

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: FeCl_2 - 350 ± 10 г/дм³, HCl – 1 г/дм³ (pH = 0,8). Технологические параметры нанесения покрытий: катодная плотность тока (I_k) - 15, 30, 45 А/дм²; температура электролита 75 ± 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 (Cr_7C_3 - TiC - Cr_3C_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-

ния и предупреждения причин дефектов сварки, инженерные формулы оценки и расчета технического уровня и уровня качества конкретного сварочного производства или фактора производства в зависимости от инвестиций.

Из полученных результатов исследований вытекает важный вывод, что дефектность каждой конкретной БС стыков можно рассматривать как многопараметровый регулятор управления качеством, а цепочку фактор–причина–дефект (Ф–П–Д) как управляющую по обратной связи. Важное значение при разработке компьютерных систем различного назначения имеют базы данных и знаний (БД и З), включающие нормативно-справочную и другую информацию, необходимую для учета, контроля и анализа состояния производственного процесса на конкретном предприятии.

Результаты исследований стали основой разработки компьютерной системы, позволяющей вести учет, контроль и анализ качества сварочных работ и сварных соединений по объединению, предприятию, производству, факторам производства (подготовка и сборка, исполнители, сварочные материалы, технология, оборудование), конкретным БС стыков за конкретный период времени. В таблице 1 представлен пример получаемой выходной аналитической информации.

Таблица 1 – Статистический анализ причин дефектности сварных соединений

БС стыков		1	2	3	4	5
Способ сварки		РДС	РАДС	АСФ	РДС	РНсВП
Марка стали		14ХГС	09Г2	2Х13	08Х18Н12Б	09Г2
Толщина стали, мм		2,8	2,5	2,8	4,2	2,5
Диаметр D, длина L, мм		D=112	D=89	D=112	D=289	D=89
Сварено стыков, шт		13000	2790	6800	5740	1790
Проверено стыков, шт		13000	2790	6800	5740	1790
Забраковано стыков по причине / удельный вес причины брака в процентах	Всего, шт	610	215	250	360	167
	Сварщик	191/31,3	57/26,5	50/20,0	97/26,9	49/29,3
	Подготовка и сборка	122/20,0	51/23,7	70/28,0	91/25,3	41/24,6
	Материалы	165/27,0	43/20,0	60/24,0	76/21,1	32/19,2
	Технология	53/8,7	14/6,5	30/12,0	23/6,4	11/6,6
	Оборудование	48/7,8	18/8,4	20/8,0	28/7,8	9/5,4
	Прочие	31/5,2	32/14,9	20/8,0	45/12,5	25/15,0
Уровень качества / брак, %		95,3/4,7	92,3/7,7	96,3/3,7	93,7/6,3	90,7/9,3

Из таблицы видно, что доминирующие причины брака сварки и уровень качества по базовым совокупностям разные, например, для БС №1 – сварщик (31,3%) и сварочные материалы (27,0%), для БС №3 – подготовка и сборка под сварку (28,0%) и сварочные материалы (24,0%). Анализ качества сварки по исполнителю позволяет определить оптимальные способы и условия, при которых сварка выполняется им с лучшим качеством, стимулировать рост профессионального мастерства и т.п.

Таким образом, с использованием математического моделирования и компьютерных технологий разработана система, позволяющая создавать историю качества по конкретным базовым совокупностям сварных соединений, исполнителям, определять «слабое звено» в

производстве и принимать обоснованные тактические и стратегические меры по совершенствованию технологических процессов и управлению качеством сварки.

УДК 621.745.669.13

Исследование микропрофиля поверхности при трении с фрикционным материалом на основе бронз

Студентка гр.104612 Литвинко В.Н.

Научный руководитель – Лешок А.В., Хренов О.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Любой узел трения предполагает использование двух сопряженных элементов: диска с металлокерамической накладкой и диска стального с гладкой поверхностью (в литературе можно встретить много названий диска стального с гладкой поверхностью: диск ведущий, диск стальной, диск, который в большинстве случаев имеет название контртело). В качестве фрикционного материала в таких узлах используется металлокерамическая композиция на основе меди, представляющая собой основу на основе бронзы с наполнителями фрикционного и антифрикционного назначения (олово – 9%; свинец – 9%; железо – 4%; графит – 7%; медь – основа). Выбор данного материала характеризуется заданным значением удельного давления ($4 \pm 0,2$ МПа) и скорости скольжения ($10 \pm 1,0$ м/с), превышение которых способствует изменению триботехнических параметров (коэффициент трения, интенсивность износа).

Анализ конструкторской документации автотракторной техники различных производителей показал, что в качестве материала диска стального используется сталь 65Г, значение шероховатости поверхности может находиться в пределах от 0,6 до 2,5 мкм. Постановка задачи. Исследование микропрофиля поверхности, микроструктуры и механических свойств диска стального из стали 65Г работающего в условиях смазки с металлокерамическим фрикционным материалом МК-5.

Результаты эксперимента и их обсуждение.

Современное представление процесса трения двух сопряженных поверхностей обусловлено как зацеплением микровыступов друг о друга, так и взаимодействием тел в точках соприкосновения на молекулярном уровне. Соппротивление относительному сдвигу этих контактных зон и является основным источником трения движения.

Нами исследовались поверхности дисков стальных эксплуатируемых в различных узлах автотракторной техники различных производителей. Отличительной особенностью являлось схожее значение твердости поверхности, наличие слоя смазки, а так же формы маслоотводящих каналов на ответной детали (диске фрикционном). Было установлено, что микропрофиль поверхности трения скольжения достаточно развит, с микровыступами и микровпадинами, имея значение от 1,1 до 2,6 мкм.

Полученные данные показали, что значения шероховатости исследуемых поверхностей отличается не более чем на 30 %. Дальнейшие исследования поверхностей трения показали, что увеличение времени трения сопряженных поверхностей не оказало существенного влияния на значение шероховатости, колебание которого находилось в пределах ± 3 %. Величина шероховатости резко падает на стадии приработки, в то время как на стадии установившегося износа наблюдается ее слабое уменьшение. Профиль поверхности трения сохраняется по всему диаметру диска стального, имея явно выраженные борозды.

Исходная шероховатость поверхности в процессе приработки претерпевает изменения, приобретая установившееся значение, которое зависит от условий эксплуатации, наличия слоя смазочного материала. Зависимость среднеквадратичного значения шероховатости от времени работы пары трения носит линейный характер указывая на установившейся режим. Исследование поверхности диска стального на сканирующем электронном микроскопе