

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЕТАЛЕЙ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ КАРДАНЫХ ПЕРЕДАЧ

А. В. ПОПРУКАЙЛО, Г. А. КОСТЮКОВИЧ, М. Е. КИПНИС

ОАО «Белкард»,  
г. Гродно, Республика Беларусь, 230026, e-mail: ogt@belcard-grodno.com,  
gsktb@belcard-grodno.com, maratkipnis@mail.ru,

Д. С. КАЛЫНОВ

ООО «Викон – Авто»,  
г. Чкаловск, Российская Федерация; 606540, e-mail: vikon\_v@mail.ru

(Поступила в редакцию 03.10.2023)

Карданные передачи являются неотъемлемой частью подавляющего большинства современных грузовых автомобилей различного назначения, а также специальной техники. Возрастающие требования к автомобильной технике, в первую очередь к повышению качества и надежности узлов транспортных средств, требуют совершенствования их конструкций, применяемых материалов и технологий производства.

Важной особенностью конструкции карданных передач является наличие шлицевого соединения. Шлицевое соединение предназначено для компенсации изменения длины карданной передачи при ее эксплуатации, является элементом, имеющим наибольшие зазоры и нагрузки в паре трения, обусловленные действием крутящего момента и осевых сил, и во многом определяет долговечность карданной передачи. Эти силы в трансмиссиях автомобилей в тяжелых условиях движения достигают 50 кН. Одним из методов повышения долговечности пар трения является применение антифрикционных покрытий. При этом осевые силы уменьшаются в 5 раз, что более чем в 2–3 раза повышает эксплуатационный ресурс подшипников коробок передач и ведущих мостов, а также износостойкость самих подвижных шлицевых соединений. Технология нанесения антифрикционных полимерных покрытий достаточно сложна и требует применения специального оборудования, специальных методов подготовки поверхности и точного соблюдения температурных режимов.

В статье представлен анализ технологии формирования антифрикционного полимерного покрытия на деталях шлицевых соединений карданных передач. Показано, что применение разработанной и внедренной в производство ОАО «Белкард», г. Гродно установки для нанесения полимерного покрытия в псевдооживленном слое позволяет оптимизировать технологию нанесения полимерного покрытия шлицевых втулок карданных передач, значительно повысить стабильность и производительность процесса, улучшить качество и условия труда.

**Ключевые слова:** карданная передача, шлицевое соединение, шлицевая втулка, антифрикционное покрытие, псевдооживленный слой, технология покрытий, установка для нанесения покрытий.

Cardan transmissions are an integral part of the vast majority of modern trucks for various purposes, as well as special equipment. Increasing requirements for automotive technology, primarily for improving the quality and reliability of vehicle components, require improvement of their designs, materials used and production technologies.

An important design feature of cardan gears is the presence of a splined connection. The spline connection is designed to compensate for changes in the length of the cardan transmission during its operation; it is the element that has the largest gaps and loads in the friction pair due to the action of torque and axial forces, and largely determines the durability of the cardan transmission. These forces in vehicle transmissions in difficult driving conditions reach 50 kN. One of the methods for increasing the durability of friction pairs is the use of antifriction coatings. At the same time, axial forces are reduced by 5 times, which increases the service life of gearbox and drive axle bearings by more than 2–3 times, as well as the wear resistance of the movable spline joints themselves. The technology for applying antifriction polymer coatings is quite complex and requires the use of special equipment, special surface preparation methods and precise adherence to temperature conditions.

The article presents an analysis of the technology for forming an antifriction polymer coating on the parts of splined joints of cardan transmissions. It is shown that the use of an installation for applying a polymer coating in a pseudo-fluidized bed, developed and put into production by Belkard OJSC, Grodno, makes it possible to optimize the technology for applying a polymer coating to splined bushings of cardan transmissions, significantly increase the stability and productivity of the process, and improve the quality and working conditions.

**Key words:** cardan transmission, spline connection, spline bushing, anti-friction coating, pseudo-fluidized bed, coating technology, coating installation.

### Введение

Предъявляемые в настоящее время требования к долговечности и конкурентоспособности автотракторной техники вызывают необходимость значительного увеличения долговечности входящих в нее агрегатов, в том числе и карданных передач. Элементом, определяющим срок службы карданной передачи, является шлицевое соединение. Износ шлицевого соединения приводит к нарушению центрирования шлицев, что вызывает вибрацию карданной передачи, отрицательно сказывающуюся на долговечность соединяемых агрегатов и условиях работы водителя. Поэтому применяют различные способы обработки поверхностей шлицевых соединений, чтобы уменьшить осевые усилия, а также обеспечить защиту от коррозии.

В карданных передачах производства ОАО «Белкард», г. Гродно для снижения осевых усилий, возникающих при изменении длины карданной передачи, и увеличения срока службы на рабочие поверхности шлицевой втулки наносится полимерное покрытие на основе Полиамида 11, позволяющее снизить коэффициент трения в сопряжении. Полиамид 11 является одним из наиболее прочных термопластов, имеет хорошие антифрикционные свойства и износостойкость, стоек к воздействию влаги, масел и высоких температур, вызывающих искажение формы. Покрытие устраняет шум, возникающий при работе, и служит до некоторой степени демпфером возникающих колебаний.

### Основная часть

Традиционно технологический процесс нанесения на детали шлицевого соединения карданных передач антифрикционного полимерного покрытия в псевдооживленном (кипящем) слое состоит из следующих операций: предварительная подготовка поверхностей шлицевой втулки, грунтовка, предварительный нагрев, погружение в псевдооживленный слой полимера (рис. 1).

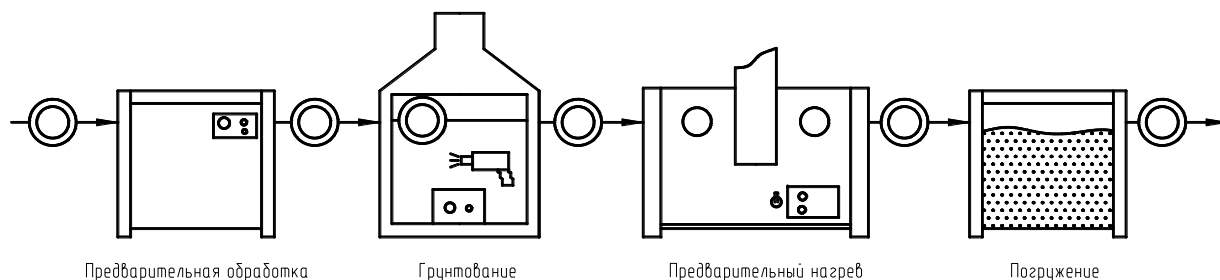


Рис. 1. Схема технологического процесса нанесения полимерного покрытия

При проведении процесса нанесения покрытия в псевдооживленном (кипящем) слое загрунтованную шлицевую втулку предварительно нагревают в течении определенного периода времени, продолжительность которого зависит от формы и массы детали, до температуры, превышающей температуру плавления полимера. Затем нагретую деталь погружают в псевдооживленный (кипящий) слой порошка, который перемешивается или флюидизируется струей воздуха со средним напором, проходящей сквозь пористую мембрану на дне установки.

Суспендированный порошок ведет себя также, как жидкость, поэтому частички порошка распределяются по всей поверхности детали, достигая самых труднодоступных мест. Соприкасаясь с нагретой поверхностью, они плавятся, образуя слой покрытия.

Для нанесения полимерного покрытия на детали в псевдооживленном слое преимущественно применяются одноместные установки для нанесения полимерного покрытия (рис. 2).

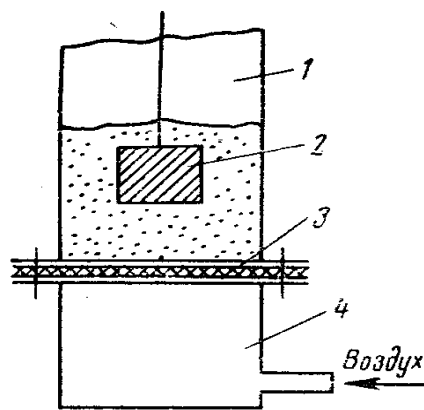


Рис. 2. Схема одноместной установки нанесения полимерного покрытия:  
1 – камера рабочая; 2 – изделие; 3 – перегородка пористая; 4 – камера воздушная

Недостатком таких установок является то, что деталь в зону контакта с полимерным порошком индивидуально помещается вручную. При этом позиционирование детали и время её нахождения в псевдооживленном слое контролируется оператором, что не позволяет обеспечить стабильность процесса по точности толщины и равномерности слоя полимерного покрытия. Кроме того, при выполнении операции по нанесению полимерного покрытия оператор, удерживая покрываемую деталь усилием руки, испытывает значительные физические нагрузки. Это приводит к повышенной утомляемо-

сти и ослаблению внимания к контролируемым параметрам процесса в течение смены, а также к снижению производительности выполнения операции.

Так же применяются конвейерные установки для нанесения покрытия (рис. 3), у которых детали подвергаемые полимерному покрытию, располагаются на подвесном конвейере и опускаются в емкость с псевдооживленным полимерным порошком по мере продвижения конвейера.

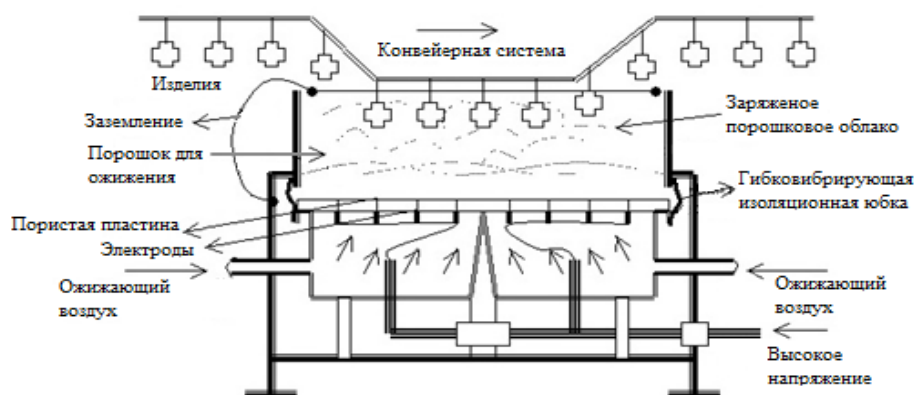


Рис. 3. Схема конвейерной установки для нанесения полимерного покрытия

Недостатком таких установок является то, что для размещения полимерного порошка необходима ёмкость большого объёма, требующая постоянного пополнения для поддержания требуемого уровня псевдооживленного слоя полимерного порошка, установка занимает большие производственные площади и требует значительного количества обслуживающего персонала. Кроме того, навеска деталей на конвейер нетехнологична, поскольку связана с необходимостью применения большой номенклатуры дополнительной оснастки для закрепления и подвески деталей что приводит к увеличению трудоёмкости.

С целью улучшения качества нанесения полимерного покрытия на шлицевую втулку, улучшения условий труда персонала, повышения производительности выполнения операции по нанесению полимерного покрытия, снижения трудоёмкости, исключения операции по закреплению деталей при подвеске и дополнительной оснастки в ОАО «Белкард» г. Гродно была разработана и внедрена автоматизированная установка для нанесения антифрикционного полимерного покрытия на шлицевые втулки карданных передач (рис. 4).

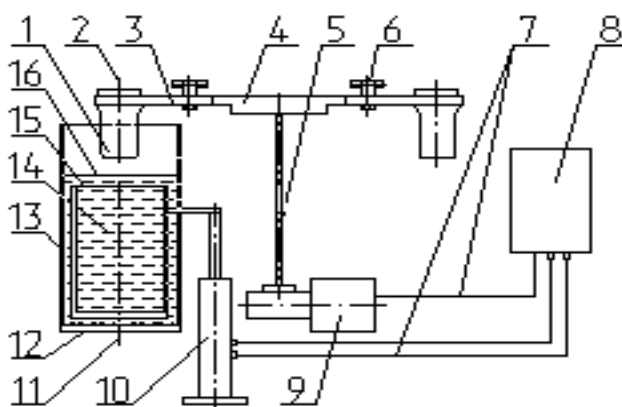


Рис. 4. Схема автоматизированной установки для нанесения антифрикционного полимерного покрытия на шлицевые втулки карданных передач:

1 – шлицевая втулка, подвергаемая полимерному покрытию; 2 – ось шлицевой втулки; 3 – сменный элемент; 4 – многоместная планшайба; 5 – ось; 6 – быстродействующий зажим; 7 – электросеть; 8 – управляющее устройство; 9 – мотор-редуктор; 10 – подающий пневмоцилиндр; 11 – ось рабочей ёмкости; 12 – заправочный резервуар; 13 – рабочая ёмкость; 14 – полимерный порошок; 15 – верхняя кромка рабочей ёмкости; 16 – постоянный уровень полимерного порошка

Установка для нанесения полимерного покрытия в псевдооживленном слое содержит многоместную планшайбу с быстродействующими зажимами и сменными элементами для установки шлицевых втулок, мотор-редуктор привода многоместной планшайбы, рабочую ёмкость и заправочный резервуар с полимерным порошком, подающий пневмоцилиндр, управляющее устройство, коммутацион-

ную пневмо- и электросеть. При этом детали, подвергаемые покрытию, на исходных позициях расположены по кругу на сменных элементах и в зону контакта с полимерным порошком поступают автоматически на заданный промежуток времени, а в рабочей емкости обеспечен постоянный уровень псевдооживленного полимерного порошка.

Детали, подвергаемые покрытию, на исходных позициях расположены по кругу, чем достигается компактность установки, при этом обеспечена возможность переналадки установки за счёт сменных элементов многоместной планшайбы, что позволяет выполнять покрытие шлицевых втулок различной номенклатуры. В зону контакта с полимерным порошком шлицевые втулки поступают автоматически на заданный промежуток времени за счёт чего повышена точность глубины погружения детали в псевдооживленный слой и что обеспечивает стабильность длины поверхностей детали, покрываемых полимером, а также равномерность и точность по толщине слоя полимерного покрытия. Конструкция заправочной ёмкости обеспечивает постоянный уровень псевдооживленного слоя полимерного порошка в рабочей ёмкости. Кроме того, установка улучшает условия труда персонала, повышает стабильность процесса и производительность выполнения операции по нанесению полимерного покрытия.

Шлицевые втулки 1 устанавливаются в сменные элементы 3, которые крепятся на многоместной планшайбе 4. Многоместная планшайба 4 вместе со втулками 1 вращается на оси 5 мотор-редуктором 9. Полимерный порошок 14 в псевдооживленном состоянии находится в рабочей емкости 13, которая соединена с подающим пневмоцилиндром 10. При вращении планшайбы 4 в момент, когда ось 2 шлицевой втулки 1 совпадает с осью 11 рабочей емкости 13 вращение многоместной планшайбы 4 прекращается, подающий пневмоцилиндр 10 поднимает рабочую емкость 13 на заданную высоту. Шлицевая втулка 1 попадает в зону контакта с полимерным порошком 14 на заданный промежуток времени, в течение которого происходит наплавление полимерного порошка 14 на поверхности шлицевой втулки 1, погруженные в псевдооживленный слой. По истечении заданного промежутка времени подающий пневмоцилиндр 10 опускает рабочую емкость 13 в исходное положение, многоместная планшайба 4 поворачивается на заданный угол и цикл нанесения полимерного покрытия повторяется для следующей детали. Коммутационная пневмо- и электросеть 7 обеспечивает связь управляющего устройства 8 с мотор-редуктором 9 и подающим пневмоцилиндром 10. Управляющее устройство 8 позволяет регулировать угол поворота планшайбы 4, высоту подъёма рабочей емкости 13 и время нахождения шлицевой втулки 1 в псевдооживленном слое полимерного порошка 14. Рабочая емкость 13 располагается в заправочном резервуаре 12, в котором поддерживается постоянный уровень 16 полимерного порошка 14. В нижнем положении рабочей емкости 13 её верхняя кромка 15 опускается ниже уровня 16. За счёт этого при каждом цикле происходит пополнение рабочей емкости 13 полимерным порошком 14 из заправочного резервуара 12. В результате в процессе работы установки обеспечивается постоянное количество полимерного порошка 14 в рабочей емкости 13, чем достигается стабильность глубины погружения шлицевых втулок 1 в псевдооживленный слой.

Переналадка установки для нанесения полимерного покрытия на шлицевые втулки различной номенклатуры выполняется за счёт установки на многоместную планшайбу 4 соответствующих сменных элементов 3, которые крепятся быстродействующими зажимами 6. Управляющее устройство 8 обеспечивает точное позиционирование шлицевой втулки 1 при её опускании в псевдооживленный слой полимерного порошка 14 и время нахождения детали в зоне контакта с полимерным порошком.

### **Заключение**

Внедрение автоматизированной установки для нанесения антифрикционного полимерного покрытия на шлицевые втулки карданных передач позволило обеспечить стабильность процесса по длине покрытия поверхностей шлицевых втулок, точность толщины и равномерность наносимого покрытия до 50 мкм. Кроме того, улучшены условия труда персонала и повышена производительность выполнения операции по нанесению полимерного покрытия.

Разработанная конструкция автоматизированной установки для нанесения антифрикционного полимерного покрытия на шлицевые втулки карданных передач защищена патентом №13054 Республики Беларусь и внедрена в производстве ОАО «Белкард», г.Гродно.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Кравченко, В. И. Карданные передачи: конструкции, материалы, применение / В. И. Кравченко, Г. А. Костюкович, В. А. Струк. – Минск: Тэхналогія, 2006. – 409 с.
2. Малаховский, Я. Э. Карданные передачи / Я. Э. Малаховский, А. А. Лапин, Н. К. Веденеев. – М.: Машгиз, 1962. – 156 с.
3. Беркер, А. Х. Проектирование универсальных шарниров и ведущих валов / А. Х. Беркер. – Л.: Машиностроение, 1984. – 464 с.
4. Иванов, С. Н. Трансмиссионные валы нового поколения / С. Н. Иванов // Автомобильная промышленность. – 1998. – № 11. – С. 23–27.
5. Иванов, С. Н. Карданные передачи ведущих валов трансмиссий машин и систем (конструкция, теория, расчёт, испытания, эксплуатация, ремонт) / С. Н. Иванов. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2014. – 232 с.
6. Костюкович, Г. А. Установка для нанесения полимерного покрытия в псевдооживленном слое: полезная модель 13054 Республики Беларусь / Г. А. Костюкович, М. Е. Кипнис, А. В. Попрукайло; дата публ.: 03.10.2022.