

## Глава 16

# СПЕЧЕННЫЕ ФРИКЦИОННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

А.Ф. ИЛЬЮЩЕНКО, А.А. ДМИТРОВИЧ,  
Д.И. САРОКА, Г.С. СЫРОЕЖКО, А.В. ЛЕШОК

## История создания порошковых фрикционных материалов

Фрикционные материалы являются важнейшими конструкционными материалами машиностроения, определяющими надежность и долговечность таких ответственных узлов машин, как тормоза, муфты сцепления, фрикционные передачи, предохранительные муфты. Такие материалы должны отвечать комплексу специфических требований, связанных с обеспечением заданной стабильности свойств, срока службы, безопасности эксплуатации.

Спеченные композиционные порошковые материалы фрикционного назначения впервые были предложены в 1929 году. Их возникновение обусловлено тем, что температурные условия работы многих фрикционных механизмов достигли таких значений, что основная масса известных материалов оказалась не способной к работе, наиболее распространённые фрикционные материалы на органической связке начали быстро выходить из строя. Промышленное производство фрикционных накладок для муфт сцепления из порошковых композиционных материалов было организовано в США в 1932 году фирмой «Дженерал металз паудер Ко». С 1935 года основным производителем фрикционных деталей стала фирма «С.К. Веллман Ко» (США).

В Советском Союзе первые фрикционные изделия в виде дисков были изготовлены в 1941-1942 гг. для авиационной промышленности. Сведения о порошковых материалах на основе меди, превосходящих по своим свойствам традиционные асбестовые, появились в 1948 году, а первый фрикционный материал на основе железа был разработан в 1948 году. В 1950 - 1959 гг. был создан материал на основе меди, содержащий олово, свинец, железо и графит, а также гамма материалов на его базе с различными добавками (асбестом, диоксидами кремния и молибдена, карбидом кремния), разработан технологический процесс изготовления из них дисков для работы без смазки и со смазкой в фрикционных узлах приборов, а также в масляных трансмиссиях автомобилей, тракторов, тепловозов и других машин.

К этому времени относится создание материала на основе железа, содержащего медь, графит, барий, диоксид кремния и асбест, разработана схема технологического процесса изготовления из него фрикционных элементов. Материал ФМК11, получивший практическое применение, по коэффициенту трения и износостойкости, фрикционной теплостойкости, механическим характеристикам превосходил до сих пор известные материалы. Использование материала ФМК11 вместо асбофрикционного в тяжело нагруженных материалах позволило создать более компактные и энергоёмкие тормоза, увеличить ресурс их работы и надежность в эксплуатации.

В 1959 году были опубликованы результаты испытаний нового фрикционного материала на основе железа ФМК8, который в отличие от ФМК11 был легирован хромом, никелем, вольфрамом, обладал значительным преимуществом по износостойкости и механическим свойствам и применялся также в тяжело нагруженных тормозах.

Научно-технический потенциал 50-х годов послужил началом быстрого развития исследований по созданию новых фрикционных материалов, технологии изготовления изделий (дисков и накладок различной конфигурации), изучению их свойств в различных условиях эксплуатации. В 1960 - 1980 гг. увеличилось количество работ, в которых был отражен качественно новый подход к решению задачи по созданию новых материалов и использованию их в машиностроении. Интенсивно развивались исследования взаимосвязи структуры и свойств материалов, процессов, протекающих при трении в приповерхностных и поверхностных слоях материала, их влияния на триботехнические характеристики фрикционных пар, влияния тепловых полей и нагрузочных параметров на характер физико-химико-механических процессов, протекающих на поверхностях трения, воздействия технологических факторов на эксплуатационные свойства порошковых материалов. Работы по созданию материалов ведутся с использованием результатов фундаментальных наук: теории трения и изнашивания, тепловой динамики трения, законов физики твердого тела и физикохимии процессов.

В конце 70-х годов был создан новый материал на основе титана, обладающий более высокой износо-, тепло- и коррозионной стойкостью; разработана также серия материалов, предназначенных для работы в муфтах сцепления и тормозах различных типов тракторов и транспортных машин.

В 1980 году авторскому коллективу под руководством О.В. Романа за разработку и внедрение новых пористых материалов из металлических порошков, в том числе и фрикционных, присуждена Государственная премия Белорусской ССР.

В 1981 году авторскому коллективу под руководством академика АН УССР И.М. Федорченко за разработку и внедрение новых материалов присуждена Государственная премия Украинской ССР.

### **Требования, предъявляемые к современным порошковым фрикционным материалам**

Современная методология создания новых изделий с высокой рентабельностью базируется на подходе, исходным моментом которого является требуемый комплекс эксплуатационных параметров изделия, а не заданный комплекс физико-механических свойств его отдельных узлов. Условия работы фрикционных узлов отличаются большим разнообразием эксплуатационных параметров: скоростью скольжения, удельной нагрузкой и свойствами окружающей среды и характеризуются постоянным повышением их энергонагруженности. Так комплекс эксплуатационных требований, предъявляемых рынком к фрикционным дискам, используемым в узлах трения авто-тракторной техники имеет вид:

- крутящий момент - не менее 3 000 Н/м;
- удельная тепловая нагрузка до  $4 \cdot 10^6$  МВт/м<sup>2</sup> (4 Вт/мм<sup>2</sup>);
- ресурс работы - не менее 9 000 моточасов.

В последнее время наметилось изменение эксплуатационных требований, так например в дисковых тормозах большегрузных карьерных самосвалов БелАЗ, максимальная работа трения достигает величины  $9 \cdot 10^3$  Дж/см<sup>2</sup> при скорости скольжения 80 м/с и давлении 5 МПа; сцепление новых тракторов МТЗ должны обеспечивать наработку не менее 10000 моточасов

Развитие технологии порошковой металлургии позволило получить фрикционные материалы нового типа, способные удовлетворить вышеприведенным требованиям, отличаясь высокой теплостойкостью, триботехническими свойствами в самых разнообразных условиях работы. Так при посадке современного пассажирского самолета в его тормозах в течение 30 секунд выделяется около 450000 кВт энергии, что эквивалентно энергии, затрачиваемой на нагрев 800 кг железа до 1500 °С. Поглощение фрикционным устройством большого количества энергии за короткий промежуток времени приводит к резкому повышению температуры на поверхности трения (до 1200 °С) и в объеме фрикционной пары (до 500-600 °С).



Рис. 1. Термоусталостное разрушение тормозного вентилируемого диска, работавшего в паре с тормозными накладками на полимерной основе

Теплопроводность композиционных порошковых фрикционных материалов (20–30 Вт/м·К) на порядок превосходит теплопроводность полимерных материалов, что способствует значительно более равномерному распределению тепловых потоков между поверхностью фрикционного элемента и контактирующего с ним в процессе трения материала, которым в большинстве случаев является чугун. Это, в свою очередь, уменьшает отрицательное воздействие термических напряжений на поверхность диска, предотвращая его разрушение в процессе эксплуатации (рис. 1).

Для узлов трения, фрикционные пары которых работают в условиях смазки, необходимо применение материалов, обеспечивающих коэффициент трения не менее 0.05, тогда как для узлов без смазки не менее 0.35. Немаловажным параметром фрикционного материала является значение динамического коэффициента трения, значение которого для узлов трения работающих в условиях смазки находится в пределах 0.07 – 0.1.

Как правило, удельный линейный износ порошкового композиционного материала для легких условий работы не должен превышать 0.01-0.02 мм за 1000 циклов, для средних – 0.04 мм за 1000 циклов, для тяжелых - не более 0.007 – 0.01 мм за торможение.

Немаловажным требованием порошкового композиционного материала является способность к быстрой приработке, то есть образованию за возможно короткий срок в зоне трения рабочий слой, обладающий устойчивыми триботехническими и эксплуатационными характеристиками. Изменение момента трения в этот период не должно превышать 20 % после 5 - 7 циклов торможений, а площадь трения должна быть не менее 80 % от номинальной. Отсутствие задиров, вырывов, наволакивания и других катастрофических разрушений, как в процессе рабочего цикла, так и после него, характеризуют хорошую сопротивляемость схватыванию фрикционного материала. У таких материалов рабочий цикл протекает плавно, без рывков и вибраций.

### Современные спеченные фрикционные материалы

Учитывая специфику развития автотракторной техники в Беларуси и странах СНГ, в институте порошковой металлургии с момента основания основным направлением в области разработки фрикционных материалов признано создание композиций, предназначенных, в первую очередь, для эксплуатации в условиях, характерных для узлов трения энергонасыщенных машин и механизмов. При разработке новых фрикционных материалов особое внимание уделялось вопросам повышения износостойкости и получения достаточно высокого и стабильного коэффициента трения, а также вопросам снижения себестоимости и получения экологически чистых материалов. Существенный вклад в этой области был сделан такими исследователями, как В. Генкин, Л. Шмагин, Е. Фишбейн, М. Рутман, А. Дмитриевич.

В институте порошковой металлургии создана серия фрикционных материалов с использованием стального порошка, получаемого переработкой шламовых отходов отечественной подшипниковой промышленности, материалы известны под маркой «ШАДЕФ» (аббревиатура имен разработчиков материала: Шмагин, А. Дмитриевич, Е. Фишбейн).

Использование стального порошка помимо решения задачи создания высокоэффективного фрикционного материала, одновременно создало предпосылки рационального использования вторичного сырья, решения вопросов экологии и сокращения импорта металлических порошков.

Материал «ШАДЕФ» обладает динамическим коэффициентом трения 0.07–0.14, интенсивностью изнашивания  $2-5 \cdot 10^{-9}$ . Преимущества материала в большей степени проявляются в тяжело нагруженных узлах трения (удельная работа трения до 850 Дж/см<sup>2</sup>, начальная скорость скольжения до 70 м/с). Так, при проведении сравнительных испытаний фрикционных дисков из материалов МК-5 и «ШАДЕФ» в условиях работы коробки передач трактора Т-150К было установлено, что коэффициент трения материала «ШАДЕФ» в 1.3-1.4 раза выше, а его износостойкость при удельной работе буксования 16 Дж/см<sup>2</sup> превосходит износостойкость материала МК-5 в 1.5-2.0 раза, коэффициент колебания момента трения ( $a = M_{\min}/M_{\max}$ ), являющийся характеристикой нестабильности свойств фрикционной пары, находится в пределах 0.4-0.5 (в зависимости от условий работы), а для материала МК-5 в пределах 0.2-0.3.

Материал «ШАДЕФ-999/Л» [5], предназначен для эксплуатации в узлах сцепления без смазки тракторов мощностью 160–180 л.с. Материал обладает коэффициентом трения не менее

0.35 при скоростях порядка 30 м/с и удельных нагрузках до 1.5 МПа, обеспечивая при этом необходимый ресурс в 10000 моточасов. Испытания на инерционно-тормозном стенде С-140 (ПО МТЗ, г. Минск) показали, что однодисковая муфта сцепления с номинальным усилием нажимных пружин 900 кг, оснащенная 12-ю фрикционными накладками (по 6 накладок площадью 45 см<sup>2</sup> с каждой стороны ведомого диска) из материала «ШАДЕФ-999/Л» обладает следующими характеристиками: статический момент срыва 105-135 кг·м на прогретой муфте и 90-107 кг·м на непрогретой муфте; средний темп износа накладок 0.27-0.33 мкм/цикл.

Результаты испытания материала «ШАДЕФ-999/Л» в сцеплении машин Липецкого тракторного завода показали, что ресурс работы составил от 17000 до 22000 циклов (в то время как при использовании серийного полимерного фрикционного материала – не более 11000 циклов), на 20-30 % возросло значение передаваемого крутящего момента (рис. 2).

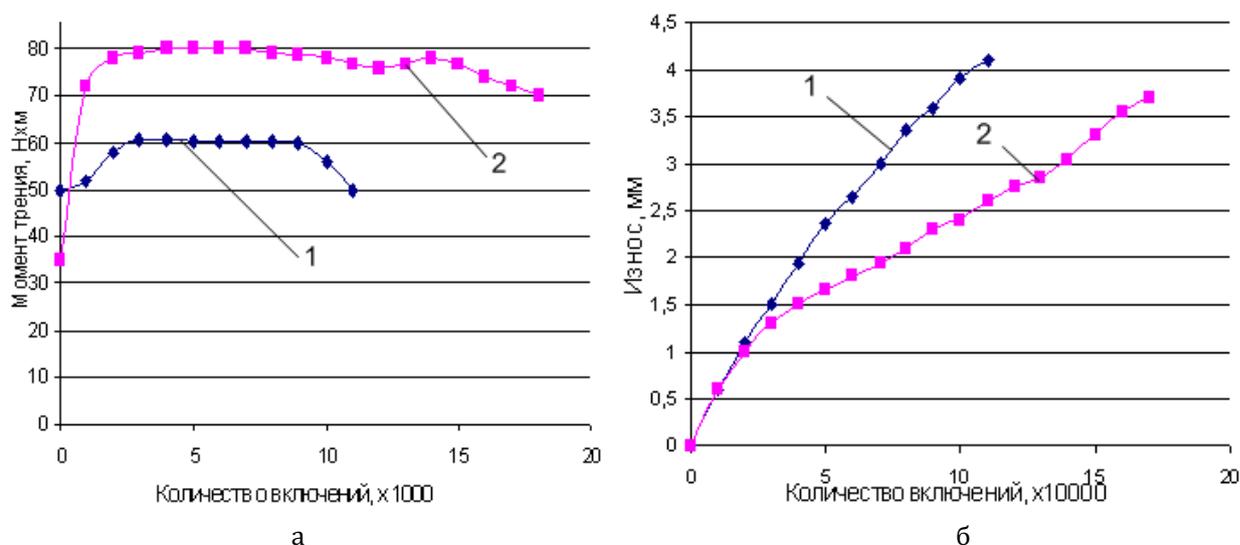


Рис. 2. Результаты сравнительных испытаний фрикционного материала «ШАДЕФ-999/Л» в узле сцепления трактора Липецкого тракторного завода (1 - материал «ШАДЕФ-999/Л», 2 - материала на полимерной основе)

Для эксплуатации в узлах трения без смазки в паре с контртелом из стали, разработан материал «ШАДЕФ-2С». Материал прошёл положительные испытания в узлах трения гусеничных машин Волгоградского и тормозных узлах гусеничных тракторов мощностью 150 л.с. Алтайского тракторных заводов (рис. 3).

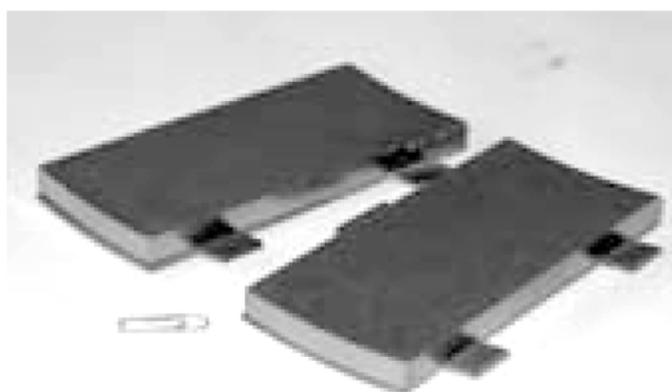


Рис. 3. Тормозные колодки гусеничного трактора Алтайского тракторного завода

На сегодняшний день, с использованием доработанной технологии “свободно насыпанного слоя” для материала «ШАДЕФ», на производстве института порошковой металлургии, организован промышленный выпуск фрикционных дисков, которые успешно применяются в тормозных и передаточных узлах тракторов «Беларус» (86–1802035А, 320–3502040, 2522–1802035, 620–3502040, 2022–3502015, 1522–3502015, 142–3502015) (рис. 4). Так, если в 2002 г. ИПМ поставил РУП «ПО МТЗ» 13,5 тыс. дисков 6-ти типоразмеров, то в 2005 году объем выпуска возрос до 71 тыс.штук, в 2009 году 125 тыс. штук.



Рис. 4. Фрикционные диски, применяемые в узлах трения тракторов «Беларус»

На замену традиционным материалам, используемым при работе без смазки ФМК-11, МКВ-50А и СМК-80 характеризующимся наличием асбеста и дорогостоящих и дефицитных компонентов (SiC, BN, В) разработан фрикционный материал "Минск-1". В состав материала входят экологически чистые компоненты, при этом он имеет низкую стоимость, так как состоит практически из отходов производства (высокопрочного чугуна, феррофосфора). В зависимости от технологии изготовления коэффициент трения его колеблется в пределах 0.25-0.35 при нагрузках 0.5-1.0 МПа и начальных скоростях скольжения 20-30 м/с.

Параллельно, с расширением применения фрикционных материалов на основе железа, в институте активно ведутся работы в области совершенствования материалов на основе меди. Несмотря на более высокую стоимость исходных порошков, они, благодаря хорошей технологичности в производстве и высоким триботехническим характеристикам готового изделия, продолжают оставаться наиболее востребованными на современном рынке данного вида продукции. Совместно со специалистами Минского тракторного завода, Белорусского автомобильного завода и Чебоксарского завода промышленных тракторов, Институтом порошковой металлургии и Молодечненским заводом порошковой металлургии ведется работа по внедрению нового фрикционного материала (ФМ-12) на основе меди с повышенными фрикционными характеристиками. На рисунке 5 представлены результаты сравнительных лабораторных испытаний экспериментальных образцов различных фрикционных материалов: МК-5, HS43 (Hoerbiger, Германия), ШАДЕФ и нового материала ФМ-12, проведенных на инерционном стенде ИМ-58. Полученные материалы показали, что разработанный материал ФМ-12 обладает наибольшим коэффициентом трения и коэффициентом стабильности изменения момента сил трения в процессе торможения, что обеспечивает существенно более плавное срабатывание фрикционного узла в процессе включения без резких динамических ударов. Кроме того, неоспоримым преимуществом разработанного материала является отсутствие в его составе не только асбеста, применение

которого ограничено директивой Европейского Союза 1999/77/ЕС, но и такого канцерогенного вещества как свинец.

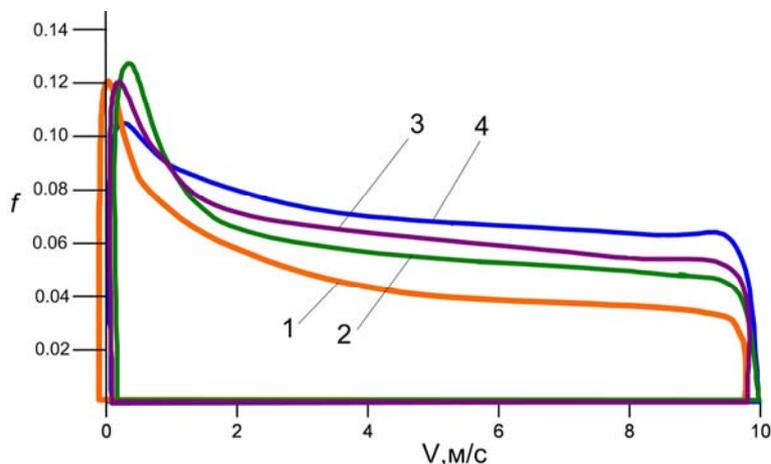


Рис. 6. Зависимость изменения коэффициента трения фрикционных материалов ( $f$ ) в процессе торможения от скорости скольжения ( $V$ ) для различных материалов: 1 – МК-5; 2 – Н43 (Hoerbiger); 3 – ШАДЕФ; 4 – ФМ – 12

Время срабатывания (остановки) выходного торсиона и остановочных тормозов с опытным материалом ФМ-12 уменьшилось на 16-29 % во всем диапазоне вращения входного вала коробки переключения передач, при уменьшении максимального тормозного момента на 22-49 %.

Весьма эффективным оказался материал ФМ-12 на тракторах «Беларус» (Минского тракторного завода) работая в тормозе 1221М-3505010 при условии наличия смазки. Получено положительное заключение о пригодности применения материала ФМ-12 для установки на трактора «Беларус» 925/1223/1525. Достигнутые результаты позволили начать подготовку к организации производства широкой номенклатуры фрикционных дисков из нового материала.

Разработка материалов на медной основе с пониженным содержанием дорогостоящих, дефицитных и экологически вредных компонентов ведется по пути замены бронзовой основы на латунную. Стоящие здесь проблемы заключаются в технологической сложности получения спеченных материалов содержащих цинк. Разработана технология получения таких материалов с использованием метода «свободной насыпки», при котором исключается операция прессования фрикционных накладок. Разработаны фрикционные материалы на основе латуни для работы в масляной среде, отличающиеся отсутствием такого экологически вредного компонента, как асбест, а также пониженным до 3-4% содержанием свинца. Новые материалы работоспособны при мощностях, превышающих удельную мощность трения известного материала МК-5 в 1,5 раза. Материалы на основе латуни прошли промышленные испытания в коробке передач тракторов Т-330 и Т-500.

Повышение эксплуатационных характеристик порошковых фрикционных материалов на медной основе, работающих в условиях масляной среды, было достигнуто за счет применения различных соединений редкоземельных материалов (РЗЭ), являющихся побочным продуктом при переработке апатитов на удобрения. Было установлено, что включение оксидов РЗЭ снижает механохимическую активность порошковых материалов. Положительное их влияние заключается в модифицирующем действии на железо и медь. Активируя процесс спекания, они способствуют образованию более совершенного межчастичного контакта, измельчению зерна кристаллической структуры, связыванию вредных примесей. На основе проведенных исследований был разработан материал для работы в коррозионных условиях, получивший название ФМ-8. Материал ФМ-8 успешно прошел испытания и применяется в передающих устройствах погрузчиков различной грузоподъемности отечественного и зарубежного производства.

### Производство спеченных композиционных фрикционных изделий

Любой вид транспортной техники имеет передаточные и тормозные узлы основными элементами которых являются фрикционные диски, изготавливаемые в большинстве случаев в виде стальной несущей основы с нанесённым с двух сторон сплошным, (или в виде отдельных накладок), пористым, порошковым, фрикционным слоем с поверхностной системой маслоотводящих каналов. Разнообразие конструкций этих устройств и условий их работы привело к созданию большого количества фрикционных материалов и технологий изготовления из них готовых изделий. Применение таких дисков обеспечивает высокий ресурс работы фрикционного узла, простоту обслуживания, стабильные эксплуатационные в том числе, и триботехнические свойства. Обладая хорошей теплопроводностью, высоким коэффициентом трения и износостойкостью, современные спеченные фрикционные материалы эксплуатируются при высоких удельных нагрузках и скоростях скольжения, сохраняя при этом высокую работоспособность. Это подтверждается на практике такими производителями с мировым именем, как Caterpillar (США), Kamatsu (Япония), Zetor, Ursus (Великобритания) – снабжающими свою технику такими дисками.

Наиболее производительным в настоящее время является метод получения фрикционных дисков формованием свободно насыпанного слоя. По такому методу работают известные фирмы производители фрикционной продукции: Miba (Австрия), Horbiger (Германия), Pramet (Чехия).

ПРУП Молодечненский завод порошковой металлургии является единственным специализированным предприятием порошковой металлургии в Белоруссии, которое серийно производит продукцию для белорусской промышленности и ряда стран ближнего зарубежья. Основным направлением производства предприятия является изготовление фрикционных дисков автотракторной техники внедривший метод получения фрикционных дисков формованием свободно насыпанного слоя. На рисунке 6 представлены объёмы производства фрикционной продукции на Молодечненском заводе порошковой металлургии.

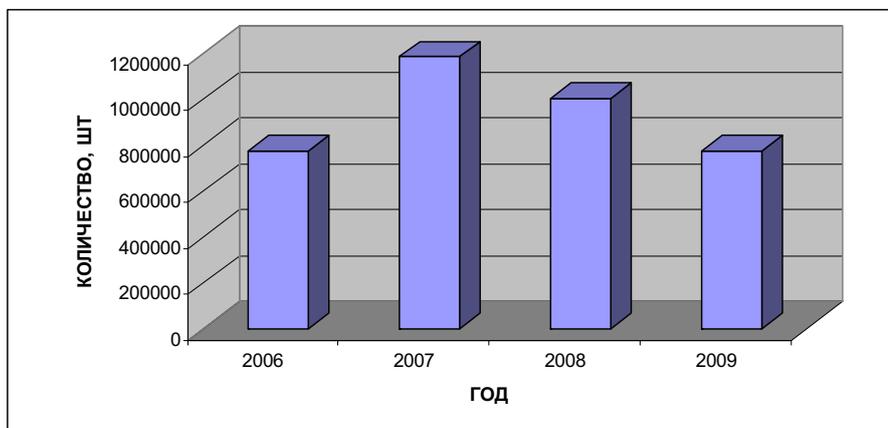


Рис. 6. Производство фрикционной продукции на Молодечненском заводе порошковой металлургии

Основными потребителями фрикционных дисков производства Молодечненского завода порошковой металлургии являются: ПО «МТЗ», РУПП «МоАЗ», ОАО «Амкодор», ЗАО «ПТЗ», ОАО «Промтрактор» и другие.

За последние два года на МолЗПМ были выпущены и проходят испытания опытные партии фрикционных дисков для спецтехники ОАО «Витязь» г. Ишимбай. Спроектированный НАТИ и изготовленный ОАО «Промтрактор» трактор сельскохозяйственного назначения также укомплектован фрикционными дисками завода. Положительное заключение получили фрикционные диски, испытанные на ОАО «Амкодор» в коробке передач новой конструкции. На МолЗПМ внедрена система менеджмента качества и сертифицирована на соответствие ISO 9001-2001. На ри-

сунке 7 представлены некоторые типы спеченных фрикционных дисков, выпускаемых Молодечненским заводом порошковой металлургии и Институтом порошковой металлургии.



Рис. 7. Спеченные фрикционные диски с композиционным фрикционным слоем

Поручением Первого заместителя Премьер-министра Республики Беларусь Семашко В.И., данным 23 мая 2009 года № 07/50 пр. п. 8 НАН Беларуси, Минпрому, ПО МТЗ было поручено разработать программу освоения фрикционных металлокерамических дисков муфты сцепления тракторов мощностью свыше 250 л.с. ГНУ ИПМ начаты работы в этом направлении, подобраны составы и испытан ряд образцов новых спеченных фрикционных материалов сухого трения. Испытания позволили выбрать перспективное направление НИОТР, результатом которой станет не только выполнение поручения В.И.Семашко, но и создание нового класса порошковых спеченных фрикционных материалов.

Наряду с совершенствованием составов материалов активно ведётся работа по улучшению технологии получения фрикционных дисков. На Молодечненском заводе порошковой металлургии разработана технология пайки свободнонасыпанного слоя шихты фрикционного материала на стальную основу без гальванического покрытия медью, научная и практическая новизна которой подтверждена патентом на изобретение. Полученное соединение не уступает по прочности соединению, полученному с использованием традиционной технологии, использующей процесс гальванопокрытия стальной основы.

Процесс пайки – припекания реализуется в проходных печах непрерывного действия с защитной восстановительной газовой средой. Последующие операции в производстве фрикционного диска идентичны традиционному технологическому процессу, уплотнение напеченного слоя с формованием системы маслоотводящих каналов и последующее спекание с целью получения необходимой структуры фрикционного материала.

На рисунке 8 представлен фрикционный диск трактора Т-150 (Харьковский тракторный завод), изготовленный по разработанной технологии, прошедший испытание на прочность соединения слоя с основой путём изгиба.



Рис. 8. Фрикционный диск трактора Т-150 с паяным с двух сторон фрикционным слоем после испытаний на прочность соединения

Натурные испытания опытной партии фрикционных дисков полученных по новой технологии, установленных в коробку передач трактора Т-150 показали, что их использование обеспечивает высокие эксплуатационные свойства. За весь период эксплуатации замечаний по качеству от эксплуатирующих служб не поступало.

Налаженный постоянный контакт специалистов Молодечненского завода порошковой металлургии и научных работников Института порошковой металлургии позволяет в кратчайшие сроки решать предложенные задачи и конкурировать на рынке производителей фрикционной продукции.

### **Использование фрикционных дисков с металлокерамическим фрикционным слоем МК-5 в коробках передач тракторов «Кировец»**

В 1961 году для технического перевооружения сельского хозяйства в рекордно короткие сроки был разработан проект первого отечественного колёсного трактора 5 тягового класса модели «Кировец» К-700. При мощности двигателя в 220 л.с. он давал возможность использования широкозахватного орудия. Трактор К-700 в 2,5-3,0 раза увеличивал производительность сельскохозяйственных работ по сравнению с другими тракторами.

В 1975 году Кировский завод (г. С.Петербург) начал серийный выпуск тракторов «Кировец» К-700А с двигателем ЯМЗ-238НДЗ (235 л.с.) и тракторов «Кировец» К-701 с двигателем ЯМЗ-240БМ2 (300 л.с.).

Сейчас Петербургский тракторный завод выпускает широкую гамму тракторов, в том числе энергонасыщенные трактора «Кировец» сельскохозяйственного назначения серии «Р» мощностью до 430 л.с (рис. 9). На заводе активно ведутся работы по созданию тракторов серии «К-9000» мощностью 500-600 л.с.



Рис. 9. Энергонасыщенные трактора «Кировец» сельскохозяйственного назначения серии «Р»

Коробка передач тракторов «Кировец» механическая, с шестернями постоянного зацепления, четырёхрежимная. Имеет 16 скоростей вперед и 16 назад с возможностью переключения передач, в пределах режима, без разрыва потока мощности. Управление фрикционами передач - гидравлическое, переключение режимов - механически, при помощи зубчатых муфт. Четыре фрикционные муфты расположены на ведущем валу коробки передач. Во фрикцион первой передачи, как наиболее нагруженный, устанавливается шесть ведущих дисков (14 пар трения); фрикционы 2, 3 и 4 передач имеют по 12 пар трения, в них устанавливается по пять ведущих дисков, которые работают в условиях масляной среды.

Конструктивно, ведущие и ведомые диски коробки передач тракторов «Кировец» имеют традиционную форму кольца с зубьями эвольвентного профиля по наружному или внутреннему диаметру (таблица 1).

Таблица 1. Геометрические размеры дисков стальных коробки передач трактора «Кировец»

Обозначение	700A.17.01.038-2 (ведущий)	700A.17.01.037 (ведомый)
Размер		
Диаметр наружный, мм	280	293
Диаметр внутренний, мм	217	230
Модуль	5	5
Число зубьев	44	58
Толщина, мм	3,6	3
Площадь пары трения, см <sup>2</sup>	200	200
Твёрдость HRC	20-27	20-27

В тракторах модели «Кировец» использовались сульфоцианированные, стальные, термообработанные шлифованные диски из стали 65 Г в которой, в качестве легирующего элемента, используется марганец улучшающий, противозадирные свойства, износостойкость, отпускную стойкость и механические свойства. Сульфоцианирование – комбинированный процесс химико-термической обработки, заключающийся в одновременном многокомпонентном диффузионном насыщении поверхности металла серой, углеродом и азотом. Сульфоцианированный слой на дисках стабилизирует коэффициент трения, улучшает процесс приработки, препятствует схватыванию контактирующих поверхностей, увеличивает износостойкость. Сульфидная пленка улучшает адсорбцию масла и играет роль «твёрдой смазки».

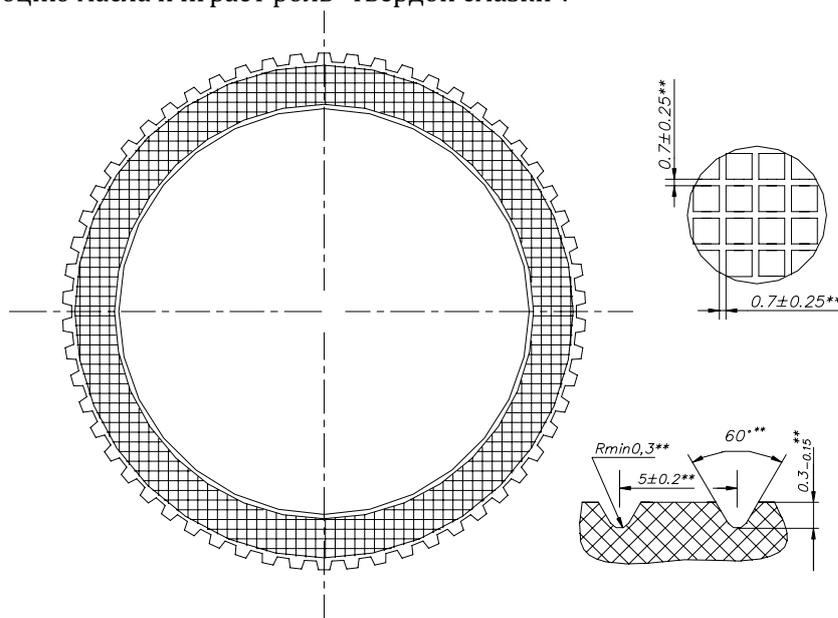


Рис. 10. Конструкция ведомого фрикционного диска 700A.17.01.037-3

На Молодечненском заводе порошковой металлургии совместно с Петербургским тракторным заводом в 2002 году начали проводиться опытные работы по использованию в коробке передач фрикционных дисков с металлокерамическим фрикционным материалом МК-5. Металлокерамический фрикционный слой наносится на ведомый диск 700А.17.01.037-3 (рис. 10). Диски с маслоотводящими канавками в виде квадратной решётки способны выдерживать максимальную энергетическую нагрузку.

Собранные пакеты “металлокерамический фрикционный диск – диск стальной” представлены на рисунке 11.

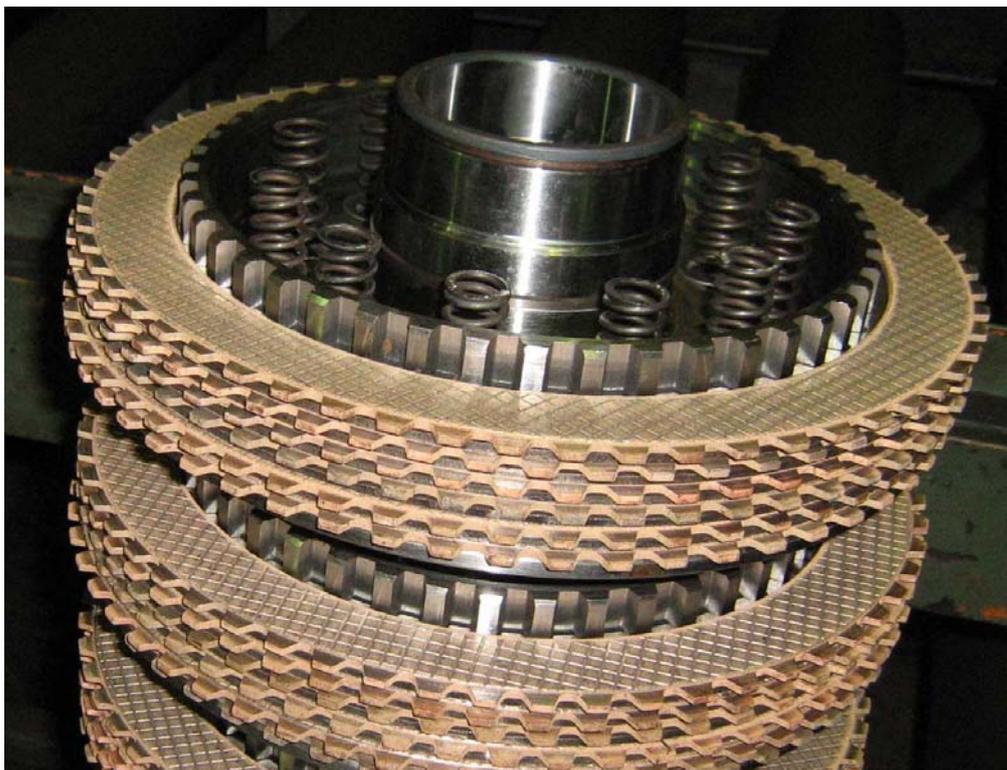


Рис. 11. Фрикцион коробки переключения передач трактора модели “Кировец”

В настоящий момент осуществляется серийная комплектация коробок передач тракторов модели «Кировец» фрикционными дисками производства Молодечненского завода порошковой металлургии. Эксплуатационные испытания новой фрикционной пары “металлокерамический фрикционный диск – диск стальной” находятся на заключительном этапе. Ориентировочный ресурс работы фрикционных дисков, для трактора К-744РЗ (N=430лс), составляет более 20 тыс. включений.