

мические нагрузки, поверхности трения фрикционных подвержены воздействию большой удельной тепловой энергии и интенсивному изнашиванию. Максимальное удельное давление на поверхности дисков для некоторых режимов работы ГМП может достигать 6 МПа (60 кгс/см<sup>2</sup>).

Проведенные исследования поведения фрикционных дисков различных материалов и производителей на инерционном стенде «УЛИС» показали, что режимам эксплуатации ГМП БелАЗ (это относительно жесткие условия эксплуатации: перебои подачи масла, кратковременные аварийные изменение скорости и нагрузки) наиболее соответствуют фрикционный материал МК-5 и материал фирмы «Wellman». Фрикционный материал на целлюлозно-бумажной основе, материал на основе латуни и материал ФМ-12 может быть применён только в узлах трения с гарантированно стабильной и обильной смазкой, или высокой скоростью отвода тепловой энергии.

Численные значения показателей работы дисков приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний фрикционных материалов на стенде «УЛИС» (давление 2 и 4 кгс/см<sup>2</sup>, расход масла 0.3 м<sup>3</sup>/с и 8.8 м<sup>3</sup>/с, скорость скольжения 2400 мин<sup>-1</sup>, длительность цикла торможения не более 120 сек)

Производитель	Коэффициент трения (динамический)	Максимальный коэффициент трения	Стабильность коэффициента трения	Средний износ мкм/км
БелАЗ	0,033-0,037	0,069	0,47	4,0
Miba	0,044-0,049	0,085	0,55	8,9
Miba	0,03	0,075	0,46	12,5
Wellman	0,037-0,044	0,088	0,50	2,6
ИПМ	0,050-0,054	0,082	0,70	6,9

Фрикционный материал МК-5 обладает относительно низким коэффициентом трения 0,033-0,037 из всех исследованных материалов, при этом материал имеет более высокую износостойкость. При экстремальных условиях практически не наблюдается перенос материала на диск стальной.

Фрикционный материал на основе латуни имеет относительно высокий коэффициент трения и более стабильный. Однако, при недостаточной смазке, материал склонен к быстрому схватыванию и катастрофическому износу. Такие особенности износа фрикционного материала по-видимому связаны с его химическим составом (7 – 8 % Zn) и структурой характерной для латуней.

Фрикционный материал на целлюлозно-бумажной основе обладает высоким и стабильным коэффициентом трения, практически не происходит схватывания. Однако, при недостаточной смазке происходит деструкция фрикционного слоя и его разрушение.

УДК 621.375.826

### **Исследование зоны термического влияния КЭП обработанного высокоэнергетическим источником энергии**

Студент гр.104813 Шугай С.В.  
Научный руководитель – Боровик Д.И.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Представлены результаты исследований влияния лазерной обработки на структуру и свойства композиционного электрохимического покрытия (КЭП) на железной основе с наполнителем в виде порошка (Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> - TiC - Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>).

Образцы для нанесения КЭП выполнялись из низкоуглеродистой стали в виде шайб круглого сечения и толщиной 10 мм. В качестве электролита использовали хлористый электролит железнения со следующим составом:  $\text{FeCl}_2$  -  $350 \pm 10$  г/дм<sup>3</sup>,  $\text{HCl}$  – 1 г/дм<sup>3</sup> (рН = 0,8). Технологические параметры нанесения покрытий: катодная плотность тока ( $I_k$ ) - 15, 30, 45 А/дм<sup>2</sup>; температура электролита  $75 \pm 5$  °С; время осаждения выбиралось исходя из необходимой толщины покрытия. Порошок вносили непосредственно в электролит в количестве 30 г/л. Микротвердость КЭП по усредненным данным составляет  $\text{HV} = 3500\text{-}4000$  МПа. При проведении экспериментов был использован комплекс лазерной наплавки, состоящий из установки лазерной наплавки Комета – 2 и манипулятора. Режимы лазерной обработки (непрерывное излучение): мощность излучения – 1 кВт; диаметр пятна нагрева 1 мм; скорость перемещения пятна нагрева – 1500 мм/мин; расстояние между дорожками – 1 мм.

По мере удаления от эпицентра нагрева образуется характерная зона термического влияния (ЗТВ), которая в свою очередь делится на 3 основные: полного переплава, закалки и отпуска. В зоне полного переплава микротвердость составляет  $\text{HV} = 7000\text{-}8000$  МПа с постепенным уменьшением твердости с удалением от эпицентра обработки.

Анализируя микроструктуру, можно говорить о том, что фазовые и структурные превращения под воздействием лазерного излучения между порошком ( $\text{Cr}_7\text{C}_3$  -  $\text{TiC}$  -  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ) и железной матрицей приводят к образованию тугоплавких карбидов. Определение механизма и характера взаимодействия многокомпонентного порошка наполнителя с железом при локальной лазерной обработке требует дальнейших исследований.

УДК 621.791:658

### **Информационные технологии в исследовании причинно-следственных связей образования дефектов сварки и обеспечении качества сварных соединений**

Студент гр.104811 Лимановский А. М.  
Научный руководитель – Занковец П.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В настоящее время из-за многих причин резко увеличилась частота аварий и катастроф на продуктопроводах. Причем, по данным Госпромнадзора МЧС, главной причиной (> 80% случаев) являются отказы сварных соединений или нарушение их герметичности. Поэтому актуальность проблемы повышения качества и надежности сварных соединений не вызывает сомнений.

Основная задача обеспечения качества сварных изделий в настоящее время и в обозримом будущем все более сводится к предупреждению, а не к обнаружению имеющихся дефектов. На производствах с массовым, серийным выпуском однородной продукции проблема обеспечения качества решается достаточно успешно на основе методов математической статистики. Однако сварочное производство отличается крайней неоднородностью и мелкосерийностью продукции, способами и условиями сварки. Поэтому, как показали выполненные нами исследования, проблему обеспечения качества сварочных работ и сварных соединений можно решить только в комплексе взаимосвязей производственных факторов, влияющих на качество сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд задач: систематизировать сварочное производство по его элементам в статистически однородные базовые совокупности (БС) стыков, разработать универсальные единицы измерения дефектов (качества) по количеству и протяженности, разработать алгоритмы и вероятностные методы определе-