Экспертиза промышленной безопасности технических устройств. Особенности диагностирования сварных соединений сталей типа 15Х5М, 12Х2М1, заваренных однородными со сталью электродами. Пути уменьшения твердости сварных соединений.

Экспертиза промышленной безопасности технических устройств. Особенности диагностирования сварных соединений сталей типа 15Х5М, 12Х2М1, заваренных однородными со сталью электродами. Пути уменьшения твердости сварных соединений.

Стародубцев Алексей Егорович/ Starodubcev Aleksej Egorovich – генеральный директор ООО «ЦДКНХО», г.Москва; Арчаков Сергей Викторович/ Archakov Sergej Viktorovich – директор, г.Москва.

Стародубцев Алексей Егорович/ Starodubcev Aleksej Egorovich – генеральный директор ООО «ЦДКНХО», г.Москва;

Арчаков Сергей Викторович/ Archakov Sergej Viktorovich – директор, г.Москва.

Аннотация: в статье представлены технические решения по уменьшению твердости сварных соединений из сталей типа 15Х5М, 12Х2М1, заваренных однородными электродами со сталью с повышенной твердостью после эксплуатации.

Abstract. technical solutions are presented in article on reduction of firmness of welded connections from staly type 15Х5М, 12Х2М1, made by uniform electrodes with steel with the increased hardness after operation.

Ключевые слова: экспертиза промышленной безопасности, техническое диагностирование, хромомолибденовые стали, разрушение, повышенная твердость, эксплуатация, нефтехимия, нефтепереработка.

Keywords: examination of industrial safety, technical diagnosing, hromomolibdenovy became, destruction, the increased hardness, operation, petrochemistry, oil processing.

В первой части [1] были рассмотрены некоторые причины повышения твердости сварных соединений технологического оборудования из хромомолибденовых теплоустойчивых сталей типа 15Х5М, 12Х2М1, заваренных однородными со сталью электродами.

В этой статье рассмотрим на примере выявленного в процессе проведения экспертизы промышленной безопасности технического устройства, участок с повышенной твердости и пути уменьшения его твердости.

Как известно, сварка технологического оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических установок, изготовленных из хромомолибденовых теплоустойчивых сталей типа 15Х5М и 12Х2М1, электродами одинакового состава со сталью, производится только при строгом соблюдением специальных термических условий: предварительным и сопутствующим подогревом и термической обработкой сварных соединений, выполняемой непосредственно после сварки на строго определённых режимах [2], [3].

Механический свойства сварных соединений (характеристики прочности и пластичности) при неразрушающих методах контроля определяются значениями твёрдости, поэтому её уровень характеризует значения механических характеристик.

При использовании стандартного режима отпуска, предназначенного для сварных соединений на той или иной марке стали, может оказаться малоэффективным и потребуется другой режим нагрева, но в любом случае нагрев должен проводиться ниже точки A_{C3} (для стали 15Х5М A_{C3} равна 825 ^{o}C).

Приведённый выше анализ справедлив для однородных сварных соединений, например 15Х5М+15Х5М. В случае если имеет место соединение двух различных сталей 15Х5М и 12Х2М1, требующих различный уровень максимальной температуры термообработки для получения приемлемых свойств в том числе и по твёрдости. Учёт этого обстоятельства требует специального подхода к проведению термической обработки, в том числе и к размещению нагревателей.

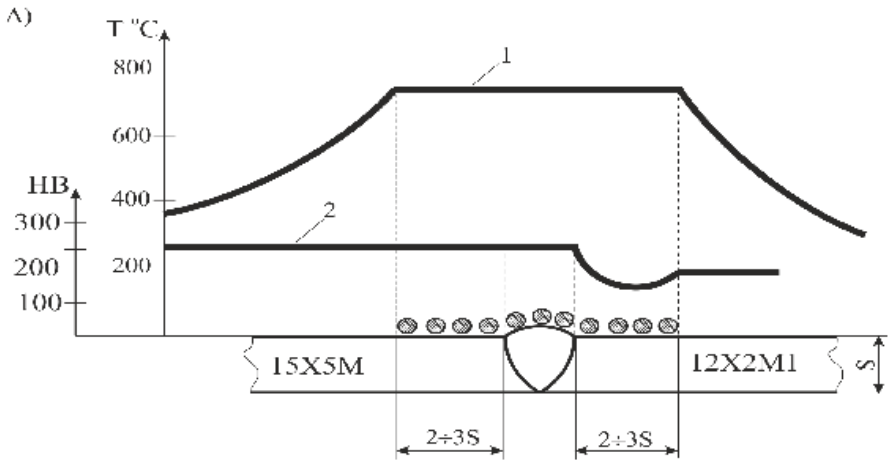
В соответствии с требованиями нормативной документации максимальная температура высокого отпуска для разнородных сталей одного структурного класса назначается по более легированной стали, т.е. в данном случае по стали 15Х5М (рис.1).

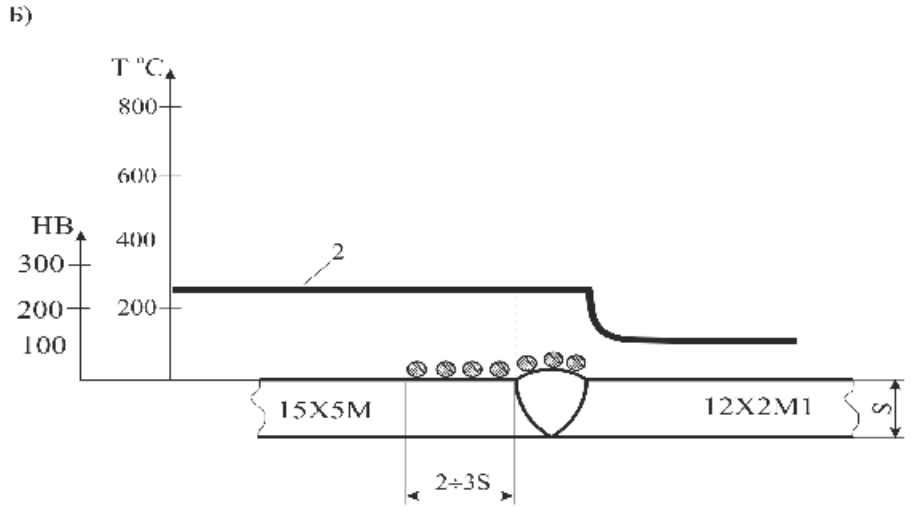
При таком режиме нагрева менее легированная сталь (12Х2М1), как правило, имеющая меньшую прочность и твёрдость, будет несколько разупрочнятся (рис.1.А).

Для частичной компенсации этого разупрочнения или полного его исключения можно использовать простой технологический приём, а именно – ограничить границу максимального нагрева при термической обработке зоной сплавления металла шва, имеющего большую прочность и твёрдость, с менее легированной сталью (рис.1.Б). В этом случае и распределение твёрдости после термообработки будет более благоприятным (рис.1.Б).

Температура отпуска для снижения твёрдости должны быть выше принятой для стали 15Х5М 750 10 ^{o}C, но ниже, чем температура A_{C3} для этой стали (825 ^{o}C).

В этом температурном интервале 750-825 ^{o}C достаточно эффективной может оказаться температура 760 10 ^{o}C, т.к. дальнейшее повышение температуры нагрева напряжённой конструкции оборудования может привести к деформации его отдельных элементов.





1 - распределение температуры максимального нагрева при термической обработке;

2 - распределение твёрдости после термической обработки.

Рис.1.

По этой причине для сварных стыков с повышенной твердостью, должен быть выбран один стык, на котором необходимо отработать термический режим приведения твёрдости до нормального уровня, соответствующего действующим требованиям.

Производится первый этап исправляющей термообработки с нагревом при максимальной температуре 760 10 ^{o}C и выдержкой при этой температуре в течение времени X_1 мин. Скорость нагрева и режим охлаждения принимаются по нормативным данным, примерные значения X_1 приведены на рис.2.

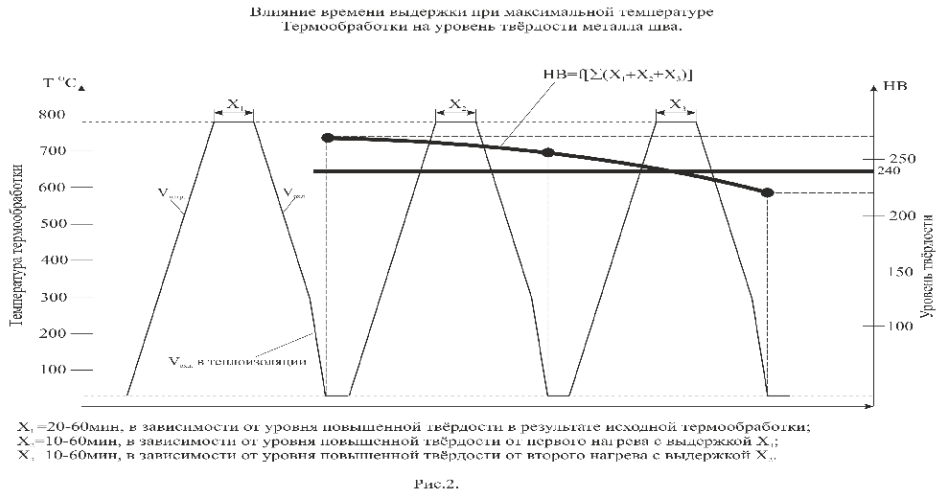


Рис.2.

X1 =20-60мин, в зависимости от уровня повышенной твёрдости в результате исходной термообработки;

X2=10-60мин, в зависимости от уровня повышенной твёрдости от первого нагрева с выдержкой X1;

X3=10-60мин, в зависимости от уровня повышенной твёрдости от второго нагрева с выдержкой X2.

Рис.2.

После полного остывания стыка переносным твердомером замеряется твёрдость металла шва и при её значениях более 270 ед. НВ [4] выполняется повторная термическая обработка с выдержкой при максимальной температуре X_2 (рис.2.), после чего повторяется замер твёрдости.

Процесс термической обработки по выбранному режиму повторяется до получения нормальных значений твёрдости металла шва (<270 ед. НВ), но не более 3-х раз.

При положительных результатах контроля свойств выполняется термическая обработка остальных стыков с повышенной твёрдостью. При сохранении неизменными скоростей нагрева и охлаждения время выдержки при температуре 760 10 ^{o}C для этих стыков принимается равным суммарному времени выдержки $X_1+X_2+X_3$ (рис.2), обеспечившему требуемый уровень твёрдости.

Следует отметить, что если по результатам анализа технической документации выяснится, что при изготовлении термическая обработка сварных соединений выполнялась через некоторое время после сварки (например, через сутки), то этого времени вполне достаточно, чтобы релаксация напряжений при стабилизации свежезакаленной структуры проходила по пути образования микронадрывов (микротрещин), и поэтому выполненный термический режим приведения твёрдости до нормального уровня, хотя и снизит уровень твердости до нормативных значений, но уже образовавшиеся микротрещины не устранит.

Выводы и рекомендации:

При проведении технического освидетельствования (ревизии), техническом диагностировании и экспертизы промышленной безопасности, с определением срока дальнейшей безопасной эксплуатации технологического оборудования из хромомолибденовых теплоустойчивых сталей типа 15Х5М и 12Х2М1, заваренных однородными со сталью электродами, необходимо одним из обязательных видов неразрушающего контроля применять контроль замера твердости. Это позволит при проведении неразрушающего контроля в процессе технического диагностирования в полной мере оценить техническое состояния обследуемого технического устройства и порекомендовать предприятию способ уменьшения повышенной твердости без переварки сварных соединений, когда сокращено время ремонта и необходимо продлить на короткий срок эксплуатации элементов технологического оборудования до его полной замены.

Список литературы

1. Стародубцев А.Е., Арчаков С.В. Особенности диагностирования сварных соединений сталей типа 15Х5М, 12Х2М1, заваренных однородными со сталью электродами. Основные причины повышения твердости сварных соединений. / Евразийский Научный Журнал №9 (сентябрь 2015).

2. В.Н.Земзин, Р.З.Шрон. Термическая обработка и свойства сварных соединений. Л., Машиностроение, 1978.

3. Л.С.Лившиц, А.Н.Хакимов. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. М, Машиностроение, 1989.

4. Трубчатые печи, резервуары, сосуды и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Требования к техническому надзору, ревизии и отбраковке. СТО-СА-03-004-2009 / ассоциация «Ростехэкспертиза»; ОАО «ВНИКТинефтехимобору-дование». – Волгоград: Изд-во ВГПУ «Перемена», 2010. – 156с.