требуют строгой соосности [3].

Наиболее простой по конструкции муфтой, обладающей одновременно компенсационными, упругими и предохранительными свойствами, является упругая центробежная муфта Т. Г. Рыбчевского [3].

Известная муфта проста по конструкции, дешева в изготовлении, однако, способна передавать сравнительно небольшую мощность при средней частоте вращения соединяемых валов, т. е. ее нагрузочная способность является достаточно низкой. Причина низкой нагрузочной способности муфты – ограничения по коэффициенту трения пары «полумуфта–лента». Задача заключается в повышении нагрузочной способности муфты при сохранении ее габаритных размеров, упругих свойств и относительной простоты конструкции.

Поставленная задача решается тем, что в известной упругой центробежной муфте, эластичная лента снабжена клиновыми выступами, на цилиндрических внутренних поверхностях полумуфт выполнены кольцевые канавки с профилем, соответствующим профилю клиновых выступов на эластичной ленте, причем ее клиновые выступы размещены в кольцевых канавках с опорой на их боковые поверхности, а высота клиновых выступов на эластичной ленте превышает толщину последней (рисунок). Наличие на эластичной ленте клиновых выступов по сути дела превращает ее в т. н. клиноремennую ленту [4].

Это, а также наличие кольцевых канавок на цилиндрических внутренних поверхностях чащеобразных полумуфт, профиль которых соответ-

ствует профилю клиновых выступов, позволяет повысить площадь фактического контакта между лентой и внутренними поверхностями полумуфт.

Выполнение условия опоры выступов на боковые поверхности кольцевых канавок указывает на то, что высота клиновых выступов и глубина кольцевых канавок на внутренних поверхностях полумуфт подбираются таким образом, чтобы реализовывался «эффект самозаклинивания», т. е. отсутствие контакта торцов выступов на ленте с торцовыми поверхностями канавок.

Выполнение условия превышения высоты клиновых выступов на эластичной ленте над ее толщиной позволяет привести в соответствие упругие свойства муфты с ее нагрузочной способностью.

Муфта работает следующим образом. При вращении ведущей полумуфты 1 силами трения увлекается и начинается вращаться эластичная клиноремennая лента 2, которая боковыми поверхностями своих выступов 4 прижимается к боковым поверхностям клиновых кольцевых канавок 5 полумуфт 1 и 7 центробежной силой, за счет чего возникает момент сил трения $M_{тр}$, вращающий ведомую полумуфту 7:

$$M_{тр} = mf' \omega^2 R^2, f' = f/\sin(\varphi/2), \quad (1)$$

где m – масса ленты; ω – угловая скорость ленты; R – радиус средней цилиндрической поверхности ленты; f' – приведенный коэффициент трения клиноремennой ленты; f – коэффициент трения эластичной ленты о поверхность полумуфт (для пары «резина–чугун» $f = 0,6$); φ – угол клина ремней.

Для стандартных клиновых ремней $\varphi = 40^\circ$, тогда

$$f' = f/\sin(\varphi/2) \approx 3f.$$

При этом предельная мощность, передаваемая муфтой,

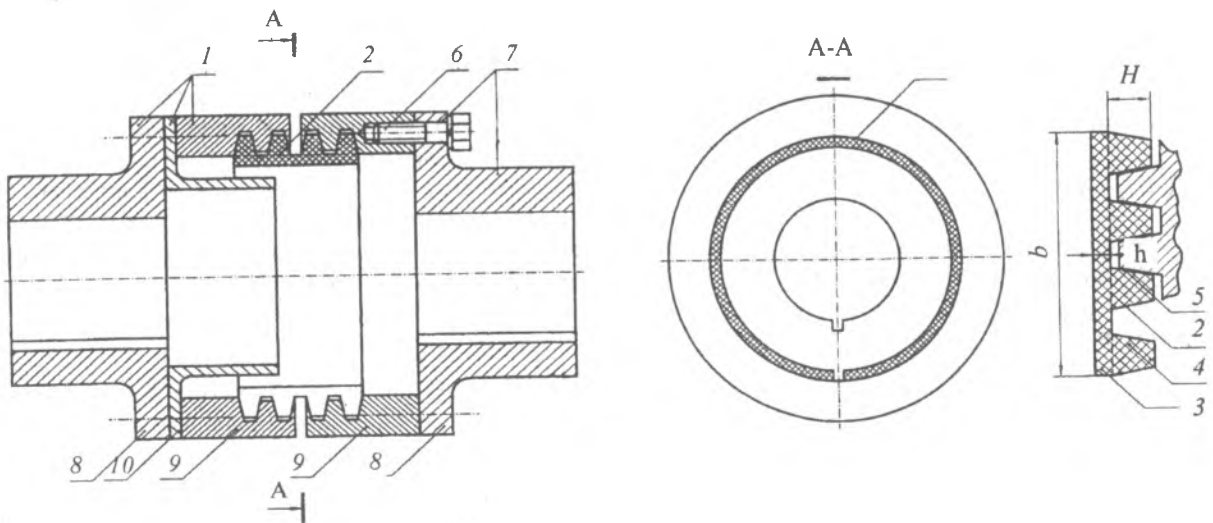


Схема упругой центробежной муфты: 1 – ведущая полумуфта; 2 – эластичная клиноремennая лента; 3 – плоская лента; 4 – клиновые выступы; 5 – кольцевые клиновые канавки; 6 – болт; 7 – ведомая полумуфта; 8 – ступица; 9 – барабан; 10 – обойма

$$N = M_{\text{тр}}\omega. \quad (2)$$

При возникновении динамических моментов при запуске и работе силовой передачи, в состав которой входит муфта $M_{\text{дин}}$, превышающих момент сил трения, ($M_{\text{дин}} > M_{\text{тр}}$) лента 2 будет проскальзывать в канавках 5 полумуфт, чем предохранит передачу от перегрузок.

Так как момент сил трения в предложенной муфте

$$M_{\text{тр}} = f'm\omega^2 R^2 = 3f m\omega^2 R^2 = 3M'_{\text{тр}},$$

где $M'_{\text{тр}}$ – момент сил трения в муфте Рыбчевского, то предельный момент и предельная мощность муфты при одинаковых параметрах муфт и фиксированной частоте вращения в предложенной муфте в три раза превышает предельный момент и предельную мощность муфты Рыбчевского. Так, например, предлагаемая муфта с диаметром $D = 0,5$ м при линейной плотности ленты $q = 2$ кг/м и частоте вращения $n = 720$ об/мин способна передавать мощность 150 кВт, в то время как муфта Рыбчевского при таких же условиях способна передавать 50 кВт.

Не составляет труда показать, как реализуется свойство возможности сохранения нагрузочной способности предложенной муфты при значительно меньших габаритных размерах.

Для примера определим, на сколько процентов уменьшится средний диаметр эластичной ленты в предложенной муфте, если одинаковы применяемые материалы и угол клина ремней $\varphi = 40^\circ$ (стандартный).

Предельный момент, передаваемый предложенной муфтой определяется выражением (1).

С учетом того, что масса ленты

$$m = q2\pi R, \quad M_{\text{тр}} = f'q2\pi\omega^2 R^3,$$

предельная мощность, передаваемая муфтой

$$N = M_{\text{тр}}\omega = f'q2\pi\omega^3 R^3.$$

Средний диаметр эластичной клиноременной ленты определяется выражением

$$D = 2R = 2\sqrt[3]{N/(f'q2\pi\omega^3)} = \sqrt[3]{4N/f'q\pi\omega^3},$$

эластичной плоской ленты –

$$D_p = \sqrt[3]{4N/fq\pi\omega^3}.$$

Определим, на сколько процентов предлагаемое изменение конструкции позволяет уменьшить диаметр муфты при сохранении нагрузочной способности:

$$\begin{aligned} \frac{D_p - D}{D_p} 100 &= \frac{\sqrt[3]{4N/fq\pi\omega^3} - \sqrt[3]{4N/f'q\pi\omega^3}}{\sqrt[3]{4N/fq\pi\omega^3}} 100 = \\ &= \left(1 - \sqrt[3]{1/3}\right) 100 \approx 30\% \end{aligned}$$

Таблица 2 Зависимость нагрузочной способности предложенной муфты от угла клинового выступа φ

$\varphi, ^\circ$	f	Повышение нагрузочной способности, раз
40	1	1,0
29	4/3	1,3
19	2	2,0

Таким образом, предложенная муфта позволяет уменьшить диаметр на 30%, что значительно сокращает габаритные размеры муфты и уменьшает количество материала, затрачиваемого на ее изготовление.

Применение в муфте эластичной ленты с клиновыми выступами, имеющими различные углы, позволяет увеличить нагрузочную способность муфты при сохранении ее габаритных размеров, либо сократить габаритные размеры муфты при сохранении нагрузочной способности (табл. 2).

Эффект самозаклинивания, который наблюдается при $\varphi < 40^\circ$ и оказывает отрицательное влияние на работоспособность клиноременных передач (т. к. при самозаклинивании ремень испытывает дополнительный перегиб на сбегаящих ветвях и быстрее разрушается от усталости [5]), отрицательного влияния на работоспособность предложенной муфты не оказывает в виду того, что при работе муфты эластичная лента перегибов не испытывает.

Видно, что применение эластичной ленты с клиновыми выступами в муфтах, где канавки под выступы ленты выполнены на внутренней поверхности полумуфт, позволяет получить дополнительный эффект при уменьшении угла клиновых выступов.

Уменьшение габаритов муфты возможно благодаря тому, что масса эластичной ленты с клиновыми выступами превышает массу плоской ленты такой же ширины b и толщины h (толщиной h определяются упругие свойства муфты), т. к. у клиновой ленты больше площадь поперечного сечения при равных величинах ширины и высоты

Из формулы (1) следует, что предельный момент муфты, т. е. ее нагрузочная способность выше, чем больше масса ленты, т. е. у клиновой ленты.

Налицо получение еще одного дополнительного эффекта. Увеличение массы ленты в клиноременных передачах наоборот снижает тяговую (нагрузочную) способность из-за того, что центробежная сила открывает ленту от шкива. Кроме того, скорости клиновых ремней ограничены (до 40 м/с) из-за роста центробежных сил, нагрева и образования воздушных подушек, чего не наблюдается в предложенной конструкции.

Заключение

На основании вышеизложенного можно констатировать, что предложенная упругая центробежная муфта по сравнению с известной обеспечивает повышение нагрузочной способности муфты при сохранении ее габаритных размеров, упругих свойств и относительной простоте конструкции.

Обозначение

m – масса ленты; ω – угловая скорость ленты; R – радиус средней цилиндрической поверхности ленты; f' – приведенный коэффициент трения клиноремненной ленты; f – коэффициент трения эластичной ленты о поверхность полумуфты; φ – угол клина; $M_{тр}$ – момент сил трения; $M'_{тр}$ – момент сил трения в муфте Рыбчевского; D, D_p – диаметр и средний диаметр муфты; q – линейная плотность ленты; n – частота вращения; N – предельная мощность.

Литература

1. Гринкевич И. В., Кульгейко М. П., Рогов С. В. Устройство для электромагнитной наплавки наружных цилиндрических поверхностей // *Материалы, технологии, инструменты* 5 (2000), № 2, 100–102
2. *Вибрации в технике: справочник. Вибрационные процессы и машины* / Под ред. Э. Э. Лавендела, М.: Машиностроение 4 (1981)
3. Поляков В. С., Барбаш И. Д. *Муфты. Конструкция и расчет* Л.: Машиностроение (1973)
4. Флик Э. П. *Механические приводы сельскохозяйственных машин*. М.: Машиностроение (1984)
5. Иванов М. Н. *Детали машин*. М.: Высшая школа (1984)

V. P. Petrovskiy, M. K. Kul'geiko, I. V. Grinkevich, S. V. Rogov
Work stabilization of driving gear plant to electromagnetic building-up.

Special equipment muff for the technology effective realization are fescrived.

Поступила в редакцию 22.01.2001

© В. П. Петровский, М. К. Кульгейко, И. В. Гринкевич, С. В. Рогов, 2001.