



УДК 621.74.08

Поступила 29.06.2017

КОНТРОЛЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛАТУНИ ЛИТЕЙНОЙ В ЧУШКАХ, ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

CONTROL OF CHEMICAL COMPOSITION OF CASTING BRASS IN INGOTS USED FOR MANUFACTURE OF STOP VALVES

А. А. ПИВОВАРЧИК, Е. В. ПИВОВАРЧИК, Гродненский государственный университет
им. Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь, ул. Ожешко, 22. E-mail: piwchik21@tut.by

A. A. PIVOVARCHYK, E. V. PIVOVARCHYK, State University of Grodno named after Yanka Kupala,
Grodno City, Belarus, 22, Ozheshko str. E-mail: piwchik21@tut.by

В статье представлены результаты исследования химического состава латуни литейной марки ЛС, поставляемой отечественными и зарубежными поставщиками, а также химического состава латуни свинцовой марки ЛЦ40С, используемой для изготовления запорной арматуры, с использованием оптико-эмиссионных спектрометров различных моделей и растрового микроскопа. Установлено, что чушка, поставляемая отечественным поставщиком, по своему химическому составу соответствует химическому составу чушки литейной марки ЛС, в то время как в чушке, поставляемой зарубежными поставщиками, отмечается нарушение химического состава по некоторым основным элементам. Результаты проведенных исследований показали, что чушка, поставляемая всеми поставщиками, а также расплав, полученный при ее использовании, содержат в своем составе такие вредные примеси, как S, Bi и P в количестве 0,001%, 0,0017 и 0,0045% соответственно, что может привести к снижению технологических свойств изделий. Установлено, что использование эмиссионных спектрометров ARL 3460 и OBLF-QSW 750, а также растрового электронного микроскопа Tescan VEGA II LMU позволяет получать практически идентичные значения содержания основных элементов и примесей в чушках литейных и латуни свинцовой марки ЛЦ40С при проведении исследований по определению химического состава исследуемых материалов.

The article presents the results of a research of the chemical composition of brass foundry grade LS, supplied by domestic and foreign producers, as well as the chemical composition of brass lead grade LC4C used for the manufacture of stop valves. The research was made with use of optical emission spectrometers of various models and a scanning microscope. It was established that the pig delivered by the domestic producers corresponds to parameters of chemical composition for the pig's foundry brand LS, while in the pig supplied by foreign producers there were found disparities of the chemical composition of certain basic elements. The results of the studies showed that the pig supplied by all producers, as well as the melt obtained with its use, contain in its composition such harmful impurities as S, Bi and P in the amount of 0.001%, 0.0017% and 0.0045%, respectively, that can lead to a decrease in the technological properties of products. It has been established that the use of ARL 3460 and OBLF-QSW 750 emission spectrometers and the Tescan VEGA II LMU scanning electron microscope makes it possible to obtain practically identical values of the content of the main elements and impurities in pigs of foundry and brass lead grade LC40C in studies on determining the chemical composition of the materials under study.

Ключевые слова. Латуни литейные, чушка, расплав, проба, химический состав, спектральный анализ, химический анализ, отливка.

Keywords. Casting brass, ingots, melt, test sample, chemical composition, spectral analysis, chemical analysis, casting.

Введение

В ряду наиболее перспективного технологичного производства получения литых заготовок из черных и цветных металлов ведущие позиции занимает литье под давлением (ЛПД). В Республике Беларусь насчитывается несколько десятков цехов и участков ЛПД, занимающихся изготовлением отливок из стали, чугуна, алюминиевых, медных, цинковых и других сплавов. ЛПД позволяет получать преимущественно тонкостенные отливки сложной конфигурации, с высоким качеством поверхности и размерной точностью.

Качество изготавливаемых отливок зависит от следующих технологических параметров литья: химического состава исходных шихтовых материалов и расплава, технологии плавки и рафинирования, скорости прессования, времени выдержки отливки в пресс-форме, способа смазывания технологической оснастки, состава смазки.

В свою очередь определение химического состава исходных материалов является одним из специфических направлений производственной деятельности современных металлургических предприятий, позволяющих обеспечить стабильность технологических процессов и требуемое качество продукции. Стабилизация технологического процесса плавки металла достигается как стандартизацией состава исходных шихтовых материалов, так и прямым контролем и регулированием процесса плавки по составу используемых и выпускаемых продуктов. Точность и надежность контроля должны соответствовать условиям непрерывного производства. Такие требования обеспечивает автоматизация анализа и контроля начиная от состава исходных шихтовых материалов до получения готовой продукции заданного состава и свойств. Для определения состава применяют химические, физико-химические и физические методы анализа. При выборе метода анализа исходят из необходимой точности, чувствительности и скорости определения химического состава [1].

В настоящее время на ряде предприятий Республики Беларусь для определения химического состава шихтовых материалов, выплавляемых сплавов используется морально устаревшее технологическое оборудование, которое не в полной мере отвечает предъявляемым требованиям по качеству выполняемого химического анализа состава сплава. Недостоверное определение химического состава сплава на всех технологических этапах изготовления отливки способствует увеличению числа бракованных отливок ввиду невозможности своевременной корректировки химического состава. Необходимо помнить, что несоответствие химического состава шихтовых материалов, а также выплавляемого сплава не допускается техническими нормативно-правовыми актами (ГОСТ, ОСТ и др.). Кроме того, несоответствие химического состава сплава способствует снижению механических свойств изготавливаемого изделия, что, в свою очередь, также приводит к росту бракованных изделий.

Данная работа посвящена исследованию химического состава исходных шихтовых материалов, и расплава, используемых при изготовлении запорной арматуры из медно-цинковых сплавов методом литья под давлением с применением различного технологического оборудования.

Методика проведения экспериментов. В качестве исходных шихтовых материалов, используемых для изготовления запорной арматуры, выступала латунь литейная, поставляемая отечественными и зарубежными поставщиками в чушках литейных марки ЛС по ГОСТ 1020-97 [2]. Отбор и подготовку образцов для выполнения химического анализа исходных шихтовых материалов осуществляли по ГОСТ 24231-80 [3]. Определение количества основных элементов и примесей в отобранной пробе осуществляли с помощью стилоскопа модели «Спектр СЛ13». При этом определение количества меди в сплаве проводили по стандартной методике титриметрическим йодометрическим методом согласно ГОСТ 1652.1-77 [4].

Дополнительно химический состав исследуемых чушковых шихтовых материалов определяли по стандартным методикам согласно ГОСТ 30609-98 [5] с помощью искровых эмиссионных спектрометров моделей OBLF-QSW 750 (Германия) и ARL3460 (Швейцария), а также растрового электронного микроскопа Tescan VEGA II LMU (Англия).

Также были проведены исследования по контролю химического состава расплава, получаемого в результате переплава исходных чушковых шихтовых материалов с целью изготовления отливок из латуни свинцовой марки ЛЦ40С по ГОСТ 17711-93 [6]. Расплавление чушки проводили в индукционной плавно-раздаточной печи ИПЛ 2К емкостью 0,4 т без обработки расплава покровно-рафинирующим флюсом и модификатором. Температура плавления чушки составляла 950 ± 10 °С. Время до полного расплавления чушки – 45 мин. После расплавления чушки из расплава отбирали пробу жидкого металла посредством заливки в графитовый тигель марки ТГ0,5 по ГОСТ 8708-58 [7]. Затем из отобранных проб изготавливали образцы диаметром 20 мм и высотой 12 мм для проведения химического анализа расплава.

Химический состав исходных шихтовых материалов, а также химический состав выплавляемого сплава марки ЛЦ40С из чушки, поставляемой различными поставщиками, определенный с помощью различного технологического оборудования, приведены в табл. 1, 2.

Результаты исследований и их обсуждение. Из табл. 1 видно, что в чушке, поставляемой отечественным поставщиком, наблюдается несоответствие химического состава по содержанию меди. При этом снижение количества меди в чушке составляет 2,6% от требуемого количества согласно ГОСТ 1020-97.

Таблица 1. Химический состав исходных шихтовых материалов, поставляемых на предприятие различными поставщиками

Используемое оборудование	Номер образца	Массовая доля основных компонентов и примесей в исследуемом образце, %										
		Cu	Al	Fe	Mn	Si	Sn	Pb	Sb	P	Ni	Zn
	0 (химический состав чушки по ГОСТ 1020-97)	56,0–61,0	0,5	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8–1,9	0,05	–	1,0	Ост.
Стилоскоп «Спектр СЛ13»	1	59,0	–	0,30	–	–	0,1	1,80	–	–	0,1	38,70
	2	58,5	–	0,30	–	–	0,1	2,0	–	–	0,1	39,80
	3	59,0	–	0,30	–	–	0,1	1,60	–	–	0,1	38,10
Эмиссионный спектрометр ARL 3460	1	59,38	0,01	0,13	0,001	0,06	0,003	0,93	0,009	0,001	0,004	39,44
	2	57,90	0,12	0,40	0,067	0,07	0,481	2,26	0,027	0,002	0,238	38,32
	3	57,54	1,05	0,30	0,114	0,14	0,457	1,76	0,027	0,004	0,312	38,25
Эмиссионный спектрометр OBLF-QSW 750	1	53,40	0,01	0,10	0,001	0,06	0,001	0,87	–	0,001	0,005	45,49
	2	53,10	0,12	0,32	0,061	0,07	0,402	2,08	–	0,001	0,230	43,50
	3	51,50	1,01	0,25	0,114	0,13	0,380	1,37	–	0,003	0,290	44,80
Растровый электронный микроскоп Tescan VEGA II LMU	1	57,90	0,16	0,13	0,001	0,07	0,004	0,93	0,04	–	–	40,76
	2	58,30	0,11	0,38	0,064	0,07	0,421	2,10	0,05	–	–	38,51
	3	52,50	0,62	0,44	0,130	0,16	0,350	1,80	0,05	–	–	43,95

Примечание: 1 – образец отечественного поставщика; 2 и 3 – образцы зарубежных поставщиков.

Таблица 2. Химический состав сплава, полученного из шихтовых материалов, поставляемых на предприятие различными поставщиками

Используемое оборудование	Номер образца	Массовая доля основных компонентов и примесей в исследуемом образце, %										
		Cu	Al	Fe	Mn	Si	Sn	Pb	Sb	P	Ni	Zn
	0 (химический состав сплава по ГОСТ 17711-93)	57,0–61,0	0,5	0,8	0,2	0,3	0,5	0,8–2,0	0,05	–	1,0	Ост.
Стилоскоп «Спектр СЛ13»	1	56,40	–	0,30	–	–	0,1	1,50	–	–	0,1	42,60
	2	58,50	–	0,30	–	–	0,1	1,70	–	–	0,1	39,30
	3	59,00	–	0,30	–	–	0,1	1,60	–	–	0,1	38,90
Эмиссионный спектрометр ARL 3460	1	59,09	0,10	0,22	0,030	0,08	0,20	1,47	0,019	0,002	0,11	38,64
	2	58,75	0,45	0,42	0,063	0,08	0,42	1,98	0,025	0,003	0,20	37,58
	3	58,80	0,73	0,37	0,094	0,14	0,46	1,75	0,028	0,004	0,28	37,31
Эмиссионный спектрометр OBLF-QSW 750	1	53,09	0,10	0,18	0,028	0,08	0,14	1,33	–	0,001	0,10	44,90
	2	53,12	0,43	0,35	0,061	0,08	0,32	1,81	–	0,002	0,19	43,59
	3	53,02	0,69	0,30	0,094	0,12	0,36	1,52	–	0,003	0,27	43,60
Растровый электронный микроскоп Tescan VEGA II LMU	1	57,90	0,12	0,19	0,001	0,08	0,004	0,93	0,04	–	–	38,37
	2	58,30	0,35	0,32	0,05	0,09	0,48	1,60	0,04	–	–	38,77
	3	52,50	0,68	0,41	0,07	0,11	0,39	1,65	0,05	–	–	44,14

Примечание: 1 – образец отечественного поставщика; 2 и 3 – образцы зарубежных поставщиков.

Установлено также, что в чушке, поставляемой зарубежными поставщиками, имеет место уменьшение количества меди. Так, для поставщика 2 количество меди составляет 53,1%, что на 2,9% ниже установленной нормы, в свою очередь для поставщика 3 количество меди составляет 51,5 и 52,5% соответственно, что на 5,5 и 4,5% ниже требуемой концентрации меди в чушке. Необходимо отметить, что данное несоответствие количества меди в поставляемой на предприятие чушке наблюдается при проведении химического анализа сплава с использованием эмиссионного спектрометра OBLF-QSW 750 и растрового электронного микроскопа Tescan VEGA II LMU.

Результаты исследований (табл. 1) показывают, что в чушке, поставляемой поставщиком 3, наблюдается повышенное содержание алюминия 1,05 и 1,01% соответственно, что более чем в 2 раза превышает допустимое содержание алюминия в чушке согласно требованиям ГОСТ 1020-97. Данное превышение содержания алюминия установлено при использовании эмиссионных спектрометров ARL 3460 и OBLF-QSW 750. Менее значительное превышение количества алюминия в чушке от поставщика 3 наблюдается и при исследовании химического состава с использованием растрового электронного микроскопа Tescan VEGA II LMU – 0,62%.

В чушке, поставляемой зарубежным поставщиком 2, наблюдается превышение количества свинца на 0,1–0,36% в зависимости от технологического оборудования, используемого для определения химического состава (табл. 1).

Изучение химического состава сплава, выплавляемого из чушки, поставляемой различными поставщиками, показало, что содержание меди в сплаве не соответствует требованиям ГОСТ 17711-93 при использовании чушки всех трех поставщиков (табл. 2). При этом количество меди в сплаве находится в пределах 52,5–56,4%. Однако следует заметить, что такое существенное несоответствие содержания меди в сплаве не установлено при использовании эмиссионного спектрометра ARL 3460.

Результаты исследований показали, что в сплаве, полученном при использовании чушки, поставляемой поставщиком 3, наблюдается повышенное содержание алюминия 0,68 и 0,73% соответственно, что на 0,18 и 0,23% превышает допустимое содержание алюминия в сплаве согласно ГОСТ 17711-93. Необходимо отметить, что данное превышение содержания алюминия в сплаве установлено при использовании как эмиссионных спектрометров ARL 3460 и OBLF-QSW 750, так и при использовании растрового электронного микроскопа Tescan VEGA II LMU.

Незначительное изменение химического состава чушки и расплава при определении содержания основных элементов и примесей при использовании эмиссионных спектрометров модели ARL 3460 и OBLF-QSW 750, а также растрового электронного микроскопа Tescan VEGA II LMU можно объяснить явлением ликвации в исследуемых образцах.

Кроме того, установлено, что чушка, поставляемая всеми поставщиками, а также расплав, полученный при ее использовании, содержат в своем составе такие вредные примеси, как S, Bi и P в количестве 0,001, 0,0017 и 0,0045% соответственно. Известно [8], что наличие данных примесей в латуни в тысячных долях приводит к снижению технологических и литейных свойств сплава. Так, наличие S способствует ухудшению пластичности при горячей обработке, а также снижает коррозионную стойкость сплава. Содержание в сплаве Bi вызывает краснотекучесть и снижает тепло- и электропроводность сплава. В свою очередь P приводит к снижению пластичности и деформации сплава.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что чушка, поставляемая отечественным поставщиком, по своему химическому составу соответствует химическому составу чушки литейной марки ЛС, в то время как в чушке, поставляемой зарубежными поставщиками, отмечается нарушение химического состава по таким основным элементам, как Cu, Al, Pb. Установлено, что использование эмиссионных спектрометров ARL 3460 и OBLF-QSW 750, а также растрового электронного микроскопа Tescan VEGA II LMU позволяет получать практически идентичные значения содержания основных элементов и примесей в чушках литейных и латуни свинцовой при проведении исследований по определению химического состава исследуемых материалов.

Литература

1. Немененок Б. М. Контроль качества продукции металлургического производства: учеб. пособ. / Б. М. Немененок, П. С. Гурченко, И. В. Рафальский. Минск: БНТУ, 2007. 407 с.
2. ГОСТ 1020-97. Латуни литейные в чушках. Технические условия. Минск: Госстандарт, 2013. 7 с.
3. ГОСТ 24231-80. Цветные металлы и их сплавы. Общие требования к отбору и подготовке проб для химического анализа. М.: Межгосударственный стандарт, 2002. С. 8–12.
4. ГОСТ 1652.1-77. Сплавы медно-цинковые. Методы определения меди. М.: Изд-во стандартов, 1997. С. 1–11.
5. ГОСТ 30609-98. Латуни литейные. Метод рентгенофлуоресцентного анализа. Минск: Изд-во стандартов, 2001. 5 с.
6. ГОСТ 17711-93. Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные. Марки. М.: Межгосударственный стандарт, 2005. С. 18–23.
7. ГОСТ 8708-58. Изделия огнеупорные графитсодержащие. Технические требования. М.: Изд-во стандартов, 1958. 6 с.
8. Гуляев А. П. Металловедение / А. П. Гуляев. М.: Металлургия, 1986. 544 с.

References

1. Nemenenok B. M., Gurchenko P. S., Rafalsky I. V. *Kontrol' kachestva produkcii metallurgicheskogo proizvodstva: ucheb. posobie* [Quality control of products of metallurgical production: Textbook. Allowance]. Minsk, BNTU Publ., 2007. 407 p.
2. GOST 1020-97. *Latuni litejnye v chushkah. Tehnicheskie uslovija* [State Standard 1020–97. Brass foundry in pigs. Specifications]. Minsk, 2013. 7 p.
3. GOST 24231-80. *Cvetnye metally i ih splavy. Obshhie trebovanija k otboru i podgotovke prob dlja himicheskogo analiza* [State Standard 24231–80. Non-ferrous metals and their alloys. General requirements for the selection and preparation of samples for chemical analysis]. Moscow, 2002, pp. 8–12.
4. GOST 1652.1-77. *Splavy medno-cinkovye. Metody opredelenija medi* [State Standard 1652.1-77. Copper-zinc alloys. Methods for determination of copper]. Moscow, 1997, pp. 1–11.

5. **GOST 30609-98.** *Latuni litejnye. Metod rentgenofluorescentnogo analiza* [State Standard 30609–98. Foundry brass. X-ray fluorescence analysis method]. Minsk, 2001. 5 p.
6. **GOST 17711-93.** *Splavy medno-cinkovye (latuni) litejnye. Marki* [State Standard 17711–93. Copper-zinc alloys (brass) foundry. Brands]. Moscow, 2005, pp. 18–23.
7. **ГОСТ 8708-58.** *Izdelija ognepornye grafitsoverzhashhie. Tehnicheskie trebovanija* [State Standard 8708–58. Products fireproof graphite-containing. Technical requirements]. Moscow, 1958. 6 p.
8. **Guljaev A. P.** *Metallovedenie* [Metallography]. Moscow, Metallurgija Publ., 1986. 544 p.