

УДК 621.791.92

Кассов В. Д.
Грибков Э. П.
Малыгина С. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ ЛЕНТЫ

Одним из рациональных методов повышения износостойкости и долговечности узлов и деталей машин является высокопроизводительная наплавка порошковыми лентами, которая позволяет механизированным электродуговым способом наносить различные композиционные и легированные сплавы.

Однако при наплавке композиционного сплава не всегда обеспечивается переход частиц износостойкой фазы в наплавленный слой в исходном состоянии, их объемная концентрация часто не соответствует условиям требуемой износостойкости наплавленного металла. В ряде случаев используют порошковый материал сердечника с более высокими прочностными характеристиками, чем у металла оболочки, что в процессе изготовления порошковой ленты может привести к образованию дефектов оболочки (разрывы, проколы). При обжати ленты в процессе прокатки происходит дробление частиц сердечника, что приводит к изменению их реакционной способности при наплавке.

Анализ теплового состояния системы «сердечник-оболочка» порошковой ленты [1–3] показал, что степень нагрева компонентов сердечника в процессе наплавки определяется отношением интенсивности двух эффектов: переноса теплоты через пограничный слой (теплообмен на поверхности сердечника) и переноса теплоты материалом сердечника (теплопроводность внутри шихты). Наличие теплоизолирующей прослойки между сердечником и оболочкой позволяет целенаправленно управлять тепловым полем сердечника. Как показано в работе [4], наличие прослойки связующего материала положительно сказывается на сдвиговых характеристиках шихты, а, следовательно, и на энергосиловых параметрах процесса изготовления порошковой ленты.

Цель работы – исследовать особенности изготовления электродной порошковой ленты с промежуточной теплоизолирующей прослойкой, обеспечивающей постоянство фракционного состава сердечника.

Исследование поведения промежуточной теплоизолирующей прослойки [5] как составной части порошкового электрода на различных его технологических стадиях (изготовление, хранение, транспортировка от изготовителя к заказчику, наплавка) позволило сформулировать требования, предъявляемые при выборе материала промежуточной теплоизолирующей прослойки:

- общие – характеризующие промежуточную теплоизолирующую прослойку в целом как дисперсную систему (суспензию) и ее отдельные составляющие;
- технологические – определяющие ее пригодность для нанесения на поверхность металлической оболочки и придания этой поверхности требуемых свойств;
- эксплуатационные (рабочие) – свойства, проявляющиеся как в процессе хранения и транспортировки порошковой проволоки, так и в процессе плавления и оказывающие непосредственное влияние на сварочно-технологические свойства электрода и качества металла шва.

Наличие значительного количества связующих, используемых в сварочных материалах, вносит неопределенность в процесс выбора или оценки эффективности адгезива. Эта неопределенность в основном связана с тем, что с одной стороны, большинство известных связующих не имеют достаточного объема данных, необходимых для его конкретного функционального назначения, а с другой стороны, необходим системный подход, который включал бы основные принципы выбора, основанные на количественных оценках основных параметров.

Изучение зоны контакта оболочки и сердечника по длине вылета электрода и процессов, происходящих в них при наплавке, раскрывает общие закономерности, позволяющие

спрогнозировать результаты взаимодействия, рассчитать направление и границы теплофизических превращений при наличии промежуточной (между оболочкой и шихтой) теплозащитной прослойки с учетом физико-химических свойств ингредиентов, характера температурного поля сердечника и определить основные требования к материалу прослойки:

- максимальное сохранение прочности при термических возмущениях, вносимых в ее исходное состояние при температурах прокатки порошковой ленты и нагрева оболочки при ее плавлении;

- получение благоприятных сварочно-технологических характеристик;
- минимальная теплопроводность, обеспечивающая высокий теплоизоляционный эффект;
- минимальное количество термически нестабильных продуктов в ее составе;
- доступность, высокая технологичность в изготовлении, низкая стоимость;
- обеспечение в соответствии с нормами санитарно-гигиенических условий в производстве и выполнение экологических требований по защите окружающей среды.

Математическая модель изготовления порошковой ленты при наличии теплоизолирующей прослойки [4] позволяет осуществлять вычисления основных показателей процесса в зависимости от величины обжатия, радиуса рабочих валков, толщины оболочки, исходной толщины и кинематической вязкости связующего материала прослойки. В математической модели учитывалась кинематическая, геометрическая и фрикционная асимметрия, задний и передний подпор, а также особенности прокатки порошкового сердечника в металлической оболочке при наличии прослойки связующего между порошком и оболочкой, которая видоизменяет напряженное состояние в очаге деформации.

В качестве реализации данной математической модели на рис. 1 представлены расчетные распределения локальных и интегральных характеристик процесса изготовления порошковой ленты в зависимости от величины радиуса валков при следующих параметрах:

толщина сердечника перед входом в очаг деформации $h_0 = 3,0$ мм;

толщина сердечника на выходе из очага деформации $h_1 = 1,5$ мм;

толщина металлической оболочки $h_{об} = 0,5$ мм;

ширина порошковой ленты $b = 20$ мм;

начальная скорость прокатки $V_0 = 0,05$ м/с;

коэффициенты, описывающие физико-механические свойства материала сердечника, $a = 0,32$; $m = 0,35$; $n = 3,09$;

условный предел текучести материала сердечника $\sigma_s = 595$ Н/мм²;

исходная плотность шихты $\rho_{шт} = 2$ г/см³;

плотность твердой фазы шихты $\rho_0 = 7,8$ г/см³;

толщина прослойки связующего между шихтой и оболочкой $\xi_0 = 0,2$ мм;

вязкость связующего $\nu = 100$ сСт и его плотность $\rho = 900$ кг/м³.

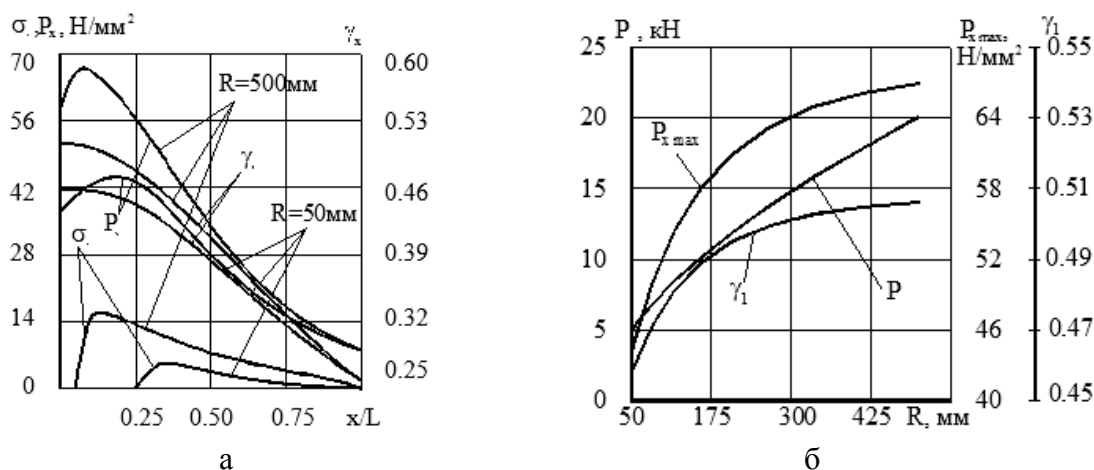


Рис. 1. Расчетные распределения локальных (а) и интегральных (б) характеристик процесса изготовления порошковой электродной ленты в зависимости от величины радиуса валков R_1 и R_2

На рис. 1 приняты следующие условные обозначения: P_x , $P_{x \max}$ – нормальные и максимальные нормальные контактные напряжения, Н/мм²; P – сила прокатки, кН; γ_x , γ_l – относительная плотность сердечника до и после уплотнения; x – текущая координата, мм; L – длина очага деформации, мм.

При уменьшении радиуса валков до 50 мм максимум нормальных контактных напряжений перераспределяется к сечению, находящемуся ближе к входу в очаг деформации, и уменьшается на 37 %. То же самое происходит с силой прокатки, которая уменьшается на 75 %.

Экспериментальные исследования по определению влияния обжатия порошковой ленты на коэффициент дробления проводили на лабораторной установке, схема которой приведена на рис. 2. Принцип работы установки следующий: крутящий момент от двигателя асинхронного 2 (мощность $N = 1,5$ кВт, $n = 1350$ об/мин) через червячный редуктор 1 (передаточное число $i = 41$), соединительные муфты 3, шестеренную клетку-редуктор 4, универсальные шпиндели 5 передается на валки 7. Диаметр рабочих валков $D_6 = 100$ мм, длина бочки $L_6 = 100$ мм, окружная скорость рабочей поверхности валков $V_6 = 35$ мм/с. Установка межвалкового зазора осуществляется нажимными винтами 6 с ручным приводом. Для удобства заготовка порошковой ленты задавалась через специальную проводковую систему.

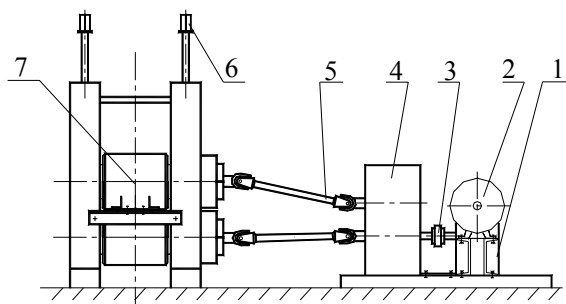


Рис. 2. Схема и состав оборудования лабораторной установки

В качестве экспериментальных образцов при определении энергосиловых и геометрических параметров процесса изготовления порошковой ленты использовалась лента со следующими геометрическими размерами: ширина – 14 мм; толщина металлической оболочки – 0,5 мм; исходная толщина сердечника 5,5 мм. Порошковую ленту прокатывали в валках с различными обжатиями $\varepsilon = 5 \dots 45$ %. Измерение силы процесса прокатки производили при помощи кольцевых месдоз.

В ходе эксперимента производили следующие измерения: исходной толщины заготовки; конечной толщины полученной порошковой ленты; силы прокатки при помощи кольцевых месдоз с тензометрическими датчиками сопротивления; фракционный состав сердечника до и после прокатки. Данные о величине силы прокатки фиксировались при помощи светолучевого осциллографа Н 145.

Были также проведены исследования влияния слоя связующего материала, расположенного между сердечником и металлической оболочкой, путем прокатки порошковой ленты со смазкой и без неё. Толщина слоя связующего материала – 0,2 мм; динамическая вязкость – 9000 сП.

Тарировку месдоз лабораторной установки производили путем имитации рабочих нагрузок известной величины, при помощи гидродомкрата плунжерного типа. Вариация показаний в условиях тарировки не превысили ± 9 %.

Изменение фракционного состава определялось путем отсева на фракции с применением механического встряхивателя типа 028-М. Рассев производили в течение 15 минут. Массу каждой фракции определяли взвешиванием с точностью до 0,1 г.

Оценку дробления частиц производили по коэффициенту дробления, который определялся отношением массы полученной фракции к исходной массе частиц:

$$K_d = \Phi_n / \Phi \cdot 100\%,$$

где Φ_n – полученная фракция частиц после отсева, г; Φ – исходная масса частиц, г. Результаты проведенных исследований показаны на рис. 3.

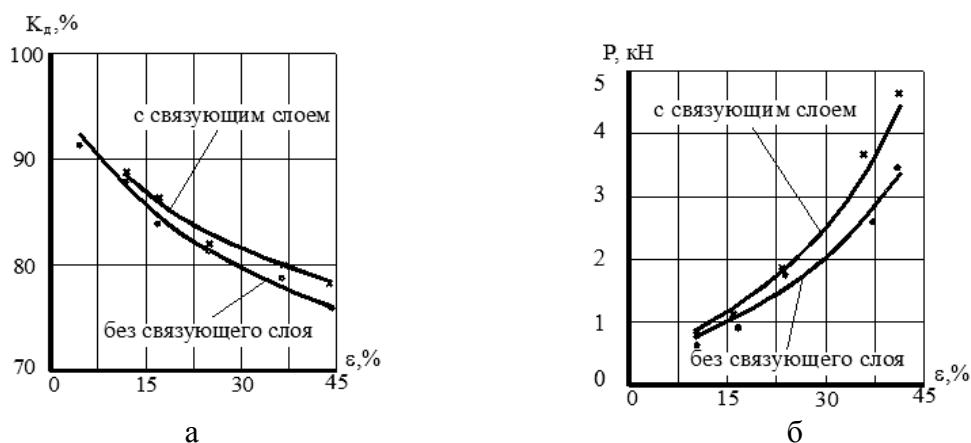


Рис. 3. Экспериментальные и расчетные распределения зависимости коэффициента дробления (а) и силы прокатки (б) от величины обжатия порошковой ленты:

- – экспериментальные точки, полученные при прокатке без связующего;
- × – экспериментальные точки, полученные при прокатке со связующим;
- – расчетные кривые

Из анализа представленных экспериментальных распределений можно сделать вывод о нелинейном характере зависимости коэффициента дробления от степени деформации порошковой ленты, а также благоприятном влиянии связующего, находящегося между сердечником и металлической оболочкой на энергосиловые параметры процесса прокатки и, как следствие, на фракционный состав сердечника. Например, при наличии связующего при обжатии $\varepsilon = 37\%$ коэффициент дробления составляет $K_d = 80\%$, а без – $K_d = 77\%$. Причем, при увеличении обжатия наблюдается большая степень влияния связующего на фракционный состав сердечника. Из сопоставления полученных экспериментальных точек и расчетных распределений видно, что расхождение между ними составляет не более 5 %.

ВЫВОДЫ

На основе результатов экспериментальных исследований установлена зависимость коэффициента дробления материала сердечника от степени деформации при наличии связующего в шихте. Это позволяет обеспечить постоянство фракционного состава порошковой композиции в промышленных условиях изготовления порошковой ленты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кассов В. Д. Математическая модель теплового состояния вылета порошковой ленты в процессе плавления / В. Д. Кассов, В. В. Чигарев, И. В. Воленко // Вестник Приазовского государственного технического университета : сб. науч. трудов. – Мариуполь, 2000. – Вып. № 9. – С. 156–159.
2. Кассов В. Д. Температурные поля порошковой ленты в процессе ее плавления / В. Д. Кассов // Интеграція технології та енергозбереження. – 2001. – № 1. – С. 101–106.
3. Кассов В. Д. Термоциклические изменения в сердечнике дифференцированно подогреваемой порошковой ленты при наплавке штамповой оснастки / В. Д. Кассов, В. В. Кадава // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : сб. науч. трудов. – Краматорск, 2001. – С. 104–109.
4. Кассов В. Д. Теоретический анализ и методика расчета силовых параметров производства порошковой ленты / В. Д. Кассов, Э. П. Грибков, И. В. Воленко // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : сб. науч. трудов. – Краматорск, 2001. – С. 549–554.
5. Кассов В. Д. Высококачественные порошковые электроды для восстановления штамповой оснастки / В. Д. Кассов, В. В. Чигарев, В. В. Кадава // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : сб. науч. трудов. – Краматорск-Славянск, 2000. – С. 487–491.

Кассов В. Д. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ПТМ ДГМА;
 Грибков Э. П. – канд. техн. наук, доц. ДГМА;
 Малыгина С. В. – канд. техн. наук, ст. преп. ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: amm@dgma.donetsk.ua