

## Секция 2: Новые материалы и химические технологии

управляемого процесса формирования ее антипригарных и технологических свойств. Введение готового "блестящего" углерода в смесь сводит до минимума выделение вредных побочных продуктов, сопутствующих в процессе его получения, что существенно улучшает экологическую обстановку в литейном цехе. "Блестящий" углерод, имея высокую удельную поверхность, требует меньшего расхода для покрытия частиц формовочной смеси пленкой требуемой толщины. При этом частицы глинистого связующего разделены пленкой "блестящего" углерода, что очень важно с точки зрения формирования технологических, физико-механических свойств формовочной смеси и восстановления вяжущих свойств глинистого связующего в процессе оборота смеси. "Блестящий" углерод способствует повышению коллоидальности глинистого связующего и увеличению физико-механических свойств готовой формовочной смеси.

Применение готового "блестящего" углерода в качестве антипригарной добавки в формовочных смесях по механизму воздействия на формирование комплекса свойств смеси имеет принципиальное отличие от ранее применяемых углеродосодержащих материалов и позволяет достичь ряд преимуществ:

- улучшить экологическую обстановку в литейном цехе за счет существенного уменьшения количества выделяющихся вредных побочных продуктов,
- сократить расход углеродосодержащего материала,
- оптимизировать физико-механические и технологические свойства формовочной смеси,
- уменьшить газотворность смеси.

Литература.

1. Марков, В.А. Экологические аспекты выбора углеродосодержащих материалов для формовочных смесей при литье чугуна / В.А. Марков, А.С. Григор, Ю.Н. Антуфьев // Литейное производство. – 2010. – №1. – С.27-30.

### **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ШВА В СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

*Д.Е. Гусаров, ст. гр. 10А42, Л.Г. Деменкова ст. преп.,  
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)7-77-62  
E-mail: lar-dem@mail.ru*

При изготовлении любых изделий сегодня применяют самые разнообразные материалы: металлы, пластмассы, керамику, композиционные и многие другие материалы. Детали, выполняемые из этих материалов, необходимо соединять между собой. Наиболее распространенным методом получения неразъемных соединений является сварка – метод, без которого невозможно представить изготовление подавляющего большинства машин и конструкций. За сто лет своего существования сварка прошла путь от электрической дуги и кислородно-ацетиленового факела до электронного или лазерного луча, плазмы и т.п.

Многообразие способов сварки потребовало синтеза знаний по различным направлениям физики, химии, математики. В процессе сварки соединяемые материалы разогреваются до жидкого или пластического состояния, а затем при охлаждении вновь становятся твердыми, в результате образуется неразъемное соединение – сварной шов. Из физики хорошо известно, что при нагревании материал увеличивается в объеме, а при охлаждении – уменьшается. Однако при сварке нагревается не весь объем материала, а только его часть, что приводит к образованию значительных внутренних сил и, следовательно, к внутренним разрывам в материале. Кроме того, в жидком материале интенсивно происходят химические процессы, существенно изменяющие его свойства. Решение сложных задач получения надежных неразъемных соединений возможно на базе фундаментальных наук.

Несмотря на развитие сварочной техники и технологии, в сварных соединениях иногда возникают дефекты различного вида и размеров, приводящие к снижению работоспособности и долговечности конструкций, а иногда и к аварийным ситуациям. Для того чтобы исключить поступление в эксплуатацию сварных соединений с недопустимыми дефектами, необходимо применять методы неразрушающего контроля этих соединений. Для обнаружения таких дефектов применяют рентгеновское и гамма-излучения, магнитные, электрические и тепловые поля, ультразвуковые волны. На базе этих физических процессов созданы методы контроля, позволяющие обнаруживать дефекты размерами от единиц до тысячных долей миллиметра. Метод ультразвукового контроля качества сварного шва основан на неоднозначности отраженных ультразвуковых колебаний в сплошной среде

и при наличии дефектов. Автоматизация процесса позволяет получить на экране непосредственный результат. Приборы легко улавливают отклонения колебаний и позволяют определять, здоров материал или болен, будут появляться в нем дефекты или нет.

Контроль сварных швов изделий на непроницаемость производится в тех случаях, когда они предназначены для работы под действием жидкостей и газов. Испытание сварных изделий на непроницаемость проводится после контроля сварных швов внешним осмотром при сдаче готовой продукции. Способ испытания швов на непроницаемость выбирается в зависимости от назначения изделия и технических условий на его изготовление. Нарушение непроницаемости швов возможно при наличии в нем трещин, газовых пор и непроваров. Правила контроля швов на непроницаемость в общем виде изложены в ГОСТ 3242-79 «Соединения сварные. Методы контроля качества».

Испытание швов керосином основано на его высокой проникающей способности. Испытанию керосином подвергаются главным образом открытые сосуды, резервуары, цистерны и другие изделия, предназначенные для хранения жидкостей. Практически для обнаружения неплотностей швов в изделии их покрывают меловой краской со стороны, доступной для осмотра и устранения дефектов. После высыхания меловой краски обратная сторона швов смачивается керосином или на шов накладывается ткань, пропитанная керосином, и выдерживается необходимое по расчету время, обычно от 15 до 60 мин. Керосин проходит сквозь дефекты в шве и выступает на окрашенной мелом поверхности в виде ржавых пятен и полос и тем самым выявляет дефектные участки швов. Если на поверхности шва в течение установленного времени не обнаруживается пятен от керосина, то шов считается выдержавшим испытание.

В изделиях, где имеются нахлесточные швы, испытания керосином производятся нагнетанием керосина в межнахлесточное пространство. Этими испытаниями выявляются самые мелкие неплотности швов. Дефекты, обнаруженные испытанием керосином, вырубаются и завариваются после удаления керосина. Из-за трудностей удаления керосина нахлесточные соединения лучше испытывать сжатым воздухом

При испытании воздухом с добавлением аммиака и при замене мыльной воды другим индикатором чувствительность к выявлению неплотностей швов значительно возрастает. Это испытание заключается в том, что сварные швы испытуемого изделия покрывают бумажной лентой или медицинским бинтом, пропитанным 5%-ным водным раствором азотной кислоты или раствором фенолфталеина.

В испытываемое изделие подается аммиак в количестве 1% от объема воздуха в нем при нормальном давлении, затем нагнетается воздух до давления, принятого техническими условиями.

Если в шве имеются поры или другие дефекты, нарушающие непроницаемость швов, то аммиак проходит через них, действует на бумагу, пропитанную азотной кислотой или фенолфталеином, и оставляет на ней черные или фиолетовые пятна, фиксирующие место расположения дефектов в шве.

Бумагу выдерживают под действием аммиака в течение 1-5 мин, затем снимают; она является документом (химограмма), определяющим качество шва. Бинт может быть применен многократно после промывки и нового смачивания фиксирующим раствором.

При контроле крупных сосудов имеющих большую емкость, в целях экономии бумаги и уменьшения времени, затрачиваемого на обкладку швов, можно применять рамку с натянутым полотном, пропитанным фиксирующими растворами. Рамку надо перемещать вдоль испытуемого изделия.

Опыт проведения испытаний воздухом в смеси с аммиаком показал, что этот способ более точный и более производительный, чем испытание с обмазкой мыльной водой.

Физическая сущность люминесцентного и цветного методов контроля состоит в использовании явления проникновения хорошо смачивающей жидкости в трещины, поры и другие поверхностные дефекты сварных соединений. Проникновение жидкости в трещину или другой дефект шва тем больше, чем больше коэффициент проникновения, причем как при рассмотрении керосиновой пробы на сквозное проникновение жидкости, так и в данном случае зависимости сохраняются. Можно предполагать, что при сквозных дефектах скорость проникновения жидкости будет выше, чем при поверхностных. Проникновение жидкости в дефекты ухудшается при наличии в них загрязнений, а также воздуха, который сжимается под действием проникающей жидкости, например, в трещине до высоких давлений.

Таким образом, выявляемость дефектов люминесцентным методом во многом зависит от чистоты поверхности и свойств люминесцирующей жидкости. Для получения высокой чувствительности метода к выявлению дефектов важно иметь жидкость, обладающую хорошей смачивающей способностью и интенсивным свечением при освещении ее ультрафиолетовыми лучами. Практическое

проведение контроля состоит в следующем. Поверхность исследуемого шва изделий больших размеров очищают от загрязнений и на чистую поверхность наносят флуоресцирующую жидкость. Мелкие детали, например, сварной инструмент, погружают в ванну с жидкостью. В первом и втором случаях исследуемые детали смачиваются жидкостью в течение 10-15 мин. Хороший эффект дает смачивание жидкостью подогретых деталей, у которых увеличивается ширина раскрытия дефектов.

В практике контроля применяются жидкости различного состава: без добавки специальных люминофоров, так как жидкость сама достаточно хорошо люминесцирует в ультрафиолетовом свете, и с добавкой люминофора, например дефектоля зелено-золотистого. В первом случае применяются жидкости следующего состава: 15% трансформаторного масла и 85% керосина, где масло является светящейся жидкостью. В указанную смесь для лучшего ее удаления после контроля добавляют эмульсатор в количестве 2–3% от объема жидкости. Во втором случае состав жидкости следующий: 50% керосина, 25% бензина, 25% минерального масла (трансформаторного или вазелинового) и 0,02-0,03% флуоресцирующего вещества – дефектоля. Дефектоль представляет собой концентрат углеводов, который дает яркое желто-зеленое свечение при ультрафиолетовом облучении и тем самым улучшает выявляемость дефектов.

После смачивания сварного шва жидкостью излишек ее удаляется сухими опилками или промывкой, после чего сварной шов просушивается. Жидкость, проникшая в дефекты, удерживается там капиллярными силами.

Для обнаружения жидкости в дефектах, т. е. для их выявления, на исследуемый объект наносят тонкий слой порошка углекислого магния, талька и др. Покрытые порошками детали выдерживают в течение 30–50 мин, при этом над дефектом масло пропитывает порошок. Далее лишний порошок удаляют, сварной шов освещают ультрафиолетовым светом, и все поверхностные дефекты, в которые проникла люминесцирующая жидкость, становятся хорошо видны по яркому желто-зеленому свечению. Для получения ультрафиолетовых лучей используются ртутно-кварцевые лампы типа ПРК-2, ПРК-4, дающие излучение с длиной волны 38-30  $10^{-8}$  м. Для фильтрации части излучения с большей волной применяются фильтры УФС-3-4 (стекло, содержащее окись никеля).

Для массового контроля применяются стационарные установки с механизацией смачивания и сушки деталей и с конвейерной подачей их с одной операции на другую. Такие установки имеют высокую производительность. При выявлении дефектов, особенно мелких, чтобы уменьшить сопротивление воздуха проникновению жидкости в дефекты, заполнение их люминесцирующей жидкостью, а также исследование производят в вакууме. Люминесцентным методом можно выявлять в сварных швах минимальные трещины, размером 0,01 мм по ширине и 0,03-0,04 мм по глубине. Такая высокая чувствительность метода дает возможность применять его для выявления трещин в околошовной зоне многих сварных соединений, особенно немагнитных сталей и швов цветных металлов и сплавов. Преимущества люминесцентного метода следующие: простота аппаратуры; возможность контроля любых материалов – металлов, керамики, пластмассы и т. п.; низкая стоимость контроля и высокая его производительность.

Цветной метод применяется при контроле сварных соединений для выявления трещин и других дефектов сварки, выходящих на поверхность шва. В отличие от люминесцентного метода, где для рассматривания дефектов швов необходим ультрафиолетовый свет и затемнение, при цветном методе контроля никакой аппаратуры не требуется. Сущность цветного метода состоит в том, что на очищенную от грязи поверхность контролируемого изделия наносят слой подкрашенной проникающей жидкости.

Жидкость – краска наносится за три-четыре приема для лучшего проникновения ее в мельчайшие дефекты. Время выдержки для проникновения краски в дефекты составляет 15-20 мин. После покрытия краской поверхность изделия промывается 50%-ным водным раствором кальцинированной соды и просушивается. Далее на просушенную поверхность сварного шва пульверизатором наносят тонкий слой суспензии – раствора каолина в воде. Покрытую каолином поверхность просушивают подогретым воздухом. При просушке краска, заполнившая дефекты, диффундирует на поверхность и окрашивает белый каолин в красный цвет. Таким образом, на белом фоне подсушенного каолина, покрывающего шов, выступают красные полосы от трещин и пятна от пор в исследуемом шве. Поверхность шва после просушки осматривается для лучшей выявляемости дефектов дважды: через 3-5 и через 20-30 мин. Из многочисленных существующих рецептов на проникающую жидкость наибольшее применение нашла краска следующего состава: 20% скипидара, 90% керосина, 10 г краски «Судан 4» на 1 л жидкости.

Чувствительность метода краски примерно такая же, как чувствительность люминесцентного метода, несколько ниже люминесцентного вакуумного метода и магнитного порошкового метода.

Чувствительность метода краски к выявлению мелких дефектов сварных швов зависит от чистоты исследуемой поверхности шва. Загрязнения в виде жира, масла, нагара, окислов, шлаков должны быть тщательно удалены. Неровности поверхности шва в виде чешуек, даже на швах, выполненных ручной сваркой, не оказывают влияния на чувствительность метода.

Цветной метод контроля дает хорошие результаты при выявлении дефектов в сварных швах алюминия, титана, нержавеющей сталей и других металлов и сплавов. Кроме выявления дефектов сварки плавлением, цветной метод используется для выявления межкристаллитной коррозии.

Цветной метод может быть хорошим дополнением к другим физическим методам контроля: рентгеновскому и ультразвуковому для выявления мелких поверхностных дефектов, имеющих размеры за пределами чувствительности этих методов.

Огромное значение имеет применение ультразвуковых колебаний для обнаружения скрытых дефектов в материалах и изделиях – это ультразвуковая дефектоскопия, которая широко используется в промышленности. Ультразвук – это упругие колебания и волны, частота которых превышает 15-20 кГц. Разработаны и выпускаются специальные приборы – дефектоскопы различного назначения и с различными техническими характеристиками. Ультразвуковой дефектоскоп предназначен для генерирования импульсов ультразвуковых колебаний, приёма отражённых сигналов, преобразования этих сигналов в вид, удобный для наблюдения, а также для измерения координат дефектов и сравнения амплитуд сигналов. Одним из представителей дефектоскопов, применяемых для обнаружения дефектов в сварных соединениях, является ультразвуковой дефектоскоп УД2-12.

Радиационные методы контроля основаны на способности ионизирующего излучения неодинаково проникать через различные материалы и поглощаться в них в зависимости от толщины, рода (плотности) материалов и энергии излучения. Интенсивность проникающего излучения будет больше на участках меньшей толщины или меньшей плотности, в частности в местах дефектов – несплошностей (трещин, непроваров), неметаллических включений или пор. Разность интенсивностей регистрируется детектором и выводится либо радиографическим снимком, либо на экран видеоконтрольного устройства.

Если в металле есть области, имеющие магнитную проницаемость, отличающуюся от магнитной проницаемости от основного металла, то магнитные силовые линии будут распределяться неравномерно по сечению металла. Обнаружение дефектов в металле магнитными методами основано на том, что образовавшийся над дефектом местный поток рассеяния улавливается, – выявляется магнитным порошком или индукционной катушкой

Следует отметить, что среди перечисленных методов контроля нет такого, который гарантировал бы выявление всех дефектов сварки. Каждый из этих методов обладает своими преимуществами и недостатками. Например, при использовании радиационных методов контроля достаточно уверенно обнаруживают объёмные дефекты небольшого размера (0,1 мм и более) и значительно хуже – несплавления, трещины и стянутые непровары. Ультразвуковой метод, наоборот, более чувствителен к плоскостным дефектам и малоэффективен при контроле конструкций с дефектами в виде пор размером 1 мм и менее. Для выявления поверхностных дефектов применяют или капиллярный, или магнитные методы контроля. Практика показывает, что правильная организация процессов контроля, а также умелое применение того или иного метода или сочетания методов при контроле позволяют с большой надёжностью оценить качество сварных соединений.

#### Литература.

1. Назаров С. Т. Методы контроля качества сварных соединений. – М.: 2008. – 220 с.
2. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки. Под ред. Акулова А.И. – М.: Машиностроение, 2009. – 560 с.
3. Хромченко Ф.А. Справочное пособие электросварщика. М.: Машиностроение, 2013. – 416 с.
4. Романов И.О., Строителев Д.В., Макиенко В.М. Неразрушающие методы контроля и диагностики деталей и узлов подвижного состава: учебное пособие по выполнению лабораторных работ. – Хабаровск, 2008. – Электронный ресурс: [http://edu.dvgups.ru/metdoc/gdtran/nts/teh\\_met/teh\\_km/metod/diag\\_det\\_sos/main.htm](http://edu.dvgups.ru/metdoc/gdtran/nts/teh_met/teh_km/metod/diag_det_sos/main.htm)
5. Молотков С.Л. Ультразвуковой дефектоскоп УД 2-12. Практическое пособие в вопросах и ответах. – Санкт-Петербург, 2009. – 121 с.
6. Алёшин Н.П., Щербинский В.Г. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий. – М.: Высшая школа, 2011. – 271 с.
7. Методы дефектоскопии сварных соединений / под общ. ред. В.Г. Щербинского. – М.: Машиностроение, 2007. – 336 с.