

# Современные технологии дуговой наплавки изделий трубопроводной арматуры, горно-шахтного оборудования, двигательных установок

При производстве таких изделий, как элементы трубопроводной арматуры, горно-шахтного оборудования, авиационных и ракетных двигателей, промышленных энергоустановок широко применяются комбинированные материалы, представляющие собой слоёную структуру из металла основы и специального слоя, свойства которого определяются требованиями к изделию. Такими специальными свойствами могут являться: коррозионная стойкость, жаропрочность, износостойкость, антифрикционные свойства и другие. Основные способы нанесения функционального слоя — дуговая наплавка в защитных газах или под слоем флюса.

В последнее время производство таких изделий возросло за счёт реализации проектов по добыче и переработке нефти и газа, реконструкции электростанций, объектов атомной энергетике и военно-промышленного комплекса. Перед предприятиями-изготовителями стоят две задачи одновременно:

- Обеспечение высокого качества продукции с учётом перехода на Международные стандарты, в т.ч. Евро-5;
- Снижение себестоимости продукции путем сокращения технологических издержек.

Традиционные технологии наплавки под слоем флюса (в т.ч. лентой), плазменно-порошковая и аргонодуговая наплавка, далеко не всегда способны решить насущные проблемы. Первые две технологии имеют существенные ограничения, поскольку с их помощью можно наплавить только простые, практически плоские поверхности. Нужно добавить и существенные издержки на покупку флюса и наплавочной ленты. Аргонодуговая наплавка имеет крайне низкую производительность и под силу только высококвалифицированным сварщикам. Наплавка штучным электродом малопроизводительна и характеризуется большим количеством брака и доработок изделий. Все перечисленные издержки поднимают себестоимость продукции, делая производство неэффективным.

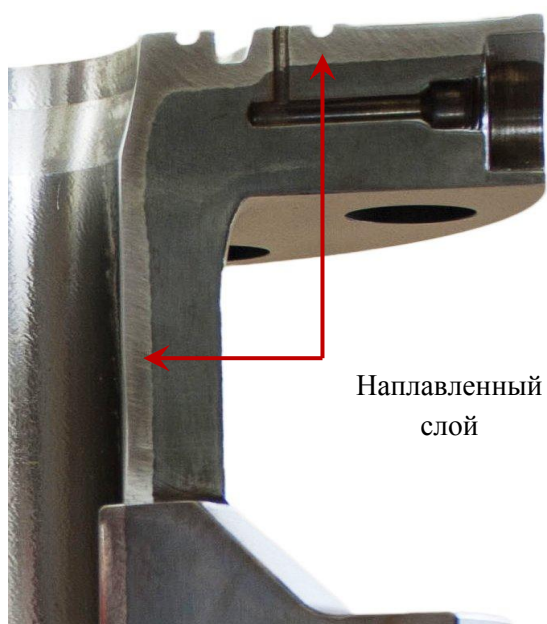
Предлагается решить эту проблему при помощи высокотехнологичных процессов наплавки TIG Hot Wire (ТНВ) и СМТ. Они позволяют получить широкий спектр комбинированных материалов высокого качества. Эти процессы охватывают материалы всех классов свариваемости вплоть до IV (плохо свариваемые), а также металлургически несовместимые комбинации материалов, такие как алюминий с оцинкованной сталью (СМТ процесс). Область применения процессов ТНВ и СМТ распространяется в т.ч. на следующие материалы:

- Конструкционные, котельные и трубные стали (типа Cr-Mo, Cr-Mo-V), чугуны;
- Нержавеющие и специальные стали;
- Жаропрочные стали;
- Никелевые жаростойкие сплавы турбин, коррозионностойкие Inconel 600, 625, 718 и т.п.;
- Сплавы на основе железа с повышенной твёрдостью и износостойкостью;
- Износостойкие «супер-сплавы» на основе кобальта и никеля (стеллиты и квази-стеллиты);
- Бронзы (кремнистые БрКМЦ-3-1, алюминиевые БрАМЦ-9-2 и другие).

1) «TIG Hot Wire» – по российским стандартам – это дуговая сварка/наплавка неплавящимся электродом подогретой присадочной проволокой в инертном газе (аргоне, гелии и их смесях).

Процесс наплавки THW характеризуется повышенной производительностью, а наплавленные слои – отличным качеством металла, что подтверждено всеми видами контроля. К преимуществам THW процесса нужно отнести:

- Повышение производительности наплавки до 1,7-5 кг/час (в зависимости от особенностей применения), для аргонодуговой наплавки характерно около 0,5-1,5 кг/час;
- Высокая скорость наплавки до 40 см/мин (максимальные показатели достигаются при использовании двух присадочных проволок), для аргонодуговой наплавки характерно не более 20 см/мин;
- Легкая адаптация к многослойной наплавке;
- Степень перемешивания с металлом основы не более 5-10 % в первом и не более 5% во втором слое. Полное отсутствие дефектов в наплавке.



*Рис. 1 Клапан запорной арматуры, наплавленный THW.*

*Слой из жаростойкого никелевого сплава Inconel 625. Диаметр присадочной проволоки 1, 2 мм. Скорость наплавки - 32 см/мин.*

Один из примеров применения процесса THW – это наплавка клапанов запорной арматуры для нефтедобывающей промышленности (рис. 1). В этом случае наплавляются цилиндрические и конические внутренние и наружные поверхности с пересекающимися отверстиями. Ось детали расположена вертикально и наплавка ведётся на стенке (в PF позиции). Максимальная производительность около 3 кг/час достигается при наплавке двумя горелками. Обычно, этот показатель для одной горелки составляет около 1,7 кг/час.

Технологический процесс полностью автоматизирован и управляется контроллером FPA 9000 или HMI в зависимости от требований к наплавленному слою. Реализованы инновационные функции программного обеспечения, охватывающие практически любую геометрию детали и обеспечивающие точное управление процессом, мониторинг качества и дистанционное обслуживание наплавочного комплекса:

- Наплавка пересекающихся отверстий/колодцев Bore-to-Bore (BtB);
- Автоцентрирование по 4-м точкам, наплавка канавок, возврат в прерванную позицию;
- Комбинированные колодцы из цилиндрических и прямолинейных поверхностей Race-Track (в т.ч. с BtB );
- Прямоугольные колодцы (комбинация прямых участков и скругленных углов);

- Задание допустимых пределов сварочных режимов;
- Запись /просмотр текущих значений сварочных параметров;
- Документирование параметров на внешний диск через Ethernet;
- Объемная визуализация процесса в формате 3D;
- USB для записи на карты памяти и печать на принтер;
- Удалённая диагностика и обслуживание через LAN Ethernet, Интернет;
- TWIN наплавка двумя проволоками / Увеличение производительности до 70%;
- Система видеонаблюдения за швом и большой ряд горелок.

2) В некоторых случаях для достижения оптимальных свойств наплавленного металла при максимальной производительности целесообразно применять технологию CMT и CMT TWIN.

Процесс Cold Metal Transfer - «холодный перенос металла», CMT — представляет собой дуговую сварку в защитном газе с переносом металла в сварочную ванну при отключенной дуге путём окунания проволоки за счёт её возвратно-поступательных движений. Частота циклов при этом достигает 130 Гц.

К преимуществам CMT наплавки можно отнести следующее:

- Высокую скорость процесса 60-80 см/мин;
- Производительность наплавки обычно 6,5 кг/ч, ( в случае MIG/MAG не более 4 кг/час);
- Производительность CMT TWIN – «двойная проволока» 12-14 кг/час (в нижнем положении);
- Минимальное тепловложение в основной металл по сравнению с другим способами наплавки в защитных газах и высокую стабильность процесса за счёт механического слежения за дугой;
- Минимальное перемешивание с металлом основы менее 5% в первом и около 1% во втором слое.



*Рис. 2. Наплавка уплотнительного выступа в корпусе крана методом CMT. 97,5% Ar + 2,5 % CO<sub>2</sub>. Коррозионностойкий слой. Диаметр присадочной проволоки 1,2 мм. Скорость наплавки 60 см/мин.*

Одним из характерных примеров применения процесса является наплавка уплотнительного выступа в корпусе крана Ду 600 ... 1200 (рис. 2), изготовленного из чугуна ВЧ 40 (GGG 40) **без предварительного и сопутствующего подогрева**. С использованием проволоки Св-08Х20Н9Г7Т и в комбинации с проволокой Св-07Х25Н13, наплавка выполнялась в два слоя со скоростью 60 см/мин.

Материал наплавки во втором слое соответствует по химическому составу стали 1.4370 (DIN X15CrNiMn18-8) и ТУ на российский аналог Св-08Х20Н9Г7Т. Твёрдость слоя: 201-230 НВ.

## Выводы:

1. Для качественной наплавки изделий трубопроводной арматуры, горно-шахтного оборудования, авиационных и ракетных двигателей, промышленных энергоустановок рекомендуется применять автоматизированное оборудование наплавки методами TIG Hot Wire и СМТ .
2. Для плакирования и сварки высокоответственных изделий (коррозионностойкие и жаростойкие слои), а также наплавки труднодоступных мест в отверстиях диаметром от 25 мм и т.п, следует использовать процесс TIG Hot Wire.
3. Максимальная производительность наплавки достигается при подаче двух проволок. Для СМТ TWIN эта величина составляет 12-14 кг в нижнем положении, поэтому этот процесс может заменить наплавку и сварку под слоем флюса.

## **Авторы:**

*ООО «Технологический центр ТЕНА» (495) 787-33-16, Москва, Окружной проезд, д.5, стр.1  
Бычковский С.Л (генеральный директор), Топоров И.Б. (руководитель отдела автоматизированного оборудования), Кудряшов Н.О. (инженер-технолог), Павлов Е.И (инженер-технолог).*

*Для подготовки статьи использована информация из технических отчетов, статей из корпоративного журнала Fronius «Weld + Vision» и презентаций компании.*