

ПРИМЕНЕНИЕ КОЭРЦИТИМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ПРИ РЕМОНТЕ СМЕСИТЕЛЯ В ДОМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В. И. СУХОМЛИН¹, В. И. ВОЛОХ², А. А. ТАРАНЕНКО³

¹Приднепров. гос. академия строительства и архитектуры. 49600, г. Днепр, ул. Чернышевского, 24-а.

E-mail: alma31@mail.ru

²ПАО «Днепров. металлургический комбинат им. Ф. Э. Дзержинского». 51925, г. Каменское-25, ул. Кирова, 18Б. E-mail: aliha04@rambler.ru

³ГП «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт трубной промышленности им. Я. Е. Осады». 49000, г. Днепр, ул. Писаржевского, 1а. E-mail: lab241@i.ua

Проведено обследование корпуса смесителя по выявлению участков с повышенными зонами напряжений по величине коэрцитивной силы. Представлены результаты контроля корпуса смесителя по величине коэрцитивной силы. Предложен способ снижения напряжений на внутренней поверхности корпуса смесителя. Библиогр. 4, табл. 2, рис. 6.

Ключевые слова: коэрцитиметрический метод контроля, доменное производство, корпус смесителя, зоны напряжений

Коэрцитивная сила (КС) является характеристикой напряженно-деформированного состояния ферромагнитных сталей, поэтому это один из наиболее чувствительных методов контроля структуры металла [1]. В данной работе проведен магнитный контроль с целью определения уровня напряженно-деформированного состояния внутренней поверхности корпуса смесителя и определения зон повышенной концентрации напряжений [2].

В доменном цеху используется смеситель для получения вязущей массы для забивки чугунной летки доменной печи (рис. 1). Для разогрева вязущей смеси через отверстия в корпусе смесителя подается пар. Корпус смесителя представляет собой конструкцию, состоящую из сваренных между собой сформованных листов из стали 09Г2С.

В процессе эксплуатации корпус смесителя периодически ремонтировали из-за появления трещин в сварных швах на его внутренней поверхности (рис. 2).

Ремонтные работы (разделявание и последующая заварка трещин) не приводили к желаемому результату – трещины периодически появлялись

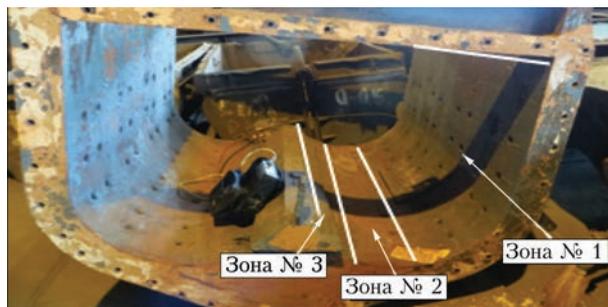


Рис. 1. Корпус смесителя для приготовления вязущей массы: зона №1–зона №3 – критические зоны

© В. И. Сухомлин, В. И. Волох, А. А. Тараненко, 2017

вновь. Для определения причин появления трещин в сварных швах смесителя авторами работы было принято решение исследовать уровень напряженного состояния ремонтируемых участков корпуса [3]. С этой целью был применен магнитный коэрцитиметрический метод, который зарекомендовал себя высокой чувствительностью при исследовании технического состояния ферромагнитных низколегированных сталей.

Контроль проводили магнитным структуроскопом КРМ-Ц-К2М с установкой датчика вдоль распространения трещин. Установить датчик поперек корпуса не представляется возможным, так как смеситель имеет полукруглую форму в зоне трещин. Для удобства анализа полученных значений по H_c корпус смесителя условно разбит на три рабочих зоны (см. рис. 1).

Результаты обследования магнитным коэрцитиметрическим методом внутренней поверхности корпуса смесителя представлены в табл. 1.

Результаты контроля были обработаны с помощью компьютерной программы и представлены на рис. 3. На визуализированной развертке име-



Рис. 2. Увеличенные участки с трещинами в зоне сварных швов

Таблица 1. Результаты контроля КС корпуса смесителя до ремонта

Номер зоны	Значения коэрцитивной силы H_c , А/см, в точках контроля								Примечание
1	1,5	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,5	1,5	Зона без сварных швов
	1,5	1,3	1,6	1,4	1,6	1,3	1,6	2,1	
	2,0	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,5	2,1	
	1,7	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,7	1,7	
	1,8	1,4	1,4	1,3	1,3	1,5	1,7	1,5	
	1,6	1,5	1,5	Накладка (измерения не проводились)		1,5	1,4	1,5	
	1,6	1,9	1,6			1,5	1,6	1,4	
	1,8	2,0	3,4			1,5	1,6	1,3	
2	4,7; 4,4; 5,0; 3,5; 5,3; 3,6; 5,4; 3,5; 5,1; 4,7; 4,6; 5,5; 4,5; 5,4; 4,5; 1,6								Зона ремонтного сварного шва
3	0,9	1,2	1,1	1,4	0,9	0,9	0,9	0,9	Зона без сварных швов

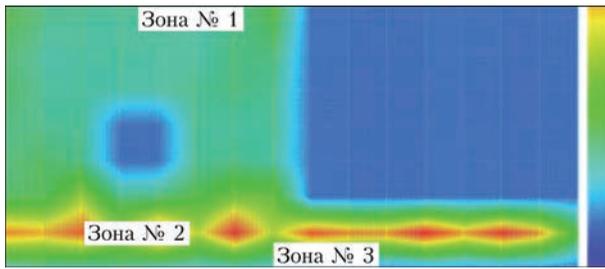


Рис. 3. Распределение КС и местоположение неблагоприятных (критических) зон на корпусе смесителя до ремонта (визуализированная развертка)

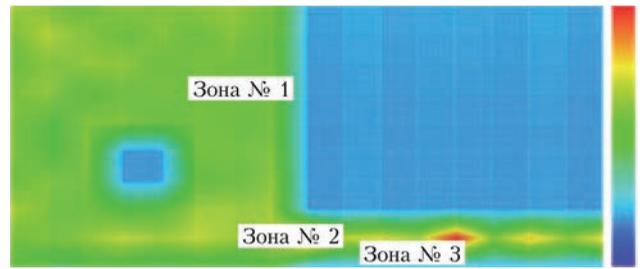


Рис. 5. Визуализированная развертка по распределению H_c и местоположение измененных (стабилизированных) зон на корпусе смесителя после проведения отжига в печи

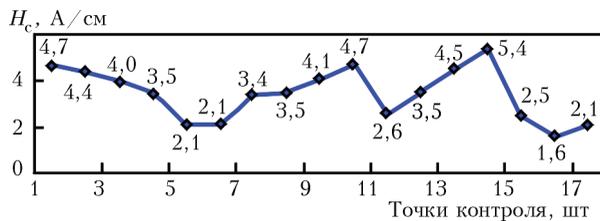


Рис. 4. График распределения H_c по зоне № 2 ремонтного сварного шва (условные обозначения – точки контроля)

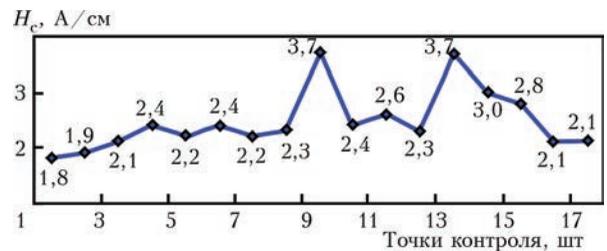


Рис. 6. График распределения КС после проведения отжига в печи

ются участки с повышенными значениями КС (зона № 2), где они отличаются от среднего значения в несколько раз, что свидетельствует о повышенном напряжено-деформированном состоянии металла в этих местах.

График распределения величины КС в зоне сварного шва (зона № 2) вдоль ремонтного шва до отжига приведен на рис. 4.

В зонах № 1 и № 2 коэрцитиметрический контроль зафиксировал однородные без значительных перепадов значения КС. В зоне № 3 значения КС

превышали рядом находящиеся значения в два раза, что свидетельствовало о концентрации напряжений. Опасность образования трещин наиболее вероятно имела место на участках с КС более 4,5 А/см. Рабочий режим смесителя с частыми остановками-пусками технологического оборудования может инициировать напряжения в этих сварных швах, способные вызвать растрескивание металла.

На основании анализа состояния исследованного сварного шва (зона № 2) принято решение

Таблица 2. Результаты контроля величины КС корпуса после отжига в печи

Номер зоны	Значения коэрцитивной силы H_c , А/см, в точках контроля								Примечание
1	2,1	1,9	1,7	2,0	1,9	2,0	2,1	1,8	Зона металла без сварных швов
	1,8	2,3	2,0	1,7	2,0	1,7	2,0	1,7	
	1,7	2,0	2,1	2,1	1,8	1,9	1,9	1,8	
	1,9	2,1	1,6	1,8	1,9	1,8	1,7	1,9	
	1,9	1,6	2,0	2,0	1,8	1,9	1,8	1,9	
	1,9	1,5	2,0	Накладка (измерения не проводились)		1,9	1,9	2,0	
	1,7	2,0	1,9			1,7	1,8	2,1	
2	2,2 1,9 1,8 1,5 1,6 2,2 2,2 2,2								Зона ремонтного сварного шва
3	1,8; 1,9; 2,1; 2,4; 2,2; 2,4; 2,2; 3,7; 2,4; 2,6; 2,3; 3,7; 2,0; 2,8; 2,1; 2,79								Зона металла без сварных швов

провести отжиг корпуса смесителя для снижения внутренних напряжений и приведения структуры в равновесное состояние [4].

Схема отжига включала нагрев корпуса смесителя со скоростью 80 °С/ч до 800...850 °С, выдержку 3 ч при этой температуре и охлаждение с печью.

Термическая обработка корпуса, а именно отжиг смесителя, способствовала снижению напряжений и приведению структуры металла в более стабильное состояние (табл. 2). Нагрев выше 850 °С обеспечил полную перекристаллизацию стали.

Проведена обработка полученных после отжига данных коэрцитиметрического контроля с помощью компьютерной программы.

Как следует из рис. 5, значения КС стали более однородными (зона № 1), уменьшились количество неблагоприятных зон (зона № 2).

На рис. 5 приведен график распределения величины коэрцитивной силы в зоне ремонтного сварного шва (зона № 2) после отжига.

Выводы

По результатам магнитного контроля отремонтированного смесителя установлено, что в его верхней части значения коэрцитивной силы однородные и находятся в диапазоне 1,6...2,1 А/см.

В зоне стыкового сварного шва значения коэрцитивной силы составляет от 1,8 до 2,2 А/см, значения однородные.

В зоне ремонтных сварных швов величина коэрцитивной силы составляет от 1,9 до 3,7 А/см, что значительно меньше, чем до проведения отжига. Резких перепадов значений КС не обнаружено. Произошло снижение величины коэрцитивной силы на 1,5...2,0 А/см. Однако в двух местах этой зоны есть места (наплавка сварного шва) (см. рис. 6), где $H_c = 3,7$ А/см.

Благодаря снижению уровня и концентрации напряжений зафиксированных коэрцитиметрическим методом, в результате ремонта удалось исключить трещины в сварном шве, что позволило продлить эксплуатацию смесителя.

Список литературы

1. Контроль усталости металла неразрушающим магнитным (коэрцитиметрическим) методом / В. И. Романенко и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2009. – № 3. – С. 56–58.
2. Ермолов И. Н., Ланге Ю. В. *Неразрушающий контроль*. Справочник: В 7 т; под общ. ред. В. В. Клюева. Т. 6: *Магнитный контроль*. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.
3. Безлюдько Г. Я., Марченко А. Ю., Соломаха Р. Н. *Обзорная оценка общего состояния и детальная экспертиза усталости металла объектов нефтехимических производств коэрцитиметрическим методом* // В мире неразрушающего контроля. – 2012. – № 1. – С. 13–17.
4. Сухомлин В. И., Волох В. И. *Анализ стойкости магнитного состояния образцов от температурного влияния* // *Производственная лаборатория*. – 2011. – № 5(38). – С. 30–32.

References

1. *Kontrol ustalosti metalla nerazrushayushchim magnitnym (koertsimetricheskim) metodom / V. I. Romanenko i dr. //*

Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost. – 2009. – № 3. – С. 56–58. [in Russian].

2. Yermolov I. N., Lange Yu. V. *Nerazrushayushchy kontrol. Spravochnik: V 7 t; pod obshch. red. V. V. Klyuyeva. T. 6: Magnitny kontrol*. – М.: Mashinostroyeniye, 2004. – 864 s. [in Russian].
3. Bezlyudko G. Ya., Marchenko A. Yu., Solomakha R. N. *Obzornaya otsenka obshchego sostoyaniya i detalnaya ekspertiza ustalosti metalla obyektov neftekhimicheskikh proizvodstv koertsimetricheskim metodom // V mire nerazrushayushchego kontrolya*. – 2012. – № 1. – С. 13–17. [in Russian].
4. Sukhomlin V. I., Volokh V. I. *Analiz stoykosti magnitnogo sostoyaniya obraztsov ot temperaturnogo vliyaniya // Proizvodstvennaya laboratoriya*. – 2011. – № 5(38). – С. 30–32. [in Russian].

В. И. СУХОМЛИН¹, В. И. ВОЛОХ², А. О. ТАРАНЕНКО³

¹Придніпров. держ. академія будівництва та архітектури. 49600, м. Дніпропетровськ, вул. Чернишевського, 24-а. E-mail: alma31@mail.ru

²ПАО «Дніпров. металургійний комбінат ім. Ф. Е. Дзержинського». 51925, м. Кам'янське, вул. Кірова, 18Б. E-mail: aliha04@rambler.ru

³ДП «Науково-дослідний і конструкторсько-технологічний ін-т трубної промисловості ім. Я. С. Осади». 49000, м. Дніпро, вул. Писаржевського, 1а. E-mail: lab241@i.ua

ЗАСТОСУВАННЯ КОЕРЦИТИМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЗМІШУВАЧА ПІД ЧАС РЕМОНТУ У ДОМЕННОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Проведено обстеження корпусу змішувача з виявлення ділянок з підвищеними зонами напружень за величиною коерцитивної сили H_c . Представлені результати контролю за H_c корпусу змішувача. Запропоновано спосіб зниження напружень на внутрішній поверхні корпусу змішувача. Бібліогр. 4, табл. 2, рис. 6.

Ключові слова: коерцитиметричний метод контролю, доменне виробництво, корпус змішувача, зони напружень

V.I.SUKHOMLIN¹, V.I.VOLOKH², A.A.TARANENKO³

¹Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture, 49600, Chernyshevskogo 24-a str., 49600, Dnepr. E-mail: alma31@mail.ru

²PJSC «Dneprovsky Iron & Steel Works aft. F. Dzerzhinsky», 18B Kirov str., 51925, Kamenskoye. E-mail: aliha04@rambler.ru

³SE «Ya. E. Osada Pipe Research Institute», 1a, Pysarzhevskii str., 49000, Dnepr. E-mail: lab241@i.ua

APPLICATION OF COERCIMETRIC METHOD OF TESTING IN REPAIR OF A MIXER IN BLAST-FURNACE PRODUCTION

Examination of mixer body was performed to detect areas with increased stress zones by the magnitude of coercive force H_c . The paper presents the results on H_c of mixer body. A method to lower stresses on inner surface of mixer body is proposed. 4 References, 2 Tables, 6 Figures.

Keywords: coercimetric testing method, blast-furnace production, mixer body, stress zones

Поступила в редакцію
04.11.2015