

**ПРИМЕНЕНИЕ ОБДУВОЧНОГО АППАРАТА  
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПРОБ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА  
К АНАЛИЗУ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
В УСЛОВИЯХ ПАО «СТЗ»**

**А.В. Мурзин<sup>1</sup>, В.В. Мелинг<sup>1</sup>, Л.Е. Дресвянкина<sup>1</sup>, Е.С. Ананьева<sup>1</sup>,  
А.Л. Засухин<sup>1</sup>, В.Г. Лисиенко<sup>2</sup>, С.Л. Путилов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ОАО «Северский трубный завод» (г. Полевской, Россия)

<sup>2</sup>ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
(г. Екатеринбург, Россия)

*Разработано устройство, предназначенное для охлаждения пробы металла до требуемой температуры, с использованием в качестве охлаждающей среды сжатого воздуха с наложением акустических колебаний излучателя. Использование обдувочного аппарата в практике работы ЭСПЦ ПАО «СТЗ» позволило получить равномерно охлажденную по всей поверхности пробу металла, значительно сократить расход сжатого воздуха.*

**Ключевые слова:** сталь, проба, обдувочный аппарат, сжатый воздух, акустический излучатель, акустические колебания.

*A device for cooling the metal sample to the desired temperature using a cooling medium compressed air superposition of acoustic vibrations emitter. Using the blower unit in the practice of EAF PJSC «FTZ» allowed us to obtain uniform cooling over the entire surface of the metal sample, significantly reduce compressed air consumption.*

**Keywords:** steel, silver, blowers, compressed air, an acoustic transducer, the acoustic oscillations.

Подготовка проб жидкого металла к анализу химического состава – важная и достаточно материалозатратная технологическая операция, требующая специального оборудования.

Отбор пробы жидкого металла, охлаждение пробы производится по ГОСТ 7565–81. Для получения достоверного результата химического анализа проба жидкого металла должна быть не только правильно отобрана, но и правильно охлаждена.

Известны два основных способа отбора пробы жидкого металла. Первый способ – использование пробной ложки, которая перед взятием пробы должна быть предварительно нагрета и ошлакована во избежание приваривания металла к ложке. Кроме того, в плохо ошлакованной ложке сталь закипает, ее химический состав, по причине окисления углерода и марганца, изменяется, а температура понижается. Сталь в ложке для предохранения от быстрого остывания должна быть прикрыта шлаком и впоследствии разлита в изложницу для отбора проб [1].

Второй способ отбора проб жидкого металла – использование пробоотборника, в котором находится разъемная пробница. Основные требования к пробоотборнику: целостность конструкции и хорошо просушенный корпус,

изготовленный из прессованной бумаги. Поверхность отобранной пробы, в соответствии с ГОСТ 7565–81, должна быть без раковин, шлаковых включений, цветов побежалости и других дефектов.

Взятая пробоотборником из ковша с жидким металлом проба имеет температуру 800–850 °С, а температура пробы металла, при которой возможно проведение анализа для определения химического состава, должна быть не более 40–45 °С [2].

Известные обдувочные аппараты для охлаждения – это вентиляторы или аппараты, где используется для охлаждения компрессорный сжатый воздух.

В обдувочных аппаратах, использующих сжатый воздух, в качестве рабочего органа применяются либо цилиндрические насадки, либо специальные сопла, например, сопло Лаваля [3]. Недостатки известных устройств обдувочных аппаратов следующие: вентиляторы представляют собой мало-мощное и громоздкое оборудование, что неприемлемо и по скорости охлаждения, и по габаритным размерам. Применение в обдувочных аппаратах цилиндрических насадок приводит к перерасходу сжатого воздуха. Применение сопла Лаваля имеет также ряд недостатков, прежде всего, повышенный уровень шума, вызванный высокими скоростями выхода сжатого воздуха, подаваемого на пробу металла для его охлаждения, а также неравномерное охлаждение поверхности пробы металла.

На ПАО «Северский трубный завод» разработано устройство для равномерного охлаждения всей площади пробы металла при уменьшенном расходе сжатого воздуха (патент РФ на полезную модель № 135317) [4].

Устройство состоит из металлического корпуса с дверкой, в котором расположена подставка для установки на ней пробы металла, трубопровода, подающего на охлаждение пробы сжатый воздух, трубопровода, отводящего из корпуса устройства отработанный воздух, акустического газового излучателя. На сжатый воздух при прохождении через акустический излучатель накладываются акустические колебания с частотой от 100 до 4000 Гц (рис. 1).

Устройство работает следующим образом. Проба металла 3 с температурой 800–850 °С укладывается на подставке 4, дверца 2 корпуса 1 закрывается, открывается кран подачи воздуха 7. Далее воздух поступает в акустический излучатель 6 (см. рис. 2), где на струю воздуха накладываются акустические колебания с частотой 100–4000 Гц и этот воздух подается на пробу металла, охлаждая ее. Отработанный воздух удаляется из корпуса устройства через трубу 8. Через 1,5–2 мин проба остывает до температуры 20–40 °С, кран подачи воздуха 7 закрывают, пробу металла 3 извлекают из обдувочного устройства и отправляют на анализ для определения химического состава металла.

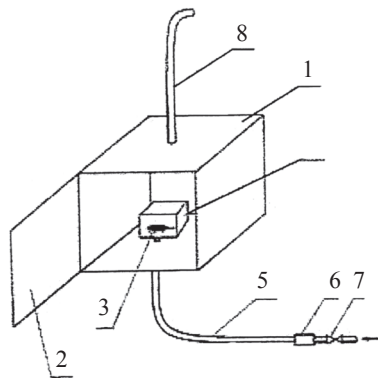


Рис. 1. Обдувочное устройство для охлаждения проб металла:

1 – металлический корпус; 2 – дверца корпуса; 3 – проба металла; 4 – подставка под пробу; 5 – трубопровод подачи сжатого воздуха; 6 – акустический излучатель; 7 – кран подачи воздуха; 8 – труба для удаления отработанного воздуха

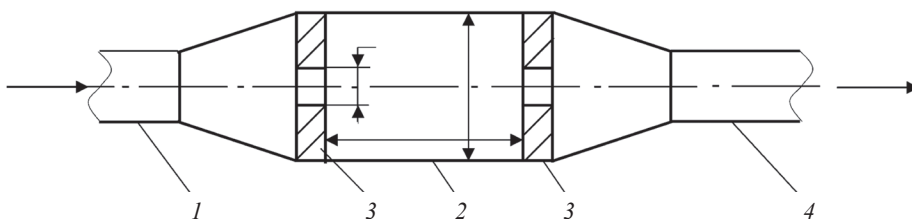


Рис. 2. Схема акустического газового диафрагменного излучателя (акустический цилиндр): 1 – подводящая труба; 2 – корпус; 3 – диафрагмы с отверстиями; 4 – штуцер ввода инертного газа в полость защитной трубы;  $d = 6$  мм,  $D = 14$  мм,  $\delta = 8,2$  мм

Диафрагменный газовый акустический излучатель (рис. 2) выполнен в виде двоянных диафрагм с отверстиями  $d = 6$  мм. Подобного типа акустический излучатель был использован, например, как акустический элемент акустической пробки для продувки металла в ковше (разработка Первоуральского динасового завода – ОАО «Динур» и ПАО «Северский трубный завод» [5, 6]. Излучатель обычно настраивается на диапазон частот 100–4000 Гц.

Использование обдувочного устройства такого типа позволяет получить равномерно охлажденную по всей поверхности пробу металла, снизить расход сжатого воздуха.

Испытания способа охлаждения пробы жидкого металла с наложением акустических колебаний на компрессорный воздух, а также испытание работоспособности обдувочного устройства проходило следующим образом: на штангу погружения пробоотборника закреплялся второй пробоотборник. Таким образом, за одно погружение в жидкий металл отбирались одновременно в одном месте сталеразливочного ковша сразу две пробы металла. Эти пробы одновременно охлаждались в двух разных обдувочных устройствах. К одному устройству был подведен компрессорный воздух  $P_{\text{в}} = 0,3\text{--}0,4$  МПа, ко второму обдувочному устройству был подведен компрессорный воздух с тем же рабочим давлением ( $P_{\text{в}} = 0,3\text{--}0,4$  МПа), но с наложением акустических колебаний с частотой 100–4000 Гц. Время остывания проб до температуры 20–40 °С в обоих устройствах практически одинаково ~1 мин, но расход затраченного воздуха на охлаждение пробы во втором устройстве оказался в 2,5–3 раза меньше. Далее пробы передавались в экспресс-лабораторию, где спектральным методом анализа на оптико-эмиссионном спектрометре определялся химический состав металла. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Проведенный анализ показал, что из 220 определенных концентраций химических элементов 140 имеют одинаковые значения, в остальных – концентрации химических элементов отличаются незначительно и укладываются в допустимую погрешность измерения спектрального метода анализа.

В ходе работы был опробован еще один способ охлаждения пробы металла, при этом сжатый воздух, используемый в обдувочном устройстве в качестве охлаждающей среды, был заменен аргоном. На подаваемый в охлаждающее устройство аргон накладывались акустические колебания с частотой 100–4000 Гц, рабочим давлением  $P_{\text{в}} = 0,3\text{--}0,4$  МПа. Сравнительные результаты анализов представлены в табл. 2.

Таблица 1

**Маркировочный анализ проб, охлажденных обычным способом  
и с наложением акустических колебаний**

Дата	№ плавки	Марка	Метод	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Al	As
03.02.09	5264	40X	об.1	0,35	0,51	0,24	0,005	0,005	0,87	0,12	0,18	0,03	0,012	0,008
03.02.09	5264	40X	ак.1	0,36	0,51	0,24	0,005	0,005	0,86	0,12	0,18	0,03	0,011	0,008
03.02.09	5265	40X	об.2	0,31	0,47	0,16	0,004	0,009	0,76	0,11	0,20	0,03	0,001	0,007
03.02.09	5265	40X	ак.2	0,33	0,48	0,16	0,005	0,009	0,76	0,12	0,21	0,03	0,043	0,008
17.03.09	5872	Д-8	об.	0,45	0,80	0,25	0,011	0,005	0,12	0,11	0,16	0,02	0,024	0,008
17.03.09	5872	Д-8	ак.	0,45	0,80	0,24	0,012	0,006	0,12	0,11	0,16	0,02	0,024	0,007
15.04.09	6272	Д	об.	0,45	0,73	0,25	0,013	0,003	0,12	0,12	0,17	0,02	0,034	0,007
15.04.09	6272	Д	ак.	0,44	0,72	0,25	0,014	0,003	0,12	0,12	0,17	0,02	0,033	0,008
05.05.09	6428	Д-8	об.	0,41	0,76	0,19	0,007	0,005	0,14	0,12	0,14	0,03	0,030	0,008
05.05.09	6428	Д-8	ак.	0,42	0,76	0,19	0,007	0,005	0,14	0,12	0,14	0,03	0,030	0,007
18.06.09	7067	20КТ	об.	0,16	0,53	0,14	0,009	0,005	0,21	0,16	0,16	0,04	0,008	0,006
18.06.09	7067	20КТ	ак.	0,16	0,52	0,14	0,010	0,005	0,20	0,16	0,16	0,04	0,008	0,006
01.07.09	7220	38Г2СФ	об.	0,39	1,33	0,44	0,010	0,003	0,06	0,17	0,23	0,02	0,024	0,008
01.07.09	7220	38Г2СФ	ак.	0,40	1,33	0,43	0,012	0,003	0,06	0,18	0,24	0,02	0,027	0,009
11.08.09	7889	Д-8	об.	0,47	0,78	0,20	0,007	0,006	0,06	0,12	0,16	0,02	0,026	0,007
11.08.09	7889	Д-8	ак.	0,46	0,78	0,19	0,007	0,005	0,06	0,12	0,16	0,02	0,025	0,006
11.09.09	1712	Д	об.	0,44	0,72	0,22	0,006	0,010	0,09	0,12	0,19	0,02	0,05	0,006
11.09.09	1712	Д	ак.	0,43	0,72	0,23	0,006	0,011	0,09	0,12	0,19	0,02	0,05	0,006
20.10.09	2429	38Г2СФ	об.	0,28	1,12	0,28	0,008	0,023	0,05	0,14	0,20	0,02	0,01	0,009
20.10.09	2429	38Г2СФ	ак.	0,29	1,12	0,29	0,008	0,023	0,05	0,14	0,20	0,02	0,01	0,009

Маркировочный анализ проб, охлажденных разными способами, показал, что из 34 определенных концентраций элементов 20 результатов не имеют отличий, в остальных случаях разница между полученными значениями незначительна и является допустимой. Также следует отметить, что время охлаждения пробы жидкого металла до температуры 20–40 °С аргоном больше, чем при охлаждении компрессорным воздухом.

Таблица 2

**Маркировочный анализ проб, охлажденных компрессорным воздухом  
и аргоном с акустическими колебаниями**

Метод охлаждения	Концентрация элемента, %							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
Обычная (компрессорный воздух)	0,26	0,65	0,16	0,006	0,024	0,08	0,11	0,15
Акустика с аргоном	0,26	0,66	0,16	0,006	0,023	0,08	0,11	0,15
Метод охлаждения	Концентрация элемента, %							
	Mo	Al	Ca	Ti	V	W	Sn	As
Обычная (компрессорный воздух)	0,04	0,02	0,0001	0,002	0,008	0,009	0,007	0,006
Акустика с аргоном	0,05	0,03	0,0001	0,003	0,011	0,006	0,007	0,006

## **Вывод**

Внедрение устройства обдувочного аппарата, предназначенного для охлаждения проб металла до требуемой температуры, в практику работы ЭСПЦ ПАО «СТЗ» с использованием в качестве охлаждающей среды сжатого воздуха с наложением акустических колебаний излучателя с частотой 100–4000 Гц позволило получить равномерно охлажденную по всей поверхности пробу металла и значительно, в 2–3 раза, снизить расход сжатого воздуха.

### **Список использованных источников**

1. Струговицков Д.П. *Сталевар мартеновской печи*. – М.: Металлургиздат, 1953. – 351 с.
2. ГОСТ 7565–81 «Чугун, стали и сплавы. Метод отбора проб для определения химического состава». – М., 1981. – 24 с.
3. Кузнецов Ю.В. *Сжатый воздух*. – Екатеринбург: Российская академия наук. Уральское отделение, 2003. – 246 с.
4. Патент на полезную модель № 135317 РФ. *Устройство обдувочного аппарата для охлаждения проб металла* / В.В. Мелинг, А.В. Мурзин, Е.С. Ананьина [и др.]. Заявл. 19.07.2013; опубл. 10.12.2013.
5. Патент на полезную модель № 110311 РФ. *Фурма для донной продувки металла газами в ковше* / А.Л. Засухин, В.Г. Лисиенко, Е.Г. Житлухин [и др.]. Заявл. 16.08.2010; опубл. 10.01.2011.
6. Лисиенко В.Г. *Совершенствование и повышение эффективности энерготехнологий и производств. Анализ режимных параметров и конструкций в энерготехнологиях*. В 2 ч. Т. 2, кн. 2, ч. 2. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 156 с.