

УДК 669.131.6

РАЗРАБОТКА ПРОБНОГО СУХОПУТНОГО СТЕНДА ДЛЯ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ УСТАНОВОК АК-230 И АК-230М ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

*Зенкин Р.Н.¹, аспирант кафедры «Сварка, литье и технология
конструкционных материалов» (z002en@yandex.ru)*

Зенкин Н.Н.², начальник литейного цеха

*Вальтер А.И.¹, д.т.н., профессор кафедры «Сварка, литье
и технология конструкционных материалов»*

¹Тульский государственный университет
(300012, Россия, Тула, пр. Ленина, 92)

²ОАО «Косогорский металлургический завод»
(300903, Россия, Тула, Орловское ш., 1)

Аннотация. В данной работе идет речь о совместной разработке ОАО «Туламашзавод» и ОАО «Косогорский металлургический завод» (КМЗ). По техническому заданию ОАО «Туламашзавод», специалистами ОАО «КМЗ» выполнена работа по производству отливки «Тумба» для пробного сухопутного стенда артиллерийских установок АК-230 и АК-230М. Исследование заключалось в правильном выборе материала, способного хорошо гасить вибрации. При выборе материала руководствовались характеристиками демпфирующей способности, которая определяет скорость затухания колебаний. Проведенный анализ показал преимущество высокопрочного чугуна. Основными характеристиками были: наличие шаровидной формы графита в структуре чугуна; σ_B не ниже 300 Мп и δ не ниже 2,0 %. Полученная отливка, пройдя механическую обработку, удовлетворила специалистов ОАО «Туламашзавод» по всем требуемым характеристикам.

Ключевые слова: вибрация, высокопрочный чугун, демпфирующая способность, шаровидный графит, микроструктура, ударная нагрузка, колебания.

DOI: 10.17073/0368-0797-2015-7-491-495

По техническому заданию ОАО «Туламашзавод», специалистами ОАО «Косогорский металлургический завод» (КМЗ) выполнена работа по производству отливки «Тумба» для пробного сухопутного стенда артиллерийских установок АК-230 и АК-230М. По своей сути «Тумба» – это то, к чему крепится артиллерийское орудие, а так как ранее установка производилась только на кораблях для поражения цели, в данном задании основной задачей был перевод ее на сухопутный носитель.

Лафет устанавливается на передвижной сухопутный носитель и предназначен для повышения эксплуатационной стойкости артиллерийской установки и увеличения ее скорострельности и поражающего действия. Сущность изобретения заключается в том, что решетки, которые связывают передний пояс с лафетом, выполнены в виде расположенных по окружности силовых тяг, образующих в верхней и боковой плоскостях автомата три силовых треугольника, снабженных узлами регулировки, при этом передний пояс выполнен разъемным (рис. 1).

В процессе стрельбы из артиллерийской установки ствол испытывает повышенные ударные нагрузки, определяемые давлением пороховых газов, что оказывает вредное влияние на прочность всей установки, неблагоприятно отзываясь на работе приборов, обслу-

живающих автоматы, и на точность стрельбы. Поэтому одним из основных требований, предъявляемых к конструкции артустановок при решении вопроса, связанного с повышением темпа стрельбы, является ужесточение и устранение вибрации стволов при стрельбе.

Известна артиллерийская установка, содержащая лафет, на котором установлены два горизонтально расположенных одноствольных автомата, скрепленных в целях ужесточения и устранения вибрации стволов при стрельбе жесткой связью, выполненной в виде соединенных между собой правого и левого хомутов. Известная автоматическая установка, выбранная в качестве прототипа, содержит установленный на лафете автомат с вращающимся блоком стволов. При стрельбе в данной установке стволы автомата испытывают упругие колебания, вызываемые действием не только внутреннего давления газов в каждом стволе, но также и вращательным моментом блока стволов. Вопрос увеличения жесткости блока стволов решался путем установки на автомат жесткой связи в виде фермы из переднего пояса с решетками. Указанная цель достигается тем, что в артиллерийской установке, содержащей лафет, многоствольный автомат закреплен с помощью жесткой связи на переднем поясе, соединенным решетками с лафетом. Решетки выполнены в виде расположенных в окру-

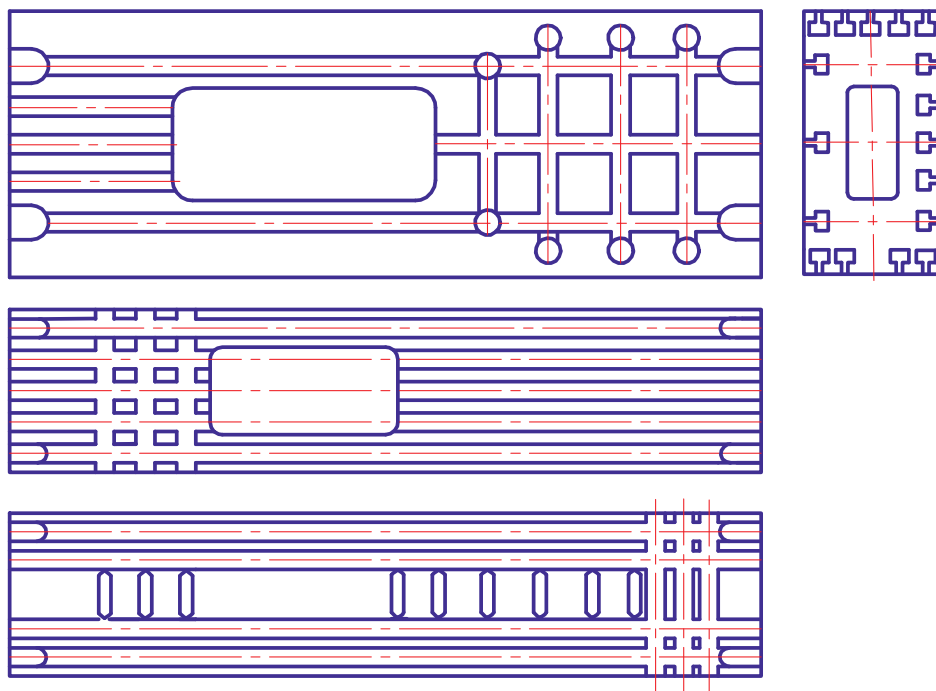


Рис. 1. Лафет для артиллерийских установок АК-230 и АК-230М

Fig. 1. Flitches for artillery mounts AK-230 and AK-230M

ном направлении силовых тяг, образующих с лафетом и с поясом в верхней и боковой плоскостях автомата три силовых треугольника и снабженных в обеих плоскостях узлом регулировки. Узел регулировки выполнен в виде резьбового соединения, тяги с лафетом и с поясом связаны посредством болтового соединения.

Указанные признаки являются существенными и образуют неразрывную совокупность, обеспечивающую достижение указанного технического эффекта.

Суть работы заключалась в исследовании материала, способного хорошо гасить вибрации. При выборе материала руководствовались характеристиками демпфирующей способности, которая определяет скорость затухания колебаний.

Известно, что наиболее высокой демпфирующей способностью по сравнению со сталью обладает чугун с пластинчатым графитом. Однако из-за низких прочностных характеристик детали из этого чугуна имеют ограниченное применение даже в тех случаях, когда по условиям работы требуется материал с достаточно высокой демпфирующей способностью.

Источниками затухания колебаний в чугуне в амплитуднозависимой области, кроме графитных включений и потерь на межфазных границах «графит–матрица», являются также микропластические деформации по границам зерен металлической матрицы.

При изготовлении таких деталей из чугуна с шаровидным графитом можно обеспечить необходимый высокий уровень прочностных свойств [1, 2].

Оценивая в целом литейные, физико-механические и эксплуатационные характеристики перлитного чугу-

на с шаровидным графитом, выбор был остановлен на чугуне марки ВЧ60.

Литейным цехом ОАО «КМЗ» было получено задание по разработке технологии получения отливки «Тумба». Ввиду особенности формирования литой структуры высокопрочного чугуна, было принято решение произвести опытные плавки ввиду сомнений, связанных с высоким продолжительным временем затвердевания. Для исследования структуры и механических свойств металла была взята холодильная плита из ВЧ50 (масса 3,5 т, толщина стенки 450 мм) (табл. 1). Данная отливка была получена согласно анализу литературных данных [3 – 13] и изготовлена за

Таблица 1

Механические свойства ВЧ50

Table 1. Mechanical properties of the high-strength cast iron of grade VCh50

Место вырезки образцов (относительное расстояние от отливки по сечению стенки), мм	σ_B , МПа	δ , %
0,10 (верх)	460	4,2
0,20	420	3,4
0,35	350	2,5
0,50	345	2,3
0,80	365	4,9
0,90 (низ)	480	6,0

счет одновременного взаимодополняющего ввода лигатуры и модификатора.

По техническому заданию ОАО «Туламашзавод» сдаточными характеристиками являлись σ_B не ниже 300 МПа и δ не ниже 2,0 %. Также была поставлена задача получения образцов, микроструктура которых удовлетворяла следующим показателям согласно ГОСТ 3443-87:

- диаметр включений графита: ШГд25 – ШГд90;
- форма включений графита: ШГф4 – ШГф5;
- распределение графита: ШГр1 – ШГр2;
- количество включений графита: ШГ2 – ШГ10;
- по типу матрицы: П70(Ф30) – П20(Ф80).

На подготовленных образцах, травленных 4 %-ным раствором азотной кислоты (4 см² HNO₃ и 96 см² этилового спирта), видна микроструктура: ШГд45 – ШГф4 – ШГр1 – ШГ6 – П45(Ф55) (оценка производилась согласно ГОСТ и данным работ [14, 15]) (рис. 2). После проведенных экспериментов механические свойства и микроструктура удовлетворили специалистов ОАО «Туламашзавод», после чего технологические службы ОАО «КМЗ» приступили к разработке технологии получения отливки «Тумба».

Ввиду сложности и ответственности детали, было принято решение рассмотреть возможность получе-

ния отливки по технологии холодно твердеющей смеси (ХТС). Литье в ХТС является более точным, чем литье в землю. Суть технологии заключается в использовании органических и неорганических связующих, которые укрепляют формы за счет химической реакции компонентов смеси.

После получения отливки «Тумба» из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом ВЧ60, специалистами ОАО «КМЗ» были проверены основные сдаточные характеристики σ_B и δ (табл. 2).

Так же была проверена микроструктура на приготовленных образцах и травленных 4 %-ным раствором азотной кислоты (рис. 3). Видно, что микроструктура данных образцов немного отличается от полученных в предыдущих опытах (см. рис. 2) и соответствует характеристикам: ШГд25 – ШГф4 – ШГр2 – ШГ4 – П70(Ф30).

Высокопрочный чугун обладает хорошими прочностными характеристиками и ввиду часто встречающейся неоднородности чугуна (ликвации), неметаллических включений или частичного появления цементитовых включений может вызывать трудности при обработке. Однако при последующей механической обработке специалистами ОАО «Туламашзавод» никаких проблем не возникло. В целом совместная работа двух тульских предприятий удовлетворила обе стороны и наладила дальнейшие партнерские отношения.

Выводы. Проведенное исследование по поиску материала, способного гасить вибрации, показало о превосходстве чугуна с пластинчатым графитом. Однако механические свойства серого чугуна, в частности σ_B и δ , являются достаточно низкими. Анализ материалов совместно со сдаточными характеристиками, предъявляемыми к отливке «Тумба», показал преимущество высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита. Используемый материал удовлетворил предъявляемым к деталям требованиям, сочетая

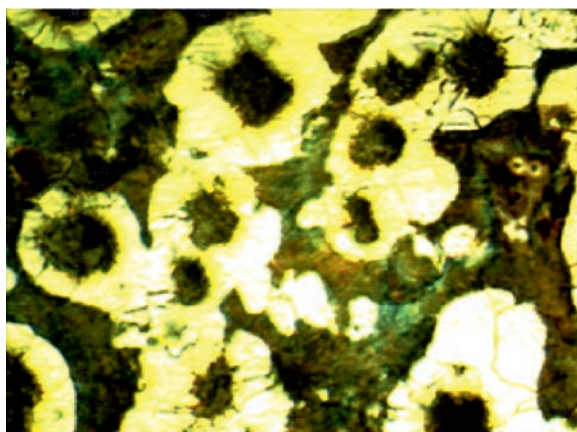
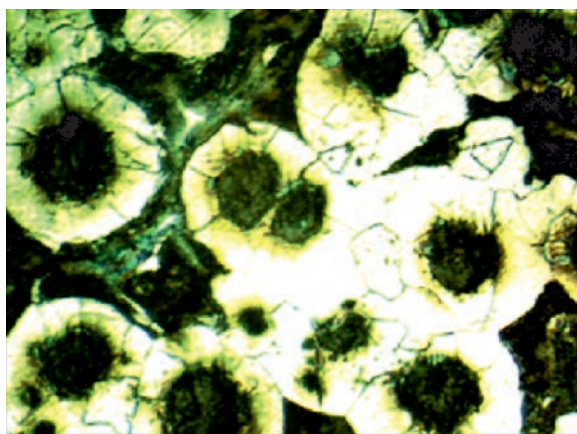


Рис. 2. Микроструктура чугуна (×500)

Fig. 2. Microstructure of cast iron (×500)

Таблица 2

Механические свойства ВЧ60

Table 2. Mechanical properties of the high-strength cast iron of grade VCh60

Место вырезки образцов (относительное расстояние от отливки по сечению стенки), мм	σ_B , МПа	δ , %
0,10 (верх)	570	5,1
0,20	520	4,4
0,35	440	3,6
0,50	420	3,4
0,80	460	5,4
0,90 (низ)	580	6,7

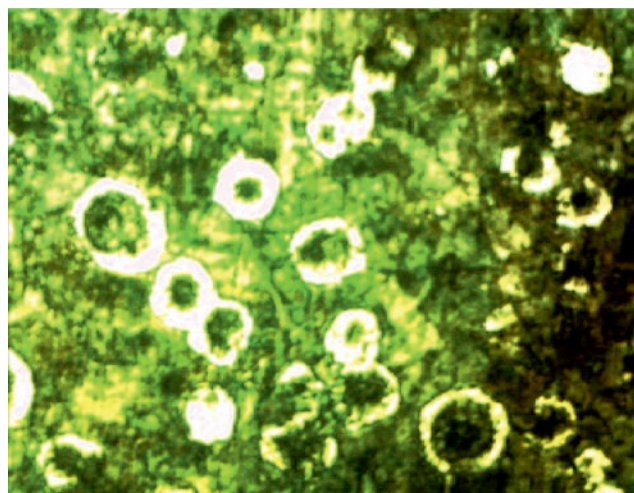
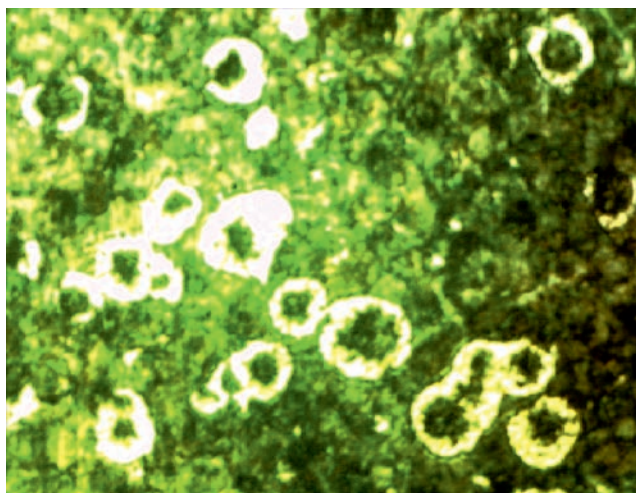


Рис. 3. Микроструктура отливки «Тумба» (×500)

Fig. 3. The microstructure of the cast “Bollard” (×500)

в себе повышенные механические свойства, хорошую стойкость и устранение вибрации стволов при стрельбе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мургаш М., Чаус А.С., Покусова М. Выбор химического состава высокопрочного чугуна // Литейное производство. 1999. № 3. С. 14 – 17.
2. Материаловедение и технология металлов. / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 637 с.
3. Кривошеев А.Е. Распределение модификаторов и их влияние на структуру и свойства чугунов // Литейное производство. 1969. № 2. С. 19 – 23.
4. Трухов А.П., Маляров А.И. Литейные сплавы и плавка. – М.: Академия, 2004. – 336 с.
5. Пивоварский В. Высококачественный чугун – В 2-х томах: Пер. с нем. – М.: Металлургия, 1965. Т.1. – 650 с. Т. 2. – 1184 с.
6. Лернер Ю.С., Яский Д.И. Структура и свойства чугуна с шаровидным графитом при повышенном содержании кремния // Литейное производство. 1974. № 5. С. 7 – 8.
7. Воеводин М.А., Тен Э.Б. Влияние исходного содержания серы на загрязненность отливок из чугуна с шаровидным графитом

неметаллическими включениями // Изв. вуз. Черная металлургия. 1996. № 8. С. 52 – 53.

8. Кульбовский И.К. Механизм влияния элементов на графитизацию и отбел чугуна // Литейное производство. 1993. № 7. С. 3 – 5.
9. Лекач С.Н., Бестужев Н.И. Внепечная обработка высококачественных чугунов в машиностроении. – Минск: Наука и техника, 1992. – 269 с.
10. Крещановский Н.С., Сидоренко М.Ф. Модифицирование стали. – М.: Металлургия, 1970. – 296 с.
11. Гольдштейн Я.Е., Мизин В.Г. Инокулирование железоуглеродистых сплавов. – М.: Металлургия, 1993. – 416 с.
12. Болдырев Д.А. Новые эффективные модификаторы и технологии модифицирования чугунов // Литейное производство. 2006. № 12. С. 9 – 13.
13. Стеценко В.Ю., Марукович Е.И. Активация процессов модифицирования металлов и сплавов // Литейное производство. 2006. № 11. С. 2 – 6.
14. Справочник по изготовлению отливок из высокопрочного чугуна / Под ред. А. А. Горшкова. – М.; Киев: Машгиз, 1961. – 300 с.
15. Беляков А.И., Жуков А.А., Маццарелли Д., Беляков А.А. Производство отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом / Под. ред. А.И. Белякова. – М.: Машиностроение, 2010. – 712 с.

Поступила 5 декабря 2014 г.

THE DEVELOPMENT OF A TEST LAND STAND FOR ARTILLERY MOUNTS AK-203 AND AK-203M OF HIGH-STRENGTH CAST IRON

Zenkin R.N.¹, Postgraduate of the Chair «Welding, casting and technology of construction materials»

(z002en@yandex.ru)

Zenkin N.N.², Head of the foundry shop

Val'ter A.I.¹, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair «Welding, casting and technology of construction materials»

¹Tula State University (92, Lenina ave., Tula, 300012, Russia)

²Kosogorskii Metallurgical Plant (1, Orlovskoe route, Tula, 300903, Russia)

Abstract. The article deals with the associativity work of OJSC “Tulamashzavod” and OJSC “KMZ”. According to the technical task of OJSC “Tulamashzavod”, the specialists of JSC “KMZ” have performed the work for the production of casting “Bollard” for the stand trial land artillery mounts AK-230 and AK-230M. The goal of research was the right choice of material with good vibration dampening. The main characteristic is damping capacity which indicates the rate of damping oscillations. The analysis revealed the superiority of high-strength cast iron. The main characteristics were: the availability of spherical graphite in cast iron structure; σ_B not less than 300 MPa, δ not less than 2,0 %. The resulting casting after machin-

ing satisfied all the required specifications of the specialists of OJSC "Tulamashzavod".

Keywords: vibration, high-strength cast iron, damping capacity, spheroidal graphite, microstructure, impact load, oscillations.

DOI: 10.17073/0368-0797-2015-7-491-495

REFERENCES

1. Murgash M., Chaus A.S., Pokusova M. Chemical composition choice of high-strength cast iron. *Liteinoe proizvodstvo*. 1999, no. 3, pp. 14–17. (In Russ.).
2. *Materialovedenie i tekhnologiya metallov* [Materials science and technology of metals]. Moscow: Vysshaya shkola, 2001. 637 p. (In Russ.).
3. Krivosheev A.E. Distribution of modifiers and their influence to the structure and properties of cast iron. *Liteinoe proizvodstvo*. 1969, no. 2, pp. 19–23. (In Russ.).
4. Trukhov A.P., Malyarov A.I. *Liteinye splavy i plavka* [Casting alloys and melting] Moscow: Akademiya, 2004. 336 p. (In Russ.).
5. Eugen Piwowarsky. Hochwertiges Gusseisen (Grauguss): seine Eigenschaften und die physikalische Metallurgie seiner Herstellung. Springer, 1951. (Russ.ed.: Piwowarsky E. *Vysokokachestvennyi chugun*, Vols. 1–2, Moscow: Metallurgiya, 1965).
6. Lerner, Yu.S., Yasskii D.I. Structure and properties of cast iron with nodular graphite at high silicon content. *Liteinoe proizvodstvo*. 1974, no. 5, pp. 7–8. (In Russ.).
7. Voevodin M.A., Ten E.B. Influence of the initial sulfur content to contamination of castings from cast iron with nodular graphite with non-metallic inclusions. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 1996, no. 8, pp. 52–53. (In Russ.).
8. Kul'bovskii I.K. The mechanism of elements influence to the graphitization and chill of cast iron. *Liteinoe proizvodstvo*. 1993, no. 7, pp. 3–5. (In Russ.).
9. Lekakh S.N., Bestuzhev N.I. *Vnepechnaya obrabotka vysokokachestvennykh chugunov v mashinostroenii* [Ladle treatment of high-quality cast iron in mechanical engineering]. 1992. 262 p. (In Russ.).
10. Kreshchanovskii N.S., Sidorenko M.F. *Modifitsirovanie stali* [Steel modification]. Moscow: Metallurgiya, 1970. 296 s. (In Russ.).
11. Gol'dshtein Ya.E., Mizin V.G. *Inokulirovanie zhelezouglerodistykh splavov* [Inoculation of iron-carbon alloys]. Moscow: Metallurgiya, 1993. 416 p. (In Russ.).
12. Boldyrev D.A. New effective modifiers and technologies of cast iron modification. *Liteinoe proizvodstvo*. 2006, no. 12, pp. 9–13. (In Russ.).
13. Stetsenko V.Yu., Marukovich E.I. Activation of metals and alloys modifying. *Liteinoe proizvodstvo*. 2006, no. 11, pp. 2–6. (In Russ.).
14. Belyakov A.I., Zhukov A.A., Matstsarelli D., Belyakov A.A. *Proizvodstvo otlivok iz vysokoprochnogo chuguna s sharovidnym grafitom* [Production of castings from high-strength cast iron with nodular graphite]. Belyakov A.I. ed. Moscow: Mashinostroenie, 2010. 712 p. (In Russ.).
15. GOST 3443-87. *Otlivki iz chuguna s razlichnoi formoi grafita* [State Standard 3443-87. Castings of cast iron with different form of graphite]. Moscow: IPK Izd-vo standartov, 01.07.88 (In Russ.).

Received December 5, 2014