

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А. А. Акиньшин, М. Н. Сейдуров, А. А. Иванайский

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

Одним из перспективных способов поверхностной обработки деталей с целью улучшения механических свойств является индукционная наплавка, обеспечивающая повышение износостойкости, твердости, изменение триботехнических характеристик при работе в узлах трения, применяющаяся для повышения ударной прочности, жаропрочности или коррозионной стойкости.

Полученные способом индукционной наплавки изделия позволяют экономить дорогостоящие материалы, существенно снижать себестоимость и повышать долговечность деталей и узлов, управляя коэффициентом трения.

Наплавка может быть одновременной или непрерывно-последовательной, которая может выполняться на достаточно больших площадях поверхности при сравнительно небольшой мощности в индукторе.

Наплавка при расплавлении наплавляемого сплава может наноситься на детали, имеющие плоскую поверхность, наружную или внутреннюю цилиндрические поверхности. Наплавляемый сплав может удерживаться на плоских поверхностях или имеющих малую кривизну, за счет сил поверхностного натяжения, а при наплавке цилиндрических поверхностей с вращением деталей, за счет центробежных сил. Для удержания расплава на плоских поверхностях могут использоваться технологические буртики или специальные формирующие холодильники.

Наиболее распространенным способом индукционной наплавки является наплавка при расплавлении наплавляемого материала на основном. Для повышения производительности процесса при уменьшении расхода электроэнергии используются сплавы с более низкой температурой плавления, а также шихта с улучшенной теплопроводностью, увеличенной объемной массой и уменьшенным количеством флюса. Особую роль в композициях шихты играет бор. Борсодержащие компоненты шихты имеют температуру плавления оксидов до 1300°C и не только

способствуют развитию экзотермических реакций, но и повышают износостойкость и динамическую прочность деталей.

Таким образом, при индукционной наплавке важно соблюдать температурный режим на обрабатываемой детали. При этом постоянство температурного режима на обрабатываемой поверхности детали сложно гарантировать. Следовательно, необходимо наблюдать за распределением температурного поля более чем в одной точке, так как возможные колебания температуры на поверхности обрабатываемой детали могут превышать допустимые значения. Кроме того, необходимо иметь возможность не только наблюдать за изменением температуры на поверхности детали в реальном времени, но и иметь средства для анализа измеряемых величин, что позволит заблаговременно корректировать параметры режимов индукционной наплавки и качественно управлять структурой и свойствами наплавляемых покрытий.

Цель работы – разработать инженерный программный комплекс (ИПК), позволяющий автоматизировать процесс расчета режимов индукционной наплавки и осуществлять оценку распределения температурных полей поверхности обрабатываемой детали.

При разработке программного обеспечения для ИПК в качестве модуля сбора данных с учетом ранее полученных результатов [1] использовался промышленный прибор ОВЕН ТРМ 138. С помощью программного обеспечения оператор получает на свой компьютер температурные графики в реальном времени. Посредством термопар или других датчиков измерения, подсоединенных к обрабатываемой поверхности детали (до 8 точек одновременно), ОВЕН ТРМ 138 может снимать с нее такие показатели, как температура, ток, напряжение. Полученные результаты анализируются программным обеспечением, преобразуются в числовые и графические данные и представляются оператору для моментального или последующего анализа и корректировки режимов индукционной наплавки.

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №1 2011

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В реальных условиях достаточно сложно провести полномасштабный эксперимент, позволяющий изучить все параметры происходящего процесса, поэтому накладывается ряд ограничений. Во-первых, сбор данных организуется с некоторым интервалом. Во-вторых, ограниченное количество термопар позволяет получать данные в строго определенных точках поверхности обрабатываемой детали.

Для анализа полученных данных использовались методы интерполяции и экстраполяции. Экстраполяция применялась для прогнозирования развития динамики температуры после завершения эксперимента.

Рассмотрим аппроксимацию функции от одной переменной. Допустим, есть n показаний от одной конкретной термопары в разные моменты времени. Нужно получить функцию, которая бы максимально точно описывала изменение температуры. Для этого используются две математические модели.

Первая модель является полиномиальной. Подбирается некоторый полином заданной степени такой, что среднее квадратичное отклонение от экспериментальных значений было бы минимальным. Модель реализуется стандартными методами: выписывается система уравнений, соответствующая минимуму целевой функции и решается методом Гаусса. Имеем полином в явном виде, т.е. знаем значения всех его коэффициентов. Это модель хороша в простых случаях линейной или квадратичной зависимости, но дает далекие от реальности данные в более сложных случаях.

Поэтому в программе предусмотрена вторая модель, представляющая собой формирование графика в виде набора кубических сплайнов. Участок между каждой парой экспериментальных точек представлен в виде кубического многочлена. Соседние многочлены подбираются таким образом, чтобы производная в их общих точках совпадала, т.е. общий график обладает достаточной степенью гладкости. Модель такого рода сложнее анализировать в виду отсутствия общего вида функции, но зато она намного более точно описывает реальный процесс.

В программе так же предусмотрена полиномиальная аппроксимация функций от двух переменных. Она используется для восстановления температуры в точках детали, в которых снятие данных не проводилось. Для построения адекватной модели необходимо хотя бы три термопары, приложенные к трем различным точкам на детали, не лежащим на

одной прямой. В этом случае аналогично одномерному случаю строится двумерный полином, который бы давал минимальное среднее квадратичное отклонение от показаний в известных точках.

Помимо температуры ОВЕН ТРМ 138 позволяет получать дополнительные параметры, такие как напряжение, сила тока и т.п. Математическая модель является универсальной и позволяет по результатам продолжительного эксперимента строить графики более сложных зависимостей, таких как функция температуры в конкретной точке от одного или двух дополнительных параметров.

Функционально программный комплекс разбит на несколько частей. Первая часть содержит форму проведения эксперимента (рисунок 1). Пользователь может выбрать и настроить тестовый объект (одна из некоторого множества функций, представляющие реальные зависимости) или реальный прибор ОВЕН ТРМ 138 (его можно заменить любым другим из семейства ОВЕН-ТРМ, работающим по протоколу ОВЕН). Связь с прибором осуществляется через COM-порт (реальный или виртуальный, монтируемый внешним устройством) с учетом значения базового адреса прибора. Для сбора данных указывается множество каналов (для каналов, привязанных к термопарам с помощью дружелюбного интерфейса можно выбрать расположения точки приложения термопары на детали).

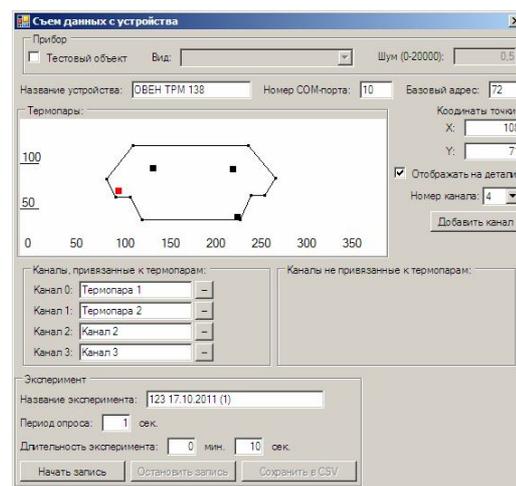
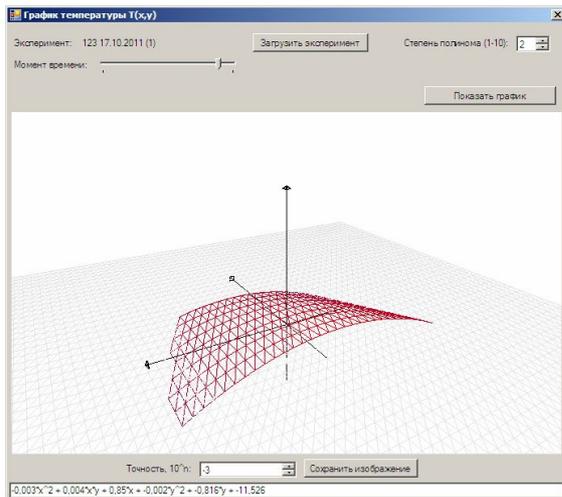


Рисунок 1 – Форма проведения эксперимента

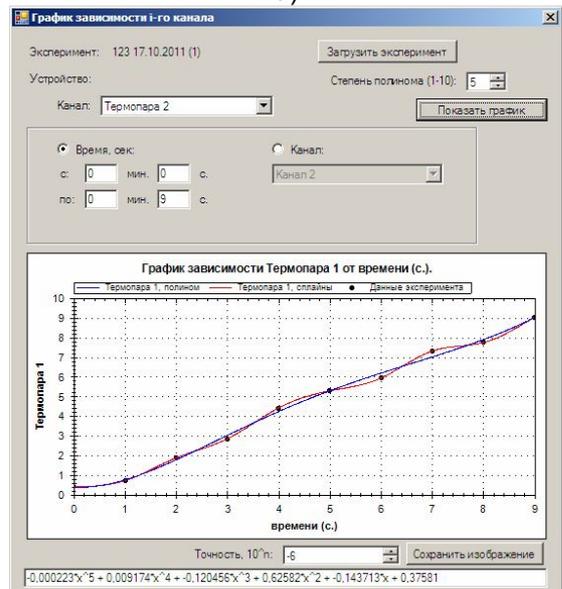
В каждом эксперименте может быть до 8 снимающих устройств – термопар или других датчиков (по числу входов прибора ОВЕН ТРМ 138). Каждый эксперимент сохраняется в собственном формате «EXP» или в формате «CSV», пригодном для просмотра в Excel.

В данные эксперимента включаются показания со всех каналов прибора, а также информация об исходной детали.

Вторая часть программного комплекса предназначена для просмотра. Программа позволяет составить разнообразные графики, представляющие зависимости между исходными данными (рисунок 2).



а)



б)

Рисунок 2 – Графики: а – температуры $T(x,y)$; б – зависимости i -го канала

Строятся следующие графики:

- график температуры $T(t)$. Рассматривается одиночная термопара и по дискретному набору показаний с прибора строятся аппроксимирующие функции, позволяющие анализировать динамику изменения температуры в ходе процесса наплавки;

- график температуры $T(x,y)$. Трехмерный график, демонстрирующий пространственное распределение величины температуры по поверхности детали в каждый момент времени;

- график температуры $T(i,j)$. Трехмерный график, позволяющий проанализировать зависимость температуры в конкретной точке от двух дополнительных каналов;

- график зависимости i -го канала. Для набора данных, снятых с произвольного канала (термопара или дополнительные параметры) строится зависимость либо от заданного промежутка времени, либо от показаний альтернативного канала.

Третья часть программного комплекса разработана для редактирования режимов индукционной наплавки. Помимо сбора данных с модуля сбора данных программа позволяет вести систематизацию режимов наплавки. Для каждого режима наплавки определяется набор следующих характеристик: марка стали; шихта и ее составные коэффициенты; установка для наплавки, ее параметры; теплофизические коэффициенты; дополнительные параметры режима наплавки.

По каждому виду характеристик ведется база данных, накапливающая информацию о значениях, используемых в производстве. При добавлении нового режима наплавки можно использовать рассмотренные ранее значения. Для каждой детали можно сформировать собственный уникальный режим наплавки и сгенерировать отчет, содержащий полную информацию о всех характеристиках рабочего процесса.

Кроме того, в программу встроена система формирования контура детали, который определяет область определения для построения аппроксимирующих функций. Имеется множество дополнительных функций, помогающих получить более подробное представление о детали, таких как альтернативные контуры (в разных проекциях) или поддержка хранения нескольких фотографий детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванайский А.А. Разработка и внедрение инженерного программного комплекса по оценке и прогнозированию механических свойств сварных соединений на основе сбора и обработки экспериментальной информации и компьютерного моделирования / А.А. Иванайский, М.Н. Сейдуров // Ползуновский альманах. – 2008. – № 2. – С. 112-114.