

Из данных, приведенных в таблице следует, что при выборе для управляемого фазовращателя высокочастотных варикапов и оптимизации схемы с учетом согласования сопротивлений отдельных функциональных узлов, увеличение фазовых шумов в спектре выходного сигнала ПАВ-генератора незначительное (было не более 2 дБ/Гц). Подобные ПАВ-генераторы можно применять в качестве источников опорной частоты с небольшой частотной подстройкой (при улучшении термостабильности). Результаты моделирования не противоречат исследованиям, приведенным в [2].

IV. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты удовлетворяют требованиям, предъявляемым к проектированию современной радиоаппаратуры. Из данных, приведенных в таблице следует, что при правильном выборе высокочастотных варикапов для цепи управления и оптимизации схемы с учетом согласования сопротивлений отдельных функциональных узлов, увеличение фазовых шумов в спектре выходного сигнала ПАВ-генератора незначительное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков С. А., Никонова, Г. С., Никонов И. В. Дискретно-перестраиваемые генераторы с устройствами на ПАВ // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. 2017. № 1. С. 222–226.
2. Никонов Г. С., Никонов И. В. Минимизация фазовых шумов ПАВ генератора за счет системного проектирования // Известия высших учебных заведений. Физика. 2015. Т. 58, № 8-2, С. 114–117.

УДК 621.746

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА И РАЗМЕРА ГРАФИТОВЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

INFLUENCE OF THE NUMBER AND SIZE OF GRAPHITE INCLUSIONS ON THE STRENGTH PROPERTIES OF CAST IRON

А. А. Лазарев¹, Е. А. Шибеев²

¹АО «Омский завод транспортного машиностроения», г. Омск, Россия

²Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

A. A. Lazarev¹, E. A. Shibehev²

¹Joint Stock Company Omsk Transport Engineering Plant, Omsk, Russia

²Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Аннотация. Рассмотрено влияние размера и количества графитовых включений на прочностные свойства высокопрочного чугуна. Установлено, что размер и количество включений шаровидного графита в высокопрочном чугуне влияет на временное сопротивление при растяжении. Показано, что при одинаковом объеме свободного графита временное сопротивление при растяжении при крупнодисперсной фазе в 1,4 раза больше, чем при мелкодисперсной фазе.

Ключевые слова: высокопрочный чугун; шаровидный графит; временное сопротивление при растяжении

DOI: 10.25206/2310-4597-2021-1-30-35

I. ВВЕДЕНИЕ

В статье [1] была поднята тема зарождения и роста компактного шаровидного графита, влияющего на прочностные характеристики материала. Видно, что скорость охлаждения равна самой большой на стадии I для любого данного химического состава, что обеспечивает необходимые условия для осаждения примесей кристаллического графита. На стадии II графит имеет объемный рост за счет контакта с жидким металлом и диффузии атомов углерода в жидкой фазе. В процессе кристаллизации жидкость, аустенит и графит будут сосуще-

ствовать в матрице на стадии III, с одновременным ростом первичного кристаллического графита, в системе присутствует первичный аустенит и эвтектический аустенит, что можно наблюдать в микроструктуре закаленного образца.

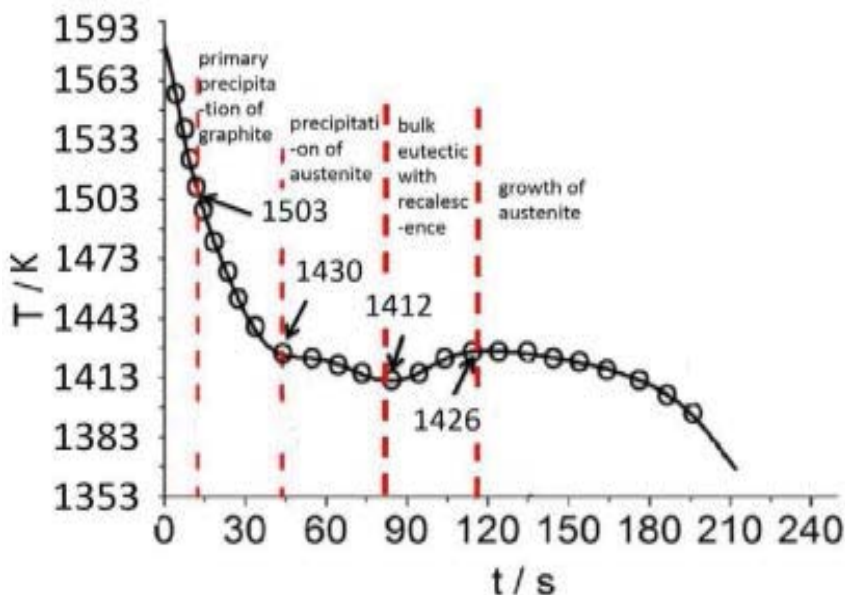


Рис. 1. Температурно-временная зависимость чугуна с компактным графитом во время кристаллизации

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Необходимо путем времени выдержки перед заливкой и минимальным легированием получить прочностные характеристики согласно ГОСТ 7293-85. Испытать полученные образцы на предел прочности, на изгиб. Показать, что (при всех прочих равных условиях) размер и количество графитовых включений влияет на прочностные свойства (временное сопротивление на разрыв).

III. ТЕОРИЯ

Механические свойства, как показано в [2], указывают, что с возрастанием марки высокопрочного чугуна от ВЧ-35 до ВЧ-100 временное сопротивление при растяжении увеличивается. Цифровое обозначение в марке обозначает его временное сопротивление при растяжении. Для получения результатов на прочностные свойства предусмотрено испытание на растяжение, для определения соответствия марки высокопрочного чугуна по требованиям стандарта.

Наиболее важным для получения высокой марки чугуна с шаровидным графитом и его механическими свойствами является получение графита правильной формы. Правильная шаровидная форма графита зависит от ряда факторов (состава сплава, условия модифицирования, шихтовые материалы и т.д.), но в первую очередь она связана с содержанием остаточного Mg, Ce или других сфероидизаторов. Также известны другие элементы, для повышения марки чугуна, добавляемые в расплав помимо Mg, Ce, такие как Ca, Y, Nd, Pr и другие РЗМ [3, с. 98]. Установлено, что такие включения как Pb, Bi, Sb, As, Ti, Sn, Al, S являются демодификаторами, которые препятствуют получению шаровидного графита их содержание не должно превышать количество, которое указано в стандарте. Влияние демодификаторов частично или полностью можно устранить с помощью добавления ремодификаторов, таких как Ce или другие РЗМ [4, с. 153].

ГОСТ 7293-85 «Чугун с шаровидным графитом для отливок» и ГОСТ 3443-87 «Отливки из чугуна с различной формой графита» регламентируют требования к размеру и количеству графитовых включений в высокопрочном чугуне.

Прочностные характеристики на временное сопротивление описываются формулой [5]:

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

где P – максимальная нагрузка, предшествующая разрушению, кгс (Н);

F – рабочая площадь поперечного сечения образца, мм^2 , где $F = F_{\text{обр}} - F_{\text{Г}}$,

$F_{\text{обр}}$ – площадь поперечного сечения образца мм^2 ,

$F_{\text{Г}}$ – площадь поперечного сечения графитовых включений, мм^2 .

Временное сопротивление на растяжение характеризует несущую способность материала, его прочность, предшествующую разрушению.

В высокопрочном чугуна с шаровидным графитом сечение образца, есть сечение образца за вычетом пустот, коими является шаровидный графит, который не обладает прочностными характеристиками.

Исходя из формулы объема шара, мы можем показать на графике (рис. 1) зависимость суммарной площади сечения шаровидных тел от их диаметра при постоянном объеме принятом 0.0245 мм^3 .

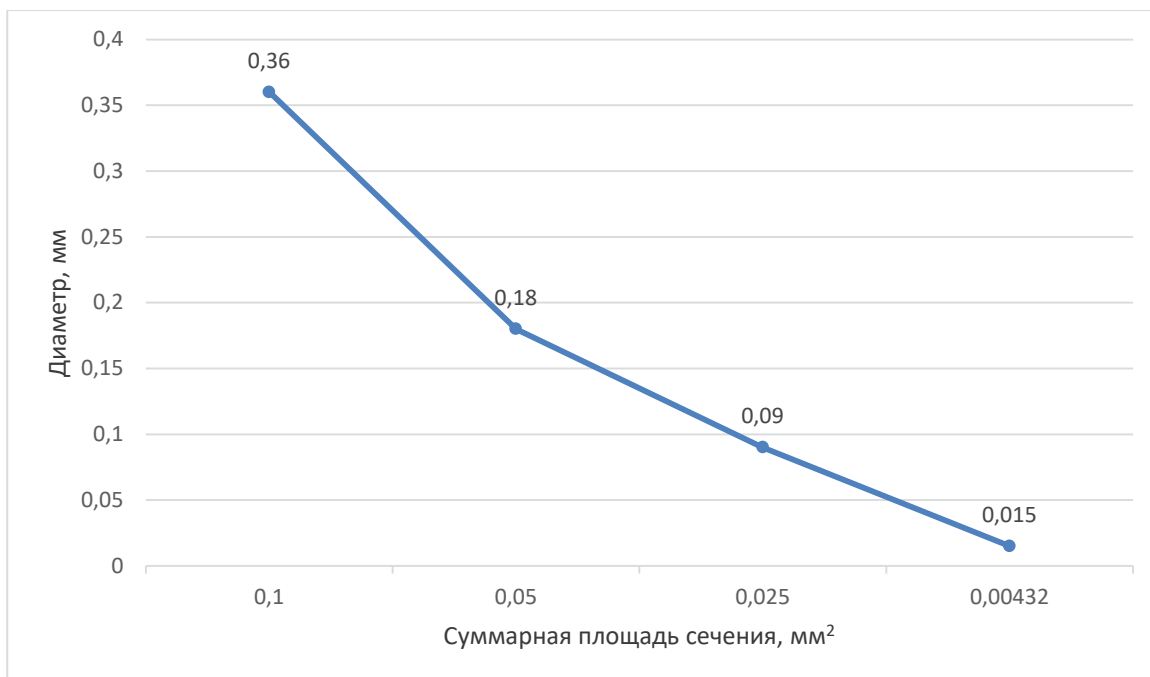


Рис. 2. График зависимости суммарной площади сечения от диаметра

Таким образом, показано, что при неизменном объеме шаровидных включений с увеличением их диаметра суммарная площадь их сечения уменьшается.

Для подтверждения предположений были проведены исследования зависимости временного сопротивления на растяжение в зависимости от диаметра графитовых включений при их неизменном объеме.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Для проведения исследований было проведено 3 плавки с отливкой образцов размером $400 \times 40 \times 40$. Заготовки были получены методом их горизонтальной отливки без использования прибыли. Для проведения исследований для всех плавки был использован чугун одного химического состава (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЧГУНА

Элементы	Содержание элемента, %
C	3.4
Si	2.2
S	0.02
Mn	2.59
Fe	91.79

Регулирование размера и количества включений шаровидного графита за счет увеличения времени выдержки производилось после модифицирования на основании экспериментальных данных согласно [5, 6]. В качестве модификатора использовался Сферомаг® 611 производства ООО «НПП Технология» г. Челябинск. В табл. 2 приведен состав модификатора.

ТАБЛИЦА 2
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОДИФИКАТОРА

Модификатор	Основные элементы, %						
	Mg	Ca	Ba	Al	Si	ЗМ	Fe
Сферомаг® 611	6,30	1,41	-	1,19	50,30	0,87	Ост.

Размер и количество графитовых включений определено в соответствии с ГОСТ 3443-87 «Отливки из чугуна с различной формой графита». Заливка трех образцов происходила с интервалом выдержки 1, 4, 7, минут.

От каждой плавки было изготовлено по два образца, приведенные на рис. 2 с диаметром шейки 5 мм (рис. 3). Структура сплава во всех плавках составила 30-40% феррита и 60-70% перлита.



Рис. 3. Фотографии образцов: а – образцы до испытания; б – образцы после испытания

V. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Испытания на разрыв проводились на разрывной машине УТС-110М-100-1У. Результаты данных испытаний приведены в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ НА ВРЕМЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

№ образца	Выдержка	Абсолютное разрывное усилие, кгс.	Диаметр графитовых включений, мм.	Количество графитовых включений, шт/мм ²	Временное сопротивление на растяжение σ_B , МПа (кгс/мм ²)	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа, (кгс/мм ²)
19-1 19-2	7 мин.	889.0 865.0	0,09	10	453.0 (45.3) 441.0 (44.1)	294.0 (29.4) 308.0 (30.0)
20-1 20-2	4 мин.	791.0 781.0	0,045	30	403.0 (40.3) 398.0 (39.8)	282.1 (28.1) 278.6 (27.9)
21-1 21-2	1 мин.	750.0 732.0	0,015	90	382.0 (38.2) 373.0 (37.3)	264.0 (26.4) 261.0 (26.1)

Микроструктура образцов с увеличением 200x на рис. 4.

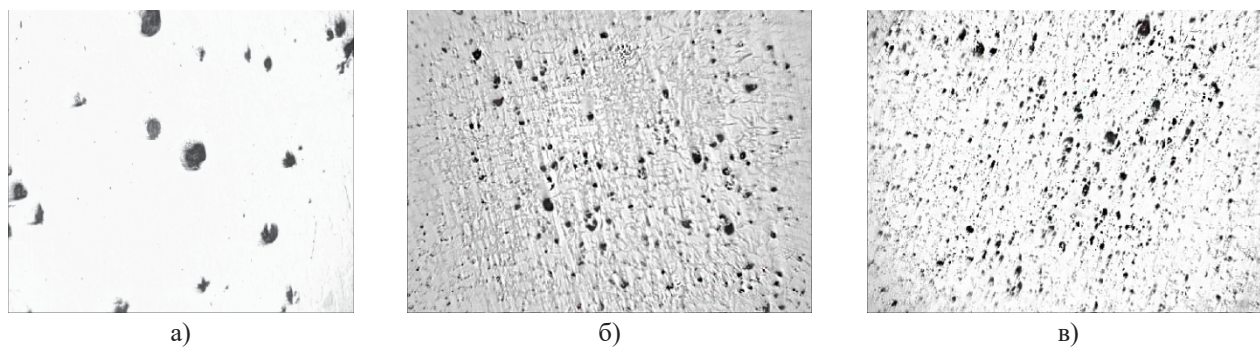


Рис. 4. Макроструктура образцов: а – образец №19, б – образец №20, в – образец №21

Графически зависимость временного сопротивления при растяжении высокопрочного чугуна от диаметра графитовых включений приведена на рис. 5.

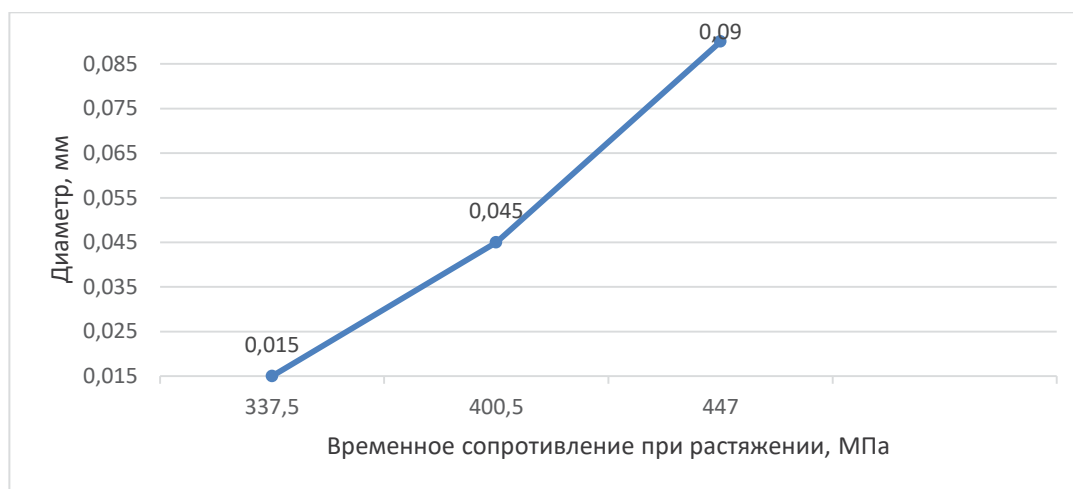


Рис. 5. График зависимости временного сопротивления при растяжении от диаметра графита

VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований показали, что (при всех прочих равных условиях) размер и количество графитовых включений влияет на прочностные свойства (временное сопротивление на разрыв). Установлено, что для высокопрочного чугуна с диаметром графитовых включений 0,015 мм, временное сопротивление на разрыв составляет 337,5 МПа, что незначительно отклоняется от требований для ВЧ35 по ГОСТ 7293-85, в то время как для высокопрочного чугуна с диаметром графитовых включений 0,09 мм, временное сопротивление на разрыв составляет 447 МПа, что практически соответствует требованиям для ВЧ45. Таким образом, повышение прочностных свойств высокопрочного чугуна возможно не только за счет легирования сплава, но и за счет управления размером и количеством графитовых включений путем временного интервала выдержки после модифицирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shi G. Q., Yang Z., Li J. P., Tao D. Investigation of the nucleation of graphite growth in cast iron // Journal of Materials Research and Technology. 2020. Vol. 9, no 4. P. 8186–8196. DOI:10.1016/j.jmrt.2020.05.051.
2. ГОСТ 7293-85. Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры. Введ. 1987–01–01. М.: Стандартинформ, 2005. 30 с.
3. Ващенко К. И. Магниевый чугун : учеб. пособие. Л. Софрони; Машгиз. Москва–Киев: Машиностроение, 1960. 487 с.
4. Горшков А. А., Волощенко М. В., Дубров В. В. Изготовление отливок из высокопрочного чугуна: справочник. М.: Машиностроение, 1961. 300 с.
5. МГУ имени Невельского : официальный сайт. Владивосток, 2005. URL: https://msun.ru/dir/kaf_tm/educate/ (дата обращения 23.11.2020).

6. Елецкая А. С., Шибеев Е. А. Возможности повышения размерной точности отливок из чугуна с шаровидным графитом // Вопросы материаловедения. 2019. № 3 (99). С. 23–28.

7. Eletskaia A. S., Shibeiev E. A. [et al.]. Possibilities of increasing the dimensional accuracy of nodular cast iron castings // Journal of Physics: Conference series. 2020. Vol. 1546, no. 1. P. 1–6. DOI: 10.1088/1742-6596/1546/1/012058.

УДК 621.396.44

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВА НА ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

AUTOMATION OF THE DESIGN OF A DEVICE BASED ON PROGRAMMABLE LOGIC INTEGRATED CIRCUITS

В. В. Любчинова

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

V. V. Lyubchinova

Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Аннотация. В статье рассмотрена возможность автоматизации проектирования устройства на ПЛИС. Такие устройства применяются во многих сферах радиоэлектронной промышленности. Полученный алгоритм позволит сократить временные затраты на проектирование приемо-передающих устройств.

Ключевые слова: автоматизация, приемо-передающие устройства, алгоритм проектирования, ПЛИС

DOI: 10.25206/2310-4597-2021-1-35-38

I. ВВЕДЕНИЕ

Для приемо-передающих устройств зачастую актуальна передача данных на больших скоростях. Автор ранее была рассмотрена возможность разработки устройства с применением бортовых интерфейсов на программируемых логических интегральных схемах [1]. Также был разработан алгоритм, позволяющий частично автоматизировать процесс проектирования приемо-передающих устройств [2]. В данной статье предлагается автоматизировать процесс разработки устройств содержащих программируемые логические интегральные схемы.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель исследования – автоматизация разработки проектирования устройства на ПЛИС на основе алгоритма, использующего ПО для разработки приемо-передающих устройств.

III. ТЕОРИЯ

Рассмотрим этапы проектирования устройства на ПЛИС.

- разработка схемы электрической принципиальной;
- разработка программного обеспечения на специальных языках описания аппаратуры, таких как: Verilog, VHDL, AHDL и др.;
- логический синтез устройства с помощью программ-синтезаторов;
- проектирование печатной платы, на которой микросхема ПЛИС займет место среди дополнительных элементов, которые не реализуются средствами самой ПЛИС (резисторов, генераторов, конденсаторов и т. д.), согласование параметров передачи сигналов ПЛИС с периферийными модулями платы или внешними устройствами;
- создание загрузочного файла прошивки;