

ется склонность к холодным трещинам. Трещины могут возникать как в интервале температур образования мартенсита, так и спустя некоторое время после остывания сварного соединения. При этом, чем выше уровень остаточных напряжений, тем вероятнее образование холодных трещин.

Критическая скорость охлаждения среднеуглеродистых сталей при закалке намного ниже, чем у низкоуглеродистых сталей в связи с заметным увеличением интервала малой устойчивости аустенита. Поэтому при охлаждении этих сталей даже на воздухе часть аустенита может переохладиться и претерпевать превращение ниже температуры M_s . В условиях нагрева и охлаждения ЗТВ при сварке даже в наиболее перегретых участках с гомогенным аустенитом при повышенной скорости охлаждения может образовываться мартенсит.

В настоящей работе исследовали влияние режимов ручной дуговой сварки стали 45. Исходное состояние свариваемых сталей - закалка с отпуском (400 и 600 °С) и нормализация. Сварку осуществляли при следующих режимах: $I=150$ А, $I=100$ А, $U=22$ В, скорость сварки 6...8 м/ч.

Распределение микротвердости основного металла и участка ЗТВ в сварных образцах представлены на рисунках.

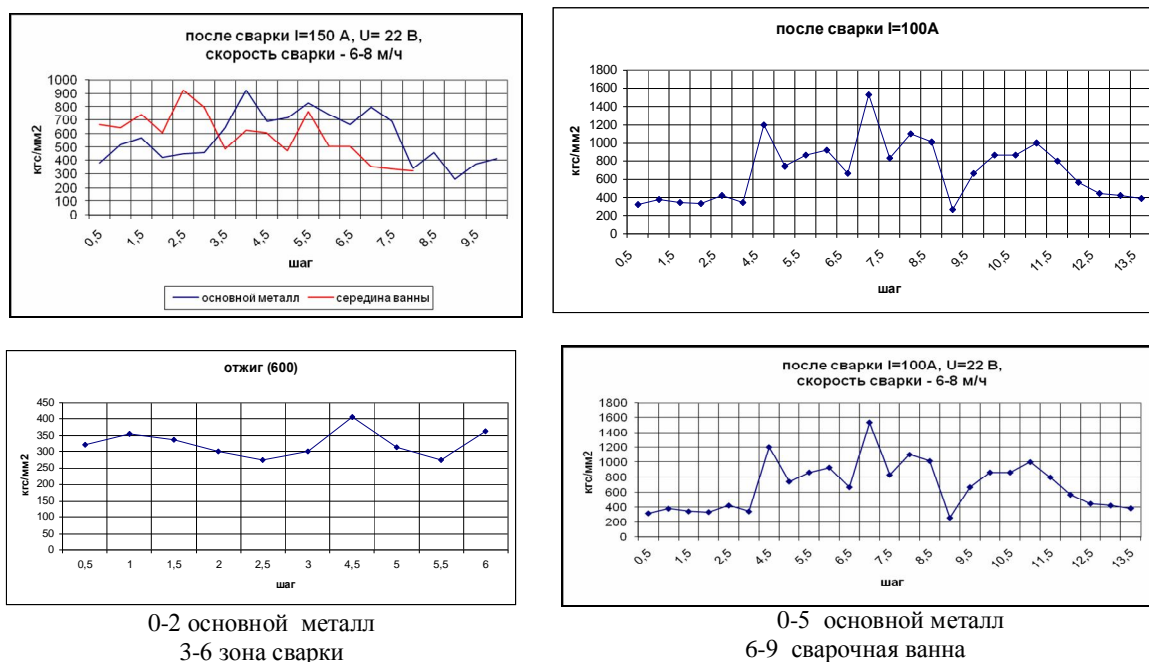


Рисунок 1 – Распределение микротвердости по сечению образца из стали 45 и ее участка ЗТВ (×500)

УДК 621.785.52

Исследование возможности использования гартцинка для цинкования стальных изделий методом термодиффузионного насыщения

Студент гр.104616 Резвицкий Н.С.
 Научные руководители – Урбанович Н.И., Комаров О.С.
 Белорусский национальный технический университет
 г.Минск

Основным методом борьбы с поверхностной коррозией стальных изделий является нанесение на их поверхность различных покрытий. Среди многочисленных защитных покрытий цинковые являются одними из наиболее эффективных и распространенных. Существует много способов цинкования, но широкое распространение получил способ горячего цинкования, основанный на взаимодействии поверхности цинкуемых изделий с расплавом цинка при температуре 440-480°С. Этот способ имеет недостатки, к основным из которых следует отнести: сложность получения равномерных по толщине покрытий при обработке мелкомерных и сложных по конфигурации изделий, склонность к деформации из-за быстрого нагрева и охлаждения.

Термодиффузионный метод цинкования изделий в отличие от горячего цинкования лишен ряда недостатков, присущих горячему цинкованию. Большим преимуществом этого способа является простота

осуществления технологического процесса в производственных условиях, отсутствие короблений и поволок изделий вследствие их медленного нагревания и охлаждения, получение ровного покрытия, точно воспроизводящего форму деталей, в том числе и со сложной конфигурацией, например, у резьбовых поверхностей.

В Республике Беларусь термодиффузионным методом осуществляют цинкование крепежных изделий на опытно-механическом заводе г.Фаниполя. По техническим требованиям покрытие для резьбовых соединений должно иметь светло-серую окраску и обеспечивать их свинчиваемость.

Термодиффузионное цинкование представляет собой нагрев изделий в порошковой смеси, в состав которой входит цинк в виде порошка. Цинковый порошок является относительно недорогим, но в Беларуси он не производится и требует валютных затрат на его закупку.

В то же время на РУП «Речицкий метизный завод» скопилось свыше 50 тонн цинкосодержащих отходов в виде гартцинка, который образуется в процессе горячего цинкования. Гартцинк состоит из цинка и интерметаллидов в виде Fe_nZn_m , содержание цинка в котором составляет около 80%, остальное – железо, кремний, никель, кальций, углерод.

Целью данной работы являлось исследование возможности использования гартцинка в составе порошковой композиции вместо порошка чистого цинка для термодиффузионного насыщения.

Для осуществления вышеназванной цели необходимо было получить из гартцинка порошок. Технология измельчения заключалась в предварительном дроблении слитка гартцинка на куски и последующем размоле их в смесителе при соотношении массы гартцинка к шарам 1 : 5. С целью получения частиц размером ≤ 160 мкм дальнейший размол осуществляли в атриторе.

Для изучения возможности использования гартцинка в составе порошковой композиции для цинкования стальных изделий методом термодиффузионного насыщения проводили предварительные исследования в лабораторных условиях. В качестве образцов использовали стальные болты, Фанипольского опытно-механического завода. Основным контролируемым параметром в данной серии экспериментов являлся цвет покрытия. Для цинкования образцов использовали несколько порошковых композиций, состав которых представлен в таблице 1.

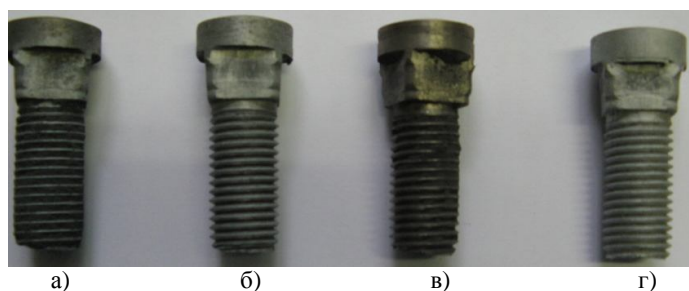
Таблица 1 – Влияние состава порошковой композиции на цвет цинкового покрытия

№ п/п	Состав порошковой композиции, % по массе	Цвет покрытия
1	Порошок гартцинка – 40 Оксид алюминия – 59 Хлористый аммоний -1	Светло-серый
2	Порошок гартцинка – 40 Песок – 59 Хлористый аммоний -1	Темно-серый
3	Порошок цинка (ПЦ-4)– 40 Карунд – 59 Хлористый аммоний -1	Темно-серый
4	Порошок гартцинка – 40 Порошок отработанного никелевого катализатора – 59 Хлористый аммоний -1	Темно-серый, покрытие неравномерное

Следует отметить, что состав насыщающей смеси под № 3 используется для цинкования изделий на Фанипольском опытно-механическом заводе. В качестве наполнителя состава № 4 послужил размолотый отработанный никелевый катализатор марки ГИАП -16, в состав которого входит около 80 % оксида алюминия.

Перемешивание порошковых компонентов в смеси проводили вручную в течение 3 минут. Образец в контейнере размещали таким образом, чтобы его окружал со всех сторон слой порошковой смеси толщиной не менее 20-30 мм. Далее уплотненную в контейнере смесь накрывали асбестовой крошкой толщиной 5 мм, поверх асбеста засыпали песок толщиной слоя 10 мм, а сверху борный ангидрид толщиной слоя 10 мм, который служил в качестве плавкого затвора. Контейнеры с образцами загружали в селитровую печь при температуре 400⁰С. Время выдержки для прогрева контейнеров после выхода печи на требуемую температуру устанавливали исходя из расчета 3 минуты на 1 см сечения контейнера. Время проведения процесса насыщения составило 4 часа.

На рисунке 1 показаны образцы, полученные после проведения процесса цинкования методом термодиффузионного насыщения, анализ которых показал, что смесь, состоящая из порошка гартцинка и наполнителя в виде оксида алюминия позволила получить покрытие требуемого светло-серого цвета.(рис 1 г).



- а- цинковое покрытие полученное в смеси № 3;
- б- цинковое покрытие полученное в смеси № 2;
- в- цинковое покрытие полученное в смеси № 4;
- г- цинковое покрытие полученное в смеси № 1

Рис 1-Образцы болтов с полученным цинковым покрытием в различных по составу порошковых смесях

Таким образом, проведенные эксперименты позволили установить, что гартцинк можно использовать для цинкования термодиффузионным методом. Дальнейшая разработка технологий нанесения цинкового покрытия на базе смесей, содержащих гартцинк, позволит не только расширить применение этого метода, но и обеспечить рециклинг цинка в промышленный оборот.

УДК 621.793

Модифицирование микротвердости поверхности сталей марок Ст3, 45, 40Х ионно-ассистированным нанесением металлосодержащих (Ti) покрытий

Студент гр. 10 Понятовский М.Д.

Научный руководитель – Бобрович О.Г.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является изучение микротвердости поверхности сталей Ст3, 45, 40Х, модифицированных ионно-ассистированным нанесением металлосодержащих (Ti) покрытий в различных технологических условиях.

Эксперименты по ионно-ассистированному осаждению металлосодержащих покрытий проводились с использованием вакуумного резонансного плазменно-дугового источника, который одновременно генерирует как нейтральный поток частиц, так и поток положительных ионов. Образцы для нанесения покрытий методом ионно-ассистированного осаждения изготавливались из сталей марок Ст3, 45 и 40Х в виде цилиндров толщиной 5 мм и диаметром 10 мм, которые шлифовались на наждачном круге разной зернистости, а затем подвергались полированию с применением окиси хрома и алмазных паст. Перед ионно-ассистированным нанесением покрытий поверхность очищалась, используя методику ионно-плазменного распыления в атмосфере аргона. Затем на подготовленные образцы-подложки наносились металлосодержащие покрытия титана при интегральных потоках ассистирующих ионов от $1,8 \times 10^{16}$ до $3,1 \times 10^{16}$ см⁻², энергия которых составляла 15 кэВ. Вакуум в мишенной камере при нанесении покрытий составлял $\sim 10^{-2}$ Па. Рассчитанные скорости осаждения тонких металлосодержащих покрытий составляли от 0,3 до 0,9 нм/мин.

Измерение микротвердости поверхности сталей, модифицированных и исходных, проводилось на приборе ПМТ-3 методом Виккерса. Нагрузка на алмазную пирамиду составляла 100 гс. Проводили 15 измерений диагонали отпечатка алмазной пирамиды на одном образце, по которым рассчитывали среднее значение микротвердости \bar{H}_μ и погрешность измерения $\Delta H_{\mu сл.}$. Чтобы исключить влияние масштабного эффекта, относительное изменение микротвердости модифицированных образцов определялось для одинаковых глубин проникновения индентора.

Сравнительные данные об изменении микротвердости сталей разного состава, модифицированных ионами титана различными интегральными потоками, приведены в таблице.

Приведенные в таблице результаты свидетельствуют о том, что при нанесении металлосодержащих (Ti) покрытий в условиях ассистирования ионами Ti⁺ на стали разных марок, достигается увеличение относительного изменения твердости по мере усиления ее легирования углеродом и далее хромом (рис.). Отчасти данный эффект можно связать с наличием в исходных образцах легирующей примеси, которая совместно, наряду с имплантированным титаном, способствует закреплению дислокаций, образующихся в процессе