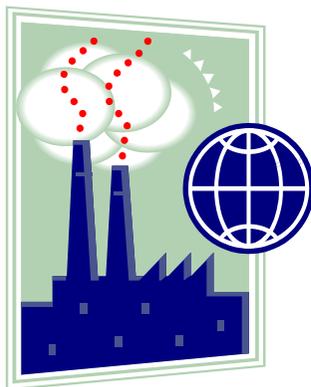


ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Кафедра материаловедения и физики металлов

ВАГРАНКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам по дисциплине
“Производство отливок из чугуна и стали”
для студентов направления 22.03.02 «Металлургия»,
профиля «Технология литейных процессов»
очной формы обучения



Воронеж 2016

Составитель канд. техн. наук Л.С. Печенкина
УДК 621.74

Вагранка: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Производство отливок из чугуна и стали» для студентов направления 22.03.02 «Металлургия», профиля «Технология литейных процессов» очной формы обучения / ФГОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Л.С. Печенкина. Воронеж, 2016. 23 с.

В методических указаниях излагаются основные сведения о конструкции и устройстве ваграночного комплекса, металлургических и технологических особенностях подготовки оборудования к плавке и ее проведению. Приведены теоретические сведения.

Методические указания составляют практическое дополнение лекционного курса.

Предназначены для студентов четвёртого курса.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе Microsoft Word 2003 и содержатся в файле “Вагранка.pdf”.

Табл. 7. Ил. 9. Библиогр.: 4 назв.

Рецензент канд. физ.- мат. наук, доц. А.А. Лукин

Ответственный за выпуск зав. кафедрой канд. физ.-мат. наук, доц. Д.В. Жилияков

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВО “Воронежский государственный
технический университет”, 2016

ВАГРАНКА: УСТРОЙСТВО, РАБОТА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ВАГРАНОЧНОЙ ПЛАВКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить конструкцию вагранки, назначение и устройства основных узлов, основного и вспомогательного оборудования ваграночного комплекса; работу вагранки, металлургические основы и технологический процесс ваграночной плавки; технико-экономические показатели ваграночной плавки, применяемые меры интенсификации процесса, их эффективность.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Устройство вагранки

Вагранка - шахтная печь непрерывного действия, работающая по принципу противотока, т.е. по принципу встречного движения шихтовых материалов (сверху вниз) и газовых продуктов горения топлива (снизу вверх).

Основными узлами вагранки (рис. 1) являются:

- опорная часть с откидным днищем 5;
- шахта 1, оканчивающаяся трубой 18 с искрогасителем 20;
- фурменная коробка (фурменный пояс) 8;
- механизм для загрузки шихты.

Прочими элементами и узлами основного и вспомогательного оборудования ваграночного комплекса являются:

- копильники для жидкого чугуна;
- система очистки ваграночных газов от пыли;
- устройство для дожигания ваграночных газов и подогрева дутья

- оборудование для подачи воздуха в вагранку;
- оборудование для набора, взвешивания и загрузки шихты;
- вспомогательные механизмы для грануляции шлака.

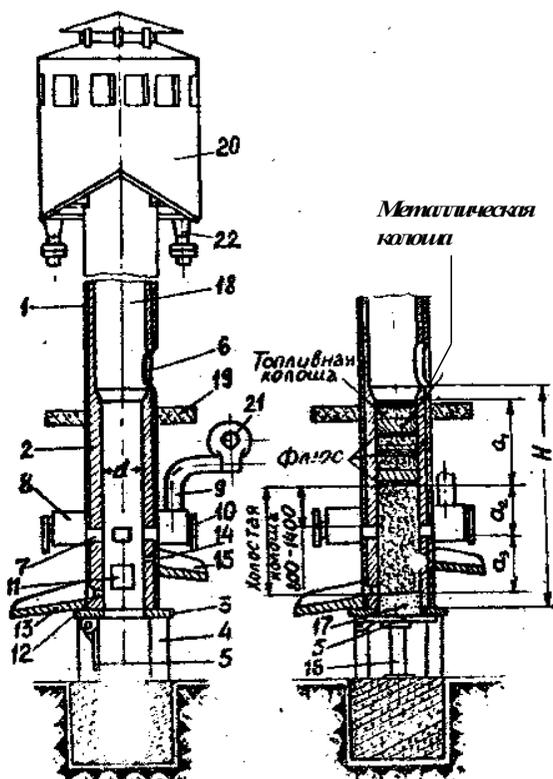


Рис. 1. Схема вагранки:

1 – кожух; 2 - футеровка огнеупорная; 3 - плита подовая; 4 - колонна; 5 - днище откидное; 6 - окно загрузочное; 7 - фурма; 8 - коробка распределительная; 9 - трубопровод; 10 - смотровое отверстие; 11- рабочее окно; 12 - летка чугунная; 13, 15 – желоба; 14 - летка шлаковая; 16 - подпорка; 17 - лещадь; 18- труба; 19 - шихтовая площадка; 20 - камера искрогасительная; 21- вентилятор; 22 – рукав

Опорная часть (рис. 2) воспринимает статическую нагрузку от всей вагранки и динамическую от загружаемой шихты. Она состоит из фундаментной плиты, четырех колонн, опорной рамы, подовой плиты, днища, механизма открывания и закрывания днища.

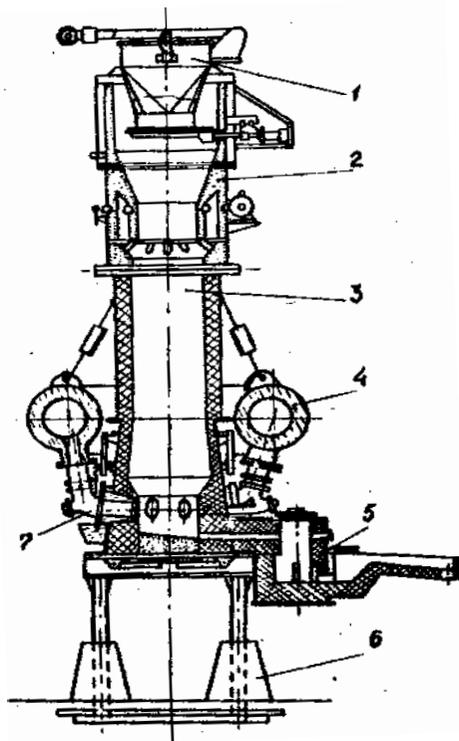


Рис. 2. Конструкция вагранки института «Гипростанок»:

1 - узел герметизации загрузки шихты; 2 - узел отбора ваграночных газов; 3- водоохлаждаемая шахта вагранки; 4 - фурменная коробка; 5 - сифонный шлакоотделитель; 6 - опорная часть; 7- фурменный прибор с водоохлаждаемой медной фурмой.

Высота опорной, части (1.5-4 м) должна быть достаточной для размещения перед вагранкой миксеров или ковшей для приема жидкого металла, а также для механизации уборки из-под вагранки отходов после плавки, Днище вагранки состоит из двух крышек (полудниц, которые с помощью цапф подвешиваются на оси, проходящей через подшипники, прикрепленные к подовой плите).

Шахта вагранки - основная часть вагранки, образующая рабочее пространство печи, в котором происходят основные процессы горения топлива и плавки. Шахта имеет цилиндрический, конический или сложный («доменный») профиль. Ко-

жух из листового железа (толщиной 6-10 мм) выложен внутри огнеупорной футеровкой 2, рис. 1, толщиной от 125 (малые вагранки) до 300 мм (большие вагранки). Наиболее часто огнеупорную футеровку вагранки изготавливают из шамотного кирпича. Корпус шахты по всей высоте или только в нижней зоне может охлаждаться водой.

В верхней части шахты делается загрузочное окно 6, рис. 1, через которое производится подача материалов в шахту. Выше загрузочного окна вагранка переходит в дымовую трубу 18, снабжаемую искрогасителем той или другой конструкции (для улавливания и гашения твердых частиц кокса). Полость шахты снизу ограничена подиной (лещадью), набиваемой на днище. Высота вагранок H от подовой плиты 3, рис. 1, до загрузочного окна зависит от диаметра шахты D : для малых вагранок она равна $6D$, для крупных $4D$. Основные размеры вагранок при работе на холодном дутье приведены в табл. 1.

Фурменный пояс (рис. 2). Воздух в вагранку подается в фурменную коробку 4, которая распределяет его между фурмами одного или двух рядов. Фурменная коробка с водоохлаждаемыми фурмами состоит из собственно фурмы, патрубка поворотного шибера и соединительных труб. В патрубке имеется смотровое окно с откидной крышкой, служащее для наблюдения за процессом плавки и открываемое при прекращении подачи воздуха и при розжиге вагранки.

Если вагранка не имеет подогрева дутья или водяного охлаждения и длительность плавки будет не менее 6-8 ч, устройство двух (или трех) рядов фурм обязательно.

Фурмы выполняются в виде чугунных коробок, расширяющихся внутрь и с небольшим наклоном (10-15 град.).

Металл и шлак из горна выпускаются через летки в переходные каналы. Летка представляет собою отверстие диаметром ≈ 30 мм в огнеупорном кирпиче. После каждого выпуска отверстие забивают "приточкой" из жирной глины. Шлаковая летка в вагранке без копильника выполняется диаметром 50-100 мм (из-за большей, чем у чугуна, вязкости шлака) в огнеупорном кирпиче и располагается ниже фурм на 80-100 мм, чтобы шлак не падал в фурмы.

Таблица 1

Основные размеры вагранок при работе на холодном дутье

Параметры	Производительность вагранки, т/ч						
	1	3	5	7	10	15	20
Шахта							
Диаметр футеровки в области фурм, мм	500	700	900	1100	1300	1600	1900
Площадь сечения, м ²	0,196	0,385	0,636	0,95	1,33	2	2,84
Полезная высота, м	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
1 ряд фурм							
Число фурм в ряду	4	4	6	8	8	10	12
Размеры входного отверстия в шахту:							
ширина, мм	140	200	200	300	330	360	360
высота, мм	70	100	100	100	100	110	120
Общая площадь сечения, м ²	0,039	0,08	0,12	0,24	0,26	0,4	0,52
2-й 3-й ряды фурм							
Число фурм в каждом ряду	4	4	6	8	8	10	12
Размеры входного отверстия в шахту:							
ширина, мм	40	60	65	75	80	90	100
высота, мм	30	40	40	40	50	55	65
Общая площадь сечения фурм в каждом ряду, ×10 ⁻³ м ²	4,8	9,6	15,6	24	32	50	72
Горн (высота нижнего ряда фурм над подиной)							
Вагранка с копыльником, мм	200	220	250	300	300	350	350
Вагранка без копыльника, мм	350	400	400	450	500	500	550

Механизм загрузки шихты и удаления ваграночных газов располагается в верхней части шахты вагранки. Узел загрузки шихты должен обеспечить полный отбор газов, не допускать выбивания токсичных ваграночных газов из печи в атмосферу цеха при загрузке шихты и исключать возможность проникновения воздуха в систему газоочистки во избежание образования взрывоопасной смеси.

Копильники для жидкого чугуна служат для накопления металла, усреднения его химического состава и периодической выдачи на участок заливки форм. По конструкции копильники подразделяются на стационарные, рис.3, и поворотные, рис.4.

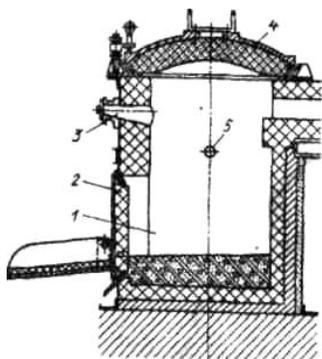


Рис. 3. Копильник стационарный для жидкого чугуна

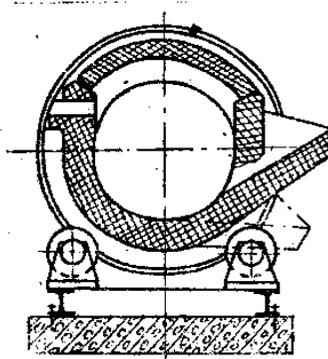


Рис. 4. Копильник поворотный с газовым обогревом

Первые применяют в цехах крупного литья, где выдача металла на заливку осуществляется не чаще 3-4 раза в час. Они состоят из футерованного корпуса 1, передней дверцы 2 с леткой и желобом для жидкого чугуна, смотрового окна 3, крышки 4, шлаковой летки 5. В механизированных цехах мелкого и среднего литья применяют поворотные копильники-миксеры, оборудованные (для поддержания постоянной температуры чугуна) устройствами для газового и индукционного обогрева металла. Емкости копильников выбираются в зависимости от массы литья, серийности производства и требований к стабильности состава, табл. 2.

Система очистки ваграночных газов от пыли. Простейшие уловители пыли из ваграночных газов - это сухие цилинд-

рические и камерные искрогасители, устанавливаемые на трубах вагранок. Оседание пыли в них достигается за счет снижения газовых потоков и многократных резких поворотов потока на 90 и 180 °С. Снижение запыленности в них составляет около 40 %.

Более эффективны мокрые пылеуловители, когда в искрогаситель подается мелкораспыленный поток воды, осаждающие пыли при этом до 85 %.

Таблица 2

Выбор емкости копыльников для вагранок

Внутренний диаметр вагранки, мм	Производительность вагранок, т/ч	Емкость, т, для производства			
		мелкосерийного		крупносерийного и массового	
		копыльников поворотных с газовым подогревом	индукционных тигельных и канальных миксеров	копыльников поворотных с газовым подогревом	индукционных и канальных миксеров
850	4-6	2,5;5	2,5;6	5;8	6;10
1100	6-9	5;8	6;10	8;12	10;16
1350	10-14	5;8;12	6;10;16	8;12;16	10;16;25
1700	15-22	8;12;16	10;16;25	12;16	16;25;40
2100	25-32	12;16	16;25;40	16	25;40

Искрогасители названных типов устанавливают на открытых вагранках, где движение газов через пылеуловитель осуществляется за счет естественной тяги трубы.

Повышения эффективности мокрых пылеуловителей открытых вагранок можно добиться увеличением высоты дымовой трубы и применением эжекторной тяги, рис. 5. В такой установке выброс пыли в атмосферу снижается до 1 кг на 1 т выплавляемого чугуна.

Высокоэффективную очистку ваграночных газов от пыли могут обеспечить лишь многоступенчатые системы (ими снабжаются вагранки закрытого типа).

Кроме осаждения пыли, в аппаратах мокрого пылеулавливания происходит очистка газов от сернистого и серного ангидридов (SO_2 и SO_3), хорошо растворяющихся в воде.

Устройства для дожигания газов и подогрева дутья. В вагранках открытого типа для дожигания газов в трубе на уровне загрузочного окна или выше устанавливают горелки для природного газа (они являются запальниками для ваграночных газов). Подогрев дутья осуществляют во встроенных рекуператорах, рис. 6, (до 300-350 °С). Эти рекуператоры получили ограниченное распространение.

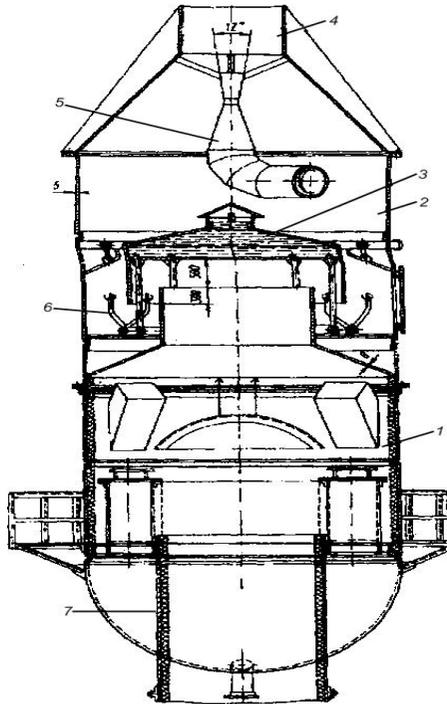


Рис. 5. Двухкамерный пылеуловитель с дополнительной эжекторной тягой для вагранок открытого типа:

1 и 2- камеры соответственно сухой и мокрой очистки газов;
 3 – водоохлаждаемый зонт; 4 – труба пылеуловительная; 5- воздушный эжектор; 6 – водяные форсунки; 7 -труба вагранки

Чаще для подогрева воздуха применяют отдельно стоящие воздухонагреватели или рекуператоры: конвективные, радиационные и радиационно-конвективные. В них возможен

нагрев воздушного дутья до 400-700 °С. Схема трубчатого, радиационного рекуператора приведена на рис. 7.

Оборудование для подачи воздуха в вагранку. Воздух подается к фурмам вагранки с помощью воздуходувных машин, которые в зависимости от создаваемого ими давления подразделяются на:

а) вентиляторы (повышают давление до 147 гПа, т.е. до 1500 мм вод.ст.);

б) нагнетатели (наиболее применяемые центробежные воздуходувные машины), повышающие давление выше 147 гПа.

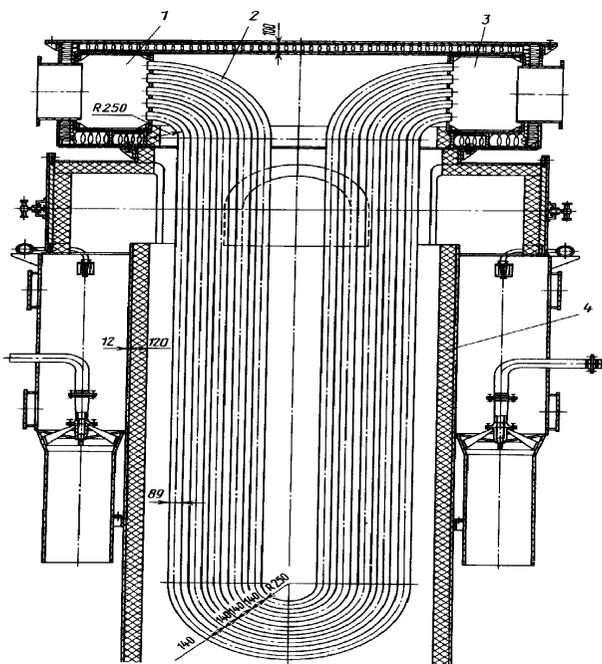


Рис. 6. Встроенный рекуператор:

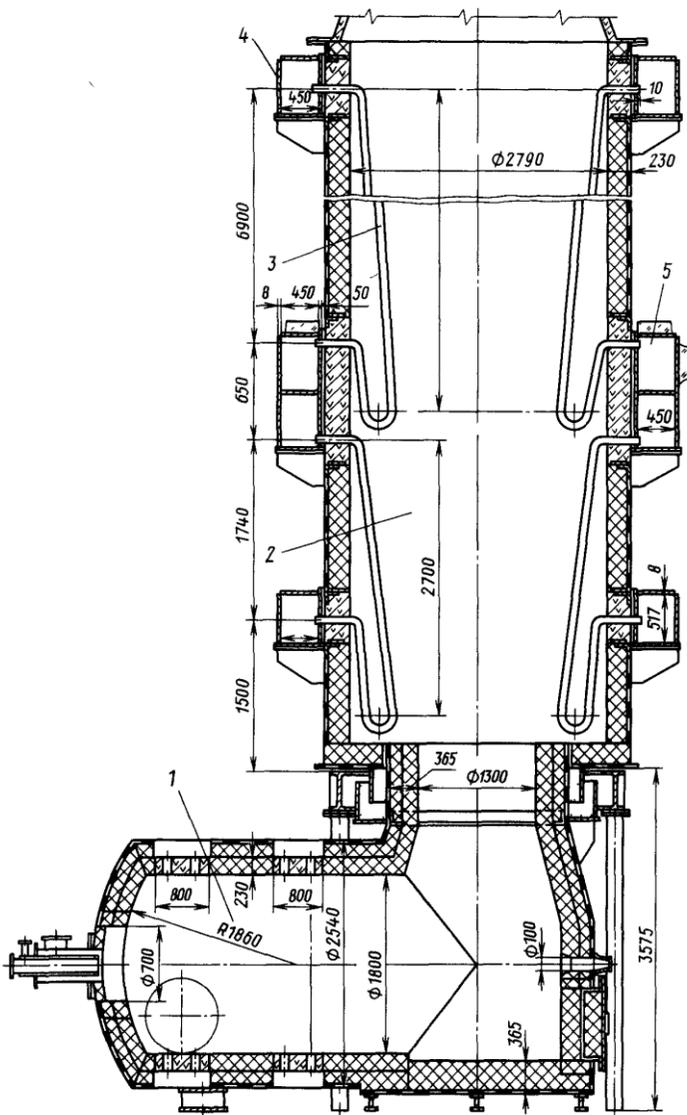
1 – короб холодного воздуха; 2 – трубчатый теплообменник;
3 – короб подогретого дутья; 4 – труба вагранки.

Характеристика воздуходувных машин для вагранок дана в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика воздуходувных машин для вагранок

Вагранка		Воздуходувная машина		
Диаметр вагранки, мм	Исполнение	Модель	Производительность, м ³ /ч	Создаваемое давление (гПа)
900	Без подогрева дутья	В 8/800	8000	78,4
	С подогревом дутья	ТВ 80-1,2	6000	196
1100-1300	Без подогрева дутья	В2М 10/1250	10000	122,6
	С подогревом дутья	ТВ 200-1,4	12000	392,1
1500	Без подогрева дутья	В 15/1500	15000	147,0
	С подогревом дутья	В 22/2050	22000	201
1800-2100	Без подогрева дутья	В 20/1700	20000	166,6
	С подогревом дутья	700-13-3	42000	294



73

Рис. 7. Радиационный рекуператор

Оборудование для набора, взвешивания и загрузки шихты. Процесс набора, дозирования и загрузки шихты в вагранку состоит из трех технологических операций: подачи шихтовых материалов к массоизмерительному устройству, взвешивания, подачи взвешенной шихты в вагранку.

Механизация подачи шихты к массоизмерительным приборам осуществляется или с помощью расходных бункеров с питателями, или с помощью электромагнита.

Дозирование производится путем предварительного набора на шайбу некоторого заведомо большего количества шихты и последующего сброса лишних кусков обратно в закрома по показаниям крановых весов или путем постепенного сброса шихты в бункеры до получения заданной массы. Для подачи в устройства немагнитных компонентов применяются ленточные, пластинчатые и вибрационные питатели. Массоизмерительные устройства, достаточно надежно работающие в установках дозирования шихтовых материалов, приведены в табл.4.

Наиболее распространенными механизмами для загрузки шихты в вагранку являются наклонные бадьевые подъемники или шарнирные краны.

Вспомогательные механизмы для грануляции шлака и уборки отходов после выбивки вагранки. Принцип работы системы грануляции шлака - резкое охлаждение струи горячего шлака, стекающего по шлаковому желобу, потоком воды; шлак поступает в отстойники, вода после осветления и охлаждения вновь подается к шлаковому желобу.

Уборка отходов (после выбивки вагранки) производится в короба, установленные на тележках, приводимых в движение лебедками. Разгрузка коробов - с помощью грузоподъемных устройств. В последние годы разработаны установки бездымосных вагранок закрытого типа, в которых перемещение и мокрая очистка газов производятся с помощью водяного эжектора или повышенного давления под колошником.

Конструкция и нормальный ряд вагранок этого типа приведены на рис. 2 и в табл. 5.

Таблица 4

Дозаторы и массоизмерители для ваграночной шихты

Наименование	Марка	Диапазон измерения, кг	Погрешность измерения, кг	Габаритные размеры, мм	Диаметр вагранки, мм
1	2	3	4	5	6
Для топлива, флюсов, ферросплавов					
Дозатор автоматический для известняка и ферросплавов	ДВЧ-40м	окт.40	±0,5	213x960x1290	До 1100
	ДВЧ-100м	40-100	±1,0	213x960x1290	До 2100
Дозатор автоматический для кокса	ДВК-100м	25-100	±1,0	2250x160x1730	До 850
	ДВК-250м	70-250	±2,5	2250x160x1730	До 1700
Для металлических компонентов шихты					
Воронка - массоизмеритель	488ВО,5	100-500	±5,0	1310x1310x2415	До 850
Массоизмеритель бункерный электромеханический	1076БЗ,2	160-3200	±20	1750x2080x1450	1100-2100
Электрическая массоизмерительная тележка	Платформенная ТШТ-2	до 2000	±10	2800x1340x2375	До 1350
	Бункерная Т122Т-32-1	до 3200	±20	4500x2250x2680	1700-2650
	Бункерная 103БТ2,0	до 2000	±10	3700x1900x3000	До 1350
Монорельсовый Циферблатный массоизмеритель	ВЦМ-1М	до 1000	±10	-	До 1350
Массоизмеритель крановый	191ЭК-5	до 5000	±20	-	До 2650

2.2. Металлургические основы ваграночного процесса

По условиям теплообмена между металлом, газами и коксом шахту вагранки можно условно разбить на 4 зоны:

I зона - подогрева шихты (от завалочного окна вниз до того уровня, где температура поверхности кусков чугуновой шихты достигает плавления, 1150 - 1200 °С); размеры этой зоны непостоянны;

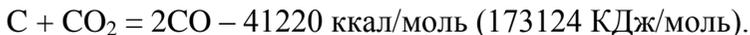
II зона - плавления (от низа I зоны до места образования капель чугуна);

III зона - перегрева жидкого чугуна (от низа II зоны до нижнего ряда фурм);

IV зона - горна вагранки: кокс и его продукты горения имеют более низкую температуру (из-за недостатка кислорода).

В вагранке протекает ряд химических реакций: угар элементов чугуна под воздействием окислительной атмосферы; образование шлака из флюсов, окислов элементов чугуна, частиц неметаллических материалов и других источников; взаимодействие жидкого чугуна со шлаком и его насыщение серой и углеродом из кокса.

При горении твердого кокса в вагранке (основная масса эксплуатируемых вагранок - коксовые) протекают реакции:



Зона холостой колоши, где имеется свободный кислород, кислородная зона; зона, где происходит увеличение концентрации CO в ваграночных газах, редуцирующая зона. Холостая колоша – слой кокса, простирающийся от фурм до зоны плавления.

Состав колошниковых газов меняется в зависимости от расхода кокса, воздуха, способа подвода воздуха, температуры его подогрева, размеров кусков кокса, его реакционной способности и других факторов (рис. 8, табл. 6).

Продукты горения топлива в вагранке являются не только источником теплоты, но и важным металлургическим фактором, влияющим на металлургические процессы, протекающие в печи.

Таблица 5

Нормальный ряд вагранок закрытого типа конструкции института Гипростанок

Показатели	Внутренний диаметр вагранок, мм					
	850	1100	1350	1700	2100	2650
Геометрические размеры вагранки мм:						
диаметр горна вагранки, Дг	850	900	1100	1450	1750	-
диаметр фурменной коробки, Дфк	3000	3224	3424	4000	4650	-
полезная высота вагранки	5000	5500	-	6000	6500	-
диаметр фурм Дф	160	180	200	200	200	-
и их количество	6	6	6	8	10	-
высота горна	600	700	750	800	800	-
Номинальная производительность, т/ч	5	8	12	20	30	45
Температура металла на желобе, °С	до 1520					
Расход кокса в рабочую колошу, %	10-14					
Температура дутья, °С	450-550					
Длительность работы вагранки без текущего ремонта, сут.	до 6					

2.3. Технологические основы ваграночной плавки

Для получения чугуна, требуемого химического состава требуется составить шихту, т.е. подобрать в определенном количестве разные шихтовые материалы и учесть те изменения, которое произойдут с химическим составом этих материалов в разных зонах вагранки.

Общий порядок расчета ваграночной шихты следующий:

а) по заданному химическому составу чугуна определяют средний химический состав шихты (по средним значениям угара или пригара конкретного элемента, с последующим экспериментальным уточнением);

б) рассчитывают отдельные составляющие шихты (аналитически, графически или методом подбора).

Для получения качественного чугуна, которым можно заливать формы, вагранка должна быть подготовлена к плавке.

После подготовки вагранки к плавке приступают к загрузке шихты (отдельными колошами металла и кокса). Вначале на холостую колошу подается известняк (30-40% от массы колоши кокса), затем колоши шихты.

Масса известняка принимается равной 2,5-4% массы металлической части шихты. В случае необходимости для улучшения жидкоподвижности шлака можно добавлять плавиковый шпат ($\leq 15\%$ от массы известняка). Обычно масса металлозавалки принимается равной (1/10÷1/12)-часовой производительности печи. Загрузка первого столба в вагранку производится следующим образом: в первых 5-6 колошах металла общую массу снижают на 20%, при этом долю стального лома увеличивают в 1,5-2 раза, чтобы уменьшить пригар углерода; в первые колоши не дают крупные куски металлолома (например, бой изложниц); после завалки первых 5-6 колош металла загружают удвоенную топливную колошу (дают «пересыпку»).

Последовательность загрузки шихтовых материалов в бадью должна быть следующей: стальной лом, чушковый чугун, машинный лом, литники и возврат производства, известняк, ферросплавы. Если в бадью загружают кокс, то это делают после возврата собственного производства (затем известняк и ферросплавы).

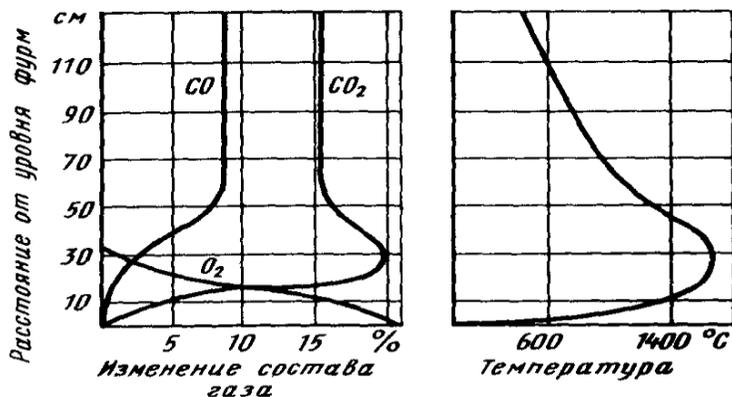


Рис. 8. Изменение состава (а) и температуры (б) газов по высоте шахты вагранки от уровня фурм до завалочного окна

Таблица 6

Состав колошниковых газов (%) при подаче воздуха через один ряд фурм

Расход кокса, %	При холодном дутье			При горячем дутье		
	CO	CO ₂	$\frac{CO_2 \cdot 100}{CO + CO_2}$	CO	CO ₂	$\frac{CO_2 \cdot 100}{CO + CO_2}$
8	-	-	-	8-12	12,5-15	50-65
10	8-12	12,5-15	50-65	10-16	10-14	39-60
12	10-14	11,5-14	46-60	14-20	7,5-11	27-44
14	12-18	9-12,5	33-50	16,8-24	5,5-10	18-39

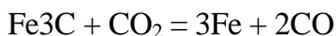
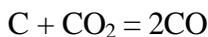
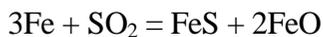
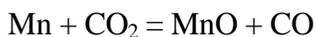
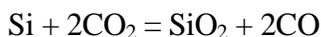
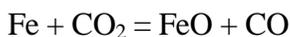
После загрузки вагранки шихтой до уровня загрузочного окна пускают дутьё.

В процессе плавки вагранщик следит за работой вагранки: своевременно выпускает чугун и шлак, обеспечивает нормальную работу всех механизмов и приборов, изменяет режим плавки, производит кратковременные остановки вагранки в соот-

ветствии с условиями производства и устраняет неполадки в её работе.

Период окончания плавки определяет мастер, который дает команду на прекращение завалки шихты. По мере проплавки столба шихтовых материалов необходимо снижать давление дутья для того, чтобы оставить неизменным расход воздуха; в противном случае увеличенный расход воздуха усилит окисление металла. После проплавки последней металлической колоши (отсутствие капель чугуна у фурм) прекращается подача воздуха в вагранку. Перед выбивкой вагранки необходимо, чтобы под ней не было сырости. Открывается летка (металлическая) и спускается весь металл. Затем открывается запорное устройство дверцы подины, и остатки плавки вываливаются под вагранку. Они охлаждаются водой, вывозятся из цеха.

В обычной слабоокислительной атмосфере происходит взаимодействие газов с компонентами чугуна:



В зоне нагрева все компоненты шихты окисляются по указанным реакциям (с поверхности в глубину).

Во второй зоне куски металла начинают плавиться с поверхности. Зона плавления располагается в редуccionной зоне холостой колоши.

В третьей зоне капли чугуна перегреваются, окислы железа (на поверхности капли) растворяются в металле и окисляют элементы, имеющие большее сродство к кислороду, чем железо. В зоне перегрева жидкого чугуна заканчивается формирование шлака.

В четвертой зоне (горне) состав газовой фазы является восстановительным, металл и шлак охлаждаются; они находятся между кусками кокса (при работе без копильника) и продолжают насыщаться углеродом и серой. Химический состав чугуна в разные периоды выпуска в ковш неоднороден вследствие плохой перемешиваемости и различия величины кусков шихты.

При прохождении компонентов шихты через все зоны вагранки происходит изменение химического состава (за счет угара и пригара) в зависимости от условий работы вагранки, табл. 7.

Состав и свойства ваграночного шлака оказывают большое влияние на характер плавки и свойства полученного металла. Основные составляющие шлака (SiO_2 , CaO , Al_2O_3) дают 80-90 % всей массы шлака. Шлак должен иметь высокую жидкотекучесть, не оказывать отрицательного влияния на механические свойства чугуна, не разрушать футеровку печи. Для шамотной футеровки желательно иметь состав шлака, близкий к составу шамота: 40-48 % SiO_2 ; 10-15 % Al_2O_3 ; 25-30 % CaO ; ≤ 8 % FeO ; 5-8 % MgO .

Состав шлака при плавке в основной вагранке: 25-30 % SiO_2 ; 40-50 % CaO ; 2-20 % Al_2O_3 ; 1-5 % MgO ; 0,5-3 FeO ; 1,3 % MnO ; 0,5-1,0 % P_2O_5 ; 0,5-1,0 % S.

Таблица 7

Угар и пригар элементов при плавке в коксовой вагранке, %

Дутье	Элементы					
	Процесс	C	Si	Mn	P	S
Холодное	Кислый	+10÷ +50	-10÷ -25	-10÷30	0	+40÷ +100
Горячее	Кислый	+20÷ +300	+10÷ +20	-10÷20	0	+10÷ +50
Горячее	Основ- ной	+20÷ +360	-15÷ -20	-5÷15	0	-20÷ -50

При кислом процессе окисляются в большей степени элементы, образующие основные окислы, в меньшей - элементы, образующие кислые окислы. При кислом процессе происходит меньшее науглероживание чугуна; содержание серы и фосфора не снижается. Основность кислого шлака 0,4-0,9.

2.4. Интенсификация ваграночной плавки

Для получения качественного металла надо стабилизировать химический состав и добиться высокого перегрева чугуна. Первое достигается подбором шихтовых материалов и точностью их дозирования; второе - условиями теплообмена во всех зонах шахты, которые определяются температурой и составом продуктов горения и температурой поверхности кусков кокса. Все методы интенсификации ваграночной плавки основаны на воздействии на процесс горения кокса. Достигнуть этого можно разными путями.

Некоторый эффект получается при рассортировке кокса на фракции.

Наиболее простой и доступный способ улучшения работы вагранки - применение двух- или трехрядной системы фурм. В результате повышается температура в восстановительной зоне и улучшаются условия перегрева чугуна (на 10-20 °С), расход кокса снижается на 10-15 %, производительность повышается на 20-25 %.

Для вагранок с копильником малого диаметра поднять температуру чугуна на 40-50 °С можно, если отвести часть газов через горн в стационарный копильник.

Значительно больший эффект получают, применяя подогрев воздуха, вдуваемого в вагранку. Подогрев до 300 °С равноценен добавке в печь 10-15 % теплоты, получаемой от сгорания кокса; подогрев до 600 °С равноценен добавке 20-25 %.

При обогащении воздуха кислородом уменьшается масса газов на единицу сгоревшего топлива, уменьшается количество балласта – азота, что приводит к повышению температуры газов в зоне горения. Эффект аналогичен тому, что имеет ме-

сто при подогреве воздуха и перегреве чугуна. При этом возможна экономия 10-12 % кокса, повышение производительности вагранки и температуры перегрева чугуна. При расходе 1 м³ кислорода на 1 т чугуна температура его повышается на 1,5-2 °С (для перегрева чугуна на 40-50 °С в вагранке производительностью 18-20 т/ч необходимо подавать 400-500 м³/ч кислорода).

2.5. Техничко-экономические показатели ваграночной плавки

Доля отливок из чугуна в общем их выпуске составляет ~ 71 % (или 22 % общего потребления металла в нашей стране). Отечественное оборудование для плавления чугуна - это, в основном, вагранки (в них выплавляется примерно 89 % всего выплавляемого чугуна).

По производительности применяемые в стране, вагранки можно распределить следующим образом:

- а) 0,5-4 т/ч - 70,6 %;
- б) 5 - 8 т/ч - 20,7 %;
- в) 8 - 25 т/ч (и более)- 8,7 %.

Вагранки с подогревом дутья составляют 4 % от общего числа эксплуатируемых вагранок; закрытого типа с высокоэффективной очисткой отходящих газов - 3 %; с двумя рядами фурм - 2,5 %. Удельная производительность (G) вагранки и температура выпускаемого чугуна зависят от количества сжигаемого кокса и вводимого воздуха (рис. 9). Приводимые данные рассчитаны на 1 м³ сечения шахты (перпендикулярного к вертикальной оси шахты и расположенного на уровне фурм), поэтому они могут быть использованы для различных по размеру и производительности вагранок.

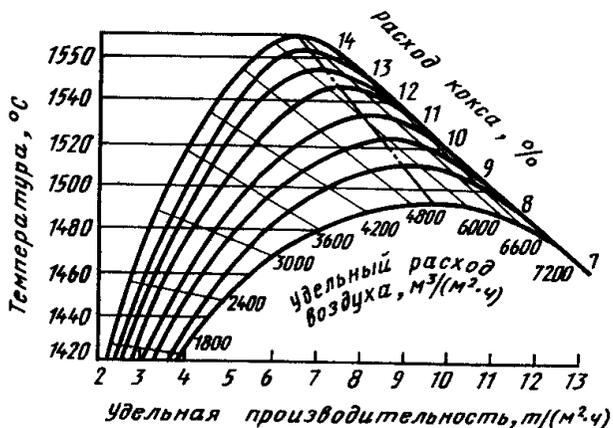


Рис. 9. Зависимость удельной производительности G вагранки и температуры чугуна от расхода топлива и воздуха

Количество воздуха, поступающего в вагранку, измеряют дросселирующим устройством (диафрагмой) и дифференциальным манометром.

Температуру чугуна в интервале 1000-1500 °С измеряют термопарами из вольфрама и из сплава молибдена с алюминием или оптическими пирометрами типа ОППИР-0,9, хотя точность показаний у них ниже, чем у термопар.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких основных узлов состоит вагранка, каково их устройство, назначение и работа?
2. Назначение копильников и их конструктивные разновидности.
3. Какие механизмы применяют для грануляции шлака и уборки отходов ваграночной плавки?
4. Какие условные зоны можно выделить в шахте вагранки?
5. Каковы особенности горения топлива в вагранке?

6. Источники образования ваграночного шлака, виды и состав шлака.
7. В чем заключается подготовка к плавке, текущий и капитальный ремонт вагранки?
8. Основные способы интенсификации ваграночного процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трухов, А.П. Литейные сплавы и плавка: учебник для студентов высших учебных заведений / А.П. Трухов, А.И. Маляров – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.
2. Косников, Г.А. Основы литейного производства: учеб. пособие / Г.А. Косников СПб, 2002. 204 с.
3. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении / В.М. Воздвиженский и др. – М.: Машиностроение, 1984. 196 с
4. Справочник по чугунному литью / под ред. Н.Г. Гиршовича. М.: Машиностроение, 1978. – 758 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы	1
2. Общие сведения	1
2.1. Устройство вагранки	1
2.2. Металлургические основы ваграночного процесса	14
2.3. Технологические особенности ваграночной плавки	16
2.4. Интенсификация ваграночной плавки	20
2.5. Техничко – экономические показатели ваграночной плавки	21
Контрольные вопросы	22
Библиографический список	23

ВАГРАНКА
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам по дисциплине
“Производство отливок из чугуна и стали”
для студентов направления 22.03.02 «Металлургия», профиля
«Технология литейных процессов»
очной формы обучения

Составитель
Печенкина Лариса Степановна

В авторской редакции

Компьютерный набор М.С. Данилова

Подписано к изданию 16.03.2016.
Уч. - изд. л. 1,4.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14