

СВАРКА

ISSN 2071-5234

ДИАГНОСТИКА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ ПО СВАРКЕ, КОНТРОЛЮ И ДИАГНОСТИКЕ



НАЦИОНАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО КОНТРОЛЯ СВАРКИ

Лауреат премии Правительства РФ в области качества 2012 года
Лауреат премии СНГ за достижения в области качества 2013 года



№ **3-2015**
май-июнь



85
лет



КАФЕДРА САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
«СВАРКА И ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»



С.А. Ермаков



П.А. Тополянский



Н.А. Соснин

УДК 621.001.4

С.А. Ермаков, канд. техн. наук,
П.А. Тополянский, канд. техн. наук,
Н.А. Соснин, док. техн. наук

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

cermakov@mail.ru

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ

Рассмотрены экспертные системы, позволяющие оценить влияние факторов технологического процесса на свойства и качество плазменной наплавки. Приведенное ранжирование параметров и факторов может являться предварительным или сопутствующим при планировании экспериментов с целью оптимизации конкретных свойств наносимых покрытий и раскрытия связей между оптимизационными параметрами и технологическими факторами.

Ключевые слова: наплавка, плазменная обработка, контроль качества, оптимизация технологии.

Expert systems are considered to assess the influence of the conditions and technological process parameters on the properties and quality of the plasma surfacing. The given ranking of the characteristics and parameters may be taken as preliminary or concomitant while organization of the experiments aimed at optimization of exact characteristics of the deposited coatings and at describing the connections between the optimization characteristics and the technological parameters.

Key words: surfacing, plasma processing, quality control, technology optimization.

Компьютерные технологии подготовки производства, например, в области прецизионной плазменной наплавки, включающие в себя кроме математических моделей и некоторые эвристические элементы поиска решений, например, алгоритм разрешения технических противоречий, требуют определенной формализации анализа действующих факторов, параметров оптимизации и связей между ними. Процесс плазменной наплавки относится к сложным многопараметрическим системам, полное математическое моделирование которых встречает значительные трудности, поэтому при оптимизации технологии целесообразно иметь информацию об экспертной оценке влияния действующих факторов на результат процесса наплавки (свойства покрытия и наплавленного детали).

Экспертные системы, как правило, оперируют весьма значительными массивами информации, поэтому имеет смысл в качестве примера рассмотреть сокращенный вариант, включающий только основные показатели качества (параметры оптимизации) плазменной наплавки и главные действующие в системе факторы.

Рассматриваемая статистическая оценка качества базируется на многочисленных практических работах в области оптимизации процессов плазменной наплавки и анализа публикации в этой области [1–12]. Она может являться предварительной или сопутствующей при проведении многофакторных экспериментов с целью оптимизации конкретных свойств наносимых покрытий и раскрытия связей между параметрами оптимизации и технологическими факторами.

Примем следующее обозначение основных показателей качества (параметров оптимизации) процесса плазменной наплавки для сокращенного варианта оценки:

- 1П — высота валика (толщина одного слоя при однослойной или многослойной наплавке);
- 2П — ширина валика (ширина единичного валика (прохода), при наличии поперечных колебаний — с учетом колебаний);

- 3П — глубина проплавления основного металла;
- 4П — твердость наплавленного металла;
- 5П — трещины в наплавленном металле;
- 6П — поры в наплавленном металле;
- 7П — несплавления между отдельными валиками;
- 8П — коэффициент использования наплавленного материала;
- 9П — напряжения и деформации наплавленного изделия.

В случае рассмотрения более полного варианта оценки с учетом использования заданного материала основы, выбранного присадочного материала и условий эксплуатации конкретного наплавленного изделия, данные показатели могут быть дополнены следующими параметрами:

- структура наплавленного металла;
- химический состав наплавленного металла;
- износостойкость наплавленного металла (параметры трения и износа — коэффициент трения, длительность приработки, тепловыделение при трении, износостойкость);
- коррозионная стойкость наплавленного металла;
- коррозионная стойкость близлежащей зоны к наплавленному металлу;
- поры в зоне сплавления основного и наплавленного металла;
- высота зоны перемешивания (зоны переменного состава, определяемая глубиной проплавления основного металла и гидродинамическими свойствами наплавленного металла);
- волнистость наплавленного металла (отношение разности максимальной и минимальной высоты к минимальной высоте валика наплавки).

К основным факторам, влияющим на качество плазменной наплавки, относятся:

а) энергетические:

- 1Ф — полярность (знак действия учитывается при переходе с прямой на обратную полярность);



- 2Ф — ток основной дуги;
- 3Ф — длительность импульса и паузы при импульсном режиме (в первом приближении — при постоянной длительности периода);
- 4Ф — ток пилотной дуги при двухдуговой наплавке (РТА — процессе);
- 5Ф — диаметр плазмообразующего сопла;
- 6Ф — дистанция до изделия;
- 7Ф — расход плазмообразующего газа;
- 8Ф — скорость перемещения (принимается линейная скорость без учета скорости поперечных колебаний);
- 9Ф — амплитуда колебаний;
- 10Ф — частота колебаний;
- 11Ф — температура подогрева изделия (предварительного и сопутствующего);
- 12Ф — интенсивность теплоотвода (учитывает теплоотвод в массу детали или в специальную оснастку);

б) металлургические:

- 13Ф — содержание углерода в основном металле;
- 14Ф — степень легирования основного металла;
- 15Ф — пластичность основного металла;
- 16Ф — содержание флюсующих элементов в наплавляемом металле;
- 17Ф — твердость наплавленного металла;
- 18Ф — гранулометрический размер и форма частиц порошка;
- 19Ф — диаметр присадочной проволоки;
- 20Ф — качество подготовки присадочного и вспомогательного материала (отсутствие посторонних примесей, масел, ржавчины, влаги, состав газовой среды, качество аргона);
- 21Ф — содержание раскислителей в защитном газе (водород и т.п.);
- 22Ф — содержание окислительных примесей в защитном газе (воздух, влага и т.п.);

в) конструктивные:

- 23Ф — заглубленность наплавляемой поверхности (отношение глубины разделки к ширине);
- 24Ф — заданная толщина слоя;

г) технологические:

- 25Ф — количество слоев при наплавке;
- 26Ф — смещение вперед при наплавке на тела вращения;
- 27Ф — размеры устройства газовой защиты (диаметр и конфигурация защитного сопла, определяющие размеры зоны защиты);
- 28Ф — количество (расход) присадочного материала, подаваемого в единицу времени;
- 29Ф — замедленное охлаждение после наплавки (охлаждение в печи, песке или другим способом).

Примем следующую градацию экспертных оценок влияния действия конкретного фактора: 0 — не действует; 1 — слабое; 2 — среднее; 3 — сильное.

Знак действия определялся следующим образом: если изменение результата совпадает с направлением изменения фактора — зависимость прямая (+), в противном случае — обратная (-).

Обобщенные результаты экспертных оценок приведены на рис. 1, 2, 3. На горизонтальной оси указаны номера действующих факторов от 1Ф до 29Ф (см. список выше). На рис. 4 представлены действующие факторы в порядке убывания

значимости их влияния на качество плазменной наплавки. Значимость влияния оценивалась как сумма баллов экспертных оценок влияния каждого фактора на все параметры оптимизации (при суммировании знак влияния не учитывался).

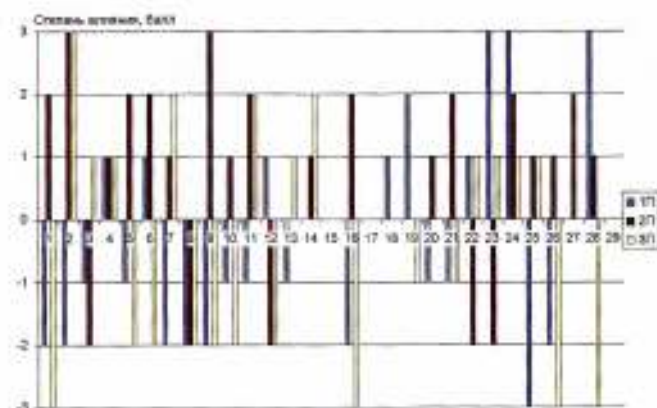


Рис. 1. Влияние действующих факторов на высоту (1П) и ширину (2П) наплавляемого валика и на глубину проплавления основного металла (3П)

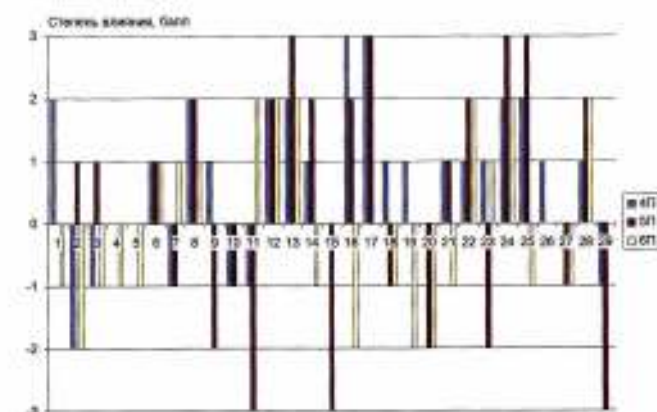


Рис. 2. Влияние действующих факторов на твердость наплавленного слоя (4П), на вероятность образования трещин (5П) и пор (6П) в наплавленном металле

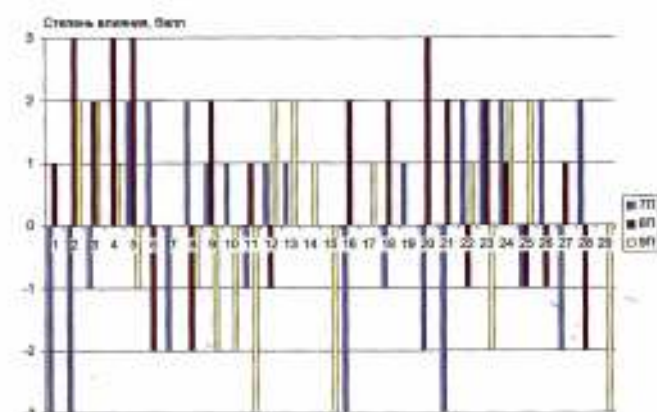


Рис. 3. Влияние действующих факторов на появление несплавлений (7П), на коэффициент использования наплавляемого материала (8П) и на напряжения и деформации в обрабатываемой конструкции (9П)



Аналогично могут быть построены и гистограммы влияния на другие параметры.



Рис. 4. Значимость влияния действующих факторов на качество плазменной наплавки

Наибольшую значимость влияния на качество плазменной наплавки показали следующие факторы (рис. 4):

- среди энергетических: ток основной дуги (33 балла), скорость наплавки, температура подогрева и интенсивность теплоотвода (по 24 балла), полярность дуги (23 балла);
- среди металлургических: содержание флюсующих элементов в наплавляемом материале (32 балла), наличие окислительных примесей/загрязнений в газовой среде (29 баллов), качество подготовки наплавляемого материала и содержание углерода в основном металле (по 18 баллов);
- среди конструктивных: заданная толщина наплавки (29 баллов) и заглубленность разделки (22 балла);
- среди технологических: расход наплавляемого материала (26 баллов) и количество наплавляемых слоев (23 балла).

Приведенная статистическая оценка влияния действующих факторов на процесс плазменной наплавки показала, что предлагаемый подход достаточно эффективен и может быть использован при создании алгоритмического сопровождения технологии и оборудования, отработке и автоматизации не только плазменной, но и других видов наплавки.

Список литературы

1. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский Л.А. Плазменные технологии. СПб.: Изд-во Политехнич. ун-та. 2013. 406 с.

2. Бобряшов Е.М., Кравченко И.Н., Сельдяков В.В., Пузряков А.Ф. Технологические параметры и закономерности их влияния на процесс плазменной наплавки порошковыми материалами // Технология металлов. 2014. № 4. С. 19–26.

3. Судник В.А., Ерофеев В.А., Страхова Е.А. Анализ качества кольцевой плазменной наплавки на основе компьютерного моделирования // Известия Тульского гос. университета. Технические науки. 2010. № 4-1. С. 200–211.

4. Чуркин В.А., Вальтер А.И. Процесс плазменной наплавки, как объект для системы управления качеством // Известия Тульского гос. университета. Технические науки. Выпуск № 1. 2012. С. 325–328.

5. Ющенко К.А., Яровицын А.В., Яковчук Д.Б. и др. Некоторые пути снижения потерь присадочного порошка при микроплазменной наплавке // Автоматическая сварка. № 9. 2013. С. 32–38.

6. Gatto A., Bassoli E., Fornari M. Plasma Transferred Arc Deposition of Powdered High Performances Alloys: Process Parameters Optimisation as a Function of Alloy and Geometrical Configuration // Surface and Coatings Technology 187 2004. P. 265–271.

7. A.S.C.M. D'Oliveira, R.S.C. Paredes, R.L.C. Santos Pulsed current plasma transferred arc hardfacing // Journal of Materials Processing Technology 171 (2006). P. 167–174.

8. A.S.C. d'Oliveira, R. Vilar, C.G. Feder High temperature behaviour of plasma transferred arc and laser Co-based alloy coatings // Applied Surface Science 201(2002). P. 154–160.

9. Wilden J., Bergmann J.P., and Frank H. Plasma Transferred Arc Welding — Modeling and Experimental Optimization // Journal of Thermal Spray Technology. Volume 15(4). December 2006. P. 779–784.

10. Akiyama M., Tsubouchi K., Okuyama T., Sakaguchi N. Applications for Plasma Transferred Arc Welded Tools During Hot Steel Tube Making // Ironmaking Steelmaking. 2000. 27(3). P. 183–188.

11. Bouaifi B., Schreiber F., Göllner J., Schulze S. Eigenschaften und Beständigkeit von Plasma-Pulver-Auftragschweißungen aus hartstoffverstärkten CrNiMoN-legierten Duplex-Stählen. DVS-Berichte, 1996. 175. S. 425–428.

12. Zikin A., Ilo S., Kulu P., Hussainova I. etc. Plasma Transferred Arc (PTA) Hardfacing of Recycled Hardmetal Reinforced Nickel-matrix Surface Composites // ISSN 1392–1320. MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA). Vol. 18. No. 1. 2012. P. 12–17.

СВАРКА
ДИАГНОСТИКА

ЭЛЕКТРОННЫЙ
АРХИВ
на svarka.naks.ru

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

С 2014 года на нашем сайте доступны ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕРСИИ ЖУРНАЛОВ