

Как следует из табл. 2, значительное количество теплоты горячих газов из рабочего пространства печи (21 %) теряется с водой, поступающей на охлаждение стен шахты и удерживающих пальцев.

Выводы.

Таким образом, разработана методика расчета баланса теплоты в шахте печи Фукса с применением математической модели конвективного теплообмена в неподвижном слое шихты.

Методика может быть использована для совершенствования конструкции шахты и режимов нагрева шихты с целью повышения эффективности ис-

пользования теплоты отходящих из печи газов и производительности печи.

Литература

1. Кабаков, З. К. Математическая модель нагрева металлического лома в шахтной дуговой сталеплавильной печи Фукс / З. К. Кабаков, Р. С. Панков // Материалы Междунар. науч. семинара «Научно-технический прогресс в металлургии – 2012». – Череповец, 2013. – С. 24–28.
2. Китаев, Б. И. Теплотехнические расчеты металлургических печей / [Б. И. Китаев и др.]. – М., 1970.

УДК 62

А. Ю. Казинаускас, Е. В. Еришов
Череповецкий государственный университет

УПРАВЛЕНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫМ КОМПЛЕКСОМ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ И НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

В статье приведено описание процесса и расчет параметров по нанесению покрытия на обрабатываемую деталь методами газотермического напыления, лазерной обработки и лазерной наплавки. Приведены режимы управления работой установки газотермического напыления для автоматизации технологического процесса, с целью восстановления деталей сложной геометрии.

Газотермическое напыление, лазерная наплавка, устройство управления, скоростью перемещения горелки, дистанции напыления.

The description of the process and calculation of parameters for covering on the processed detail by methods of gas-thermal dusting, laser processing and laser welding is given in the article. Control modes of installation of gas-thermal dusting for automatization of the technological process, for the purpose of restoration of details of difficult geometry are presented in the paper.

Gas-thermal dusting, laser welding, control unit, speed of movement of a torch, dusting distance.

Введение.

Важность решаемой задачи обусловлена востребованностью технических решений по восстановлению изношенных деталей оборудования, нанесению функциональных и защитных покрытий с использованием технологий газотермического напыления, лазерной обработки и лазерной наплавки. Нанесение на поверхность детали либо оборудования слоя металла, обладающего повышенной стойкостью к среде, твердостью, изолирующими и другими специальными свойствами, позволяет увеличить срок экс-

плуатации промышленного оборудования и его эксплуатационную надежность либо восстановить детали сложной геометрии.

Основная часть.

В настоящее время лазерная обработка и нанесение покрытия на деталь производится в ручном режиме при помощи сервопривода вращателя, который не обеспечивает требуемой точности и оперативности выполнения технологических операций (рис. 1) [2].

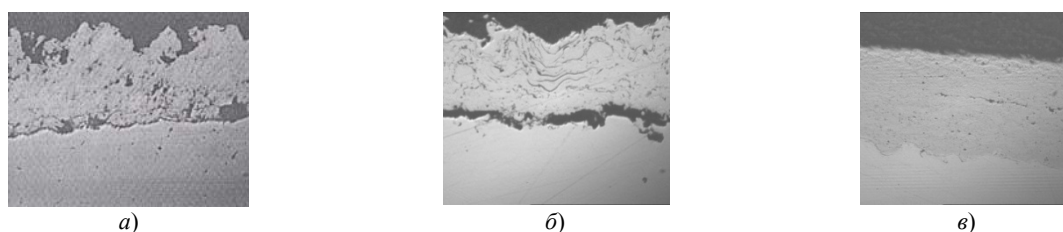


Рис. 1. Микроструктуры газотермических покрытий:
а – электродуговая металлизация, ручной режим; б – газопламенное напыление, ручной режим;
в – метод высокоскоростного напыления при помощи роботизированного комплекса

В этой связи необходимо совершенствовать процесс управления роботизированным комплексом с тем, чтобы повысить уровень автоматизации и как следствие этого – оперативность и точность.

В отличие от механической обработки деталей, где основным условием обеспечения качества является точное позиционирование рабочего инструмента относительно обрабатываемой поверхности, в напылении более важным является точность задания скоростей перемещения распылителя относительно напыляемой поверхности и в меньшей степени обеспечение эквидистантного перемещения распылителя. Это связано с тем, что от скорости перемещения распылителя зависит время напыления на единицу площади поверхности, что влияет на толщину напыляемого покрытия. Погрешность задания скоростей приводит к неравномерности толщины

покрытия, высокой волнистости и дополнительным затратам на последующую обработку.

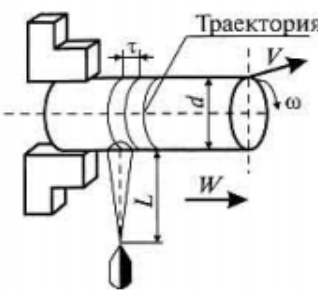
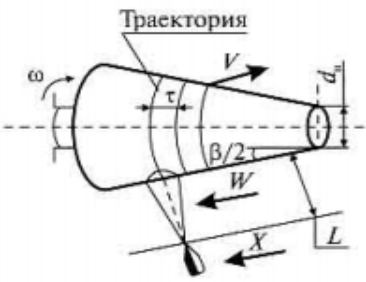
При напылении на тела вращения нанесение покрытий на заданную площадь происходит путем линейного перемещения распылителя с одновременным вращением изделия. В табл. 1 представлены кинематические схемы процесса напыления на боковую поверхность деталей типа цилиндра, конуса, диска, как наиболее распространенные [6].

В качестве примера рассмотрим ситуацию нанесения покрытия на цилиндрическую поверхность с параметрами: пятно не более 16 мм, диаметр 500 мм, скорость 200 мм/с (что соответствует 12 000 мм/мин.), линейную скорость перемещения W определим как:

$$W = \frac{V \cdot \tau}{\pi \cdot d} = \frac{12000 \cdot 16}{\pi \cdot 500} = 122,3 \text{ мм/мин.}$$

Таблица 1

Кинематическая схема нанесения покрытий на тела вращения

Номер схемы	Вид кинематической схемы напыления	Расчетные формулы
1		$W = \omega \cdot \tau,$ $\omega = \frac{V}{\pi \cdot d} = \text{const}$
2		$W = \frac{V \cdot \tau}{\pi \left(d_n + 2x \cdot \sin \frac{\beta}{2} \right)},$ $\omega = \frac{V}{\pi \cdot d_i},$ $\omega = \frac{V}{\pi \left(d_n + 2x \cdot \sin \frac{\beta}{2} \right)}$
3		$W = \frac{V \cdot \tau}{\pi \left(d_n - \tau \frac{\varphi}{2\pi} \right)},$ $\omega = \frac{V}{\pi \left(d_n - \tau \frac{\varphi}{2\pi} \right)},$ φ – угол поворота диска

соответственно, частоту вращения детали можно определить по формуле:

$$\omega = \frac{W}{\tau} = \frac{123,3}{16} = 7,64 \text{ об./мин.}$$

Пятно напыления на обрабатываемую деталь выглядит следующим образом (рис. 2).

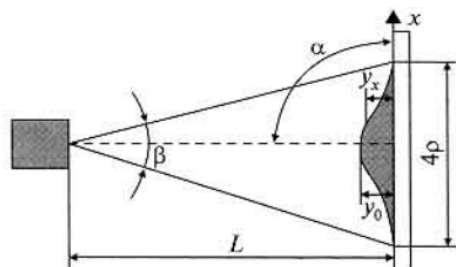


Рис. 2. Форма струи и распределения напыляемых частиц:

β – угол раскрытия струи; α – угол напыления (угол оси струи к поверхности подложки);

L – дистанция напыления; ρ – радиус рассеивания

Согласно рис. 1, существует следующее соотношение между радиусом рассеивания, дистанцией напыления, и углом раскрытия струи:

$$\rho = \frac{1}{2} L \cdot \tan \frac{\beta}{2},$$

где L – дистанция напыления, мм; β – угол раскрытия струи газопламенного пистолета с модернизированным соплом, в градусах.

При принятой дистанции напыления L=140 мм, угол раскрытия струи для разработанной модели сопла равен 20°. Для β = 20°

$$\rho = \frac{1}{2} \cdot 140 \cdot \tan \frac{20^\circ}{2} = 12,343 \text{ мм.}$$

При данных значениях линейного перемещения и скорости подачи восстановление деталей или напыление упрочняющего слоя из легированной стали

можно осуществить нанесение покрытия толщиной около 110 мкм. При необходимости изменения толщины слоя управление осуществляется либо изменением скорости подачи проволоки и скорости вращателя, либо изменением коэффициента перекрытия слоев (что влияет на равномерность покрытия). В большинстве случаев для обеспечения требуемой толщины покрытия и его минимальной разнотолщинности в полуавтоматическом режиме необходимо изменять один или несколько параметров.

Кроме рассчитанных выше кинематических параметров, есть параметры напыления, влияющие на скорость и температуру частиц. Данные параметры регулируются скоростью подачи материала и установкой значений расхода газов и определяют опытным путем, исходя из необходимости получения максимума прочности сцепления и минимальной пористости покрытия. Изменение данных параметров влияет на производительность напыления (кг/ч), пределы регулирования ограничиваются необходимостью поддерживать требуемые значения скорости и температуры потока для расплавления частиц в потоке, достижения требуемых значений адгезии и когезии [1], [3]–[5], [8].

В табл. 2 приведены расчеты по режимам работы установки газотермического напыления для алюминия, бронзы и хромистой стали.

Таблица 2

Режимы работы установки ГТН

Сплав	Oxygen	Propane
Алюминий	72	33
Хромистая сталь	68	36
Бронза	68	38

Для того чтобы управлять всем процессом в автоматизированном режиме, используется устройство управления и манипуляционная система (система передвижения), способная формировать команды на исполнительные системы. На рис. 3 представлена обобщенная функциональная схема управления роботизированным комплексом лазерной обработки и нанесения покрытий.

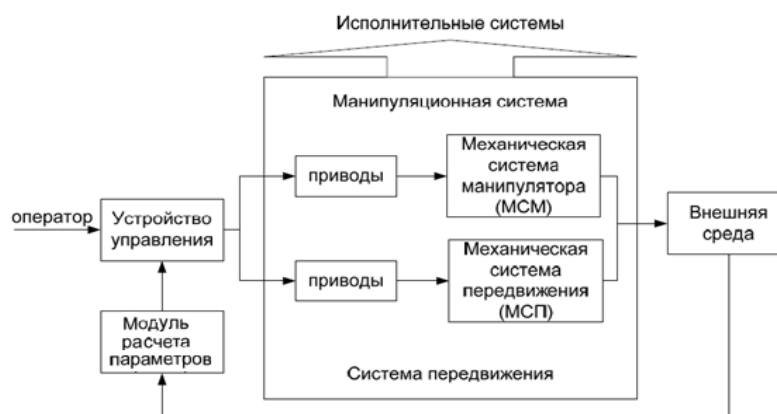


Рис. 3. Обобщенная функциональная схема робота

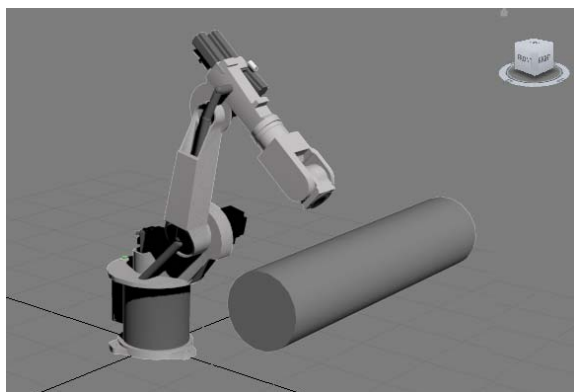


Рис. 4. 3D-модель роботизированного комплекса

Основное конкурентное преимущество – возможность обработки деталей сложной геометрии.

Сферы применения очень обширны: металлургические предприятия (ремонт валков), а также предприятия, применяющие промышленные роботы (автомобилестроение, машиностроение и металлообработка).

Выводы.

Программное обеспечение (свидетельство № 2015612635 о государственной регистрации в Роспатент) для управления роботизированным комплексом лазерной обработки и нанесения покрытий разработано в среде Delphi и испытано с применением робота-манипулятора «Робин» в лаборатории систем искусственного интеллекта кафедры МПО ЭВМ [7].

Оперативность выполнения технологических операций повысилась в 1,25 раза, точность – на 8,7 %. Таким образом, в работе предложен подход

для повышения эффективности обработки деталей на основе автоматизированного управления, обеспечивающего оперативность и точность технологического процесса.

Литература

1. Балдаева, Л. Х. Газотермическое напыление / Л. Х. Балдаева. – М., 2007.
2. Борисова, А. Л. Структура и свойства покрытий полученных электродуговой металлизацией из порошковых проволок / [А. Л. Борисова и др.] // Автоматическая сварка. – 1995.
3. Зенин, Б. С. Современные технологии модифицирования поверхности и нанесения покрытий / Б. С. Зенин, Б. Б. Овечкин. – Томск, 2008.
4. Зенин, Б. С. Современные технологии поверхностного упрочнения и нанесения покрытий / Б. С. Зенин, А. И. Слосман. – Томск, 2012.
5. Ильющенко, А. Ф. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование / А. Ф. Ильющенко, А. И. Шевцов, В. А. Оковитый. – Мн., 2011.
6. Казинаускас, А. Ю. Программное обеспечение для управления роботизированным комплексом лазерной обработки и нанесения покрытий / А. Ю. Казинаускас, Е. В. Ершов // X MEZINARODNI V'EDECKO – PRAKTICKA KONFERENCE. – Praha, 2014.
7. Казинаускас А. Ю., Ершов Е. В., Виноградова Л. Н., Варфоломеев И. А. Свидетельство №2015612635 о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программное обеспечение для управления роботизированным комплексом лазерной обработки и нанесения покрытий». Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 24 февраля 2015 г.
8. Кудинов, В. В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование / В. В. Кудинов, Г. В. Бобров. – М., 1992.

УДК 66.048

С. В. Лукин

Череповецкий государственный университет,

А. Н. Сурикова

Вологодский государственный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА ВЫПАРНЫХ СТУПЕНЕЙ УСТАНОВКИ РАЗДЕЛЕНИЯ НЕФТЕШЛАМА

В статье рассмотрены вопросы оптимизации числа выпарных ступеней установки разделения нефтешлама, за счет которой можно увеличить производительность установки и снизить удельный расход топлива в несколько раз и минимизировать капитальные и эксплуатационные расходы на осушку 1 т нефтешлама.

Блок разделения нефтешламов, выпарная установка, нефтешлам, оптимизация.

The paper considers the issues of optimization of the number of evaporating stages in the unit for oil slime separation, that will increase an output of the unit and reduce the specific consumption of fuel by several times, and minimize capital and operating costs of the dehydration per 1 ton oil slime.

Separation oil slime unit, evaporation plant, oil slime, optimization.