

ИНТЕРНЕТ-БАЗА ДАННЫХ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВЫМИ ПРОВОЛОКАМИ

В. Г. СОЛОВЬЕВ

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03150, г. Киев, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Выполнен значительный объем работ по дуговым наплавкам самозащитной порошковой проволокой на плоской и цилиндрической поверхностях изделий, открытой дугой, под флюсом и в среде защитных газов, в широком диапазоне напряжений и токов дуги, при различных диаметрах проволоки и при различных скоростях наплавки с целью использования экспериментального материала для разработки алгоритмов автоматизации технологического процесса. В статье приводится решение по систематизации полученных в результате экспериментов данных, которое позволило всем участникам исследований иметь удаленный доступ к интернет-базе данных для её расширения, корректировки и анализа. Библиогр. 8, рис. 3.

Ключевые слова: автоматизация, база данных, дуговая наплавка, порошковая проволока

Комплексная автоматизация нелинейного многофакторного технологического процесса дуговой наплавки металлов требует привлечения значительных математических и вычислительных ресурсов по моделированию связей большого количества параметров, часть которых можно получить с помощью датчиков, а другую часть косвенным путем, используя аппарат регрессионного анализа, нейросетевых технологий, нечеткой логики и т. п. Кроме того, предполагается оптимизация процесса, а в данном случае оптимизация многокритериальная, что значительно усложняет синтез системы. В последнее время для автоматизации «диссипативных систем», к которым относится и дуговой процесс, все чаще применяют синергетические принципы синтеза [1], позволяющие стабилизировать соотношения между переменными состояниями процесса. Следствием этого факта является вырожденность уравнений динамики процесса дуговой наплавки и наличие интегральных инвариантов многообразий в пространстве его состояний. Инвариантные многообразия представляют собой «некоторые функции, которые во время движения не изменяются» [2]. Такие подходы к автоматизации нелинейных объектов значительно упрощают синтез системы и могут использоваться для решения конечных целей автоматизации, т. е. повышения качества производимой продукции при максимальном энергосбережении, однако требуют проведения значительного количества экспериментов для анализа. Для получения данных, характеризующих процесс дуговой наплавки, и которые в дальнейшем будут использоваться для анализа и синтеза системы автоматизации, проведен большой объем экспериментальных дуговых наплавки порошковой проволокой на

плоской и цилиндрической поверхностях изделий. Наплавки проведены открытой дугой, под флюсом и в среде защитных газов, в широком диапазоне напряжений и токов дуги, при различных диаметрах порошковой проволоки и при различных скоростях наплавки. Получены показатели качества наплавки и наплавленных валиков, являющиеся особо значимыми для автоматизации процесса.

Цель настоящей работы — создание интернет-базы данных результатов экспериментальных дуговых наплавки порошковыми проволоками для удаленного коллективного использования при создании автоматической системы регулирования процессом дуговой наплавки.

На рис. 1 представлен перечень входной и выходной информации процесса дуговой наплавки. Входными для процесса являются такие технологические параметры, как вид наплавки (наплавка открытой дугой, под флюсом или в среде защитных газов), марка порошковой проволоки и ее диаметр, вылет электрода, отклонение от экватора изделия (для наплавки на цилиндрической поверхности) и др. Регулирующими параметрами являются положение ручного задатчика напряжения источника питания, положение ручного задатчика скорости подачи электродной проволоки и положение ручного задатчика скорости наплавки на пульте управления установкой.

В ходе подготовки к проведению экспериментов разработано программное обеспечение в рамках автоматизированного получения статистических данных [3], которое позволило обеспечить контроль и цифровую регистрацию следующих параметров процесса дуговой наплавки:

- текущие значения напряжения источника $U_{и}(t)$;
- текущие значения тока наплавки $I_{н}(t)$;

- средние за время наплавки значения $U_{н}(t)$ и $I_{н}(t)$;
- текущие значения напряжения дуги $U_{д}(t)$ и тока дуги $I_{д}(t)$, при этом $U_{д}(t)$ и $I_{д}(t)$ определялись путем исключения из $U_{н}(t)$ и $I_{н}(t)$ значений напряжения и тока в промежутки времени появления коротких замыканий (КЗ) и обрывов дуги;
- средние за время наплавки напряжение дуги и тока дуги;
- ручной ввод и регистрацию заданий на напряжение дуги и тока дуги;
- ручной ввод и регистрацию значений положения ручного задатчика напряжения источника питания $P_{и}$, положение ручного задатчика скорости подачи электродной проволоки $P_{вр}$ и скорость наплавки $V_{н}$;
- средняя за время наплавки длительность КЗ;
- среднее за время наплавки напряжение КЗ;
- средний за время наплавки ток КЗ;
- средняя за время наплавки длительность обрывов дуги;
- вычисление и регистрацию таких статистических параметров, как СКО (среднее квадратичное отклонение) напряжения сварки и напряжения дуги; СКО тока сварки и тока дуги; СКО длительности, напряжения и тока КЗ; СКО длительности обрывов дуги;
- коэффициент нестабильности электрических параметров наплавки;
- тип каплепереноса металла «крупнокапельный», «капельный», «мелкокапельный» или «струйный»;
- расчет и фиксация оценки по средней длительности обрывов дуги. Определялось состояние: «обрывов нет», «допустимое количество

обрывов», «значительное количество обрывов», «много обрывов», «очень много обрывов» или «процесс нестабилен».

В течение экспериментов фиксировалось время проведения наплавки, вид наплавки, марка порошковой проволоки, диаметр проволоки, вылет электрода, вид поверхности заготовки, отклонение от зенита цилиндрической заготовки. Проводилось фотографирование наплавленных валиков, фиксация записей временных диаграмм по таким параметрам, как текущие напряжение сварки и ток сварки, текущие напряжение дуги и ток дуги.

В конце каждой наплавки автоматически формировался протокол наплавки в виде текстового документа.

По результатам экспертной оценки наплавленных валиков определено качество формирования валика: «плохое», «удовлетворительное» или «хорошее»; наличие пор: «пор нет», «отдельные поры» или «многочисленные поры».

При обработке макрошлифов получили такие параметры, как «доля основного металла в наплавленном» (ДОМ), площадь сечения валика, ширина валика, высота валика и глубина проплавления.

Анализ и обработка экспериментальных данных позволили получить многочисленный материал по взаимосвязям различных параметров, закономерностям их изменений в зависимости от начальных входных условий. Это зафиксировано [3, 4] в виде различных графиков, рисунков и таблиц.

В результате получен материал по дуговой наплавке около 250 экспериментальных валиков, каждый из которых характеризуется примерно



Рис. 1. Перечень входной и выходной информации технологического процесса дуговой наплавки

50 уникальными для каждого валика значениями перечисленных выше параметров, т. е. примерно 12500 данных [3]. Эти данные по своей структурированности полностью соответствуют определению нормализованной реляционной базы данных [5, 6], т. е. эти данные можно разместить в двумерной таблице, в которой отношения между информацией полностью определены. Первичным КЛЮЧОМ для такой таблицы является маркировка наплавленного валика. В строках таблицы в соответствующей клеточке размещены уникальные, принадлежащие только этому валику, параметры. Маркировки нанесены на изделие возле валика ударными клеймами по металлу таким образом, чтобы при дальнейшей порезке и обработке изделий маркировки не исчезли. Структура базы данных такова: ОБЪЕКТ — это валик, АТРИБУТЫ — это все перечисленные выше параметры, характеризующие наплавленный валик. В таблице количество строк (записей) соответствует количеству наплавленных валиков, а количество колонок (полей) соответствует количеству атрибутов.

Известны примеры базы данных режимов дуговой сварки в CO_2 , под флюсом и в среде инертных газов [7], которая создана на специализированном программном обеспечении, пригодном в использовании для номенклатуры изделий, характерных для данного машиностроительного предприятия, и только в рамках данного предприятия. Однако для коллективного исследования технологии дуговой наплавки самозащитной порошковой проволокой с целью автоматизации процесса данное программное обеспечение не подходит. На рис. 2 показана главная форма системы управления базой данных VCW VicMan's DataBase (в дальнейшем СУБД), которая нами первоначально

использовалась для систематизации и объединения (в виде базы данных наплавов) всего полученного материала в результате экспериментов. СУБД является простой и очень гибкой для создания небольших реляционных баз данных. Она позволяет создать до семи типов полей (текстовый, графический, файл любого формата, в виде списка, в виде флажка и др.). Позволяет редактировать базу данных, экспортировать в файл и импортировать из файла. Производит поиск по текстовым полям и сортировку записей в нужном порядке. Экспортирует базу данных в Microsoft Word, Excel, в файлы формата DBF и HTML. Однако она имеет ограничение по количеству полей до 30 шт. (в данном случае необходимо около 50 и более). Притом, как показала практика работы с базой наплавов, очень часто возникает необходимость произвести вычисления, используя информацию в таблицах, например, определить сумму выделенных данных, определить значение коэффициента автокорреляции или взаимной корреляции, однако в данной СУБД такой возможности нет. Поэтому приходится производить экспорт данных в программу Excel, которая имеет достаточный арсенал инструментов анализа, расчетов и визуализации, и там производить необходимые вычисления. Кроме того, VCW VicMan's DataBase не может быть размещена на облачном ресурсе интернета, а без этого, в современных условиях, организация эффективной коллективной исследовательской работы над поставленной проблемой невозможна. База данных дуговых наплавов для ее заполнения и анализа требует участия различных групп экспертов, специализирующихся на определенных участках работы над поставленной задачей. При-

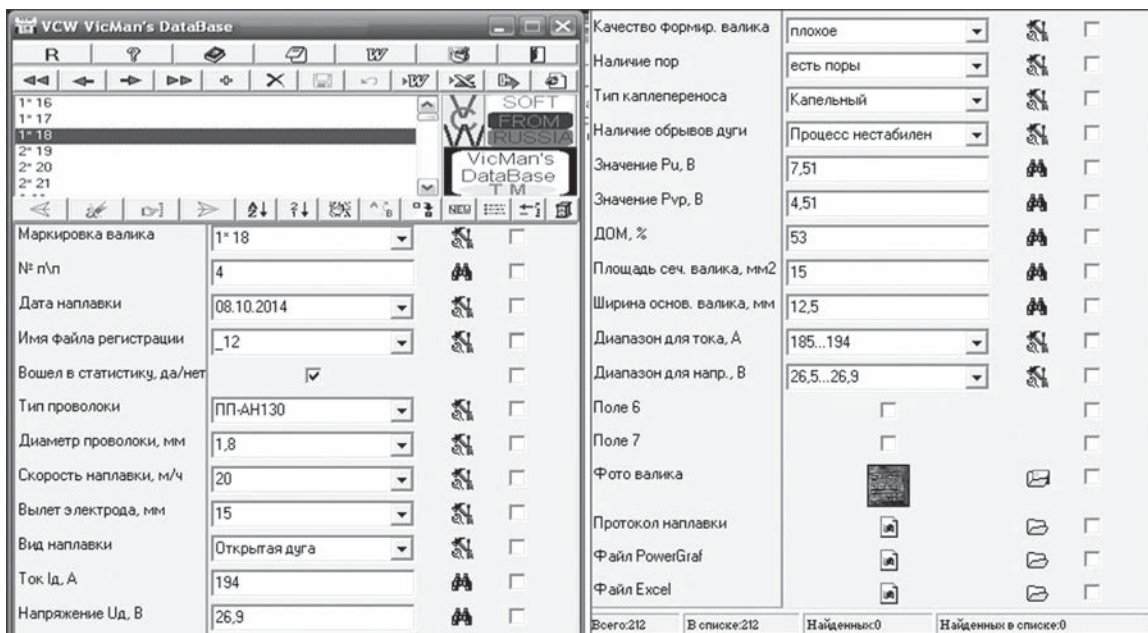


Рис. 2. База данных дуговых наплавов на VCW VicMan's DataBase

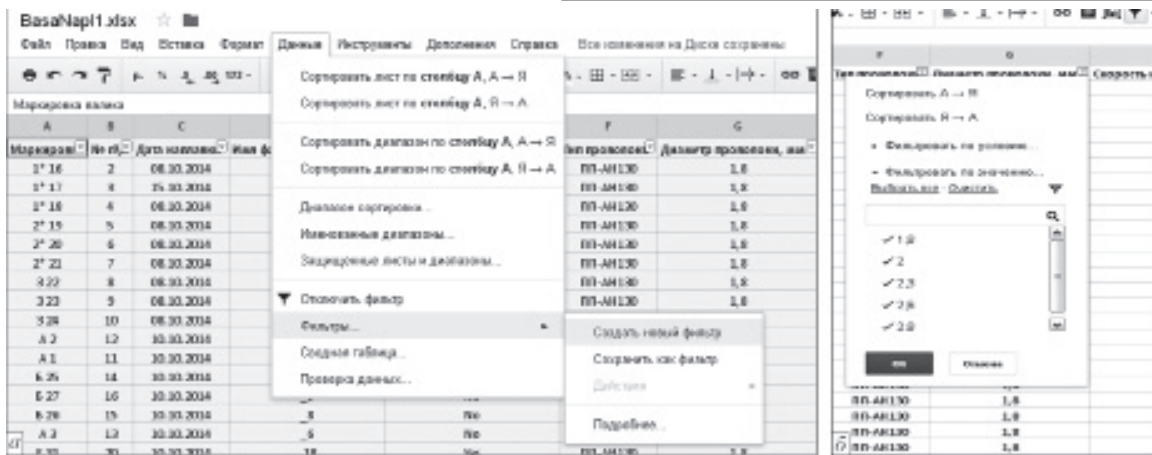


Рис. 3. Некоторые функции баз данных, реализованных в «Google Таблицы»: а — функция сортировки; б — функция фильтрации

чем осуществлять эту работу необходимо с различных рабочих мест.

Интернет-база данных (облачная база данных, веб-база данных) — электронная распределённая база данных, доступная по сети Интернет, в отличие от сосредоточенных баз данных, доступных только на отдельном компьютере или на подключенном к нему устройстве хранения, например, компакт-диске. Такие базы данных размещаются на серверах, обеспеченных веб-интерфейсом, что позволяет обращаться к ним с помощью широко распространённого программного обеспечения — каким-либо из общедоступных веб-браузеров. Интенсивное внедрение провайдером сервисов для облачных вычислений привело к тому, что стали все более востребованными интернет-базы данных. На рынке облачных баз данных работают такие сервисы, как Amazon Web Services (AWS), Google Cloud SQL, Microsoft Azure, SAP, Oracle и др., которые привлекательны для заказчиков баз с большим распределённым объемом данных и для которых такое сотрудничество является рентабельным.

Создать реляционную базу данных можно также и в программном пакете Microsoft Excel. В этом случае Excel будет выполнять, в некотором смысле несвойственную для нее, роль СУБД, но, тем не менее, часто выполняемую [8]. Если создаваемая в Excel реляционная база данных не нормирована, т. е. имеет несколько значений в одной клетке таблицы, то приходится создавать дополнительную таблицу, связанную с первой, что усложняет работу с Excel как с системой управления базой данных. В нашем же случае база данных наплавков нормирована и может быть размещена в одной таблице. К тому же, при необходимости, в поля таблицы можно вводить гиперссылки на графический, текстовый или иной документ, а также исполняемый файл, что является очень удобным, но поиск по этим полям в Excel невозможен.

В настоящее время облачный ресурс «Google Диск» предоставляет для свободного пользования более 15 Гб облачной памяти для защищенного хранения файлов, в том числе документов Microsoft Word, Excel, фотографий, видео. Тем самым дает возможность другим пользователям просматривать, редактировать и копировать документы. В приложении «Google Таблицы» можно достаточно комфортно работать с файлами Excel, практически не хуже чем в Microsoft Office Excel. Причем работать можно не только в онлайн, но и в автономном режиме с последующей синхронизацией с «Google Таблицы» при включении интернета, а также работать на смартфоне с установленной OS Android 4.0 и более поздних версий. Кроме того, «Google Таблицы» предоставляет возможность одновременной совместной работы над таблицами неограниченному количеству сотрудников, получивших у администратора право доступа.

Облачная база данных результатов дуговых наплавков, созданная в «Google Таблицы», позволяет редактировать данные, управлять ими, проводить сортировку (рис. 3, а), фильтрацию по столбцам (рис. 3, б), а также создавать отчеты на основе данных, хранящихся в электронных таблицах. В базу данных можно вводить результаты вручную или импортировать их в «Google Таблицы». Если данные относятся к другим программам, то перед импортом их нужно будет сохранить в формате Excel, после чего импортировать в «Google Таблицы». В приложении «Google Таблицы» можно подсчитать результат по самым разным критериям:

- сумма — суммирует данные;
- счет — подсчитывает количество ячеек в числовом диапазоне;
- среднее значение — вычисляет среднее арифметическое выбранного диапазона данных;

- минимальные и максимальные значения — отображает самые низкие и самые высокие показатели выделенного диапазона;
- произведение — вычисляет произведение данных;
- стандартное отклонение — оценивает стандартное отклонение по выборке;
- дисперсия — оценивает дисперсию по выборке и др.

Выводы

1. Исследованы и подтверждены возможности интернет ресурса «Google Таблицы» для создания вполне функциональной экономной базы данных процесса дуговой наплавки для коллективного использования.

2. Создана интернет-база данных результатов процесса экспериментальной дуговой наплавки порошковыми проволоками для ее удаленного коллективного использования при создании автоматической системы регулирования процессом дуговой наплавки.

Список литературы

1. Колесников А. А. (1994) *Синергетическая теория управления*. Таганрог, ТРТУ, Москва, Энергоатомиздат.
2. Владимирский Э. И., Исмаилов Б. И. (2011) *Синергетические методы управления хаотическими системами*. Баку, ELM.
3. Рябцев И. А., Ланкин Ю. Н., Соловьев В. Г. и др. (2015) Компьютерная информационно-измерительная система для исследования процессов дуговой наплавки. *Автоматическая сварка*, **9**, 34–37.
4. Ланкин Ю. Н., Рябцев И. А., Соловьев В. Г. (2014) Влияние электрических параметров дуговой наплавки порошковой проволоки на стабильность процесса и проплавление основного металла. *Там же*, **9**, 27–31.
5. Коннолли Т., Бегг К., Страчан А. (2001) *Базы данных: Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика*. Пер. с англ. 2-е изд., испр. и доп. М., СПб., К., Вильямс.
6. Редмонд Э., Уилсон Джим. Р. (2013) *Семь баз данных за семь недель. Введение в современные базы данных и идеологию NoSQL*. Жаклин Картер (ред.). Пер. с англ. Москва, ДМК Пресс.
7. Демченко В. Ф., Козлитина С.С. (2010) Банк данных режимов дуговой сварки в CO₂, под флюсом и в среде инертных газов. *Известия ТулГУ. Технические науки*, **4**, 1.
8. Долженков В. А., Стученков Ф. Б. (2007) *Microsoft Office Excel 2007*. Санкт-Петербург, БХВ–Петербург.

References

1. Kolesnikov, A.A. (1994) *Synergic control theory. Taganr. TRTU*. Moscow, Ergoatomizdat [in Russian].
2. Vladimirovsky, E.I., Ismajlov, B.I. (2011) *Synergic methods of chaotic system control*. Baku, ELM [in Russian].
3. Ryabtsev, I.A., Lankin, Yu.N., Soloviov, V.G. et al. (2015) Computer information-and-measuring system for investigation of arc surfacing processes. *The Paton Welding J.*, **9**, 32-35.
4. Lankin, Yu.N., Ryabtsev, I.A., Soloviov, V.G. et al. (2014) Effect of electric parameters of arc surfacing using flux-cored

- wire on process stability and base metal penetration. *Ibid.*, **9**, 25-29.
5. Connolly, T., Begg, C., Strachan, A. (2001) *Databases: Design, implementation and management. Theory and practice*. Moscow; St.-Petersburg; Kiev, Williams [in Russian].
 6. Redmond, E., Wilson, J.P. (2013) *Seven databases in seven weeks. Introduction in current databases and NoSQL ideology*. Ed. by J. Carter. Moscow, DМК Press [in Russian].
 7. Demchenko, V.F., Kozlitina, S.S. (2010) Database of modes of CO₂, flux-cored and inert gas arc welding. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie Nauki*, **4**, 1 [in Russian].
 8. Dolzhenkov, V.A., Stuchenkov, F.B. (2007) *Microsoft Office Excel 2007*. St.-Petersburg, BKhV-Petersburg [in Russian].

В. Г. Соловйов

ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України.
03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11.
E-mail: office@paton.kiev.ua

ІНТЕРНЕТ-БАЗА ДАНИХ ПРОЦЕСУ ДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ ПОРОШКОВИМИ ДРОТАМИ

Виконано значний обсяг робіт по дуговому наплавленню самозахисним порошковим дротом на плоскій і циліндричній поверхнях виробів, відкритою дугою, під флюсом і в середовищі захисних газів, в широкому діапазоні напруг і струмів дуги, при різних діаметрах дроту і при різних швидкостях наплавлення з метою використання експериментального матеріалу для розробки алгоритмів автоматизації технологічного процесу. У статті наводяться рішення по систематизації отриманих в результаті експериментів даних, яке дозволило всім учасникам досліджень мати віддалений доступ до інтернет-бази даних для її розширення, коригування та аналізу. Бібліогр. 8, рис. 3.

Ключові слова: автоматизація, база даних, дугова наплавка, порошковий дріт

V.G. Soloviyev

E.O.Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine.
11 Kazimir Malevich Str., 03150, Kyiv, Ukraine.
E-mail: office@paton.kiev.ua

INTERNET DATABASE OF ARC SURFACING PROCESS USING FLUX-CORED WIRES

A significant volume of works was done on arc surfacing using self-shielding flux-cored wire on plane and cylindrical surfaces of workpieces with an open arc, under flux and in protective gas environment, in a wide range of stresses and arc currents, with different diameters of wire and at different deposition rates in order to use the experimental material to develop algorithms for automation of technological process. The article provides a solution on systematization of the data, obtained as a result of experiments, which allowed all the participants of investigations to have a remote access to the Internet database for its broadening, correction and analysis. 8 Ref., 3 Fig.

Keywords: automation, database, arc surfacing, flux-cored wire

Поступила в редакцію 21.11.2017