



УДК 669.017

**PREVENTION OF DECARBURIZATION OF THE SURFACE OF  
CASTINGS, WHEN CASTING ON INVESTMENT MODELS  
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОТЛИВОК, ПРИ  
ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ**

**Zharkova V. F./ Жаркова В.Ф.**  
*senior lecture /ст. преп.*

**Markina N.V./, Маркина Н.В.**  
*senior lecture /ст. преп.*

**Grebnev D. Yu./ Гребнев Д.Ю.**  
*master's student/ магистрант*

**Khairulin R. M./Хайрулин Р.М.**  
*master's student/ магистрант*

**Guzdenak I. O./ Гузденак И. О.**  
*master's student/ магистрант*

*Volgograd state technical University, Volgograd, Lenin avenue, 28, 400005  
Волгоградский государственный технический университет,  
Волгоград, пр. Ленина 28, 400005*

**Аннотация.** В работе была исследована возможность предупреждения обезуглероживания точных отливок методом поверхностного легирования углеродосодержащими материалами.

**Ключевые слова:** поверхностное легирование, углеродосодержащие материалы, обезуглероживание.

### **Вступление**

Литьём по выплавляемым моделям массово производятся отливки большой конструкционной сложности, различного веса и высокого качества для всех отраслей промышленности. При всех достоинствах литья по выплавляемым моделям, это сложный, высокобракный, дорогостоящий технологический процесс.

Точные отливки из-за специфичности технологического процесса имеют повышенный брак и дефектности. Практически для всех стальных отливок, изготавливаемых методами литья по выплавляемым моделям, характерен дефект в виде обезуглероженности поверхностных слоёв металла. Обезуглероженность поверхности отливки может привести к затруднительной механической обработке металла, невозможности качественно провести процессы закалки и химическо - термической обработки, снижению конструкционной прочности изделий. В отдельных случаях сильная обезуглероженность металла может стать причиной забракования отливок.

Степень обезуглероженности поверхности стальных отливок зависит от содержания углерода, наличия легирующих элементов, температур формы и заливаемого металла, других технологических факторов. Основной причиной обезуглероживания следует считать длительное пребывание отливки в разогретой до высоких температур форме и взаимодействие разогретого металла с кислородом.



## Методика работы

В работе была исследована возможность предупреждения обезуглероживания точных отливок методом поверхностного легирования углеродосодержащими материалами.

В качестве основного металла поверхностно легированных отливок были выбраны стали 20Л, 30Л и 45Л широко распространенные в промышленности.

Металл для проведения экспериментов выплавлялся в лабораторной индукционной тигельной печи емкостью 10кг.

В качестве карбюризаторов использовались следующие углеродосодержащие материалы

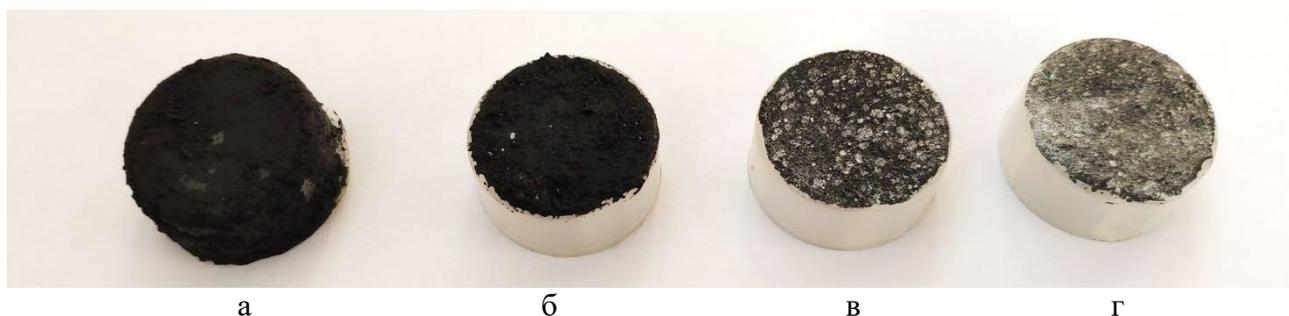
1. Древесный уголь -  $C \geq 87\%$
2. Кокс литейный КЛ1 —  $C \geq 84\%$
3. Графит зернистый марки А -  $C=99\%$
4. Графит для производства стали ГСС -  $C \geq 90\%$
5. Графит литейный ГЛ - 1 -  $C \geq 87\%$
6. Карбид кремния черный -  $C=28..30\%$

Восковая модель отливки окрашивалась составом:

- гидролизованый этилсиликат ЭТС40 20-30%;
- углеродосодержащий материал 70-80%.

В экспериментах легирующая краска наносилась на модель отливки кисточкой, возможно окрашивание модели методом окунания или распыления краски. Толщина углеродистой краски для всех вариантов составляла 0,8-0,9мм.

Экспериментальные восковые модели ( $\varnothing$  30мм, h – 20мм рисунок 1) окрашивались углеродосодержащей краской и в последующем покрывались слоями керамической суспензии на основе этилсиликата ЭТС 40 и маршалита в соответствии с действующей технологией.



**Рисунок 1 – Экспериментальные восковые модели с окраской углеродосодержащей суспензией**

- а – полное окрашивание древесным углем;
- б – частичное окрашивание древесным углем;
- в – окрашивание зернистым графитом марки А;
- г – окрашивание карбидом кремния.

После отверждения из формооболочек выплавлялся восковой состав. Формооболочки покрывались при температуре  $950^{\circ}\text{C}$  и подавалась на заливку.

Основным критерием качества процесса поверхностного легирования служили металлографические исследования. Исследования проводились на микроскопе Olympus bx51m. При увеличении  $\times 100$ ,  $\times 200$ ,  $\times 300$  выявлялась



микроструктура основного металла, поверхностно легированного слоя и структура переходной зоны.

■ Для испытания твердости легированного слоя применялся прибор ПМТ-3 при нагрузке 100г.

### Результаты исследования

На первом этапе работы проводились сравнительные испытания различных карбюризаторов для получения максимальной насыщенности углеродом поверхности отливки. Данные испытаний приведены в таблице 1 и графически представлен на рисунке 2.

Таблица 1

### Влияние различных карбюризаторов на глубину науглероженного слоя в отливках из стали 45Л

№	Наименование материала	Гост, ТУ	Содержание углерода, %	Глубина науглероженного слоя, мм
1	Без карбюризатора (контроль)	–	–	-0,86 (обезуглероженность)
2	Древесный уголь	–	≥87	0,15
3	Кокс литейный КЛ-1	3340-85	≥84	–
4	Графит зернистый А	1916-109-71-2000	99	0,2
5	Графит для производства стали ГСС	2125-116-75-2000	≥90	0,05
6	Графит литейный ГЛ-1	5279-84	≥87	0,12
7	Карбид кремния черный	–	28-30	–

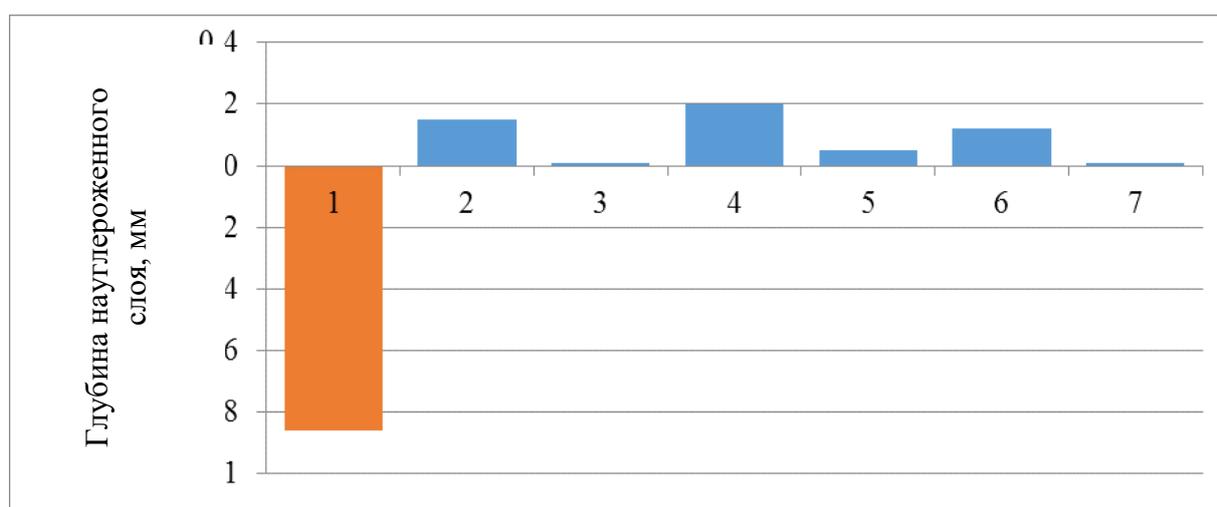


Рисунок 2 – Глубина науглероженного слоя на отливках из стали 45Л при использовании различных карбюризаторов

Анализ данных показывает, что все исследованные углеродосодержащие материалы позволяют исключить обезуглероженный слой на отливках или получить легирование на глубину до 0,2 мм.

Наилучшие результаты поверхностного легирования получены на



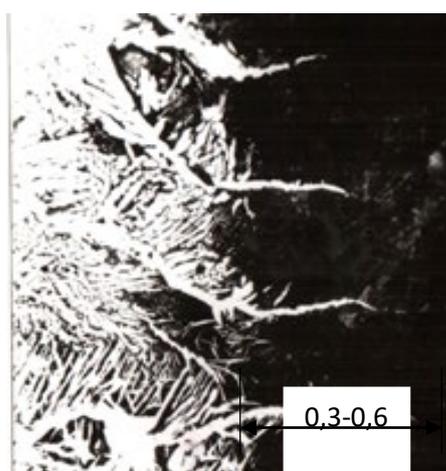
экспериментальных сталях из малоуглеродистой стали 20Л. Эффект поверхностного легирования объясняется диффузией углерода по градиенту его концентрации, от высокой концентрации элемента к меньшей [1,2]

Микроструктуры основного металла отливки из стали 20Л и стали 45Л и поверхностного легирования слоя показаны на рисунке 3. Металл отливок до термообработки – в литом состоянии. Легированный углеродом слой на отливках плотный, без литейных дефектов. Линия, разграничивающая основной металл отливки и науглерожанный слой отсутствует. Максимальная концентрация углерода на поверхности отливок и снижается по мере удаления от поверхности.

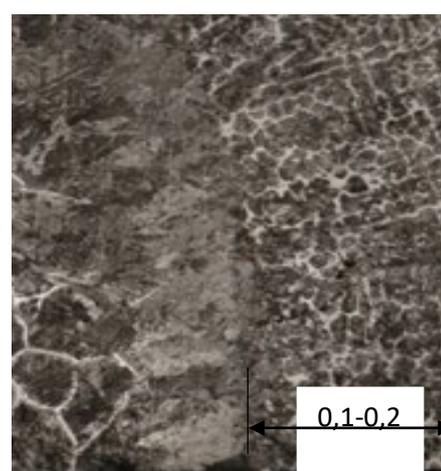
Таблица 2

**Химический состав, твёрдость и глубина легированного слоя на экспериментальных отливках.**

Материал отливки	Содержание углерода, %		Твёрдость, НВ				Глубина легированного слоя, мм
	Легированный слой	Основной металл	Легированный слой		Основной металл		
			Нормализация	Закалка	Нормализация	Закалка	
45Л	0,47-0,65	0,42-0,47	223-85	415-534	167-229	415-495	0,1-0,3
30Л	0,47-0,60	0,27-0,32	201-262	375-477	156-229	311-375	0,2-0,4
20Л	0,42-0,58	0,18-0,24	192-241	362-398	126-170	227-303	0,3-0,6



а



б

**Рисунок 3 - Микроструктуры отливок из стали 20Л ( а ), 45Л ( б ) с поверхностным легированием углеродом. Литое состояние**



### Заключение и выводы.

1. Поверхностное легирование углеродом перспективный процесс повышения качества и эксплуатационных свойств стальных точных отливок.
2. Варьируя углеродосодержащий материал и толщину легирующей краски можно предупредить обезуглероживание поверхности отливки или добиться повышения ее износостойкости.

### Литература:

1. Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах/Б.С. Бокштейн – М: Metallurgy, 1978 - 248с
2. Попов А.А. Теоретические основы химико-термической обработки стали/А.А. Попов – М: Metallurgizdat, 1962 – 120с.

**Abstract.** *Almost all steel castings produced by investment casting methods are characterized by a defect in the form of decarburization of the surface layers of the metal.*

*The paper investigated the possibility of preventing decarburization of precision castings by surface alloying with carbon-containing materials.*

*By varying the carbon-containing material and the thickness of the alloying paint, it is possible to prevent decarburization of the casting surface or to increase its wear resistance.*

**Keywords:** *surface alloying, carbon-containing materials, decarburization.*

Статья отправлена: 28.01.2021 г.

© Жаркова В.Ф.