

УДК 621.762 (035.5)

## **Применение металлокерамических материалов во фрикционных муфтах и тормозах современных машин**

Студенты гр. 10904122 Стецик М.В., Щерба Д.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Комяк И.М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Технический процесс в машиностроении неразрывно связан с увеличением скоростных и нагрузочных режимов работы различных узлов современных машин. В связи с этим для обеспечения их надежности и долговечности большое внимание уделяется разработке высококачественных фрикционных материалов и изделий из них, предназначенных для поглощения кинетической энергии вращающихся масс, передачи крутящего момента от одной детали к другой или осуществляющих остановку движущейся машины.

Работа фрикционных устройств – муфт сцепления, предохранительных муфт, тормозов основана на принципе использования сил трения, в связи с чем материалы для их изготовления должны иметь высокий коэффициент трения (от этого зависит энергоемкость фрикционного устройства).

В связи с этим коэффициент трения фрикционных материалов должен быть не менее 0,2 при работе в условиях сухого трения и не ниже 0,05 – при работе со смазкой.

В настоящее время в промышленности используются различные фрикционные материалы на металлических и неметаллических основах, однако большинство этих материалов не удовлетворяется современным требованиям. Изготовление фрикционных материалов, сочетающих в себе особые механические и технологические, физико-технические свойства, стало возможным только с использованием для их изготовления методов порошковой металлургии.

Металлические порошки являются основным исходным материалом в порошковой металлургии. От их свойств зависят технологические режимы производства заготовок или деталей и готового материала.

Преимущества порошковой металлургии:

➤ возможность получать материалы высокой частоты и однородности;

- возможность получать сложные композиции из металлов и неметаллов;
- контроль всех стадий технологического процесса;
- возможность регулировать размеры зерен;
- отсутствие строчечных включений и сегрегированных частей;
- отсутствие анизотропных свойств получаемых материалов и других дефектов.

Технология изготовления металлокерамических фрикционных материалов состоит из приготовления и смешивания шихты, прессования и спекания.

Исходные порошки после входного контроля и необходимой подготовки смешиваются, полученная шихта поступает на прессование, осуществляемое либо без стальной основы, либо совместно с ней. После производится спекание собранных в пакет изделий под небольшим давлением. После разборки контейнера изделия поступают на контроль и упаковку.

При приготовлении шихты сложного состава металлические порошки смешиваются с неметаллическими: графитом, окислами, карбидами, нитридами и др.

Прессование – наиболее распространенный способ формообразования изделий из порошков. При прессовании порошок подвергается всестороннему сжатию в закрытой пресс-форме за счет давления одного или двух встречно двигающихся пуансонов.

Спекание является необходимой операцией в технологии порошковой металлургии. При спекании уменьшается пористость растет прочность сцепления частиц, что приводит к повышению механических свойств и изменению физико-химических характеристик материала. Спекание производят в восстановительной, нейтральной атмосфере или в вакууме.

В зависимости от условий эксплуатации металлокерамические фрикционные материалы изготавливаются для работы в условиях жидкостного трения и для сухого трения. Работа в условиях жидкостного трения является более легкой, и фрикционные детали в этом случае изготавливаются на медной основе (оловянистая и алюминиевая бронзы). При работе в условиях сухого трения на поверхности трущихся деталей может кратковременно развиваться температура 1100-1200 °С. Поэтому для сухого трения фрикционные детали изготавливают на железной, никелевой и других основах.

Материалы на медной основе имеют коэффициент трения в пределах 0,25-0,35 без смазки и 0,08-0,12 со смазкой, достаточную прочность, хорошую теплопроводность и термостойкость. Они успешно применяются для работы в условиях жидкостного трения в паре с закаленными стальными деталями при давлениях до 4 МПа и скоростях скольжения до 40 м/с при максимальной рабочей температуре 300-350 °С. Из них изготавливают элементы для электромагнитных муфт (диски, сегменты и т.д), гидромеханических передач, муфт сцепления и т.д. Металлокерамические фрикционные материалы на основе алюминиевой бронзы при сопоставимых фрикционных свойствах отличаются от фрикционных материалов на основе оловянистой бронзы в 1,5-2 раза более низкой стоимостью. Несмотря на довольно хорошую характеристику материалы на медной основе имеют свои недостатки:

- низкий коэффициент трения в условиях работы со смазкой при больших скоростях скольжения;
- малая износостойкость при больших нагрузках и скоростях;
- высокая стоимость.

Среди материалов на медной основе наиболее широкое применение имеет фрикционный материал МК-5 и аналогичные, созданные на его основе и близкие к нему по составу и характеристикам.

Изделия из порошковых фрикционных материалов на железной основе предназначены для работы в условиях сухого трения при давлениях до 3 МПа и скоростях скольжения до 60 м/с в паре с чугуном или легированной сталью.

Среди материалов на железной основе наибольшее применение имеет фрикционный материал ФМК-11, который отличается высоким коэффициентом трения (0,25 при 1000-1100° С), менее склонен к прихвату, хорошо и быстро прирабатывается, огнестоек, не выделяет запахов даже при температуре 950-1100°С и имеет относительно низкую стоимость. Применяется для изготовления фрикционных элементов муфт для сухого сцепления и трения, тормозных накладок тракторов самоходных сельхоз машин, автомобилей, дорожных машин, самолетов, экскаваторов и т.д.

Для контроля работающих в паре с металлокерамической, в настоящее время разрабатываются новые металлические материалы, обладающие по сравнению с чугуном повышенной стойкостью к абразивному износу, отсутствием склонности к образованию термических трещин, лучшей

теплопроводностью и низкой ползучестью при повышенной температуре. Работы проводятся с модифицированными железокобальтовыми медными сплавами и различными видами бронз.

#### Литература

1. Заяц, Э.В. Сельскохозяйственные машины: учеб. / Э.В. Заяц. Минск: ИВУ Минфина, 2019. – 260 с.
2. Уборочные машины «Гомсельмаш»: пособие / А.В. Клочков [и др.]; под редакцией А.В. Клочкова. – Минск: РИПО, 2021. – 219 с.
3. Ершов, А.М. Обзор новинок / А.М. Ершов // МОТО МИР. – 2019. - №2
4. Михайлов С.А. Езда по-европейски: современная трансмиссия / С.А. Михайлов // МОТО ЭКСПЕРТ. – 2019. – 17 июня
5. Долгий С.А. Трансмиссии самоходных колесных сельскохозяйственных машин и применяемые в них тормозные механизмы / С.А. Долгий // «Перспективные направления развития машиностроения в области мобильных машин, технологического оборудования и энергетических систем» [Электронный ресурс]: материалы 78-й студенческой научно-технической конференции, 17-18 мая 2022 г. / БНТУ; редкол.: А.А. Калина [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022 – с. 71-77.
6. Ильющенко А.Ф. Порошковая металлургия в Беларуси. Вызовы времени: сборник научных трудов / гл. ред. А.Ф. Ильющенко; Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 534 с.
7. Волкогон Г.М., Еремеева Ж.В., Ледовский Д.А. Современные процессы порошковой металлургии: учебное пособие / Г.М. Волкогон, Ж.В. Еремеева, Д.А. Ледовской – Москва; Вологда: Инфа-Инженерия, 2020 – 208 с.

УДК 621.3

#### **Программа для расчёта привода**

#### **Program for drive calculation**

Студентка гр. 10606122 Барбарич Е.В.

Научный руководитель – Калина Алла Александровна  
Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация:** В статье дано описание разработанной программы, предназначенной для кинематического и силового расчётов привода,