

## Введение

Современное развитие машиностроения требует существенного повышения уровня подготовки кадров, вооружение молодых специалистов современными достижениями науки и техники, умелого использования полученных знаний на практике в производственных условиях. Предметами исследования и разработки в технологии машиностроения являются виды обработки, выбор заготовок, качество обрабатываемых поверхностей, точность обработки и припуски на нее, выбор современных видов технологического оборудования, лазерных и плазменных установок, роботов и манипуляторов, автоматических линий, робототехнических комплексов.

Процесс создания машины от формулировки ее служебного назначения и до получения в готовом виде четко подразделяют на два этапа: *проектирование* и *изготовление*. Первый этап завершается разработкой конструкции машины и представлением ее в чертежах, второй – реализацией конструкции с помощью производственного процесса. Построение и осуществление второго этапа составляет основную задачу технологии машиностроения.

Дисциплина «Технологическое оборудование заготовительных и складских производств машиностроительных предприятий» согласно типовому учебному плану входит в набор дисциплин по направлению 150900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» специальности 151001 «Технология машиностроения» и специальности 080502 «Экономика и управление на предприятии» расположенная в блоке специальных дисциплин.

В пособии подробно рассмотрены методы получения заготовок, современное состояние и перспективы

модернизации оборудования заготовительных и сварочных цехов, подъемно-транспортных машин, оценены возможности применения промышленных роботов и робототехнических комплексов, создание и внедрение механизированных и автоматизированных складов и устройств для транспортирования заготовок, деталей и изделий.

Пособие поможет студентам вузов машиностроительных отраслей при изучении специальности 150001 «Технология машиностроения», глубже ознакомиться с новейшими видами отечественного оборудования внедряемого в заготовительных и сварочных цехах, а также с основными направлениями модернизации и роботизации всего машиностроительного комплекса предусмотренного Правительством России на период до 2030 года.

# Глава 1. Методы получения заготовок

## 1.1. Виды заготовок и их характеристики

Оборудование заготовительного производства во многом зависит от правильного выбора метода получения заготовок.

Предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности и свойств материала изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу называют заготовкой. Перед первой технологической операцией заготовку называют исходной.

Выбор заготовки заключается в установлении метода ее изготовления, расчете или выборе припусков на обработку и определении размеров исходной заготовки.

Форма и размеры детали, технологические свойства материала, температура его плавления, структурные характеристики (направление волокон и размеры зерна) определяют метод изготовления заготовки.

Трудность выбора метода получения заготовки состоит в том, что сталкиваются часто противоположные требования, поэтому решение этого вопроса становится многовариантным. Выбор одного из вариантов не очевиден и часто основан на инженерной интуиции и практическом опыте. Принятие окончательных решений происходит, как правило в условиях ограничений – материальных ресурсов, экономических возможностей, энергетических ресурсов, наличия квалифицированных кадров, транспортных расходов, возможностей кооперации, времени для подготовки производства и т.п.

Заготовки получают в основном двумя методами – литьем или обработкой давлением (пластическим

деформированием). Для крупногабаритных деталей – допускается использование сварных заготовок или комбинированных (т.е. полученных сваркой предварительно отштампованных или отлитых отдельных элементов сложной формы).

Заготовки из серого или ковкого чугуна изготавливают в виде отливок.

Заготовки стальные изготавливают из горячекатаного проката различных размеров и профиля либо из холоднотянутой стали. Для получения этих заготовок часто используют также ковку, штамповку или литье.

Заготовки из цветных металлов и сплавов изготавливают из проката, отливают или штампуют.

Заготовки в виде отливок применяют для деталей сложной формы. Сварные заготовки используют при невозможности или экономической нецелесообразности изготовления цельных. Детали кабин управления буровыми установками, кожухов БКНС, БГТУ и т.п. изготавливают из листового материала холодной штамповкой с последующей сваркой.

На заготовки разрезку проката производят газопламенными резаками, на ленточных или дисковых пилах, приводных ножовках и пресс-ножницах, на токарных, револьверных и фрезерных станках. На фрикционных (беззубых) пилах разрезают профильный прокат, не имеющий большой сплошной площади сечения (уголки, двутавры, швеллеры). На круглых заготовках большого диаметра фрикционная пила обычно заклинивается. Применяют также отрезные станки с тонкими отрезными шлифовальными кругами. Профильный прокат – уголки, швеллеры и т.п. – может быть разрезан на пресс-ножницах методом рубки.

Перед поступлением на обработку резанием исходные заготовки подвергают очистке, правке и термической обработке в зависимости от методов их изготовления и предъявляемых требований. Отливки

очищают от формовочной земли и стержней, затем удаляют литники, выпоры, отрезают прибыли, зачищают заусенцы и случайные приливы. Очистку производят на стационарных и переносных шлифовально-обдирочных станках, зубилами, стальными щетками. Для механизации процесса очистки применяют дробеструйные установки, вращающиеся (галтовочные) барабаны. Заготовка, полученная горячей штамповкой, в месте разема штампа обычно имеет облой, который обрезают или вырубают в штампах на обрезных кривошипных прессах. После обрезки производят термическую обработку и правку в горячем или холодном состоянии.

С целью получения заданных микроструктуры и механических свойств заготовку при термической обработке подвергают нормализации, улучшению и другим процессам.

Штамповки очищают от окалины и заусенцев дробеструйной обработкой, травлением, галтовкой во вращающихся барабанах. Для получения точных размеров некоторые штампованные заготовки проходят калибровку и чеканку в холодном или горячем состоянии. Перед этой операцией производят отжиг или нормализацию и очистку от окалины.

На чеканку дается припуск от 0,2 до 0,8 мм на сторону в зависимости от площади чеканки. Длинные заготовки из проката правят вручную, на прессах или на специальных многороликовых правильнокалибровочных станках за 1 – 2 хода.

Если свойства материала допускают использование литья и методов пластического деформирования, то выбор должен опираться, в первую очередь, на особенности формы детали. При наличии полости сложной формы, а также выступов и впадин на боковых наружных и внутренних поверхностях часто

единственно возможным является метод литья. Причем, обязательно с применением формы разового использования, так как для извлечения отливки форма и стержни должны быть разрушены.

Если же форма детали позволяет применять как штамповку, так и литье, то выбор метода должен исходить из технических требований к детали, особенно к макро- и микроструктуре внутренних и поверхностных слоев детали. Кроме того, необходимо учитывать и объем производства (годовую программу выпуска деталей), и тип производства, т.е. темп выпуска. Здесь нет возможности учесть все индивидуальные особенности конкретных деталей и предприятий, но основное направление выбора метода получения заготовки состоит в следующем: чем более строгие требования предъявляются к однородности механических свойств детали, чем выше требования к ее прочности, твердости и износостойкости, тем желательнее применить метод пластического деформирования, а не литья. Кроме этого, избрать метод пластического деформирования тем предпочтительнее по сравнению с литьем, чем больше объем производства и чем меньше такт выпуска. Вместе с тем, чем сложнее форма детали и чем выше стоимость материала, из которого она изготовлена, тем предпочтительнее использовать метод литья, как дающий лучшее приближение формы заготовки к форме готовой детали, т.е. повышающий коэффициент использования материала.

В связи с неоднозначностью решения задачи о выборе метода, получения заготовки целесообразно наметить несколько альтернативных вариантов и произвести экономический анализ с помощью ЭВМ, предусмотрев в программе анализа и указанные выше ограничения.

## 1.2. Выбор способа получения отливок

Наиболее часто применяемым способом получения заготовок литьем является литье в песчаные формы, поскольку себестоимость одной тонны таких отливок минимальна, а применяемое оборудование и оснастка во многом имеет универсальный характер.

Для изготовления отливок I класса точности (заготовки массового производства) целесообразно применять машинную формовку по металлическим моделям, механизированный выем моделей из полуформ. В этом случае могут быть также получены сложные по форме тонкостенные заготовки с отверстиями диаметром от 20 мм и более. Если стержни изготавливают на специальных машинах и калибруют перед сборкой в кондукторе, то полученные заготовки по точности взаимного расположения поверхностей и отклонениям размеров обеспечивают возможность механической обработки в специальных или специализированных приспособлениях, в том числе на автоматах и полуавтоматах.

Отливки II класса точности (заготовки серийного производства), рекомендуется выполнять литьем по деревянным моделям, применяя машинную формовку с механизированным выемом моделей из полуформ, причем модели закрепляются на металлических плитах. Такой способ литья в заготовках позволяет получить литые отверстия диаметром свыше 30 мм.

Отливки III класса точности (заготовки мелкосерийного и единичного производства) изготавливают в основном в песчаных формах с ручной формовкой по деревянным моделям. В отдельных случаях применяется машинная формовка по координатным плитам с незакрепленными моделями. Такой способ литья позволяет выполнять литые отверстия диаметром свыше 50 мм.

Применение других способов литья определяется особенностями размеров, формы и технических требований к детали.

Для больших деталей (массой свыше двух тонн) заготовки отливают в землю, а для формовки применяют деревянные модели.

Если деталь имеет ряд поверхностей, которые по техническим условиям не требуют обязательной обработки резанием и должны быть точно расположены друг относительно друга, и иметь высокое качество поверхности, целесообразно применять литье в различные оболочковые формы. Такими формами могут быть песчано-смоляные, жидко-стекольные и т.п., а также литье в оболочковые формы по выплавляемым или растворяемым моделям (масса таких отливок не должна превышать 150 кг). Учитывая, что организация такого участка специального литья требует значительных капиталовложений, а технология литья включает ряд сложных и длительных операций, себестоимость одной тонны отливок с применением указанных способов литья возрастает в 8–12 раз, и поэтому применение литья в оболочковые формы целесообразно только в крупносерийном и массовом производстве.

Заготовки из цветных металлов и сплавов целесообразно отливать в формы многократного применения: керамические и песчано-цементные для небольших партий деталей и в металлические формы (кокильное литье и литье под давлением) для крупносерийного и массового производства.

Если деталь имеет форму полого цилиндра, то часто используют центробежное литье. Заготовки, у которых величина наружного диаметра превышает высоту детали, отливают на машинах центробежного литья с вертикальной осью вращения; при этом воз-



можно получение двухслойных заготовок (чугун-бронза, сталь-чугун и т.д.). Максимальная масса заготовок такого способа литья – 50 кг.

Полые заготовки удлиненной формы (длина больше наружного диаметра) отливают на машинах с горизонтальной осью вращения (максимально допустимая масса – 600 кг).

### **1.3. Выбор способа получения поковок**

Определяющими факторами при выборе способа получения заготовки методами пластического деформирования, являются тип производства, размеры детали, форма поковки и свойства материала поковки.

На первом этапе выбора решающее значение приобретает тип производства рассматриваемой детали, так как технологический процесс обработки давлением основан на применении высокопроизводительного и сравнительно дорогого оборудования, а также дорогого инструмента (штампов). В единичном и мелкосерийном производстве оборудование должно, быть универсальным и сравнительно недорогим, а его производительность не столь существенна, как например, в массовом производстве. Деформирующий инструмент также должен иметь, по возможности, универсальное применение, простую форму и невысокую стоимость.

Этим условиям отвечает свободнаяковка на ковочных молотках, а такжековка с применением подкладных колец и подкладных, штампов.

В серийном производстве целесообразно применять штамповочные молоты различных видов, а процесс формообразования производить в штампах, половины которых закрепляются на столе и на бабе молота и могут иметь до пяти ручьев сложной формы.

Производительность штамповки и точность поковок при использовании штамповочного молота

в крупносерийном и массовом производстве уже недостаточна. Поэтому наиболее рациональным является применение кривошипных кузнечно-прессовых машин: кривошипного горячештамповочного прессы (КГШП), горизонтально-ковочной машины (ГКМ), чеканочного (кривошипноколенного) прессы, а также специализированных высокопроизводительных машин (раскатной машины, ковочных вальцов и т.п.).

Для большинства мелких и средних деталей, используемых в машиностроении, высказанные соображения имеют силу, однако в ряде случаев приходится отступать от намеченных рекомендаций

Тенденция современного машиностроения направленная на увеличение мощности отдельных машин (насосов, компрессоров, буровых машин и т.п.) приводит к тому, что для пластического деформирования ряда деталей недостаточно усилия, развиваемого молотами и кривошипными машинами. Поэтому для больших деталей (например, диаметром свыше 1000 мм) приходится использовать ковку или штамповку на гидравлических прессах, несмотря на их сравнительную тихоходность (свободную ковку для индивидуального и мелкосерийного производства, а штамповку – для серийного, крупносерийного и массового, производства).

Если детали по размеру невелики, но имеют сложную форму и по условиям эксплуатации должны иметь очень плотную структуру металла, то заготовки для них нужно изготавливать с помощью закрытой штамповки в разъемных матрицах. Наиболее удобно для такого способа штамповки использовать винтовой фрикционный пресс (в мелкосерийном и серийном производстве) или специализированный полуавтомат кривошипного типа (в массовом производстве). Особую группу по форме деталей составляют длинные поковки с фланцем, а

также поковки со сквозными и глухими отверстиями для деталей типа буровых колонн, штанг глубинно-насосных установок, втулок, полумуфт, колец подшипников и т.п. Для них рекомендуется выбирать способ штамповки на горизонтально-ковочной машине, так как наличие в ней разъемной матрицы и горизонтальное расположение главного ползуна позволяет получать поковки сложной формы с минимальными отходами металла.

Низкая пластичность материала независимо от типа производства и размеров детали требует применения гидравлического прессы, поскольку только он может обеспечить плавную работу и достаточно низкую скорость пластической деформации, при которой не образуются микротрещины и другие дефекты в поковках.

Способ штамповки определяет также наименьшие диаметры отверстий, которые могут быть получены пластическим деформированием заготовок. При свободной ковке на молотах и гидравлических прессах минимальный диаметр отверстия равен 80 мм, при штамповке на молотах – 50 мм, а при штамповке на кривошипных машинах – 35 мм.

#### **1.4. Определение промежуточных припусков, допусков и размеров заготовок**

Важную роль в процессе разработки технологических операций механической обработки деталей играют промежуточные припуски. Правильное назначение промежуточных припусков на обработку заготовки обеспечивает экономно материальных и трудовых ресурсов, качество выпускаемой продукции, снижает себестоимость изделий и ускоряет дальнейшее развитие машиностроительной промышленности.

Промежуточные припуски в массовом и крупносерийном производстве рекомендуется рассчитывать аналитическим методом. Это позволяет обеспечить экономию материала, электроэнергии и других материальных и трудовых ресурсов производства.

Статистический (табличный) метод определения промежуточных припусков на обработку заготовки используют в единичном производстве. Это обеспечивает более быструю подготовку производства по выпуску планируемой продукции и освобождает инженерно-технических работников от трудоемкой работы.

После расчета промежуточных размеров определяют допуски на эти размеры, соответствующие экономической точности данной операции. Промежуточные размеры и допуски на них определяют для каждой обрабатываемой поверхности детали.

Черновые операции обычно следует выполнять с более низкими техническими требованиями на изготовление (12 – 14 квалитет), получистовые – на один-два квалитета ниже и окончательные операции выполняются по требованиям рабочего чертежа детали.

Шероховатость обрабатываемых поверхностей зависит от степени точности и назначается по справочным таблицам.

Необоснованное повышение качества поверхности и степени точности обработки повышает себестоимость изготовления детали на данной технологической операции.

При назначении промежуточных предельных отклонений необходимо учитывать данные рекомендации при разработке технологического процесса изготовления деталей.

Таблица 1.1. Рекомендуемая шероховатость поверхности Ra (мкм) в зависимости от точности изготовления деталей

Поле допуска по ГОСТ 25347-82	Номинальный диаметр деталей, мм									
	До 6	6-10	10-30	30-80	80-120	120-180	180-260	260-500		
H7	0,40	0,40	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	
R7; S7	0,20	0,20	0,40	0,40	0,8	1,6	1,6	1,6	1,6	
N7; M7; K7; J7	0,20	0,20	0,40	0,40	0,8	0,8	0,8	0,8	1,6	
G7; F8	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	
H8; t8	0,80	0,80	0,80	1,60	1,60	1,6	1,6	1,6	3,2	
H8	0,80	0,80	0,80	1,60	3,2	3,2	3,2	3,2	6,3	
H11	1,60	1,60	1,60	3,20	3,2	6,3	6,3	6,3	6,3	
D11	1,60	1,60	3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3	6,3	
CD 11	1,60	3,20	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	
H12; B12	3,20	3,20	6,3	6,3	6,3	12,5	12,5	12,5	12,5	

Таблица 1.2. Рекомендуемые точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей

Метод обработки	Шероховатость Ra, мкм	Дефектный слой, мкм	Квалитет	Допуск на обработку при номинальном диаметре, мм								
				18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
Обтачивание: черновое получистовое	25-50	120-60	14	0,52	0,62	0,74	0,87	1,00	1,15	1,30	1,40	1,55
	2,5-3,2	50-20	12	0,21	0,23	0,30	0,35	0,40	0,46	0,52	0,57	0,63
				0,21	0,23	0,30	0,35	0,40	0,46	0,52	0,57	0,63
однократное чистовое	6,3-1,6	30-20	11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,29	0,32	0,36	0,40
			10	0,084	0,10	0,12	0,14	0,16	0,19	0,21	0,23	0,25
				0,052	0,062	0,074	0,087	0,10	0,12	0,13	0,14	0,16
Шлифование: обдирочное чистовое	1,6-0,8	20	8	0,033	0,039	3,046	0,054	0,063	0,072	0,081	0,089	0,097
	0,8-0,4	15-5	7	0,021	0,025	3,030	0,035	0,040	0,046	0,052	0,057	0,063
				0,013	0,016	3,019	0,022	0,029	0,032	0,036	0,040	0,044
Пригирка Суперфиниширование	5-3	5-3	5	0,009	0,011	3,013	0,015	0,018	0,020	0,023	0,025	0,027
	0,4-0,2	-	-	0,006	0,007	3,008	0,010	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020

**Примечание.** Значения допусков относятся к деталям из сталей. Для деталей из чугуна плаш; цветных металлов предельные отклонения по точности можно принимать на один квалитет точнее.

Таблица 1.3. Рекомендуемые точность и качество поверхности при обработке отверстий

Метод обработки	Переховатость поверхности Ra, мкм	Ареальный шаг, мкм	Квалитет	Допуск на обработку при номинальном диаметре, мм										
				6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315		
Сверление и рассверливание	12,5-3,2	75-25	12	0,15	0,18	0,21	0,25	0,30	0,35	-	-	-	-	-
				0,09	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	-	-	-	-	-
Зенкерование: черновое	12,5-6,3	50-30	12	0,18	0,21	0,25	0,30	0,35	0,40	-	-	-	-	-
				0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	-	-	-	-	-
однооборотное	6,3-3,2	40-25	11	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	-	-	-	-	-
				0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	-	-	-	-	-
Развертывание: нормальное	1,6	25-12	11	0,09	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	-	-	-	-	-
				0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	-	-	-	-	-
точное	0,8	10	8	0,02	0,027	0,033	0,039	0,040	0,054	-	-	-	-	-
				0,01	0,018	0,021	0,025	0,030	0,035	-	-	-	-	-
тонкое	0,4	6	6	0,00	0,011	0,013	0,016	0,019	0,022	-	-	-	-	-
				0,00	0,008	0,009	0,011	0,013	0,015	-	-	-	-	-
Протягивание: черновое	1,6	25-16	11	-	-	0,130	0,160	0,190	0,220	-	-	-	-	-
				-	-	0,084	0,100	0,120	0,140	-	-	-	-	-
			8	-	-	0,033	0,039	0,046	0,054	-	-	-	-	-

чистовое	0,8-0,4	10-5	7	-	-	0,021	0,025	0,030	0,036	-	-
Расгачивание:			6	-	0,013	0,016	0,019	0,022	0,022	-	-
черновое	12,5-6,3	50-30	11	-	0,210	0,250	0,300	0,350	0,400	0,460	0,520
			10	-	0,130	0,160	0,190	0,220	0,290	0,320	0,360
чистовое	3,2-1,6	25-16	8	-	0,084	0,100	0,120	0,140	0,160	0,185	0,210
			7	-	0,033	0,039	0,046	0,054	0,063	0,072	0,081
тонкое, алмазное	0,8-0,2	10-4	6	-	0,021	0,025	0,030	0,035	0,046	0,062	0,057
			5	-	0,013	0,016	0,019	0,022	0,026	0,029	0,032
Шлифование: предварительное	1,6	20	8	-	0,009	0,011	0,013	0,015	0,018	0,020	0,023
чистовое	0,8-0,4	20-5	7	0,018	0,021	0,025	0,030	0,035	0,040	0,046	0,052
			6	0,011	0,013	0,016	0,019	0,022	0,025	0,029	0,032



тонкос	0,4-0,1	5	5	-	0,008	0,009	0,011	0,013	0,015	0,018	0,020	0,023
Пригирка, хонингование	0,4-0,025	5-3	5	-	0,008	0,009	0,011	0,013	0,015	0,018	0,020	0,023
Раскапывание, калнбрование,	0,40-0,05		8	-	-	0,033	0,039	0,046	0,054	0,063	0,072	0,081
Алмазное выглаживание			5	-	-	0,021	0,025	0,030	0,035	0,040	0,046	0,062
			5	-	-	0,009	0,011	0,013	0,015	0,018	0,020	0,023

**Примечание.** Данные значения предельных отклонений в рамках относятся к деталям из стали. Для деталей из чугуна и цветных сплавов предельные отклонения по точности можно принимать на один квалитет точнее.

Таблица 1.4. Рекомендуемые точность и качество поверхности при их обработке

Метод обработки	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Деревянный слой, мм	Квадратный тест	Допуск на размер обработки до базовой поверхности, мм							
				До 80	80-180	180-250	250-500	До 80	80-180	180-250	250-500
				при размере обрабатываемой поверхности, мм							
				До 160x160				Св.400x400			
Фрезерование и строгание черновое	12,5-6,3	100-50	11	-	0,120	0,160	-	0,220	0,250	0,320	0,360
чистовое	3,2-1,6	50-20	8	0,046	0,063	0,072	0,097	0,120	0,160	0,210	0,250
Шлифование: обдирочное	3,2	20	7	0,030	0,040	0,046	0,063	-	0,063	0,072	0,097
чистовое	1,6-0,8	15-5	8	0,046	0,063	0,072	0,097	0,120	0,160	0,185	0,250
			7	0,030	0,040	0,046	0,063	0,046	0,063	0,072	0,097
								0,030	0,040	0,046	0,063

**Примечание.** Данные значения таблицы относятся к деталям из стали. Для деталей из чугуна или цветных сплавов предельные отклонения по точности можно принимать на один квалитет точнее.

## **Глава 2. Оборудование литейных и кузнечно-штамповочных цехов**

### **2.1. Оборудование заготовительных цехов чугунолитейного производства**

Литейные цехи различают по роду литейного сплава, характеру (серийности) производства, по массе одной отливки, мощности цехов (годовому производству отливок), способам производства и отраслям промышленности, которую они обслуживают.

По каждому из этих признаков литейные цехи делятся на ряд категорий.

Литейные цехи по роду сплавов делят на чугунолитейные (серого чугуна, ковкого чугуна, высокопрочного чугуна и легированного чугуна), сталелитейные (углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей) и литейных цветных сплавов, в том числе цехи тяжелых цветных сплавов (бронзолатунные и цинковые) и цехи легких сплавов (алюминиевые и магниевые).

По серийности различают литейные цехи массового, крупносерийного, серийного, мелкосерийного и единичного производства отливок. Классификация литейных цехов черных сплавов по серийности производства приведена в табл. 2.1. В ней указывается примерное годовое количество отливаемых деталей одного наименования применительно к весовым группам отливок.

По массе одной отливки литейные цехи делят на пять групп: цехи мелкого, среднего, крупного, тяжелого и особо тяжелого литья. Каждой группе цехов в зависимости от серийности производства соответствует своя максимальная штучная масса отливки (табл. 2.2).

При достаточной загрузке оборудования отливки первых трех групп можно отливать в одном цехе, но в самостоятельных поточных линиях. Цехи тяжелого и особо тяжелого литья рекомендуется организовывать с минимальной массой отливки более 1 т.

По объему производства различают литейные цехи малой, средней и большой мощности.

По способам производства литейные цехи делят на цехи, производящие отливки в объемные песчаные формы, и цехи, где отливки изготавливают специальными способами литья: в оболочковые формы, в металлические формы (кокили), под давлением, центробежным и др.

Таблица 2.1. Классификация литейных цехов черных сплавов по серийности производства

Группы отливок по массе, кг	Годовое количество отливок одного наименования при характере производства				
	массовом	крупно-серийном	серийном	мелко-серийном	единичном, не более
До 20	>200000	35000–200000	3000–35000	300–3000	300
Св. 20 до 100	>100000	15000–100000	2000–15000	150–2000	150
« 100 « 500	>40000	6000–40000	1000–6000	75–1000	75
« 500 « 1000	>20000	3000–20000	600–3000	50–600	50
« 1000 « 5000	>4000	300–4000	100–300	20–100	20
« 5000 « 10 000	>1000	150–1000	50–150	10–50	10
>10 000	-	>75	25–75	5–25	5

Таблица 2.2. Классификация литейных цехов черных сплавов по массе одной отливки

Литье	Производство	
	Массовое и крупносерийное	Серийное, мелкосерийное и единичное
	Максимальная масса отливки, кг	
Мелкое.....	10	100
Среднее.....	50	1 000
Крупное.....	500	5 000
Тяжелое.....	>500	20 000
Особо тяжелое.....	-	>20 000

Из плавильного оборудования, применяемого в чугунолитейных цехах (табл. 2.3) наибольшее распространение получили **вагранки**. **Вагранки** оборудуют эффективными системами очистки ваграночных газов, подогревом дутья, устройствами для механизации трудоемких операций по дозированию, набору и загрузке шихты, выдаче металла и шлака, уборке отходов и грануляции шлака. Для примера на рис. 2.1 приведена технологическая схема вагранки закрытого типа конструкции института Гипростанок, эксплуатируемой на ряде заводов в отрасли. Ваграночный комплекс состоит из вагранки 1 с герметичным колошником, системы 2 очистки ваграночных газов от пыли, системы 3 дожигания и утилизации тепла ваграночных газов, системы 4 подачи и подогрева ваграночного дутья, системы 5 дозирования, набора и загрузки в вагранку шихтовых материалов, коптильника 6 поворотного для накопления и выдачи жидкого металла, вспомогательных устройств 7 для грануляции шлака и уборки отходов после выбивки, центрального пульта управления 8.

Таблица 2.3. Основные технические данные плавильных печей для чунолитейного производства

Плавильное оборудование	Тип печи или ее основной параметр (емкость, т)	Производительность, т/ч	Установленная мощность, кВт (кВ А)	Расход топлива, кг/т (м <sup>3</sup> /т), электроэнергии, кВт ч/т	Металлургические показатели	Примечание
Ваграночные комплексы с подогревом дутья и очисткой газов на коксовом или коксоголовом топливе	95 111	4—6	400	Кокс 100—140, кокс + природный газ	Температура металла т = 1400—1550° С. Угар и безвозвратные потери 2,5—4,5%, Расход известняка 2,5—4%	Мощности для механизмов дозирования и загрузки шихты
	95 113	6—9	400	—	—	—
	95 114	10—15	500	80 $\frac{1}{2}$ 120+30 $\frac{1}{2}$	—	—
	95 115	15—22	1 500	40	—	—
	—	25—32	1 500	—	—	—
Индукционные тепловые печи промышленной частоты	ИЧТ-1/04	0,4	400	Электроэнергия	т = 1400—1550° С, угар и безвозвратные потери 2—4% (до 8% при применении в шихте стружки)	Производительности указаны для работы с «Бологом» 50% с температурой вылачи слыва 1400° С. При перепре до 1550° С производительность снижается на 10%. При подогреве шихты до 400° С производительность увеличивается, на 10—20%
	ИЧТ-2,5/1	1,25	1 000	650—700	—	—
	ИЧТ-6/1,6	1,9	1 600	—	—	—
	ИЧТ-10/2,5	3,1	2 500	600—650	—	—
	ИЧТ-16/2,5	3,5	2 500	—	—	—
	ИЧТ-21,5/5,6	11,3	5 600	550—600	—	—
	ИЧТ-31/7,1	14,2	7 100	—	—	—
ИЧТ-50/15,5	26,3	15 500	—	—	—	
ИЧТ-60/20	33,6	20 000	—	—	—	

Индукционные типельные печи для перепрева и выдержки расплавленного чугуна	ИЧТ-1/0,18 ИЧТ-2,5/0,4 ИЧТ-2,5/0,13 ИЧТ-6/0,63 ИЧТ-6/1 ИЧТ-10/1 ИЧТ-10/1,6 ИЧТ-16/1,6	2 — 9,5 9,8 18 12,4 27 28	180 400 630 630 1 000 1 000 1 600 1 600	Электроэнергия для перепрева на 100° С 60—80	$t_m \leq 1550^\circ \text{С}$ . Изменение химического состава незначительное. Ввод твердых лигатур и добавок до 10% производительности	Производительность указана при перепреве на 100° С. Печь ИЧТ-2,5/0,4 применяют только для подержания температуры
Индукционные капальные печи для плавки чугуна	Емкость, т 6 10 25	3,9 7,25 —	2 000 4 000 5 000	Электроэнергия 500—550	—	—
Индукционные канальные миксеры для перепрева и выдержки расплав- ленного чугуна	ИЧКМ-2,5 ИЧКМ-4 ИЧКМ-6 ИЧКМ-10 ИЧКМ-16 ИЧКМ-25 ИЧКМ-40 ИЧКМ-60 ИЧКМ-100	5,9 11,9 11,9 24,6/10,4 24,6/10,4 46,8/20,4 46,8/20,4 98,0/42,5 98,0/42,5	630 630 1260/630 1260/630 2520/1260 2000/1000 4000/2000 4000/2000	Электроэнергия 30—40	$t_m \leq 1500^\circ \text{С}$ . Изменение химического состава при выдержке незначительное. Ввод твердых добавок и лигатур и добавок в ванну печи не рекомендуется	Производительность указана для перепрева на 100° С
Дуговые электродные прямые действия для чугуна	Номинальная емкость печи, т 3 6 12 25 50	1,65 2,8 5,1 8 14	2 000 4 000 8 000 12 500 20 000	Электроэнергия }570—525 }500	$t_m \leq 1600^\circ \text{С}$ . Угар металла и безвозвратные потери 4—6%. Имеется возможность вести активный металлургический процесс для получения заданного химического состава	Производительности указаны для кислото процесса; при основном процессе они меньше в 1,5 раза. При применении кислорода производитель- ность выше на 10%. Подогрев шихты до 400°С повышает производи- тельность на 20—25%

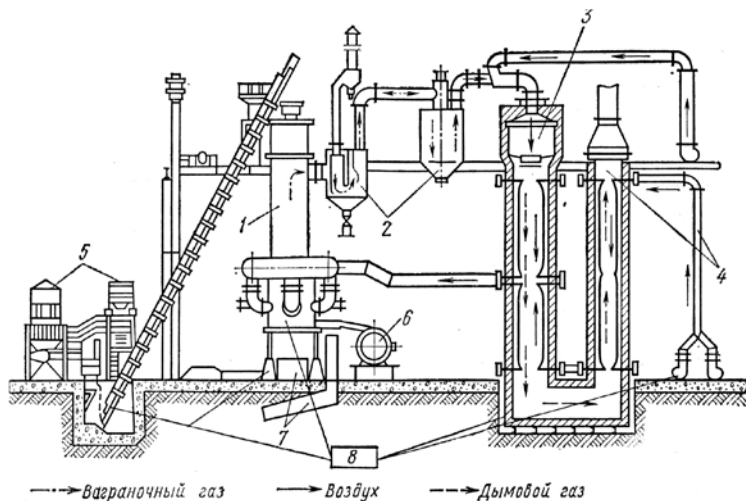


Рис. 2.1. Технологическая схема ваграночной установки

Вагранка работает на горячем дутье, ее оборудуют системой водяного охлаждения плавильного пояса и фурм, позволяющей продлить кампанию плавки без выбивки и текущего ремонта до нескольких недель. Подогрев дутья до  $400 - 600^{\circ}\text{C}$  за счет теплоты, выделяющейся при дожигании ваграночных газов и сжигании природного газа, повышает термический КПД вагранки до  $40 - 43\%$ , позволяет получить из вагранки чугун с температурой до  $1520^{\circ}\text{C}$  и использовать в качестве шихтовых материалов значительное количество низкосортных материалов, уменьшив благодаря этому расход доменных чугунов до  $20\%$  массы металлозавалки. Однако нагрев жидкого чугуна в вагранке свыше  $1420 - 1440^{\circ}\text{C}$  вызывает дополнительный расход кокса, снижение термического КПД вагранки и интенсивное насыщение металла углеродом.

Автоматизация управления процессом плавки позволяет стабилизировать температуру и химический



состав выплавляемого чугуна, а механизация операции по обслуживанию ваграночной установки – уменьшить трудоемкость работ на тяжелых и опасных операциях в плавильном отделении. При такой конструкции ваграночного комплекса сохраняется доминирующее положение вагранки в литейных цехах, и во многих случаях ее предпочитают новым видам электроплавильного оборудования – индукционным и дуговым печам.

**Индукционные плавильные печи**, получающие все большее распространение в чугунолитейных цехах, подразделяют по принципу работы на два типа: тигельные и каналные. Наибольшее распространение для плавки чугуна получили тигельные печи. Большой интерес представляет также применение для плавки чугуна каналных печей с повышенной мощностью индукционных единиц.

Установка индукционной тигельной печи (рис. 2.2) состоит из следующих основных элементов: тигельной печи 1 с индуктором, трансформатора 2 печного с симметрирующим устройством, комплектов блоков конденсаторов 3 и панелей и щитов управления 4, механизма 5 наклона печи с приводом, системы 6 набора дозирования и загрузки печи, печи 7 для подогрева шихты, системы 8 отсоса и очистки газов от печи.

Индукционные тигельные печи для чугуна имеют закрытую конструкцию, т. е. магнитный поток в них с внешней стороны индуктора проходит по радиально расположенным пакетам трансформаторной стали (магнитопроводам). Такая конструкция создает большую жесткость и компактность печи, повышает коэффициент полезного действия и использования печи.

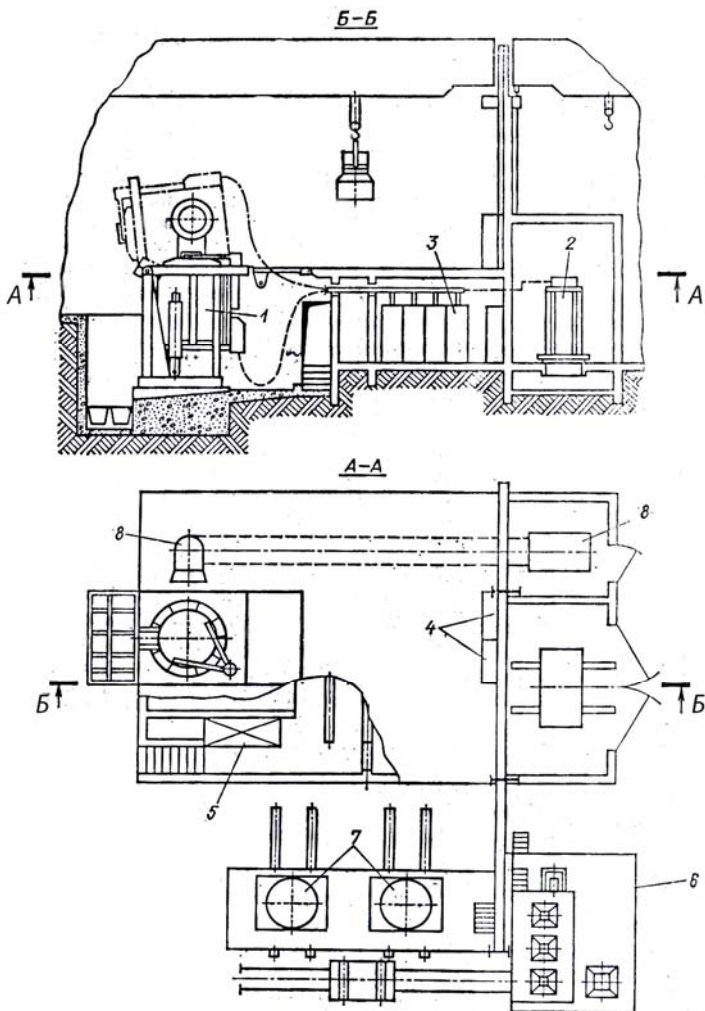


Рис. 2.2. Схема установки индукционной тигельной печи

Печи для чугуна работают, как правило, на токе промышленной частоты (50 Гц). С целью повышения удельной мощности и ускорения процесса плавки печи снабжают генератором, дающим повышенную до 500 Гц Частоту тока. Благодаря этому удельная мощность печи с 250 кВт/т повышается до 800 кВт/т.

Для облегчения пуска и меньшего износа футеровки режимом работы печи предусмотрено наличие в ней круглосуточно в течение рабочей недели в нерабочие смены жидкого металла (болота), составляющего не менее  $1/3$  емкости печи. Оптимальным режимом плавки также является работа с болотом, равным  $1/2 - 1/3$  емкости печи, поэтому наиболее рационально применение индукционных тигельных печей при двух-, трех-сменной работе.

Тигельные печи удобны и надежны в эксплуатации, особенно при выплавке низкоуглеродистых чугунов – ковкого и др. При работе на сухой шихте, не содержащей посторонних включений, и на подогретой шихте в плавильном отделении обеспечиваются хорошие санитарно-гигиенические условия труда. В печах возможно проведение термовременной выдержки и корректировка химического состава жидкого металла. Основные преимущества индукционной плавки в тигельных печах промышленной частоты – стабильность химического состава плавки благодаря хорошему перемешиванию жидкого металла и применение дешевой шихты на основе стального скрапа, легковесных отходов, чугуновой и стальной стружки россыпью. Однако такая шихта должна иметь стабильный химический состав и не должна содержать случайных вредных примесей. Кроме того, ее необходимо просушить и подогреть для исключения пироэффекта и выбросов металла при попадании в тигель влаги и органических горючих компонентов.

**Индукционные, тигельные печи** – это агрегат периодического действия, выдающий готовый жидкий металл при работе с болотом через определенные промежутки времени. Поэтому для непрерывного снабжения металлом поточной линии заливки приходится устанавливать несколько одновременно работающих печей (не менее трех), что приводит к увеличению капитальных затрат и площадей при строительстве плавильных отделений.

Стойкость футеровки в печах промышленной частоты зависит от режима эксплуатации печи. В оптимальных условиях эксплуатации в две смены стойкость кварцевой футеровки тигля 1–2 месяца. Определенные сложности возникают при эксплуатации тигельных печей в условиях частой выдачи жидкого металла на разливку мелкими дозами. Все это снижает производительность и увеличивает трудоемкость обслуживания тигельных печей.

В этом отношении в эксплуатации удобны **канальные печи** для плавки чугуна. Футеровка в рабочем пространстве печи может служить до двух лет; футеровка канальных единиц подвергается наибольшему износу, подлежит более частой замене, и поэтому в большинстве конструкций канальных печей предусмотрена возможность замены канальной части с индуктором без остановки печи. **Канальные печи** для плавки выполняют, как правило, **шахтного типа**.

Основные преимущества применения канальных индукционных печей для плавки заключаются в том, что они работают с большим КПД, чем тигельные печи, а следовательно, удельный расход электроэнергии на плавку в них меньше. Кроме того, для их установки требуются значительно меньшие площади благодаря меньшему числу конденсаторных батарей. В то же время канальные печи неудобны в эксплуатации при частой смене шихт и не допускают периодическую работу.

В зависимости от мощности индукторов и их числа каналные печи можно применять для плавки и для выдержки и нагрева жидкого металла. Плавильные каналные печи оснащают **индукторами** со сдвоенными каналами мощностью 2000 – 2500 кВт. **Миксерные печи** в зависимости от емкости снабжают индукторами в виде одинарного или сдвоенного канала мощностью 500 – 1000 кВт. Миксерные печи могут быть **шахтного** и **барabanного типов** (рис. 2.3).

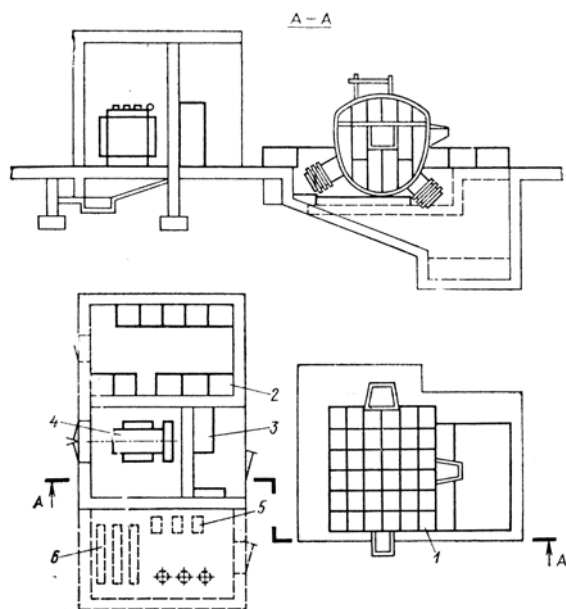


Рис. 2.3. Установка индукционной каналной печи: 1 – каналная печь; 2 – конденсаторы; 3 – контрольно-измерительные приборы; 4 – трансформатор; 5 – гидравлическая станция наклона печи; 6 – система водяного охлаждения

В каналных печах, так же как и в тигельных, возможности проведения металлургических процессов по удалению вредных или случайных элементов ограничены.

**Дуговые электрические печи** прямого действия применяют для получения серого, ковкого или высокопрочного чугуна с использованием в качестве шихты боя изложниц, нерассортированного по видам сплавов лома машин и других низкосортных металлоотходов. К недостаткам дуговой плавки следует отнести тяжелые условия труда в плавильном отделении из-за большого шума, загазованности и больших тепловыделений, а также большего, чем при индукционной плавке, угара металла.

Установка дуговой печи (рис. 2.4) состоит из печи 1, трансформатора 2, щитов управления и автоматики 3, маслонапорной установки 4, системы мокрой газоочистки 5, установки для набора шихты 6, стенда 7 для подогрева шихты.

Для удобства эксплуатации печи оснащают механизмом наклона дуговой печи для слива металла и скачивания шлака, механизмом поворота свода с электродами или выкатки ванны печи для загрузки печи сверху, механизмом вращения ванны печи для ускорения процесса расплавления шихты (в больших печах), механизмом регулирования положения электродов, обеспечивающим перемещение каждого электрода вверх и вниз при включении и отключении печи и в период ее работы.

Дуговые печи являются агрегатами периодического действия, время плавки в них в зависимости от емкости печи и технологического процесса плавки колеблется от 1,5–2,5 ч (при емкости <3т) до 3,5–4 ч (при емкости 12 т).

Наряду с перечисленными плавильными агрегатами в чугунолитейных цехах применяют печи новых типов.

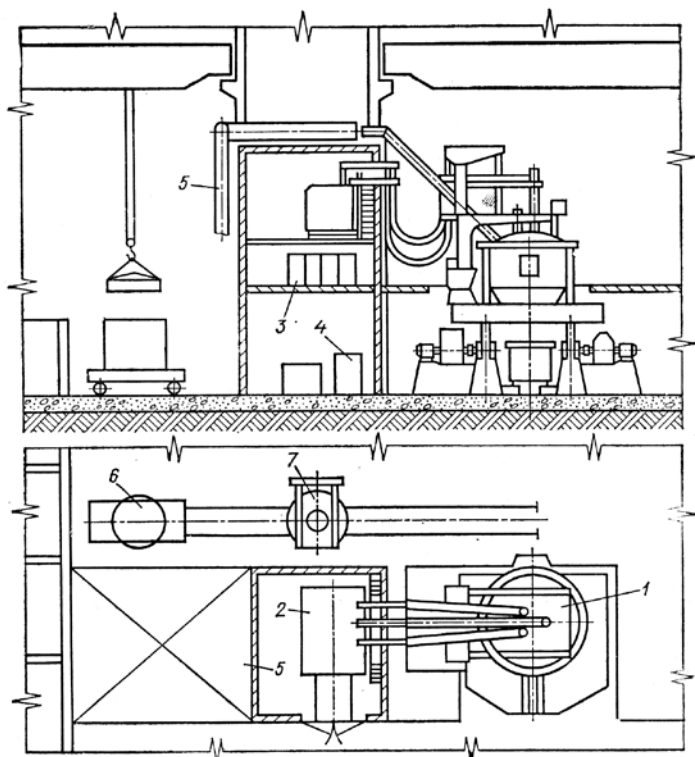


Рис. 2.4. Установка дуговой плавильной печи

**В газовых вагранках и шахтно-пламенных печах** в дуплекс-процессе с индукционными миксерами можно получить высокоперегретый низкосернистый чугун с хорошими физико-механическими свойствами, а подогрев воздуха позволяет использовать в шихте газовых печей стальной лом.

В ряде случаев может оказаться перспективным применение вращающихся пламенных газовых печей. Индукционные печи непрерывного действия с горизонтальным индуктором также находят широкое применение.

Рассмотренные выше металлургические и технические характеристики плавильного оборудования показывают, что различные плавильные агрегаты в моно- или дулекс-процессе могут обеспечить высокое качество серого, ковкого или высокопрочного чугуна. Рекомендуемое плавильное оборудование приведено в табл. 2.4 Окончательный выбор плавильного оборудования может быть сделан после расчета вариантов плавильного отделения и составления сравнительной калькуляции себестоимости жидкого чугуна.

При составлении такой калькуляции в первую очередь учитывают следующие факторы: капитальные затраты на приобретение и установку оборудования; стоимость шихтовых материалов и энергоресурсов, расходуемых на плавку; трудозатраты на плавку металла и ремонт оборудования; возможности повышения качества, уменьшения брака, увеличения срока службы и уменьшения массы отливок.

В капитальных затратах должны быть учтены не только стоимость приобретения и монтажа оборудования, но и затраты на сооружение здания для размещения печей, вспомогательного оборудования и складов топлива, шихтовых материалов и огнеупорных изделий, оснащение здания вентиляционными системами, электро-, газо- и водоснабжением и т.д.

Из эксплуатационных затрат при плавке 50–80% приходится на шихтовые материалы, поэтому правильный их выбор для различных видов печей часто имеет решающее значение для определения экономичности выбранных печей.

При определении затрат на энергоресурсы следует рассматривать их не только в стоимостном выражении, но и в единицах условного топлива, учитывая тенденции изменения стоимости того или иного вида топлива и электроэнергии на периоды ввода в действие и эксплуатации предприятия (до реконструкции).



Таблица 2.4 Рекомендуемые способы плавки чугуна в различных условиях литейного производства

Вид чугуна и характер производства отливок	Способ плавки и оборудование
Серый чугун марок до СЧ 21–40. В цехах средней мощности при небольшом количестве шихты и наличии стабильных шихтовых материалов	Монопроцессы: плавка в вагранках с подогревом дутья; плавка в индукционных тигельных печах. Дуплекс-процессы: вагранка + индукционная канальная печь; индукционная тигельная + канальная печь
Серый чугун всех марок в цехах малой мощности при любом количестве шихт	Монопроцесс: плавка в индукционной тигельной печи; плавка в дуговой печи
Серый чугун всех марок. В крупных литейных цехах при различном количестве шихт и наличии стабильных шихтовых материалов	Дуплекс-процессы: вагранка + индукционная канальная печь (при малом количестве шихт); вагранка + индукционная тигельная печь; дуговая печь + индукционная канальная или тигельная печь
Серый чугун всех марок. В крупных литейных цехах при отсутствии стабильных шихтовых материалов	Дуплекс-процесс: дуговая + индукционная канальная или тигельная печи
Ковкий чугун всех марок. В цехах малой мощности	Монопроцесс плавки в индукционных тигельных печах
Ковкий чугун всех марок. В цехах средней и большой мощности	Монопроцесс: плавка в индукционных тигельных печах Дуплекс-процессы: вагранка с горячим дутьем + индукционная тигельная или канальная печь; вагранка + дуговая печь; дуговая + индукционная канальная печь; индукционная тигельная + дуговая печь
Высокопрочный чугун с шаровидным графитом всех марок	Монопроцессы: дуговая электропечь; индукционная тигельная печь; вагранка с горячим дутьем и основными шлаками Дуплекс-процесс: вагранка с горячим дутьем + индукционная или дуговая печь; дуговая + индукционная канальная печь

Затраты труда на плавку металла включают затраты на подготовку шихтовых материалов, их дозировку и загрузку в печь, обслуживание печей, обработку жидкого металла и его выдачу на разливку, а также на ремонт оборудования плавильного отделения. - Следовательно, чем больше число одновременно работающих печей и меньше порции шихты, загружаемой в печь, и жидкого металла, выдаваемого из печи тем больше затраты труда.

Возможности снижения брака, повышения качества, увеличения срока службы и уменьшения массы отливок имеют решающее значение при выборе способа плавки. Однако при этом нужно четко представлять, является ли фактором, лимитирующим качество отливок, способ плавки металла или другие конструктивные и технологические факторы. В первую очередь уменьшение массы отливок путем увеличения прочностных свойств чугуна возможно в некоторых случаях массового производства. В серийном и мелкосерийном производстве массу отливок определяют, как правило, не из условий прочности, а по конструктивным соображениям и технологии формовки.

По основным показателям выбросов в атмосферу, влияющим на экологическую обстановку, индукционные канальные печи, тигельные печи и дуговые печи постоянного тока обеспечивают нормы ПДК. Уровень шума незначительный, не превышающий ПДУ.

Эксплуатация индукционных канальных печей позволяет эффективно плавить мелкую шихту (небрикетированная стальная и чугунная стружка), проводить десульфурацию с использованием для этого карбидных шлаков, плавить крупногабаритную шихту. Наилучший режим эксплуатации – трехсменный, так как устраняется необходимость поддержания «болота».

Преимуществами индукционных тигельных печей повышенной частоты являются: высокая производительность; возможность плавить твердую шихту, не оставляя «болота»; быстрый нагрев металла; возможность автоматизации процессов плавки; меньшая трудоемкость обслуживания; электродинамическое перемешивание, способствующее получению однородного по составу и температуре металла; малый расход огнеупорных материалов; возможность точно регулировать температуру процесса плавки. Эти печи более удобны для периодической работы по сравнению с вагранками и индукционными печами промышленной частоты. Условия эксплуатации печи позволяют изолировать рабочее пространство от окружающей среды.

**Дуговые печи постоянного тока** по сравнению с печами, работающими на переменном токе, обеспечивают устойчивый электрический режим в процессе всей плавки. Уменьшение количества электродов с 3-х до 1-го снижает удельный расход графитированных электродов в 5–7 раз; уменьшается также угар шихты и легирующих элементов в 1,5–2 раза. Центральное размещение данного электрода способствует тому, что дуга горит перпендикулярно к ванне, находится в шлаке и обеспечивает равномерную температурную нагрузку на футеровку стен.

При использовании постоянного тока устраняется повторное зажигание дуги, что позволяет значительно снизить уровень шума.

Наряду с описанными выше наиболее прогрессивными чугуноплавильными агрегатами, достигнутый технический уровень в развитии ваграночного процесса плавки позволяет также использовать вагранки закрытого типа и дулекс-процесс вагранка-миксер.

Экологические проблемы в коксовых вагранках решены за счет технологической схемы, предусматривающей мокрую очистку газов от пыли в эжекторных скрубберах, дожигание СО в топке рекуператора, утилизацию выделяющегося при этом тепла для нагрева дутья, обратное водоснабжение, грануляцию и утилизацию шлака, сгущение или брикетирование уловленной пыли.

Вредные выбросы из вагранок можно снизить путем замены кокса природным газом. Выбросы СО и СО<sub>2</sub> из газовых вагранок находятся в допустимых пределах. Газовая вагранка должна иметь развитое водяное охлаждение. Рекуператор встроен в шахту и предназначен только для утилизации тепла.

Качество выплавляемого в вагранках чугуна повышается за счет стабильного высокотемпературного подогрева шихты, автоматизации дозирования и загрузки шихты, применения водоохлаждаемых шахт, непрерывного выпуска металла и шлака, внедрения высокотемпературной металлургической плавки с высоким содержанием стальных отходов в шихте и дуплекс-процесса для усреднения химического состава и поддержки жидкого металла.

Гарантированный перегрев чугуна в процессе плавки повышает его жидкотекучесть, что влияет на качество заготовок, имеющих тонкостенные и ребристые поверхности.

Наряду с решением основной задачи – выбором современных плавильных агрегатов, основные направления научно-технического прогресса в области плавки чугуна предусматривают также ряд совершенствований технологий, таких как применение передельного чугуна взамен литейного (что способствует повышению производительности доменных печей), производство синтетического чугуна (что позволяет экономить

дефицитный чушковый литейный чугун), набивная футеровка плавильных агрегатов (экономия штучных огнеупоров и снижение трудоемкости ремонтов) и т.д.

В области заливки основным мероприятием совершенствования технологии является автоматизация, в том числе применение магнито-динамических насосов.

Важнейшими направлениями научно-технического прогресса в области чугунолитейного производства являются развитие производства литья из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (в том числе чугуна с бейнитной структурой и немагнитными свойствами) взамен стали и литья из чугуна с вермикулярным графитом взамен серого чугуна.

В развитых странах применение высокопрочного чугуна составляет 20–30% от общего выпуска чугунного литья, в странах СНГ – 2,5%.

Высокопрочный чугун с вермикулярным и шаровидным графитом – один из наиболее эффективных конструкционных материалов, широкое использование которого позволяет существенно снизить металлоемкость, повысить надежность, долговечность литых деталей, улучшить эксплуатационные характеристики машин и механизмов.

Основные преимущества высокопрочного чугуна:

1. В сравнении с серым чугуном высокопрочный чугун с пластинчатым графитом имеет в несколько раз большую прочность и пластичность, что позволяет снизить на 20–30% металлоемкость литых изделий и увеличить их работоспособность;

2. В сравнении со сталью – снижение удельных затрат электроэнергии, повышение надежности и долговечности изделий за счет более высокой износостойкости, демпфирующей способности, теплопроводности, модуля упругости, предела усталости, жаропрочности, а в ряде случаев вязкости разрушения

(трещиностойкости) и прочности, расширение номенклатуры литых изделий при снижении массы отливок на 15–40% (за счет более высокой технологичности), снижение себестоимости производства.

Отсутствие должного развития изготовления отливок из высокопрочного чугуна (в том числе со специальными свойствами) объясняется недостаточным знанием свойств чугуна, как конструкционного материала. Сложность состава чугуна как физико-химической системы: предопределяет большое разнообразие вариантов его микроструктуры как в литом, так и в термообработанном состоянии, что определяет богатый комплекс физико-механических свойств.

Для повышения конструкционного потенциала чугуновых отливок необходимо использование электроплавки, применение эффективных графитизирующих модификаторов, современного оборудования для экспресс-анализа.

При производстве высокопрочного чугуна уделяется большое внимание химическому составу исходного чугуна и особенно содержанию серы.

В последнее время все большее применение находит внепечная десульфурация расплава.

С учетом компенсаций потерь температуры во время десульфурации исходный чугун на выпуске из печи должен быть 1480 – 1520°C.

С технологической точки зрения перегрев желателен для увеличения жидкотекучести чугуна, уменьшения образования концентрированной усадочной раковины, ликвидации газовых раковин. Поэтому внедрение высокопрочного чугуна требует смены плавильного оборудования – внедрения электроплавки.

Основным фактором, определяющим качество чугуна, является модифицирование. Наиболее универсальным модификатором для получения

высокопрочных чугунов (с шаровидным и вермикулярным графитом) применяемым в литейных цехах машиностроительных отраслей является СМГ7 ТУ И4-5-134-81.

Высокопрочный чугун с вермикулярным графитом можно получать с помощью модификаторов на базе комплексов редкоземельных материалов (РЗМ и Mg), что несколько удешевляет стоимость литья.

Важным фактором получения качественного литья является и контроль нормы графита, металлической основы (феррит, перлит, бейнит) наличия включений и пористости.

К настоящему времени проведена работа по оценке технологической целесообразности изготовления отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом взамен заготовок из стали, литья из серого чугуна.

К деталям рекомендуемым для изготовления из высокопрочного чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом, например, в электромашиностроении отнесены в основном корпусные детали (корпуса коробок, нажимные шайбы, втулки, кронштейны), стали 10 (станины, втулки, корпуса), серого чугуна СЧ 20 (корпус коробки выводов, щиты подшипниковые и т.д.).

Кроме того, в зависимости от требований и условий эксплуатации, к ряду деталей электрооборудования предъявляются повышенные требования по магнитным и теплофизическим характеристикам. Для замены деталей из проката высоколегированных сталей рекомендуются детали из высокопрочного чугуна со специальными (немагнитными) свойствами, физико-химические свойства которых, близки или аналогичны свойствам стали, а по ряду характеристик (теплопроводность, виброакустические характеристики) имеют в 1,2 – 1,5 раза улучшенные показатели. При этом более,

чем в 2 раза повышается коэффициент, использования металла, снижается материалоемкость и трудоемкость изготовления. К таким деталям относятся станины, щиты, корпуса коробок выводов, крышки.

Марка чугуна для каждой конкретной детали выбирается в соответствии требованиям чертежа и учетом условий ее эксплуатации.

## **2.2. Оборудование заготовительных цехов сталелитейного производства**

В сталелитейном производстве основными плавильными агрегатами являются *трехфазные дуговые печи*, резервы повышения технико-экономических показателей которых практически полностью исчерпаны.

На смену им приходят экологически чистые, повышающие качество металла и технико-экономические показатели *дуговые печи постоянного тока и индукционные печи повышенной частоты* (табл. 2.5). Основные недостатки при эксплуатации трехфазной дуговой печи переменного тока, экологические и экономические преимущества от внедрения дуговых печей постоянного тока и индукционных тигельных печей повышенной частоты описаны ранее.

Наиболее передовым в техническом отношении примером развития выплавки стали в машиностроении является комплексно-автоматизированное сталеплавильное производство, действующее в режиме «безлюдной» технологии, построенное «под ключ» западноевропейским консорциумом во главе с фирмой «Даниели» на Сумском машиностроительном НПО.



Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)