

КОМПОЗИЦИОННЫЕ АРМИРОВАННЫЕ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ВЫТЯЖКИ ПРОВОЛОКИ

*Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь*

При разработке состава газотермического покрытия для вытяжки проволоки была взята композиция самофлюсующийся сплав на основе никеля и карбида вольфрама (WC) и исследовались следующие зависимости: влияние гранулометрического состава самофлюсующегося порошка и конгломерированного порошка карбида вольфрама на пористость, твердость и структуру покрытия, температуру плавления порошка: формирование структуры от времени нагрева.

Шихта для спекания готовилась двух составов: а) 40 и 60; б) 60 и 40 весовых частей порошка ПГ-ХН80С4Р4 и конгломерированного карбида вольфрама (WC) соответственно. Температура плавления выбиралась из следующих соображений: в процессе плавления не должно происходить химических превращений в карбиде вольфрама, появление тонких прослоек окислов по границам зерен препятствует сплавлению порошка. Температура плавления конгломерированного карбида вольфрама – от 1350 до 1470°C. Температура плавления ПГ-ХН80С4Р4 – около 980–990°C, ПГ-ХН80СЗР3 – 1050–1100°C. Поэтому температуру плавления шихты следует выбирать в интервале температур 900–1400°C, т.к. самофлюсующийся сплав должен расплавиться, а порошок карбида вольфрама должен находиться в нагретом состоянии достаточное время, чтобы в граничных областях гранул произошла диффузия в никелевый сплав, но в центре гранул не должны происходить процессы коагуляции зерен, т.к. при этом теряются прочностные свойства порошка. Кроме того, самофлюсующийся сплав на основе никеля представляет собой пластичную матрицу на основе никелевого раствора, армированного разветвленным остовом развитых непрерывных эвтектических колоний, упрочняющих сплав наподобие арматуры в железобетоне.

В таком виде в покрытии оптимально сбалансированы прочностные и пластические свойства. Воздействующие на поверхность покрытия нагрузки распределяются по всей толщине. Введение в покрытие конгломерированного порошка WC размером до 100 мкм (по толщине покрытия может быть уложено 8–10 слоев таких частиц) значительно влияет на распределение нагрузки. Возможны три варианта сцепления введенных частиц с покрытием. Первый – без образования химической, диффузионной или металлической связи частиц армирующего порошка при недо-

греве. В этом случае матрица из никелевого сплава образует непрерывную среду, в ней расположены механически закрепленные частицы с резко отличающимися прочностными свойствами. В процессе изнашивания происходит усталостное разрушение более мягкой составляющей – самофлюсующегося сплава, обнажение более твердой составляющей и его последующее выкрашивание. Причем, отколовшиеся частицы сами становятся абразивом, разрушающим покрытие. Вторым возможным вариантом – жидкофазное спекание.

В этом случае происходит спекание двух многокомпонентных систем, одна из которых находится в жидком состоянии, другая – в твердом. Появление жидкой фазы при спекании существенно активизирует процессы усадки и формирования структуры за счет снижения вязкости системы, более легкого межчастичного скольжения и перегруппировки, интенсификации массопереноса. Жидкофазное спекание существенно зависит от смачивания жидкими компонентами твердых поверхностей. При полном смачивании краевой угол равен нулю. Как следует из [1], краевой угол равен нулю при смачивании жидким никелем карбида вольфрама при температуре 1450°C. Обычно температура сплавления в присутствии жидкой фазы или температура пропитки превышает температуру появления жидкой фазы эвтектики самофлюсующегося сплава на 70-100°C. Принято различать несколько стадий сплавления: заполнение жидкой фазой зазоров между частицами (жидкие прослойки играют роль своеобразной смазки, образуя стягивающие «манжеты»). На этой стадии особенно важна роль гранулометрического состава шихты. Вторая стадия – это растворение-осаждение (химическая перегруппировка), придающая частицам правильную форму. Именно на этой стадии происходит проникновение жидкой фазы (твердого раствора никеля) по границам зерен в частицу карбида вольфрама, с одной стороны, и диффузное распространение карбида в никелевом растворе, с другой стороны. При охлаждении из этой стадии по границам конгломерированных частиц карбида межзеренная прослойка обогащается никелем, образуя с ним неограниченный твердый раствор, а с другой стороны, в никелевой матрице, окружающей частицу, выделяется в виде эвтектики сложный карбид типа $(W, Cr)_7C_3$. Именно этой стадией должен ограничиваться процесс сплавления, а, следовательно, температура должна быть выбрана в очень ограниченном интервале – достаточная для плавления легкоплавкой эвтектики $Cr-B-Ni_3B$, Cr_7C_3-N , но недостаточная для превращения WC в WC_2 .

Третья фаза в спекании – это полное (на всю глубину частицы) проникновение жидкой фазы по границам зерен (своеобразное межкристаллитное разрушение) с последующим растворением мелких частиц, выравниванием концентрации твердого раствора никеля по порошинке и фактическим распадом частицы. Это происходит при увеличении температуры и времени нагрева. При отсутствии перемешивания говорить о получении гомогенной структуры нельзя. После кристаллизации покрытие будет представлять собой никелевую матрицу, в которой отсутствуют инородные частицы. В матрице будут наблюдаться зоны размеров до 100 мкм с повышенной концентрацией карбида вольфрама, с повышенной хрупкостью и твер-

достью, не уравновешенные пластичной связкой. В этом случае реализуется третий из возможных вариантов сцепления частицы с матрицей из самофлюсующегося сплава – полное взаимное растворение элементов. Появление зон повышенной хрупкости приводит к быстрому разрушению покрытий.

Таким образом, из требований, предъявляемых к структуре и составу покрытия, следует, что температура задается в узком интервале 1100–1250°C, время нагрева зависит от массы детали.

Минимальная пористость получена в сплаве с размером частиц 60–80 мкм. Однако замечено, что нельзя одновременно использовать порошок с разным гранулометрическим составом, т.е. нельзя использовать порошок размером 40–80 мкм, т.к. в процессе коагуляции из-за ухудшения смачиваемости образуются поры, отсутствует сплавление, что отрицательно влияет на эксплуатационные свойства.

Исследовали влияние гранулометрического состава самофлюсующегося порошка на пористость. Необходимо использовать порошок равной или более мелкой фракции, т.к. в связи с неправильной формой частиц не вся граница смачивается, частица сплавляется не по всей поверхности.

Содержание армирующего порошка в шихте определяется не только требованиями к повышению твердости покрытия, но и характером внешних нагрузок. Предполагается, что покрытие с шероховатостью поверхности 0,12 мкм (по ТУ шероховатость должна быть менее 0,20 мкм) подвергается трению проволокой с высоким содержанием углерода, латунированной, движущейся по поверхности покрытия со скоростью 25 м/с. Среда трения – масляная эмульсия с рН 8+/-0,5. Рифления на поверхности проволоки в первую очередь будут разрушать более мягкую матрицу из самофлюсующегося сплава. Поэтому расстояние между армирующими частицами должно быть таким, чтобы в процессе трения проволока базировалась на них по всей поверхности конуса. Отсюда требования к содержанию порошка в шихте – более 50%. Однако расстояние между упрочняющими частицами должно быть достаточным для обеспечения равномерного распределения прикладываемой к твердой и хрупкой частице нагрузки на упругую никелевую матрицу. Окончательное содержание компонентов в них было принято: 40% ПГХН80С4Р4 – + 60% карбида вольфрама.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов Г.В., Виницкий И.М. Тугоплавкие соединения. – М.: Металлургия, 1978. – 176 с.