

УДК 006.91:004.942

## ИНФОРМАЦИОННОЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ

К. т. н. И. В. Прокопович, М. А. Духанина, А. В. Шмараев, С. В. Кошулян,  
Бакхер М. Надери

Одесский национальный политехнический университет  
Украина, г. Одесса  
stanovsky@mail.ru

*Разработано метрологическое обеспечение автоматизированной системы управления литьем под давлением биметаллических сталь-алюминиевых отливок. Предложен метод и средства непосредственного измерения промежуточного (распределение температуры по поверхности стальной части перед заливкой) и конечного (качество сцепления) параметров управления.*

*Ключевые слова: метрологическое обеспечение измерения, биметаллические отливки, качество свариваемости элементов.*

Рассмотрим метрологическое обеспечение системы управления технологическим процессом литья под давлением биметаллических отливок [1]. В известном обеспечении используется метод, в котором выделены две «точки измерений». Эти результаты задействованы в системе обратной связи АСУ биметаллическим литьем — это оценка температуры поверхности стальной вставки перед заливкой алюминием и разрушающий метод оценки свариваемости компонентов биметалла, который заключается в поперечном перерезании отливки, фотографировании сечения и цифровой обработке фотографии [2]. Для решения первой проблемы в последнее время широко привлекают инфракрасные тепловизионные системы, которые одновременно измеряют температуру всей поверхности, а не отдельных ее точек [3]. Результат преобразования такой информации к единому числу зависит от принятого метода его осуществления [4], материала и формы отливки, времени, отведенного на онлайн измерения, и цели последнего.

Что касается свариваемости, то здесь ультразвуковой метод, несмотря на все сложности и проблемы технического характера, имеет самое главное преимущество: он неразрушающий [5]. Но и у этого метода есть два существенных недостатка, которые обуславливают проблематику данной работы. Во-первых, поверхность биметаллических теплообменников (радиаторов), как правило, настолько сложна, что ни передатчик, ни приемник ультразвука не могут быть использованы на ней полноценно. Во-вторых, — если речь идет о степени свариваемости «вообще», метод должен обеспечить обследование всех точек поверхности стыковки между элементами биметалла, что требует особого подхода к траектории перемещения УЗ-зонда относительно измеряемой поверхности.

Поэтому целью работы является создание метода ультразвукового измерения степени свариваемости, лишенного этих недостатков: измерение «изнутри» и полное сканирование внутренней поверхности стальной трубы радиатора.

Как указано выше, когда по каким-либо причинам элементы биметалла (сталь и алюминий) не свариваются между собой, на их границе, которая в методе-прототипе четко наблюдается на макрошлифе поперечного разреза, видны щелевидные, наполненные воздухом, «черные» участки. В существующем методе оценку несвариваемости проводили только в одном сечении визуально по относительной длине щелевидных черных участков и окружности предполагаемого контакта свариваемости в целом.

Для этого круглый след сечения поверхности соприкосновения (цилиндра) «вручную» с помощью транспортира или после оцифровки и обработки в цилиндрических координатах превращали в набор углов  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ , на каждый из которых опирается дуга, что соответствует поврежденному участку. Такая локальная оценка не отличается ни точностью, ни чувствительностью и плохо встраива-

ется в системы управления.

В предлагаемом методе оценка несвариваемости осуществляется с помощью ультразвукового измерения изнутри биметаллической детали. В данном случае этому способствует тот факт, что стальной элемент биметаллической отливки — труба — имеет внутреннюю цилиндрическую поверхность без существенных отклонений от проектной геометрии по всей длине отливки.

Поэтому измерительная головка, на которой установлены источник и приемник излучения, с помощью специального привода осуществляет поступательно-вращательное движение, сканируя внутреннюю поверхность стальной трубы. При этом наружная форма отливки не влияет на результаты измерения. Наличие ответного луча ультразвука фиксируется интегрирующим прибором. Если поступательное и вращательное движения измерительной головки равномерны, степень несвариваемости будет отношением времени фиксации наличия обратного луча к общему времени измерения. Экспериментально установлено, что метод распознает различные площади несвариваемости, отличающиеся на 0,02 см<sup>2</sup>.

Предложенный ультразвуковой метод измерения степени свариваемости элементов биметаллической отливки является центральным ядром в общем метрологическом обеспечении процесса литья, так как полученные с его помощью результаты измерения используются в отрицательной обратной связи, на которой построена система управления этим процессом.

Разработанный метод и средства измерения степени свариваемости для систем автоматизированного управления технологическим процессом биметаллического литья представляют собой неразрушающий ультразвуковой контроль внутренней цилиндрической поверхности стальной вставки трубы при сложном поступательно-вращательном движении измерительной головки.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Савельева О. С., Прокопович И. В., Шмараев А. В. Разработка метрологического обеспечения системы управления технологическим процессом литья под давлением биметаллических отливок // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Информационные технологии. — Харьков, 2015 — № 2/1 (74). — С. 32—37.
2. Оборский Г. А., Рязанцев В. М., Шихирева Ю. В. Измерение параметров внутренних тепловых процессов по инфракрасным видеопотокам от поверхности детали // Сучасні технології в машинобудуванні: збірник наукових праць.— Харків, Національний технічний університет «ХПІ», 2013.— Вип. 8.— С. 124—132.
3. Становский П. А., Бовнегра Л. В., Шихирева Ю. В. Автоматизированный мониторинг протекания технологических процессов с помощью низкочастотных видеопотоков // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету.— 2012.— Вип. 25.— Ч. II.— С. 70—74.
4. Становский А. Л., Шмараев А. В., Прокопович И. В., Пурич Д. А., Швец П. С., Бондаренко В. В. Разработка методов преобразования многомерной измерительной информации к числу с помощью дифференциальных уравнений в частных производных // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Информационные технологии.— Харьков, 2015— № 4/4 (74).— С. 56—62.
5. Кретов Е. Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении.— Санкт Петербург: СВЕН, 2011.— 312 с.

---

I. V. Prokopovich, M. A. Dukhanina, A. V. Shmarayev, S. V. Koshulyan, Bakher M. Naderi  
**Information metrological support of special methods of casting**

The authors have developed metrological support for the automated control system for injection casting of bimetallic steel-aluminum casts. The paper presents a method and means for direct measurement of intermediate (temperature distribution along the surface of the steel part before casting) and final (adherence quality) control parameters.

Keywords: *metrological ensuring measurement, bimetallic castings, quality of elements coupling.*