



ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК ПРИ ПОСТРОЙКЕ И РЕМОНТЕ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В. Артемчук, д.т.н., профессор

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна,
В. Нестыкайло, В. Упырь, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК»

В настоящее время на мировом рынке сварочных материалов сохраняется устойчивая тенденция роста потребления порошковых проволок в различных отраслях промышленности. В последние годы одним из эффективных направлений для сварки конструкционных сталей является применение металлопорошковых проволок малого диаметра. Такая тенденция обусловлена более высокой производительностью процесса и коэффициентом использования проволоки, низким разбрызгиванием металла, снижением вспомогательного времени, меньшей чувствительностью к образованию пористости, более низким выделением сварочного аэрозоля.

В Украине одним из лидеров изготовителей порошковых проволок является фирма ООО «ТМ.ВЕЛТЕК». За два десятилетия существования предприятие приобрело статус надежного партнера на рынке сварочных материалов Украины, Белоруссии, Прибалтики, Узбекистана и др.

Непрерывная кропотливая и целенаправленная работа над совершенствованием технологии производства порошковых проволок, дооснащением новым оборудованием, реновацией (модернизацией) имеющегося создана база для выпуска современной качественной продукции на уровне 3000 тонн в год.

Тесное многолетнее сотрудничество с крупными потребителями, использующими продукцию ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» при изготовлении и ремонте ответственных и часто уникальных изделий предопределило политику предприятия в части обеспечения стабильного качества выпускаемой продукции, совершенствованию и созданию новых марок сварочных и наплавочных проволок.

Активными действиями к выполнению этой политики стала сертификация выпускаемой продукции по ISO 9001:2008.

В 2004 году получен, а в 2010 продлен сертификат на систему управления качеством Национального

Таблица 1 – Механические характеристики наплавленного металла

Защитный газ	Временное сопротивление разрыву σ_b , Н/мм ²	Предел текучести σ_t , Н/мм ²	Удлинение δ_5 , %	Ударная вязкость KCV при минус 20°С, Дж/см ²
CO ₂	640	480	24	110
Ar + 18% CO ₂	580	470	26	160

органа Украины по сертификации системы УкрСЕПРО о том, что система качества относительно производства порошковых проволок соответствует требованиям ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008, IDT). Вместе с этим сертификатом получены Сертификаты соответствия на 86 марок сварочных и наплавочных порошковых проволок.

На сегодняшний день на предприятии работает сертифицированная организацией DVS ZERT (Германия) система менеджмента качества в соответствии с ДСТУ ISO 9001:2015.

Для повышения качества сварки и производительности труда во время сварки кузова и рамы при постройке вагонов необходимо использовать новые сварочные материалы. С этой целью применяют сварочную порошковую проволоку марки ППс-ТМВ7 диаметром 1,2 мм, которая достойно зарекомендовала себя в кораблестроении и при сварке конструкций из малоуглеродистых низколегированных сталей. Сварку этой проволокой проводят в среде защитного газа (в углекислом газе (CO₂) или в смеси газов M21 (Ar + 15- 25% CO₂)). Порошковая проволока ППс-ТМВ7 одобрена Регистром Судоходства Украины. TUV Rheinland Industrie Service GmbH (Германия) провела инспекцию и сертификацию заводского контроля качества продукции в соответствии с Европейскими нормами в области строительных изделий и материалов № 305/2011 (система 2+) с маркировкой CE.

Механические характеристики наплавленного металла, выполненного ППс-ТМВ7 диаметром 1,2 мм, приведены в таблице 1.

Порошковая проволока ППс-ТМВ7 имеет следующие преимущества перед сплошной проволокой: более высокая скорость сварки; более высокая экономичность; идеальное формирование сварного шва; более высокая ударная вязкость при низких температурах (табл.1); отсутствие разбрызгивания металла; меньший расход проволоки; снижение выделения вредных составляющих сварочного аэрозоля на 30 %; возможность проведения процесса сварщиком более низкой квалификации, что особенно важно в нынешних условиях при дефиците квалифицированных рабочих.

Усовершенствованная технология изготовления обеспечивает стабильное качество порошковой проволоки в процессе ее изготовления. Проволока легко адаптируется к любым типам полуавтоматов для механизированной сварки в защитном газе, характеризуется легкой подаваемостью по шлангам полуавтоматов. Испытания выпускаемой продукции контролируется сертифицированной лабораторией

ЧАО «Днепрометиз». Поставка проволоки осуществляется в мотках или на стандартных кассетах K200 и K300 в полной готовности к применению. Упаковка проволоки осуществляется по ГОСТ 26101-84 в металлические барабаны массой 50-70 кг. По согласованию с потребителем проволока пакуется в картонные коробки по одному мотку или кассете с предварительной упаковкой в полиэтиленовый пакет. ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» производит поставку порошковой проволоки на условиях: франко-перевозчик FCA.

С целью исследований полученных свойств сварочного шва представленной проволоки был проведен соответствующий структурный анализ. На рисунках 1, 2 показан макрошлиф и внешний вид углового соединения двух стальных элементов (сталь 09Г2) толщиной $\delta = 12$ мм, выполненного порошковой проволокой ТМВ7 Ш1,2 в среде защитного газа CO₂. Сварку осуществляли в двух режимах:

I = 220 А, U = 25 В, направление — сверху-вниз;

I = 220 А, U = 27 В, направление — снизу-вверх.

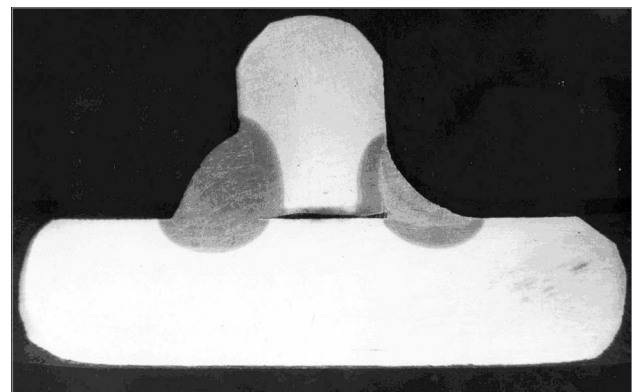


Рисунок 1 – Макрошлиф углового соединения образца



Рисунок 2 – Внешний вид углового соединения образца

В связи с большим объемом сварочных работ при сварке металлоконструкций вагонов актуальным

также является повышение производительности и снижение трудозатрат, которые в значительной мере зависят от стабильности процесса сварки.

В отличие от сплошной проволоки Св08Г2С в составе металлопорошковой проволоки марки ТМВ-МК5 (порошковая проволока с сердечником из смеси металлических порошков) присутствуют стабилизаторы и деоксиданты, которые улучшают кинетику плавления порошковой проволоки за счет изменения теплового воздействия сварочной дуги на плавление порошковой проволоки. Изменение кинетики плавления порошковой проволоки проявляется в изменении вида перехода расплавленного металла в сварочную ванну от крупнокапельного к мелкокапельному и струйному.

Промышленные испытания металлопорошковой проволоки ТМВ-МК5 показали существенное улучшение формы сварного шва, проплавления основного металла и снижение потерь на разбрызгивание. Установлено влияние типа сварочного источника питания на стабильность процесса сварки. Это влияние связано с электродинамическими характеристиками источника питания. Для достижения высокой стабильности требуется оптимизация режимов сварки по току и напряжению для каждого источника питания. Наиболее предпочтительно применение инверторных источников питания.

Учитывая мировые тенденции развития механизированной сварки, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» разработало и освоило производство высокопроизводительной металлопорошковой проволоки марки ТМВ-МК5 для сварки в смеси М21 (82 % Ar + 18 % CO₂).

Введение в сердечник проволоки деоксидантов и фторидов позволяет обеспечить более высокую устойчивость к образованию пористости при сварке по металлу со следами ржавчины, грунтовки, смазки, а также позволяет снизить содержания диффузионного водорода в металле шва и соответственно склонность к трещинообразованию в сварных соединениях.

Использование в сердечнике стабилизирующих добавок позволяет:

- проводить сварку с минимальным уровнем разбрызгивания, что во многих случаях позволяет практически полностью исключить зачистку сварных швов, а это в свою очередь снижает основное время сварки до 40 %;
- получать более благоприятную конфигурацию сварного шва;
- обеспечить стабильное проплавление основного металла при сварке металла различной толщины;

— снизить при сварке расход защитного газа, в частности М21 (80 % Ar + 20 % CO₂), в сравнении с процессом MAG до 20 %.

Применение модифицирующих добавок обеспечивает значительно более высокие показатели механических свойств наплавленного металла в сравнении со сплошной проволокой Св08Г2С (табл. 2).

При более высокой стоимости (на 20-30% выше, чем сплошная проволока Св08Г2С) главное преимущество металлопорошковой проволоки ТМВ-МК5 – возможность изготовить в 1,3–1,5 раз больше готовой продукции более высокого качества, а также получить экономию за счет уменьшения расхода защитного газа, затрат времени на изготовление 1 м сварного шва, зачистку металлоконструкций после сварки, исправления дефектов сварки, т. е. более эффективного использования квалифицированного сварщика.

Использование металлопорошковой проволоки ТМВ-МК5 (в определенных ситуациях) в технологическом процессе сварки металлоконструкций позволяет использовать менее квалифицированный персонал, что особо актуально в условиях острого дефицита высококвалифицированных сварщиков. При ремонте литых деталей грузовых вагонов применяют порошковую проволоку ПП-АН1 для восстановления изношенных деталей и дефектов литья. Также, согласно требованиям нормативной документации на железнодорожном транспорте Украины, для износостойкой наплавки деталей вагонов разрешается применять порошковые проволоки марки ВЕЛТЕК-Н250-РМ, ВЕЛТЕК-Н290, ВЕЛТЕК-Н490. Так, для наплавки ударных и тяговых поверхностей большого и малого зубьев корпуса автосцепки и других деталей вагонов применяют порошковую проволоку марки ВЕЛТЕК-Н290, которая обеспечивает твердость наплавленного слоя 240–300 НВ. Опыт проведения наплавки деталей автосцепного устройства с 2006 года в соответствии с требованиями типового технологического процесса ЦВ-0072 показал, что указанная порошковая проволока обеспечивает высокое качество наплавки с высокой износостойкостью.

Порошковая проволока ВЕЛТЕК-Н290 является универсальной, то есть может применяться при наплавке как открытой дугой (самозащитная), так и в среде углекислого газа. Она обладает высокой стойкостью против образования дефектов наплавленного металла (пор). Самозащитная проволока позволяет применять более простое и надежное сварочное оборудование, не требуется наличие резервуаров для хранения и коммуникаций для подачи углекислого газа, отсутствуют расходы на его

Таблица 2 – Механические свойства металла, наплавленного проволоками ТМВ-МК5 и Св08Г2С в защитной смеси М21 (80 % Ar + 20 % CO₂)

Марка проволоки	Диаметр, мм	σв, МПа	σт, МПа	δ, %	KCV, Дж/см² при минус 20°
ТМВ-МК5	1,2	590	450	26	120
Св08Г2С	1,2	510	400	22	43

приобретение. Также эта проволока значительно упрощает процесс автоматизации наплавки.

Немаловажным фактором применения проволоки ВЕЛТЕК-Н290 является обеспечение хороших сварочно-технологических свойств: стабильное мягкое горение сварочной дуги, качественное формирование валиков наплавленного металла, легкую отделимость шлаковой корки. Эту проволоку изготавливают и поставляют диаметром от 1,2 мм до 2,8 мм, что позволяет выбрать оптимальную технологию наплавки и оборудование для всей номенклатуры ремонтируемых деталей.

При значительных износах элементов тележек, требующих восстановления наплавкой четырьмя и более слоями, рекомендуется применять проволоку ВЕЛТЕК-Н250-РМ, которая в 3–4 слое дает твердость до 270 НВ, а проволока ВЕЛТЕК-Н290 в 3–4 слое наплавки обеспечивает твердость около 300 НВ, что усложняет последующую механическую обработку деталей.

Современные требования к повышению межремонтных сроков эксплуатации вагонов до 4 лет ставят задачу повысить износостойкость и качество наплавки изношенных поверхностей деталей, которые работают в условиях высоких динамических нагрузок и сильного абразивного износа. Наплавка изношенных поверхностей деталей порошковой проволокой марки ВЕЛТЕК-Н290 с повышенной твердостью и износостойкостью позволяет решить поставленную задачу и дает значительный экономический эффект.

При ремонте пассажирских вагонов в вагонном депо Бахмач и других вагоноремонтных предприятиях широкое применение получила порошковая проволока ВЕЛТЕК-Н490, которая обеспечивает твердость наплавленного слоя не ниже 450 НВ. Свою высокую эффективность данная проволока показала при наплавке ударных и тяговых поверхностей большого и малого зубьев корпуса автосцепки, а также замыкающей поверхности замка и буферных клиньев. На рисунках 3–5 показана наплавка корпуса автосцепки, надрессорной балки и корпусов букс порошковой проволокой марки ВЕЛТЕК-Н290.



Рисунок 3 – Наплавка корпуса автосцепки

При ремонте железнодорожных путей металлургических предприятий, высокие результаты показали порошковые проволоки марок ВЕЛТЕК-Н351 – аналог порошковой проволоки ESAB OK Tubrodur 35 O (15.43) и ВЕЛТЕК-Н230 – аналог порошковой проволоки ESAB OK Tubrodur 15.65. Для наплавки рельс и острижков (наконечников) стрелочных переводов применяли самозащитную порошковую проволоку марки ВЕЛТЕК-Н351 диаметром 1,6 мм. Анализ физико-механических свойств металла, наплавленного этой порошковой проволокой, показывает, что они близки к значениям свойств термоупрочненных рельсов (предел текучести — 860 МПа, временное сопротивление — 1070 МПа, относительное удлинение — 9,5 %, относительное сужение — 28,0 %, ударная вязкость — 40,0 Дж/см², твердость — 350 НВ). А для наплавки крестовин применяли самозащитную порошковую проволоку марки ВЕЛТЕК-Н230 диаметром 2,0 мм. При глубине износа крестовин более 6 мм сначала производят наплавку буферного слоя порошковой проволокой марки ВЕЛТЕК-Н215 диаметром 2,4 мм, а затем наносят упрочняющий слой проволокой ВЕЛТЕК-Н230 диаметром 2,0 мм. Указанные проволоки могут успешно применяться для ремонтных работ на магистралях «Укрзалізниці» со значительным экономическим эффектом.



Рисунок 4 – Наплавка подпятника



Рисунок 5 – Наплавка корпусов букс



За годы сотрудничества с вагоноремонтными предприятиями на ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» изготовили и поставили вагоноремонтным предприятиям «Укрзалізниці» более 3 тысяч тонн высококачественной порошковой проволоки для износостойкой наплавки и сварки деталей вагонов.

В настоящее время правительство Украины взяло курс на внедрение международных (ISO) и европейских (EN) стандартов. Основные требования международных стандартов к качеству сварки изложены в украинских стандартах ДСТУ/ISO 15607 – ДСТУ/ISO 15614, которые предусматривают проведение аттестации технологии сварки с разработкой технологических инструкций по сварке — Welding procedure specification (WPS) и оформления протокола аттестации технологии сварки (WPQR) на все сварочные процессы.

Общее требование всех международных стандартов заключается в том, что аттестация технологии сварки должна проводиться изготовителем продукции до выполнения сварки на производстве. Изготовитель проводит аттестацию самостоятельно. Приказом по предприятию назначается эксперт и/или экспертный орган для проверки проведения аттестации на ее соответствие стандартам. При необходимости может потребоваться независимый эксперт или независимый экспертный орган, обычно по требованию заказчика или отраслевых нормативных документов. Однако для внедрения международных стандартов ISO на вагоноремонтных предприятиях АТ «Укрзалізниця» не разработана соответствующая нормативная документация, которая должна определять методы проведения аттестации технологии сварки, экспертные органы и другие необходимые требования.

ООО «ТМ.Велтек» разработали проекты типовых технологических инструкций по сварке pWPS для износостойкой наплавки деталей грузовых и пассажирских вагонов порошковой проволокой марки ВЕЛТЕК-Н290.

Для аттестации pWPS методом испытания технологии сварки по ДСТУ/ ISO 15614 необходимо изготовить контрольный образец и провести испытания согласно требованиям ДСТУ/ISO 15614-7. При получении положительных результатов испытаний, оформляют протокол аттестации технологии сварки (WPQR) и утверждают технологическую инструкцию по сварке (WPS) на наплавку конкретной детали вагона, которую можно внедрять на производстве.

Предприятие ООО «ТМ.Велтек» готово предоставить технологические инструкции по сварке — Welding procedure specification (WPS) для сварки и износостойкой наплавки деталей вагонов и провести совместные испытания с оформлением протокола аттестации технологии сварки (WPQR) по желанию заказчика. 