



результате высокоскоростного плазменного напыления водной суспензии с порошком TiO_2 . Поскольку каталитическая активность материала такого покрытия зависит от содержания в нем фазы анатаза, дальнейшее направление работы связано с определением пути управления фазовым составом TiO_2 -покрытия, полученного методом плазменного напыления суспензии TiO_2 , и установление влияния фазового состава покрытия на его каталитическую активность или эффективность использования в составе солнечной батареи.

1. *Напыление покрытий с подачей в плазменную струю водных растворов различных соединений* / В. А. Фролов, В. А.

- Поклад, Б. В. Рябенко и др. // Свароч. пр-во. — 2009. — № 9. — С. 47–50.
2. *Parameters controlling liquid spraying solutions, solids or suspensions* / P. Fauchais, R. Etchart-Salas, V. Rat et al. // J. Therm. Spray Technology. — 2008. — 17(1). — P. 31–59.
 3. *Comparative study on the photocatalytic behavior of titanium oxide thermal sprayed coatings from powders and suspensions* / F.-L. Toma, L. V. Berger, D. Jackuet et al. // J. Surface and Coating Technology. — 2009. — 203. — P. 2150–2156.
 4. *Microstructure and environment functionalities of TiO_2 -supported photocatalysts obtained by suspension plasma spraying* / F.-L. Toma, G. Bertrand, S. Begin et al. // Appl. Catal. B. — 2006. — 68. — P. 74–84.
 5. *Suspension plasma spraying of TiO_2 for the manufacture of photovoltaic cells* / R. Vassen, Z. Yi, H. Kassner, D. Stover // J. Surface and Coating Technology. — 2009. — 203. — P. 2146–2149.
 6. *Физико-химические свойства окислов: Справочник*. — М.: Металлургия, 1969. — 456 с.

Experiments on deposition of TiO_2 coatings with the TiO_2 water suspension containing 15 wt. % of the nanosized TiO_2 particles used as a spraying material were carried out. The experiments were conducted by the high-velocity air-gas plasma spraying method (unit «Kiev-S»). Thickness of the deposited coatings was $80 \pm 12 \mu m$. The anatase/rutile content ratio varied during the spraying process from 79/21 (in powder) to 31/69 (in coating).

Поступила в редакцию 30.10.2009



По страницам журнала «WELDING and CUTTING», 2010, № 3

ВЫСОКОТОЧНЫЙ РОБОТ ЭКОНОМИТ ВРЕМЯ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ. — С. 132–134

Фирма AMS (Германия) разработала уникальную установку для плазменной резки нержавеющей стали специально для изготовления сосудов под давлением, ресиверов, теплообменников, смесителей и других устройств емкостью от нескольких миллилитров до ста тысяч литров массой до 20 т и максимальным диаметром до 4 м, используемых во многих отраслях промышленности.

К достоинствам установки относится возможность сокращения времени вырезки контура днища резервуара и всех требуемых в нем отверстий до четырех часов вместо двух дней ручной работы, причем с точностью линии реза ± 1 мм. Точность реза существующих образцов аналогичного оборудования составляет 3...5 мм, что при последующих операциях, например, после свертывания обечаек резервуара приводит к появлению в зоне стыка сопрягаемых листов щелей или к короблению металла.

Кроме того, установка позволяет проводить резку нержавеющей стали толщиной до 50 мм, в то время как большинство образцов существующего оборудования рассчитано

на резку стали толщиной до 25 мм. Установка обеспечивает резку металла и вырезку отверстий не только по прямолинейным, но и по криволинейным плоскостям, позволяет выполнять разделку кромок для последующей операции сварки.

Разрезаемые листы могут быть размещены на двух сварочных столах размером 4×4 м, а плазматрон, закрепленный на подвижном портале, имеет возможность вращения и перемещения по трем осям (по длине на 8 м, по ширине на 3 м и на 1 м по высоте). При резке небольших изделий один сварочный стол может быть использован для загрузки или выгрузки деталей, в то время как на втором столе будет проводиться операция резки. При необходимости обработки крупногабаритных изделий два стола соединяются между собой, что расширяет обрабатываемую поверхность до 4×8 м.

Плазматрон снабжен шупом, перемещаемым пневматическим приводом, который контролирует пространственное положение плазматрона и позволяет проводить последующее моделирование перемещения плазматрона по сферическим, коническим, полусферическим обрабатываемым плоскостям



разрезаемого металла с фиксированием реперных точек, необходимых для обозначения нулевых точек отсчета при выполнении последующих операций изготовления обечаек и сварки.

Установка может быть укомплектована баком емкостью 20 м³ и размерами 6,5×1,8×1,8 м для полного погружения

готового изделия в протравочный раствор, системой проверки изделия на герметичность при давлении до 180 ати, а также системами видеоэндоскопии, ферритометром и анализатором свойств металла.

КЛЕЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ПЛАСТМАСС С ИЗНОСОСТОЙКИМ ПОКРЫТИЕМ. — С. 143

Поликарбонаты нашли широкое применение в автомобильной промышленности при изготовлении боковых окон или прозрачных обзорных крыш, что по сравнению с обычными стеклами позволяет не только сократить массу этих элементов на 40...50 %, но и повысить их стойкость к ударным воздействиям, т. е. повысить уровень безопасности водителя и пассажиров в аварийных ситуациях.

В связи с тем, что поликарбонаты деградируют под действием ультрафиолетового излучения, для повышения степени резистивности к солнечному свету на них наносят полисилоксановое покрытие, которое к тому же обеспечивает повышенную склерометрическую твердость (стойкость к истиранию и нанесению царапин).

В настоящее время полисилоксановое покрытие наносят методом распыления или поливом, однако в этом случае появляется дополнительная операция предварительной защиты зон соединения поликарбоната с металлом от нанесения на них покрытия.

При нагреве стеклопакетов разница в коэффициентах термического расширения стали и стекла почти не заметна, но у поликарбоната этот параметр в пять раз выше, чем у стали, поэтому для исключения выпучивания листа поликар-

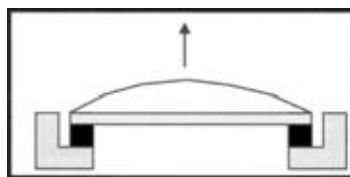


Рис. 1. Малый зазор между поликарбонатом и металлической рамой приводит к его выпучиванию

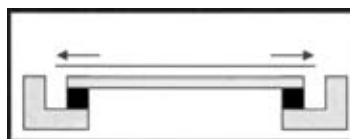


Рис. 2. Для устранения выпучивания поликарбоната необходимо увеличение зазора

боната при нагреве (рис. 1, 2) необходимо увеличивать размеры металлического проема, куда клеивается лист поликарбоната. Особенности монтажа поликарбоната в металлическую раму показаны на рис. 1 и 2.

При этом необходимо также использовать соответствующие высококомодульные (Terostat 8890FE 25) или низкокомодульные адгезивы (Terostat 8590UHV/M) и соответствующие грунтовочные материалы, выпускаемые фирмой Henkel AG & Co. KGaA

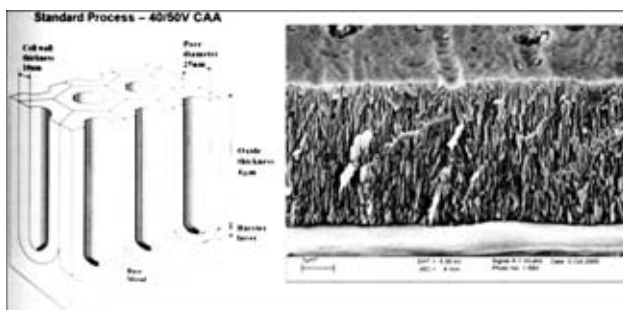
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ СКЛЕИВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ. — С. 144–148

Склеивание как метод соединения является самым древним в истории человечества, но его использование в автомобильной промышленности известно лишь с начала 1980-х годов благодаря выпуску фирмой «Лейланд» модели ECV3 (Energy Conservation Vehicle Mark 3) — первого энергосберегающего транспортного средства с несущим кузовом из алюминиевых сплавов, прочность конструкции которого обеспечивалась в основном упрочненными эпоксидными смолами. Преимущества современных автомобилей серии «Aston Martin DB9», «Jaguar XJ», спортивного «Lotus Elise», а также «Formula 1» достигнуты за счет использования взамен сварки клеевых соединений узлов корпуса, хотя при этом нельзя отрицать важную в автомобилестроении роль способов сварки или заклепочных соединений.

В авиационной промышленности в 1903 г. методом склеивания был изготовлен пропеллер биплана братьев Райт, более широко этот метод использовали при изготовлении аэропланов в 1945 г., а в настоящее время примером успешного использования клеевых соединений при изготовлении элементов рулевого оперения из алюминиевых сплавов является «Конкорд». Современные модели аэробусов типа A320 и A319 немислимы без расширения использования композитных материалов, для которых склеивание является основным процессом соединения.

Предварительная обработка поверхностей перед процессом склеивания является необходимостью для большинства материалов, и выбор метода обработки зависит от требований к соединению, условий его эксплуатации и других факторов, например, энергозатрат, стоимости химикатов, а также законодательных запретов по использованию некоторых реактивов (в частности, шестивалентного хрома). В ряде слу-

чаев методы обработки представляют собой многостадийный процесс, включающий химическое травление и анодное окисление, а также современные методы обработки на основе электролитического раскисления в фосфорной кислоте в сочетании с сернокислотным анодированием (EPAD+SAA), или анодирования на переменном токе с наложением постоянного потенциала (AC/DC). Для примера на рисунке представлены особенности поверхностной обработки.



Схематическое представление поверхности материала, подвергнутого сернокислотному анодированию и микрография реальной поверхности

Процессом EPAD+SAA достигается очистка и раскисление обрабатываемой поверхности, а также модификация поверхностного слоя, повышающая его адгезионные свойства. При этом возникают двойные оксидные слои, способствующие более глубокому проникновению грунтовки и служащие барьерным слоем, улучшающим коррозионную стойкость.



ПРОЧНОСТЬ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЦИКЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ. — С. 152–154

Дуговая пайка высокопрочных двухфазных сталей припоями CuSn6P взамен сварки позволяет увеличить прочность соединений при воздействии циклических нагрузок. При этом зона разрушения обычно располагается на границе между припоем и основным металлом, где возможно наложение нескольких факторов, например, металлургического и геометрического характера (в частности, надреза).

Целью данной работы является исследование условий формирования паяных соединений с малым углом смачивания и увеличением зоны сплавления различных припойных материалов. Для проведения исследований использовали нахлесточные соединения с перекрытием 10 мм стали НСТ780XD+ZE с дуговым нагревом плавящимся электродом в защитной газовой среде, который обеспечивает высокую стабильность процесса, пониженный уровень тепловложения и отсутствие разбрызгивания.

В качестве припойных материалов были выбраны проволоки из сплава CuSi3Mn1, наиболее широко используемого в автомобилестроении сплава CuAl7, обеспечивающего самую высокую среди выбранных припоев статическую прочность паяных соединений, и сплава CuSn6P, обладающего наилучшим смачиванием стали при минимальной температуре нагрева.

В качестве неизменяемых параметров режима пайки были выбраны: скорость пайки — 1 м/мин, диаметр проволоки — 1 мм, расход защитного газа — 12 л/мин.

Проведение дополнительной обработки обычно способствует повышению прочности соединения при вибрационных нагрузках, а зона начального разрушения паяного соединения смещается в центральную часть прослойки припоя, в связи с чем обеспечение требуемой прочности паяного соединения обуславливается свойствами припоя.

Результаты исследования указывают на то, что при дуговом нагреве зоны соединения короткой дугой в среде защитного газа использование припойных материалов, обладающих более высокими прочностными характеристиками, для которых необходим более высокий уровень тепловложения из-за их низкой смачивающей способности, не приводит к заметному повышению прочности паяных соединений в условиях циклической нагрузки.

Припойные материалы с пониженной прочностью, но обладающие хорошей смачиваемостью, позволяют повысить

циклическую стойкость соединений из-за возможности проведения процесса пайки при пониженном уровне тепловложения. Кроме того, по сравнению с обычно используемой проволокой состава CuSi3Mn1 припойная проволока состава CuSn6P позволяет улучшить прочность и демпфирующие свойства соединения в условиях циклических нагрузок, а также не препятствует последующей операции нанесения защитного покрытия. На соединяемых поверхностях стали вблизи паяного шва менее заметны следы нагара и повреждения цинкового покрытия.

Последующая ударная обработка паяного шва способствует повышению прочности соединения при циклических нагрузках, причем ударная проковка по сравнению с дробеструйной обработкой позволяет повысить прочность соединения почти на 20 %.

Проведение испытаний паяных соединений при пульсирующей растягивающей нагрузке в резонансном режиме до разрушения при соотношении напряжений $R = 0,1$ показывает, что использование высокопрочного припойного металла не обязательно приводит к повышению прочности паяного соединения в условиях циклической нагрузки (рисунок).

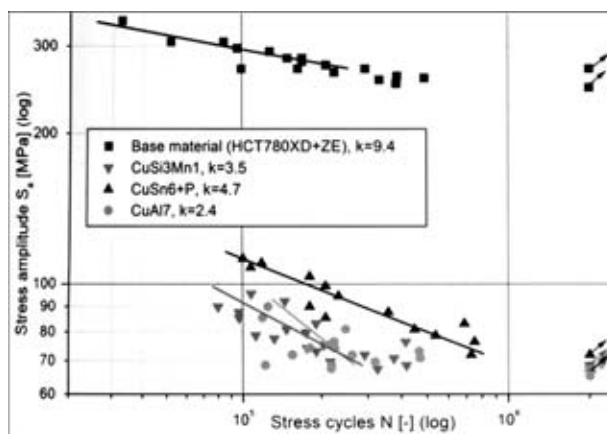


Диаграмма циклической прочности соединений при различных типах припоя

РАСШИРЕНИЕ ИНТЕРВАЛОВ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ СОСУДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДИКИ УЧЕТА ОПАСНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ. — С. 160–166

В металлах сосудов под давлением, содержащих чистые, сухие или не вызывающие коррозию жидкости или газы, обычно не наблюдаются процессы деградации в течение длительного времени. Сосуды для хранения криогенных продуктов типа сжиженного природного газа, жидкого азота или жидкого кислорода обычно не подвергаются контролю состояния металла на внутренней поверхности сосуда в течение двадцати — тридцати лет. К тому же опорожнение сосуда для проведения проверки состояния его внутренней поверхности связано с существенными потерями сохраняемого продукта. В том случае, если не предполагается никаких изменений условий эксплуатации, или не очень велика опасность разрушения сосуда, то, учитывая незначительную вероятность разрушения сосуда, возникает возможность обоснованно увеличить интервал времени между очередными перерывами в эксплуатации сосуда для проведения планового освидетельствования.

Однако при этом очень важна необходимость проведения тщательной и корректной экспертизы с обоснованием рекомендаций, обеспечивающих принятие должных мер безопасности и разработкой рекомендаций, предписывающих проведение конкретных дополнительных мероприятий в случае возможного изменения условий эксплуатации.

В соответствии с заказом Health and Safety Commission (Комиссия по здравоохранению и безопасности Великобритании) авторами разработана методика, состоящая из шести этапов оценки и обоснования требований к проведению очередного внутреннего осмотра сосудов высокого давления на предприятиях, оперирующих в зоне повышенной опасности. При разработке методики освидетельствования сосудов высокого давления с учетом риска возникновения возможных опасных ситуаций при его разрушении были учтены рекомендации ведущих нефтехимических компаний и организаций госнадзора Великобритании.



ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ТОЧЕЧНОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКЕ СВЕРХПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ. — С. 167–173

В комплексе мероприятий и законодательных норм, направленных на снижение уровня последствий аварии, наряду с существующими системами и средствами обеспечения безопасности водителя и пассажиров, основное внимание уделяется жесткости конструкции автомобильного корпуса. К одной из основных функций корпуса относится распределение и гашение возникающих при аварии усилий за счет деформации определенных элементов, причем постоянный рост требований к прочности корпуса без заметного повышения его массы вызывает необходимость в увеличении объема использования высокопрочных и горячекатаных сталей.

Не рассматривая процесс деформации используемых сталей, происходящий при проведении испытаний при лобовом столкновении, наиболее существенное влияние на деформацию и разрушение автомобильного корпуса оказывает прочность сварных точек. В этом отношении появляется необходимость в уточнении наших представлений не только о распределении механических напряжений в сварной точке, но и о влиянии свойств металла сварной точки на основной металл. При этом следует иметь в виду то обстоятельство, что при точечной сварке высокопрочных и горячекатаных сталей происходит резкое снижение механической прочности в зоне термического влияния, окружающей сварную точку. Именно в этой области металла наиболее вероятно возникновение трещин под воздействием напряжений растяжения, возникающих при аварийных ситуациях. Разрушение соединения чаще всего начинается в области максимальной концентрации напряжений, например, в зоне надреза, а затем происходит по основному металлу.

Цель проведения данной работы состояла в исследовании влияния надреза, возникающего при сварке горячекатаной стали, на прочность соединения при растяжении и возможность учета этого фактора при проектировании сварных конструкций с использованием точечной контактной сварки.

В качестве исследуемого материала использовали марганцево-боридную сталь типа 22MnB5, широко используемую в автомобилестроении, а также сталь этой же марки, подвергнутую отпуску при 450 °С, что, как известно, повышает пластичность металла. Для защиты стали от коррозии и устранения образования окалины на сталь обычно наносят цинковое покрытие методом погружения.

Для проведения испытаний были использованы два типа образцов, показанные на рис. 1.

Для выявления влияния эффекта надреза, формирование которого характерно при затвердевании металла сварной точки, были проведены испытания прочности сварных соединений на разрывной машине LFEM 300 фирмы Walter + Bai AG, со скоростью приложения растягивающей нагрузки 20 МПа/с до момента достижения предела текучести.

Результаты измерения твердости металла при сварке стали 22MnB5 показывают возрастание твердости в зоне сварной точки после проведения процесса сварки и снижение твердости в промежуточной области между сварной точкой и основным металлом (в зоне термического влияния) по сравнению с твердостью основного металла (рис. 2).

В зоне термического влияния твердость изменяется от среднего значения твердости прилегающей области металла

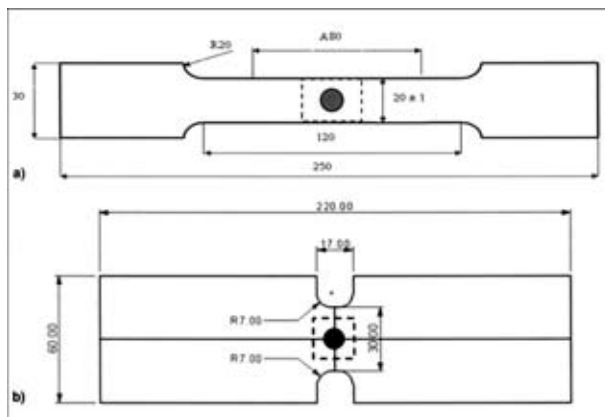


Рис. 1. Форма образцов для различных видов испытаний точечного сварного соединения: а — одноосное растяжение; в — двuosное напряжение

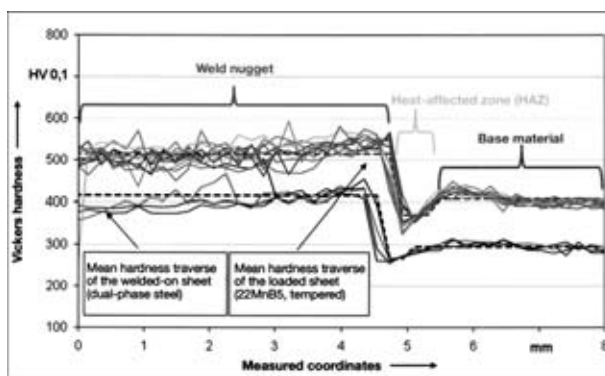


Рис. 2. Распределение твердости в области сварной точки для стали 22MnB5 (верхняя линия) и листов двухфазной стали (нижняя линия)

до трехкратного возрастания отклонения от среднеквадратичного значения.

Снижение твердости в зоне термического влияния приблизительно одинаково как для стали 22MnB5 в исходном состоянии, так и стали, подвергнутой операции отпуска, однако если предел прочности на разрыв исходного металла составляет 1500 МПа, то в отпущенном состоянии эта характеристика снижается до 1050 МПа.

На основании анализа результатов измерения твердости сварных образцов сверхпрочной стали в зоне сварной точки и проведенных испытаний на разрыв установлено, что возникновение трещин происходит не только вблизи сварной точки, но и в области основного металла. Сопоставление результатов компьютерного моделирования поведения металла сварной точки под воздействием напряжений растяжения с экспериментальными данными показывает достаточно полное совпадение не только в определении очагов первичного разрушения сварного соединения, но и момента разрушения.

Материал подготовил В. М. Кислицын, канд. техн. наук