

**СППР ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ
ПОРОШКОВ- ДЛЯ СВАРКИ СТАЛЕЙ**

Т.Ю. Чернышева, к.т.н., доц., Д.С. Карцев, маг.

Томский политехнический университет

Россия, 652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

tatch@list.ru

Аннотация: Рассматриваются возможности применения наноматериалов и нанопокровов для машиностроения. Проведен обзор программных средств для инженерных расчетов процессов сварки и термической обработки. Предложена система поддержки принятия решения выбора рационального количества наноструктурированных порошков-модификаторов для сварки коррозионно-стойких сталей.

Abstract: The possibilities of using nanomaterials and nanocoatings for machine building are considered. The review of software for engineering calculations of welding processes and heat treatment is carried out. A decision support system for choosing a rational amount of nanostructured modifier powders for welding corrosion-resistant steels is proposed.

Одним из приоритетных направлений развития научно-технического прогресса в мире являются нанотехнологии. Машиностроение является, в основном, потребителем объемных наноструктурированных материалов (стали, титан и его сплавы, алюминиевые сплавы, керамика, пластмассы и композиционные материалы), материалов с памятью, порошковых материалов и комплектующих наноизделий (гидро- и электрооборудование, нанопродукция приборостроения и др.). Существенный эффект ожидается от внедрения технологических процессов нанесения износостойких покрытий на режущие инструменты, штампы и прессформы, а также износо-, коррозионно-, жаростойких и водооталкивающих покрытий деталей машин. Важное значение имеет наноструктурированная продукция триботехнического направления и оборудование для обработки деталей с нанометровой точностью и для нанесения нанопокровов [6]. При этом улучшение соответствующих качественных показателей (прочность, твердость, пластичность, износо-, жаро-, коррозионная стойкость и т.д.) может быть достигнуто как посредством введения наноразмерных добавок (нано- порошков, нанотрубок, фуллеренов и др.) при осуществлении того или иного технологического процесса (литье, прессование, нанесение покрытий и др.), так и за счет соответствующих технологических режимов изготовления заготовок и изделий (равноугольное прессование, термомеханическая обработка и др.) [7]. В последнее время и в России наметились определенные успехи в практической реализации научных исследований.

Обзор средств автоматизации расчетов

Развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) основывается на прочной научно-технической базе. Это - современные средства вычислительной техники, новейшие способы представления и обработки информации, создание новых численных методов решения инженерных задач. Системы автоматизированного проектирования дают возможность на основе новейших достижений фундаментальных наук отрабатывать и совершенствовать методологию проектирования, стимулировать развитие математической теории проектирования сложных объектов и систем [1].

VirtualArc® - это уникальный программный продукт позволяющий имитировать процесс дуговой сварки плавящимся металлическим электродом (проволокой) в активной или инертной газовой среде. Имеет понятный пользователю графический интерфейс. Предназначен для прогнозирования и настройки параметров сварки в офлайн режиме. VirtualArc – инструмент, сочетающий ArcPhysics, 2D-инструмент для имитации системы сварки «проволока-дуга-заготовка», экспериментальные измерения, практический опыт и нейронную сеть используемые для создания модели сварочной дуги, а также профиля сварного шва.

Получаемые оценки при имитации процесса горения сварочной дуги и передачи тепла и массы заготовке, применяются в качестве входных данных для нейронной сети, которая дает прогноз качества и профиля сварного шва, а также о возможных дефектах сварного шва.

Технология VirtualArc запатентована шведско-швейцарской компанией АВВ, и других продуктов со столь же мощными функциями на данный момент не существует.

VirtualArc в сварочном производстве может использоваться для планирования производственного процесса; прогнозирования формы и глубины проплавления сварного шва в офлайн режиме и пр.; финансовых исследований стоимости предполагаемого сварного шва; документирования процесса сварки; оптимизации производительности процесса сварки и ее качества, используемой в технологическом процессе [2].

SYSWELD – программа для инженерных расчетов процессов сварки и термической обработки, разработанная французской компанией ESI Group. SYSWELD может моделировать термическую обработку металлов и сварочные процессы; внутренние напряжения, деформацию, твердость и прочность материалов, подвергнутых заданным технологическим обработкам.

SYSWELD – это мощный комплекс программ, моделирует все физические процессы, происходящие во время сварки; физические процессы, происходящие во время термообработки; содержит модуль сборки, используемый для моделирования процесса сборки и сварки сварных конструкций больших размеров. Он оперирует переданными из предыдущих модулей величинами (поля напряжений и деформаций) для создания единого НДС всей конструкции.

Программный комплекс SYSWELD разработан для многодисциплинарных расчетов процессов сварки и термообработки. Характерной особенностью работы данной программы является то, что в ней заложен алгоритм учета деформаций, вызываемых металлургическими превращениями, которые оказывают большое влияние на остаточные напряжения после сварки. Программа ведет работу с термокинетическими диаграммами, которые описывают процесс фазовых превращений [3-8].

ВЕРТИКАЛЬ – это система автоматизированного проектирования технологических процессов, решающая большинство задач автоматизации процессов ТПП.

САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ позволяет:

- проектировать технологические процессы в нескольких автоматизированных режимах;
- рассчитывать режимы сварки, резания и другие технологические параметры;
- автоматически формировать все необходимые комплекты технологической документации в соответствии с ГОСТ РФ и стандартами, используемыми на предприятии (требуется дополнительная настройка);
- вести параллельное проектирование сложных и сквозных технологических процессов группой технологов, в режиме реального времени;
- производить проверку данных в технологическом процессе (на актуальность справочных данных, а также нормоконтроль) т.д.;

Данную систему может быстро освоить пользователь с любым уровнем «компьютерной» подготовки. ВЕРТИКАЛЬ позволяет сделать работу технолога более быстрой и удобной; возрастает как скорость, так и качество разработки технологических решений [7, 11, 12].

SolidWorks – это программное обеспечение, созданное одноименной американской компанией для автоматизации работ промышленных предприятий на этапах технологической и конструкторской подготовки производства. Это простое в изучении средство дает возможность инженерам-проектировщикам быстро воспроизводить свои идеи в эскизе, экспериментировать с элементами и их размерами, а также создавать модели и подробные чертежи [10].

Трехмерное твердотельное и поверхностное параметрическое моделирование – это принципы, реализуемые в данной программе. Они позволяют конструкторам создавать объемные детали и собирать сборки в виде трехмерных электронных моделей, которые в дальнейшей работе применяются для организации двухмерных чертежей и спецификаций изделий согласно требованиям единой системы конструкторской документации.

В SolidWorks сварные швы могут быть реализованы в документе сборки. В новых версиях SolidWorks появилась возможность проектировать сварные швы в контексте многотельной детали. Каждый шов формируется как отдельное твердое тело, привязанное к окружающей геометрии [6].

Применение таких систем автоматизированного проектирования как VirtualArc, SYSWELD, ВЕРТИКАЛЬ, SolidWorks в сварочном производстве позволяет существенно повысить качество и скорость технологического проектирования, качества и технико-экономического уровня результатов проектирования, снизить трудоемкость процесса проектирования и затраты на натурное моделирование и проведение испытаний.

Постановка задачи исследования

Задачей работы является разработка программы поддержки принятия решения в расчетах по выбору рационального количества наноструктурированных материалов. Данный вопрос актуален в наше время. С каждым годом количество отраслей, применяющих наноматериалы, увеличивается. В сварочном производстве наноструктурированные частицы тугоплавких металлов и соединитель используются для модификации структуры сварного шва и ОШЗ. Расчет рационального количества нанопорошка занимает много времени и является рутинным процессом, что может повлечь за собой пропуск ошибки. Для ускорения процесса было принято решение о разработке программы, кото-

рая будет осуществлять расчет безразмерной функции, исходя из введенных пользователем экспериментальных данных.

Информационная система выполняет функции: 1) учет информации о наноструктурированных порошках; 2) расчет значений параметров эксперимента; 3) учет результатов экспериментов; 4) выбор оптимального количества порошков для сварки коррозионно-стойких сталей.

Рассмотрим подробнее информационные потоки программы.

1. Процесс принятия решения при выборе рационального количества нанопорошка.

Процесс принятия решения при выборе рационального количества нанопорошка включает в себя: Формулы и методы; Рекомендации, Информацию о свойствах нанопорошка, основного металла, сварочных режимах. Выходными данными являются: Рациональное количество порошка и Оценка эффективности решения.

2. Анализ показателей и их значений

На этапе анализа осуществляется обработка входной информации об объектах, предназначенных для участия в испытаниях. Таковыми данными являются: Информация о свойствах нанопорошка, основного металла, сварочных режимах. После завершения анализа входных данных, обработанные данные, проходящие под требования пользователя, будут переданы на этап расчета.

3. Расчет и выбор рационального количества нанопорошка.

На этапе расчета, исходя из проанализированных данных, высчитывается значение безразмерной функции:

$$f = s_{\bar{o}} \cdot e_{\bar{o}} \cdot v_{\bar{o}}$$

где Толщина дендрита - s (мкм);

Ширина дендрита - e (мкм);

Объем капли электродного металла - v (мм³).

Величины s, e, v находились по формулам:

$$s_{\bar{o}} = \frac{si}{sc}$$

$$e_{\bar{o}} = \frac{ei}{ec}$$

$$v_{\bar{o}} = \frac{vi}{vc}$$

При рациональном количестве наноструктурированного порошка, полученная безразмерная функция должна стремиться к нулю. Для этого после расчета значения функции, строится график, по которому и выбирается рационально количество нанопорошка. На рисунке 1 приведен пример графика для трех нанопорошков, добавляемых при сварке стали 12X18H10T.

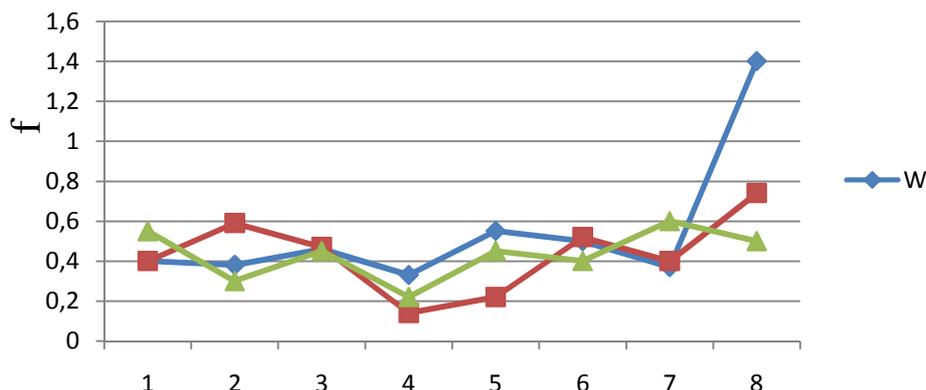


Рис. 1. График выбора рационального количества нанопорошка:
 N - количество экспериментов, f – безразмерная функция

4. Мониторинг

На этапе мониторинга будет осуществляться оценка применения выбранного, исходя из рассчитанных значений, количества наноструктурированного порошка. Мониторинг даст представление о практической и экономической пользе использования рассчитанного количества нанопорошка.

Заключение

Подразумевается, что приложение позволит производить выбор рациональной концентрации нанодисперсных частиц исходя из различных ограничений, задаваемых пользователем, а также производить расчет интегральных показателей сварного соединения или наплавленного слоя, на которые в ходе выбора различного количества порошка-модификатора будет оказываться влияние. Такими параметрами будут являться: твердость сварного соединения или наплавленного слоя, его временное сопротивление разрыву, ударная вязкость, износостойкость и т.д.. Также будет выводиться информация о протекании процесса сварки: стабильность процесса, количество коротких замыканий, изменение значений тока и напряжение и т.д. Для расчета будет введена аддитивная функция и массив информации [15, 16, 17].

Литература.

1. Эрик Ландре. Общие направления развития нанотехнологии до 2020 г. Пер. с англ. О.Ю. Санфиновой // Российские нанотехнологии. Том 2, № 34, 2007. – С. 8-15.
2. Нанотехнологии в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / Дж. Уайтсайлес, Д. Эйглер, Р. Андерс и др. / Под ред. Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса. Пер с англ. М.: Мир, 2002. – 292 с.
3. Ультрадисперсные среды. Получение нанопорошков методом химического диспергирования и их свойства: Учеб. пособие / Д.И. Рыжонков, В.В. Левина, Э.Л. Дзиндигури и др. – М.: МИСиС, 2007. – 135 с.
4. Мухаметшин Ф.М. Развитие наносферы в России и международное научно-техническое сотрудничество // Нанонаука и нанотехнологии. Энциклопедия систем жизнеобеспечения / Главные редакторы: Осамо О. Аваделькарим (США), Ю. Чунли Бай (КНР), С.П. Капица (Россия). Изд-ва: Юнеско, EOLSS и изд-й дом МагистрПресс, Москва, 2009. С. XII-XIV.
5. Кочанов Д.И. Наноматериалы и нанотехнологии для машиностроения: состояние и перспективы применения // РИТМ, № 8 (56), 2010. – С. 16-21.
6. Раков Э.Г. Состояние производства углеродных нанотрубок и нановолокон // Российские нанотехнологии. Том 3, № 910, 2007. – С. 89-94.
7. VirtualArc / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.abb.ru/>
8. Г.И. Биленко. Применение SYSWELD для исследования сварочных деформаций / САПР и Графика 2011. Стр. 28-32. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=21948&iid=1003>
9. Система автоматизированного проектирования технологических процессов ВЕРТИКАЛЬ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://machinery.ascon.ru/software/tasks/items/?prcid=8&prpid=420>
10. Основные принципы SolidWorks/ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://help.solidworks.com/2013/russian/SolidWorks/sldworks/>
11. Гуляев В.В. САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ «Оборудование и инструмент для профессионалов / Металлообработка» 2012. Стр. 81-83
12. Система автоматизированного проектирования технологических процессов ВЕРТИКАЛЬ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://machinery.ascon.ru/software/tasks/items/?prcid=8&prpid=420>
13. Шандров, Б.В. Автоматизация производства (металлообработка): Учебник для нач. проф. образования / Б.В. Шандров. – М.: ИРПО: Издательский центр «Академия», 2002. – 256 с.
14. Нуралиев С.Н. Платформа «1С: Предприятие» как средство разработки бизнес-приложений / "PC Magazine/RE", № 11, 2006 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://v8.1c.ru/news/publication.jsp?id=193>
15. Карцев Д. С. Системы автоматизированного проектирования в сварочном производстве // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Юрга, 19-20 Ноября 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 229-231
16. Kuznetsov M.A., Zernin E.A., Danilov V.I., Kartsev D.S. Application of nanostructured powders to control characteristic of electrode metal transfer and the process of weld structurization // Applied Mechanics and Materials. – 2013. Vol. 379. – P. 199-203.
17. Kuznetsov M.A. Methods for defining the concentration of nanostructured powders in protective gas and its effect on the microstructure of deposit metal / M.A. Kuznetsov, S.A. Barannikova, E.A. Zernin, A.V. Filonov, D.S. Kartsev // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 770. – P. 28-33.