

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора ЮТИ ТПУ по УР

\_\_\_\_\_ В.Л. Бибик  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

## **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК**

Методические указания к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Техническая диагностика и контроль качества» для студентов  
обучающихся по направлению 150700 «Машиностроение»

*Составители* **В.С. Люкшин, Д.Б. Шатько**

Издательство  
Юргинского технологического института (филиала)  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 658.562  
ББК 30.607  
ИЗ7

**Контроль качества отливок:** методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Техническая диагностика и контроль качества» для студентов, обучающихся по направлению 150700 «Машиностроение», всех форм обучения / сост.: В.С. Люкшин, Д.Б. Шатько; Юргинский технологический институт. – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2014. – 26 с.

**УДК 658.562**  
**ББК 30.607**

Методические указания рассмотрены и рекомендованы  
к изданию методическим семинаром кафедры  
ТМС ЮТИ ТПУ  
« 14 » января 2014 г.

Зав. кафедрой ТМС  
кандидат технических наук,  
доцент

\_\_\_\_\_ *А.А. Моховиков*

Председатель  
учебно-методической комиссии

\_\_\_\_\_ *Н.А. Сапрыкина*

*Рецензент*  
Кандидат технических наук, доцент КузГТУ  
*Д.М. Дубинкин*

© Составление. ФГАОУ ВПО НИ ТПУ Юргинский  
технологический институт (филиал), 2011  
© Люкшин В.С., Шатько Д.Б., составление, 2011

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

- 1.1. Ознакомление с методами поэтапного контроля качества заготовок в литейном производстве.
- 1.2. Изучение видов брака отливок и методов борьбы с ними.
- 1.3. Исследование образцов отливок на наличие дефектов.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

- 2.1. Ознакомиться с условиями проведения работы и общими теоретическими сведениями (п. 3 и 4).
- 2.2. Изучить этапы контроля качества литых заготовок (п. 5) и виды дефектов отливок (п. 6).
- 2.3. Оформить отчет по лабораторной работе (п. 7).
- 2.4. Получить задание у преподавателя.
- 2.5. Получить у преподавателя образцы дефектных отливок, правильно определить дефекты, зарисовать их схемы, назвать возможную причину их появления и предложить способы их устранения.
- 2.6. Ознакомиться с вопросами для самоконтроля (п. 9) и проверить свои знания.

## **3. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ**

Необходимыми условиями проведения и выполнения лабораторной работы должны быть: самостоятельная подготовка студентов к выполнению лабораторной работы; студент должен ознакомиться с настоящими методическими указаниями, усвоить теоретические сведения, изучить положение об охране труда согласно п. 8 и подготовить бланк отчета согласно п. 7 настоящих методических указаний, активно выполнять лабораторную работу. В начале занятия преподаватель выполняет контроль степени подготовленности каждого студента к выполнению работы. Студенты, уровень подготовленности которых не соответствует вышеизложенным требованиям, к выполнению работы не допускаются.

После оформления бланка отчета преподаватель должен выдать задание в виде образцов дефектных отливок студенту или группе студентов.

## **4. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

Литейное производство представляет собой сложный комплекс технологических процессов, в котором принимают участие много рабочих разных профессий - модельщик, смесеприготовитель, стерженщик,

формовщик, плавильщик, заливщик, выбивщик, обрубщик, термист. Эти рабочие непосредственно участвуют в технологическом процессе, и качество их труда прямо может влиять на качество готового изделия – отливки. Поэтому организация контроля качества по ходу технологического процесса особенно важна. В цепочке технологических операций множество таких, в которых даже незначительные отклонения от норм технологии могут вызвать появление тех или иных дефектов в отливках и даже послужить причиной окончательного брака.

К наиболее часто встречающимся на практике дефектам отливок можно отнести: раковины, усадочную рыхлость и пористость, трещины, коробление, дефекты структуры, несоответствие заданному химсоставу, поверхностные дефекты, дефекты формы и размеров отливки.

Разнообразие видов дефектов и разнообразие причин их вызывающих, определяют необходимость создания системы профилактического текущего контроля.

В литейных цехах, как и на других предприятиях, связанных с проектированием и изготовлением каких-либо товаров, большое внимание уделяется вопросам управления качеством продукции. Это обобщенное понятие, в которое входит «Установление, обеспечение и поддержание необходимого уровня качества продукции при ее разработке, производстве и эксплуатации или потреблении, осуществляемые путем систематического контроля качества и целенаправленного воздействия на условия и факторы, влияющие на качество продукции».

## **5. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЭТАПНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК**

В нашей стране около 80 % всех отливок по массе изготавливают литьем в песчано-глинистые формы. Этот способ является наиболее универсальным и дешевым. Им получают отливки практически любой конфигурации. Поэтому в качестве примера более подробно рассмотрим формы и методы поэтапного текущего контроля по основным операциям технологического процесса изготовления отливок в разовых песчано-глинистых формах.

Ключевыми этапами техпроцесса в данном случае являются:

- входной контроль поступающих исходных материалов;
- приготовление формовочных и стержневых смесей;
- изготовление модельного комплекта;
- изготовление литейных форм;
- операция «плавка», заливка и выбивка форм;
- очистка, обрубка и термическая обработка отливок;

- контрольная приемка готовых отливок.

## **5.1. Входной контроль исходных материалов для литейного производства**

Эти материалы по их назначению можно отнести к следующим основным группам:

- материалы, используемые для изготовления литейных форм – **формовочные материалы**;
- материалы, используемые для выплавки жидкого металла – **шихтовые материалы**;
- материалы, используемые для футеровки плавильных, термических, сушильных печей, разливочных ковшей – **огнеупорные материалы**.

Эти материалы в большей или меньшей степени оказывают прямое влияние на качество литых заготовок, возможное появление тех или иных дефектов в отливках, приводящих к их забракованию (исправимый и окончательный брак).

Контроль качества этих материалов является важным фактором в системе управления качеством готовых изделий литейного производства – литых заготовок.

### **5.1.1. Контроль качества формовочных материалов**

Для изготовления разовых песчано-глинистых форм применяют формовочные и стержневые смеси. Исходными материалами для них служат формовочный песок, формовочная глина, отработанная смесь, специальные связующие (стержневая смесь) и некоторые добавочные материалы (например, противопригарные, улучшающие податливость форм и др.)

Основными характеристиками формовочного песка являются зерновой минералогический состав и глинистая составляющая. По этим признакам определяется стандартная (ГОСТ 2138-84) марка песка. По минералогическому составу песок состоит из зерен кварца, глинистых минералов и вредных примесей.

Контроль качества формовочных материалов в общем случае заключается в определении глинистой составляющей, определении зернового состава песка и определении предела прочности.

Определение глинистой составляющей можно выполнить нормальным (ГОСТ 23409.18-78) либо ускоренным методом (ускоренный метод применяют при текущем контроле).

Зерновой состав песка определяют путем рассеивания на приборе, содержащем набор сит с размерами ячеек 2,6-0,05 мм.

Важность результатов контроля формовочного песка объясняется тем, что при литье из разных сплавов, отливки разной массы очень чувствительны к свойствам формовочных смесей, а формовочный песок в этих смесях является главной определяющей составляющей.

Основными характеристиками формовочной глины являются связующая способность и огнеупорность. По связующей способности глины принято делить на: прочно-связующие, средне-связующие и слабо-связующие.

### **5.1.2. Контроль качества шихтовых материалов**

Шихтовыми материалами для плавки чугуна в литейном цехе служат:

- металлическая шихта – чушковый литейный чугун, чугунный и стальной лом, отходы собственного производства, ферросилиций 15%-ый;
- топливо – кокс литейный;
- флюс – известняк.

Контроль сводится к определению хим. состава чушкового лома, получаемого со стороны. Хим. состав отходов собственного производства известен из контроля хим. состава литых заготовок.

При плавке стали в электропечах, металлическую шихту составляет стальной лом, отходы собственного производства, небольшие добавки передельного чугуна, ферросплавы.

При подготовке возврата собственного производства (литники, прибыли, брак отливок) важно очищать его от остатков формовочных и стержневых смесей. Песок будет менять хим. состав шлака, а шлак в сталеплавильном процессе играет очень активную роль.

Шлакообразующими при электроплавке стали служат железная руда, известняк или обожженная известь, молотый шамот, молотый кокс и молотый ферросилиций (шлак восстановительного периода). Все эти материалы должны быть сухими, кокс и ферросилиций свежеразмолотыми. Эти требования направлены на то, чтобы уменьшить вероятность растворения водорода в стали, растворенный водород может вызвать появление скрытых микротрещин – флокенов при кристаллизации и остывании отливок.

### **5.1.3. Контроль за условиями хранения исходных материалов**

Запасы исходных материалов (как правило – месячные) должны храниться в закрытых складах, исключая влияние на них, меняющихся погодных условий. Это особенно важно для гигроскопических

материалов – кокса, известняка, извести, железной руды, формовочного песка и глины. Тем не менее, песок и глина перед применением должны подвергаться сушке, глина – размалываться в порошок. Отработанная формовочная смесь перед употреблением должна подвергаться магнитной сепарации и просеиванию.

## **5.2. Контроль приготовления формовочных и стержневых смесей**

Формовочные смеси подвергаются контролю на определение следующих характеристик:

- влажность смеси;
- газопроницаемость;
- прочность на сжатие в сыром состоянии.

Стержневые смеси должны пройти испытания на:

- влажность смеси;
- прочность на растяжение в сухом состоянии;
- газопроницаемость;
- газотворную способность (если в смесь вносится органическое связующее).

### **5.2.1. Определение влажности формовочной или стержневой смеси**

Влажность смеси определяется взвешиванием сырой и высушенной в сушильном шкафу при температуре  $105 \div 110^\circ\text{C}$  до постоянной массы (нормальный метод) или в приборе под лампой (ускоренный метод). Влажность рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{m_o - m_1}{m_o} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где  $m_o$  – навеска сырой смеси, составляющая 50 г. для нормального метода или 10 г. для ускоренного;

$m_1$  – масса высушенной смеси, г.

Для определения влажности рекомендуется исследовать три навески, за влажность считается среднеарифметический результат.

### **5.2.2. Определение газопроницаемости смеси**

Для испытания на газопроницаемость изготавливают специальный образец из песчано-глинистой смеси, через который пропускают воздух на специальной установке. Газопроницаемость подчитывают по формуле:

$$K = \frac{V \cdot h}{F \cdot P \cdot \tau}, \quad (2)$$

где  $V$  – объем воздуха, прошедшего через образец, см<sup>3</sup>;

$h$  – высота образца, см;

$F$  – площадь поперечного сечения образца, см<sup>2</sup>;

$P$  – давление воздуха перед образцом, Па;

$\tau$  – время прохождения воздуха, мин.

### 5.2.3. Определение прочности формовочных и стержневых смесей

Основными характеристиками прочности смесей принято считать предел прочности на сжатие во влажном состоянии для формовочных смесей и предел прочности на растяжение в сухом состоянии для стержневых смесей.

Для определения прочности стержневой смеси в сухом состоянии изготавливают специальный образец (рис. 1).

Высушенный образец после охлаждения помещают в специальный прибор и закрепляют.

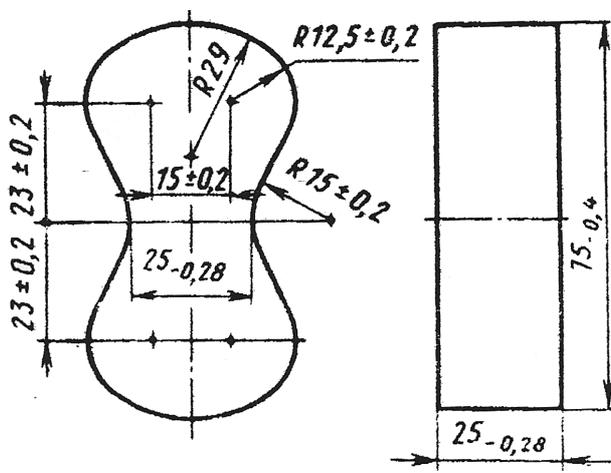


Рис. 1. Образец

Тумблер прибора устанавливают в положение «измерение». В момент разрушения образца на табло высвечивается значение прочности.

### 5.3. Контроль изготовления модельного комплекта

На операции изготовления модельного комплекта необходимо обеспечить 100%-й контроль размеров моделей и стержневых ящиков с учетом припусков на механическую обработку и линейную усадку от-

ливок. Кроме того, решающее значение имеют контроль точности совмещения разъемных частей модели и стержневого ящика, соответствие размеров знаков моделей и стержневых ящиков с учетом необходимых уклонов и зазоров, обеспечивающих надежность сборки формы, а также контроль качества отделки и окраски рабочих поверхностей модели и стержневого ящика. Средства контроля – специальные измерительные инструменты и визуальный осмотр.

Такая форма контроля необходима в условиях единичного и мелкосерийного производства, когда применяется модельный комплект из дерева. Технологические указания наносятся на чертеже детали цветными карандашами. Этот чертеж является и основным документом для контролера (контрольного мастера), принимающего готовый модельный комплект.

В условиях серийного и массового производства, где применяются металлические (или пластмассовые) модельные комплекты, в составе технологической документации разрабатываются конструктором по технологической оснастке чертежи модельного комплекта – они и являются основным документом для изготовления и приемки (контроля) модельного комплекта.

#### **5.4. Контроль изготовления литейных форм**

Контроль качества изготовления литейных форм в технологическом процессе занимает центральное место, в том числе и по влиянию на качество литой заготовки. Большинство видов дефектов отливок – газовые, песочные раковины, перекосы, ужимины, пригар – связаны в той или иной степени с отдельными характеристиками литейной формы. Эти характеристики – прочность, газопроницаемость, газотворная способность, податливость и составляют элементы, определяющие качество формы.

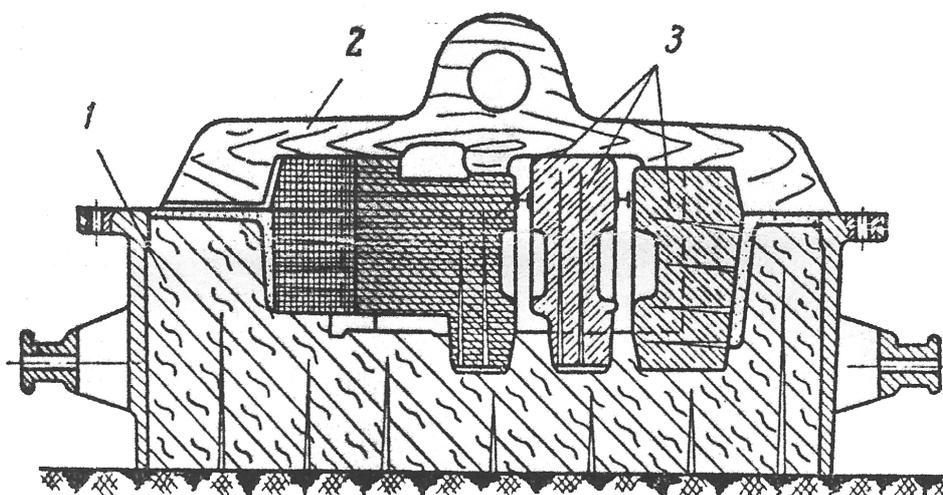
Вышеназванные характеристики литейной формы находятся в прямой зависимости от:

- свойств формовочных и стержневых смесей;
- степени уплотнения смеси в форме и возможного дополнительного отверждения формы и стержня;
- распределения плотности по высоте формы;
- тщательности (качества) отделочных операций – исправления повреждений, возникших при извлечении моделей, напыления (окраски) рабочей полости противопригарным материалом, дополнительного вентилирования;

- качественной сборки формы с применением контрольных приспособлений (шаблонов), особенно сложной формы с несколькими стержнями;
- периодического контроля точности центрирующих и крепежных устройств опок.

За качество выполнения всех приемов операции формовки отвечает исполнитель, т.е. формовщик.

При сборке формы сложной отливки, когда для образования полостей и углублений нужно использовать несколько стержней, их взаимное положение контролируют шаблонами. На рис. 2 показано, как после установки стержней 3 в нижнюю полуформу 1 наложением шаблона 2 проверяется их взаимное расположение в форме.



*Рис. 2. Контроль установки стержней при помощи шаблона:  
(1 – нижняя полуформа, 2 – шаблон; 3 – стержни)*

Стержни являются ответственной частью формы, так как находятся в наиболее тяжелых условиях при заливке и затвердении жидкого металла. Отсюда и более высокие требования к ним по прочности, огнеупорности, газопроницаемости, податливости. Контроль качества стержней – одно из условий получения качественных отливок.

Внешним осмотром контролируется качество стержня перед установкой в форму. При этом проверяется целостность стержня, отсутствие трещин, не покрашенных поверхностей. При обнаружении хотя бы одного из дефектов стержня бракуются.

Очень важной операцией при изготовлении разовой песчано-глинистой литейной формы для качества отливки является отделка формы перед сборкой.

К операции отделки после извлечения моделей относятся исправление повреждений, удаление мусора из полости формы, нанесение противопопригарных покрытий. Перед отделкой проверяется степень уплотнения смеси измерением поверхностной твердости формы.

Весь этот комплекс мер и надлежащая организация контроля на операциях изготовления форм, стержней и сборки форм позволят существенно улучшить качество отливок, уменьшить вероятность появления дефектов в них, зависящих от качества литейной формы.

## **5.5. Контроль на операциях «плавка», заливка и выбивка форм**

### **5.5.1. Контроль качества металла на операциях «плавка»**

Операция плавка предназначена для получения жидкого металла определенного химического состава, дегазированного, чистого от неметаллических включений и определенной температуры, обеспечивающей, возможность выполнения дополнительной внепечной обработки и разливки по формам. Сплавы для литых заготовок – чугуны, стали, цветные сплавы – слишком различны по физико-химическим свойствам, поэтому для их плавки применяются различные плавильные печи и агрегаты. Так для выплавки серых чугунов широкое применение получили шахтные плавильные печи – вагранки. Для плавки металла при изготовлении отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом и ковкого чугуна используются дуговые или индукционные электропечи. Плавка алюминиевых сплавов производится электрических печах сопротивления, медных сплавов в дуговых электрических печах с независимой дугой или индукционных. Стали в литейных цехах выплавляются в мартеновских печах (для крупных отливок), дуговых трехфазных и индукционных электропечах, малых конверторах.

Различия в конструкциях плавильных печей, разнообразие плавильных процессов требуют применения разных форм контроля за ходом процесса плавки, разных контрольных приборов, разных контрольных проб.

**Контроль химического состава** сплава осуществляется методами химического или спектрального анализа по специально отбираемым пробам. При выплавке чугуна, сплавов меди, алюминия пробы отбираются на выпуске металла.

В сталеплавильных процессах (кроме конвертерного) – по ходу процесса (окислительного, восстановительного периодов) и в конце плавки на выпуске. В конвертерном процессе по ходу плавки из-за его быстротечности контроль изменения химического состава ведут по спектральному анализу пламени.

Порядок отбора проб, анализ содержания тех или иных элементов регламентируется нормативно-технической документацией (НТД) – технологической инструкцией на плавку данной марки и группы марок сплавов.

В сталеплавильном процессе, особенно при выплавке высококачественных легированных сталей, производится контроль вязкости, основности и окисленности шлака (содержание  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$  и  $\text{MnO}$ ). Вязкость определяется с помощью прибора – вискозиметра, химический состав – спектральным анализом, основность определяется измерением электропроводности, окисленности кроме того по цвету порошка шлака после остывания пробы.

**Контроль температуры** металла при плавке всех видов сплавов в обязательном порядке осуществляется на выпуске из плавильного агрегата и по ходу заливки форм. В сталеплавильном процессе часто появляется необходимость контроля температуры металла в печи во время плавки. Это связано с тем, что некоторые физико-химические процессы (дефосфорация, десульфурация, легирование, раскисление) тесно связаны с составом и вязкостью шлака.

Средствами контроля температуры жидкого металла служат приборы бесконтактного оптического измерения температуры – оптические пирометры или приборы, датчики которых должны быть в контакте с жидким металлом – термоэлектрические пирометры, термопары погружения.

### 5.5.2. Организация контроля на операциях заливка и выбивка форм

**Заливка форм** – самая кратковременная операция в технологическом процессе производства отливок, но она может послужить «источником» образования многих дефектов отливок. Некоторые дефекты (недолив, шлаковые раковины, спай) в основном могут появиться как следствие неправильной заливки (низкая температура металла) или неправильной конструкции литниковой системы. Другие виды дефектов (газовые раковины, усадочные раковины) могут быть следствием разных причин, в том числе и нарушение правил заливки.

Большое значение имеет качественная подготовка разливочных ковшей к операции заливки. Футеровка ковшей должна выполняться тщательно. После футеровки ковши должны просушиваться, а перед заливкой – подогреться. Вся подготовка ковшей должна контролироваться мастером и контролером ОТК.

Для обеспечения качественной заливки форм важно строго выдерживать температурный режим.

При серийном и массовом производстве температура заливки должна отражаться в НТД – технологических картах, технологических инструкциях.

Контроль температуры металла на операции заливки осуществляется теми же приборами как и на операции плавки, т. е. оптическими пирометрами и термомпарами погружения. Качественная заливка форм обеспечивается выполнением некоторых обязательных правил заливки:

1. Заливка должна вестись непрерывной струей с полным заполнением литниковой воронки или чаши;
2. Высота струи от носика ковша (или стопорного стакана) до воронки или чаши должна быть 150 – 200 мм;
3. При заливке форм из поворотных ковшей нужно предварительно удалить с поверхности металла основную массу шлака;
4. Удерживать оставшиеся на поверхности металла отдельные капли шлака деревянным скребком от попадания в литниковую воронку или чашу;
5. Поджигать выходящие из формы газы;
6. Выполнять “подкачки” металла в прибыль для сплавов с большой объемной усадкой.

**Выбивка отливок** из форм требует соблюдения определенного температурного режима во избежание возникновения больших внутренних напряжений коробления или образования трещин. Такой температурный режим обеспечивается необходимой длительностью остывания отливки в форме. Такая длительность выдержки отливки в форме может быть установлена специальным теплотехническим расчетом и указана технологом в НТД – технологической карте, либо определено по рекомендациям справочной литературы.

Преждевременная выбивка при повышенной температуре ввиду меньшей механической прочности может привести не только к искажению формы и размеров – короблению, но и к поломке отливки.

Контроль на операции выбивки сводится к контролю времени выдержки и наблюдению за возможными механическими повреждениями отливок при перегрузке и транспортировке. Применение механизированной выбивки с помощью вибрационных устройств существенно уменьшает вероятность механических повреждений отливок.

### **5.6. Контроль на операциях очистки, обрубки и термической обработки отливок**

Готовые отливки должны иметь чистую от остатков формовочных и стержневых смесей поверхность, заданной чертежом шероховатости.

Все непредусмотренные чертежом отливки (детали) приливы (литники, выпоры, прибыли, заливы) должны быть удалены, а их остатки зачищены обработкой абразивными кругами. Обеспечивается это заключительными операциями очистки и обрубки.

Начинать заключительные технологические операции нужно с сортировки поступивших на участок отливок. Путем внешнего осмотра выявляется явный брак (перекос, недолив, крупные поверхностные раковины, трещины) и складывается на специальной площадке. Туда же направляются забракованные отливки, выявленные на последующих стадиях обработки и контроля. После тщательной очистки отливок внешним осмотром и с применением приборов для оценки шероховатости поверхности (профилометры) оценивается соответствие качества поверхности требованиям КД (конструкторской документации) и НТД (нормативно-технологической документации). Отклонения размеров, относительная площадь дефектов, превышающие нормы КД и НТД служат основанием для забракования отливок. Для отливок ответственного назначения с целью выявления мелких или скрытых дефектов применяются методы неразрушающего контроля (НК), а отливки работающие под давлением (корпусов насосов, вентилях, задвижек и др.) – испытаниям на герметичность.

Испытания методами НК и на герметичность проводятся, как правило, в специализированных заводских лабораториях. Наибольшие применения находят методы НК: капиллярный, магнитный, радиационный, виброакустический и др.

Контроль размерной точности отливок проводится с целью установления соответствия действительных размеров отливок номинальным размером, заданным чертежом с учетом припусков на мехобработку и допускаемых отклонений, регламентируемых ГОСТ 26645-85, а также размеров необрабатываемых поверхностей по толщине стенок и ребер ГОСТ 4.439-86. Измерения размеров в условиях единого и мелкосерийного производства выполняется с применением универсальных мерительных инструментов (линейки, штангенциркули, микрометры и др.). В условиях крупносерийного и массового производства с целью экономии трудозатрат измерения выполняются специальным мерительным инструментом (скобы, пробки, щупы, и др.).

Контроль качества термической обработки (ТО) отливок сводится к контролю заданного термовременного режима операций ТО. Такой контроль выполняется с помощью термопар, оснащенных потенциометрами-самописцами, которые воспроизводят график фактически выполненного режима ТО. Результаты ТО проверяются контролем механических

свойств, а в ряде случаев и металлографическим контролем микроструктуры.

Термической обработке подвергаются как правило стальные отливки: отжигу или нормализации с целью исправления крупнокристаллической структуры после первичной кристаллизации (предварительная ТО), либо упрочняющей ТО, например, закалке и высокому отпуску. Графитизирующему высокотемпературному отжигу или высокому отпуску – сложные по геометрической форме отливки для снятия остаточных усадочных напряжений из любых других сплавов.

### **5.7. Контрольная приемка готовых отливок**

Механические свойства литых заготовок во многом определяют эксплуатационные характеристики и работоспособность готовых деталей, а поэтому являются важнейшим параметром качества отливок.

Контрольная приемка готовых отливок осуществляется партиями, составленными из отливок одной плавки. На партию отливок составляется документ о качестве и соответствии конструкторской документации (КД). При приемке качество готовых отливок оценивают по точности размеров, шероховатости, механическим свойствам (прочности, твердости), макро- и микроструктуре, химическим свойствам, специальным свойствам.

Основанием для определения объема и методов испытаний являются технические требования ГОСТов, конструкторской (КД) и нормативно-механической документации (НТД).

ГОСТы и НТД определяют форму и размеры образцов, технологию их изготовления и испытания.

В зависимости от назначения и требований, предъявляемых к деталям, отливки разделяются на три группы, для каждой из которых определен перечень контролируемых показателей качества в таблице 1.

Испытания на растяжение проводят по ГОСТ 1497, определение ударной вязкости согласно ГОСТ 9454, определение твердости по Бринеллю по ГОСТ 9012, твердости по Роквеллу – по ГОСТ 9013.

В связи со значительной трудоемкостью изготовления образцов и подготовки их к механическим испытаниям представляет интерес определение временного сопротивления и относительного удлинения косвенным безобразцовым нестандартным методом. Основан этот метод на ступенчатом или непрерывном вдавливании сферического индентора в поверхность изделия и построения первичной диаграммы в координатах  $P$  (нагрузка) –  $d$  (диаметр отпечатка).

При непрерывном вдавливании первичные диаграммы строятся в координатах  $P$  (нагрузка) –  $t$  (глубина внедрения). Автоматический прибор, сопряженный с ЭВМ, позволяет непрерывно измерять текущие значения  $P$  и  $t$ .

Таблица 1

*Контролируемые показатели качества отливок*

№	Назначение	Характеристика отливок	Перечень контролируемых показателей
1	Отливки общего назначения	Отливки для деталей, конфигурация и размеры которых определяются только из конструктивных и технологических соображений	Внешний вид, размеры, химический состав
2	Отливки ответственного назначения	Отливки для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при статических нагрузках	Внешний вид, размеры, хим. состав, механические свойства: предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение
3	Отливки особо ответственного назначения	Отливки для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при циклических нагрузках	Внешний вид, размеры, хим. состав, механические свойства: предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение и ударная вязкость

Организация контроля качества в литейном цехе тесно связана с типом и масштабом производства. В небольших цехах служба контроля ограничивается мастером ОТК и контролерами на технологических участках. Входной контроль исходных материалов выполняется технологической службой цеха. В средних и крупных литейных цехах функции контроля качества исполняет бюро технического контроля цеха (БТК), являющийся подразделением ОТК завода. Основными подразделениями БТК литейного цеха является: группа входного контроля, цеховая лаборатория, группа операционного контроля, группа конечного (приемка) контроля. Работники БТК несут ответственность за выпуск отливок из литейного цеха, соответствующих техническим условиям КД и НТД, правильную организацию контроля по ходу технологического процесса, правильность и своевременность оформления документации, удостоверяющей качество отливок.

## 6. ВИДЫ ДЕФЕКТОВ ОТЛИВОК

Качество отливок в значительной мере определяется уровнем их дефектности.

По ГОСТ 15467 дефектом называют каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. Изделие, имеющее хотя бы один дефект, называют дефектным. Это означает, что как минимум один из показателей качества отливки превысил предельно допустимое значение.

В зависимости от предрасположенности дефектов к обнаружению они могут быть явными и скрытыми.

Явным является дефект, обнаруживаемый при внешнем осмотре (визуальном контроле), или дефект, для выявления которого в нормативной документации предусмотрены соответствующие инструментальные средства и методики.

Скрытый дефект - это дефект, не обнаруживаемый при указанных выше условиях и не выявляемый предусмотренной для контроля аппаратурой. Скрытые дефекты иногда выявляются в процессе механической обработки отливок или в процессе эксплуатации изделий, а также при дополнительном дефектоскопическом контроле не предусмотренными в технологических картах методами и средствами. Наиболее нежелательно и опасно, когда скрытый дефект проявляется в процессе эксплуатации изделия, что может вызвать аварийную ситуацию.

В литейных цехах с различным техническим уровнем и культурой производства брак отливок колеблется от 1 до 10 %, а по ряду наименований сложных отливок может достигать 50-70%. Поэтому вопросам выявления и устранения брака уделяется большое внимание. В связи с этим различают устранимый и неустранимый дефекты.

В зависимости от степени пораженности дефектами все отливки подразделяют на четыре группы:

- годные – полностью отвечающие всем установленным требованиям технической документации и стандартов;
- условно годные – имеющие небольшие отклонения от установленных требований (малозначительные дефекты), не оказывающие существенного влияния на эксплуатационные показатели отливки или изделия в целом; отливки допускаются к дальнейшей обработке и используются по своему назначению с разрешения главных специалистов промышленных предприятий после тщательной оценки дефектов;
- исправимый брак – отливки, имеющие один или несколько устранимых дефектов, после исправления которых они могут быть допущены к дальнейшей обработке и использованию по назначению;
- неисправимый или окончательный брак – отливки, имеющие такие дефекты, исправление которых технически невозможно или экономически нецелесообразно, либо качество исправления которых невозможно про-

контролировать. Забракованию подлежат отливки, имеющие хотя бы один неустранимый дефект.

По ГОСТ 19200 дефекты отливок из чугуна и стали подразделяют на пять основных групп.

**Несоответствие по геометрии.** Эта группа объединяет 14 видов дефектов, обусловленных нарушением формы, неточностью размеров и массы отливки.

**Недолив** – дефект в виде неполного образования отливки вследствие незаполнения полости формы металлом (рис. 3, а). Одной из основных причин недолива является недостаточное количество жидкого металла.

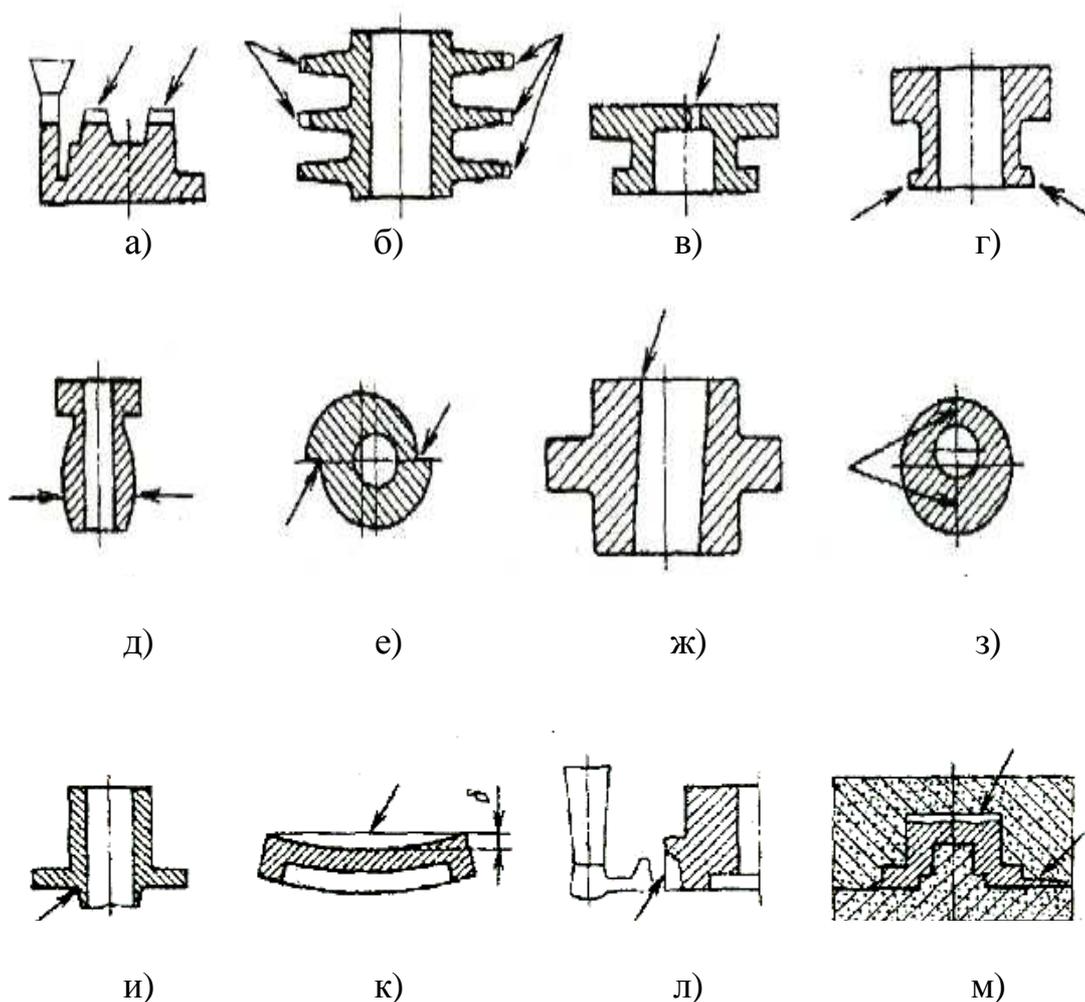


Рис. 3. Дефекты отливок - несоответствие по геометрии  
(стрелки указывают на расположение дефекта)

**Незалив** – несоответствие конфигурации отливки чертежу вследствие износа модельной оснастки или дефектов формы (рис. 3, б). Причиной незалива может быть также нарушение технологических режимов заливки.

**Неслитина** – сквозная щель или отверстие в стенке отливки, образовавшееся вследствие неслияния встречных потоков металла (рис. 3, в). Неслитина характерна для сплавов с широким интервалом кристаллизации и наблюдается обычно в тонких стенках отливок. Эти дефекты легко обнаруживаются при визуальном осмотре отливок.

**Обжим** – это местное нарушение конфигурации отливки вследствие деформации формы при ее сборке или заливке (рис. 3, г). Обжим обычно образуется вблизи плоскости разъема в виде прилива или утолщения произвольной формы.

**Подутость** представляет собой местное утолщение отливки, возникшее вследствие расширения недостаточно уплотненной формы заливаемым металлом (рис. 3, д).

**Перекося и стержневой перекося** – дефекты в виде смещения одной части отливки относительно осей или поверхностей другой части по разъему формы, модели вследствие их неточной установки (рис. 3, е) или в виде смещения отверстия, полости или части отливки, выполняемых с помощью стержня, вследствие его перекося (рис. 3, ж). Эти дефекты вызваны неточной фиксацией опок или перекося стержня при его установке. В последнем случае возникает также **разностенность** – увеличение или уменьшение толщины стенок отливки (рис. 3, з). Разностенность выявляется визуально или с помощью измерительных средств.

**Стержневой залив** – дефект в виде залитого металлом отверстия или полости в отливке, возникающим из-за непроставленного в литейной форме стержня или его обрушения (рис. 3, и).

**Коробление** – искажение конфигурации отливки под влиянием напряжений, возникающих при охлаждении отливки или вследствие деформации модельной оснастки. Коробление может проявляться в различных формах, наиболее характерным является появление вогнутости или выпуклости на плоских поверхностях отливок (рис. 3, к). Дефект выявляется с помощью измерительных средств. Стрела прогиба  $\delta$  может служить мерой коробления.

**Вылом и зарез** – дефекты в виде нарушений конфигурации отливки при выбивке стержней, обрубке литников (рис. 3, л), зачистке отливок или их транспортировании.

**Прорыв и уход металла** – дефекты, вызванные вытеканием металла из формы вследствие ее недостаточной прочности или слабого крепления ее частей. При этом либо происходит неполное заполнение полости формы с одновременным образованием приливов произвольной формы, либо возникает дефект в виде пустоты в теле отливки, ограниченной тонкой коркой затвердевшего металла (рис. 3, м).

**Дефекты поверхности.** В эту группу входят 13 различных дефектов (рис. 4) в виде ухудшения качества поверхности. Большинство этих дефектов возник-

кает вследствие сложных физико-химических процессов, проходящих на границе раздела металл – форма.

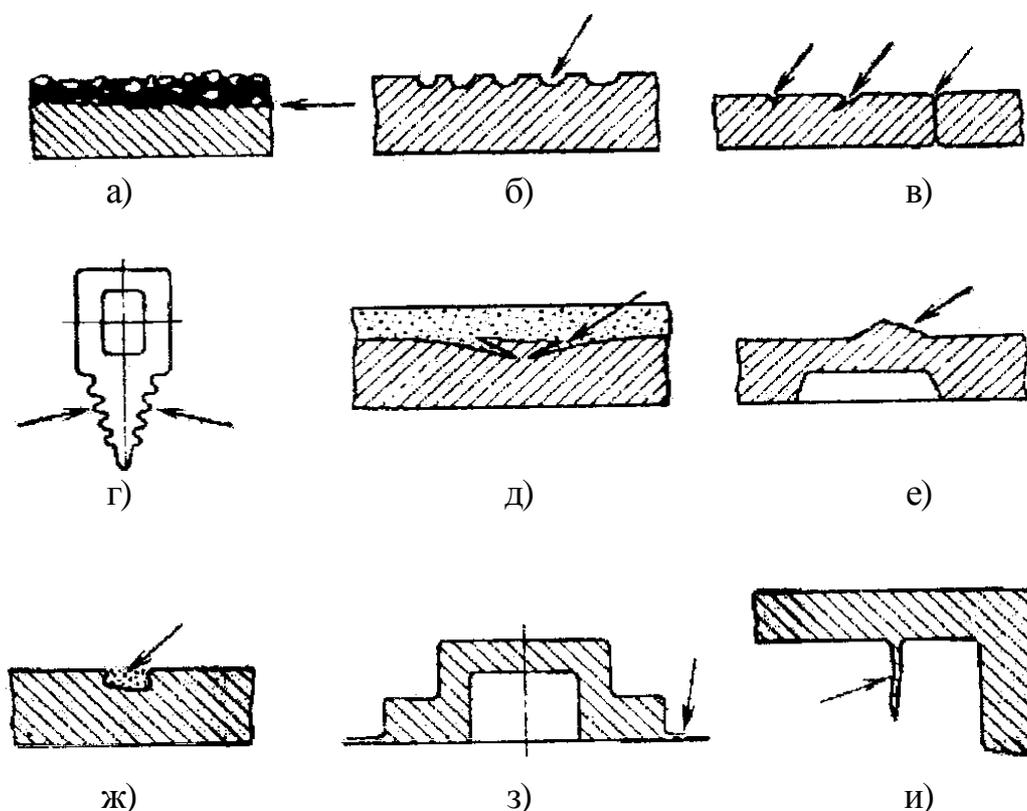


Рис. 4. Дефекты поверхности отливки

**Пригар** – специфический трудноотделяемый слой на поверхности отливки, возникший при взаимодействии расплавленного металла с материалом формы (рис. 4, а). Этот дефект образуется преимущественно на отливках из сплавов с высокой температурой плавления при заливке в песчаные формы.

**Окисление** – окисленный слой металла на поверхности отливки, образовавшийся в результате достаточно длительной и высокотемпературной термической обработки.

**Газовая шероховатость** – сферообразные мелкие углубления на поверхности отливки, образовавшиеся вследствие выделения газовых пузырьков на поверхности раздела металл - форма (рис. 4, б).

При случайных повреждениях поверхности во время выбивки отливок или транспортирования образуются различные дефекты в виде забоин, вмятин и т. п. объединяемые понятием **поверхностное повреждение**.

Ряд дефектов поверхности связан с особенностями кристаллизации отливки.

**Спай** – дефект в виде углубления с закругленными краями на поверхности отливки, образованного не полностью слившимися потоками металла с не-

достаточной температурой или в результате прерванной заливки (рис. 4, в). По природе происхождения спаи делят на три группы:

1) возникшие вследствие частичного не сваривания встречных потоков металла (обычно в тонких стенках отливки);

2) образовавшиеся на частично затонувших твердых кристаллитах того же сплава, расположенных на поверхности отливки;

3) сформировавшиеся внутри отливки вследствие прерывистого импульсного заполнения ее металлом при центробежном или магнитодинамическом способе литья.

**Плена** – самостоятельный металлический или окисный слой на поверхности отливки, образовавшийся при недостаточно спокойной заливке. Характерен для сплавов, имеющих компоненты, склонные к повышенному окислению (алюминий, титан, хром и др.).

**Складчатость** – дефект в виде сморщенной поверхности - незначительных сглаженных возвышений и углублений, образующихся вследствие тепловых деформаций поверхностного слоя формы или затвердевающего металла, а также вследствие пониженной жидкотекучести металла (рис. 4, г).

**Ужимина** – углубление с пологими краями, заполненное формовочной смесью и прикрытое слоем металла, образовавшееся вследствие окисления формовочной смеси при тепловом расширении поверхностного слоя формы (рис. 4, д).

**Нарост** (рис. 4, е) – выступ произвольной формы на поверхности отливки, образовавшийся при заполнении металлом разрушенного участка формы.

**Засор** – внедрившиеся в поверхность металла комочки материала формы (рис. 4, ж).

**Залив** – тонкие металлические приливы, возникающие при проникании металла в зазоры по разъему формы и знакам стержней (рис. 4, з).

**Просечка** – невысокие, часто плоские прожилки металла, возникающие при затекании расплава в трещины формы (рис. 4, и).

Как следует из описания этих дефектов, почти все они выявляются при визуальном осмотре отливки и лишь некоторые оцениваются инструментальными методами. Допустимость дефектов и пути их устранения оговаривается в нормативно-технической документации.

**Несплошности** в теле отливки. Эта группа внутренних дефектов различного вида и происхождения наиболее многочисленна (16 видов) и наиболее опасна из-за последствий, возникающих при эксплуатации отливок.

**Горячая трещина** – дефект в виде разрыва или надрыва тела отливки по границам кристаллов, поэтому она имеет извилистую или ломаную форму и неровную окисленную поверхность. Горячие трещины образуются вследствие затрудненной усадки в интервале температур затвердевания сплавов и распо-

лагаются чаще всего во внутренних углах сходящихся стенок или других подобных узлах отливки (рис. 5, а).

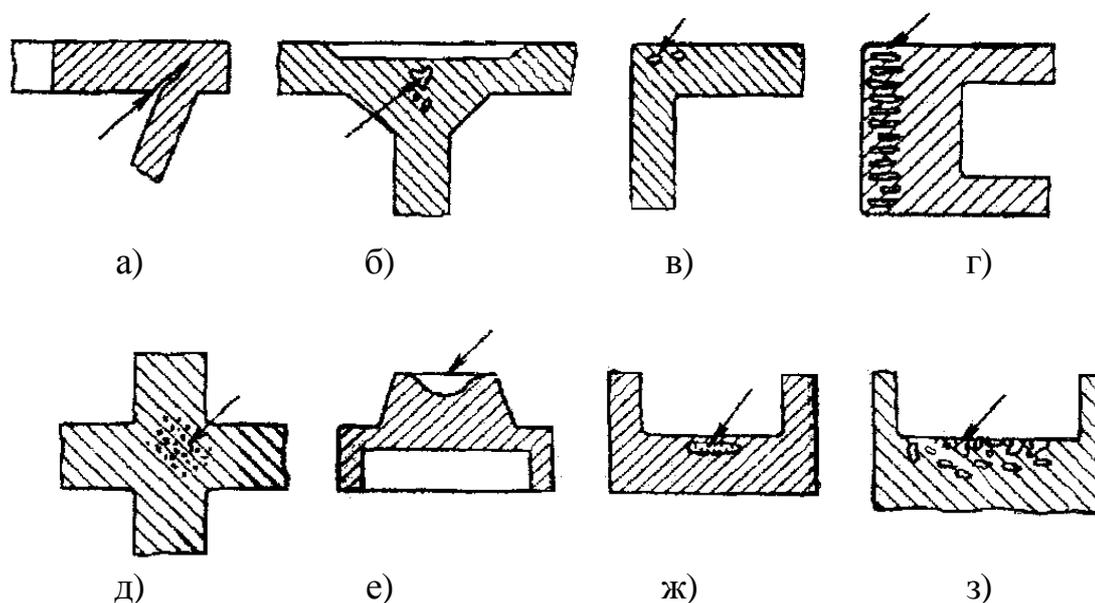


Рис. 5. Несплошности в теле отливки

**Холодная трещина** – дефект в виде разрыва тела затвердевшей отливки, отличается сравнительно гладкой светлой поверхностью и, как правило, имеет прямолинейную форму. Дефект образуется в твердом металле в местах наибольшего воздействия внутренних напряжений, т.е. в зонах перехода от толстых сечений к тонким.

**Межкристаллическая трещина** – дефект в виде разрыва тела отливки при ее охлаждении в форме на границах первичных зерен аустенита в температурном интервале распада.

В эту группу входят также дефекты усадочного и газового происхождения.

**Усадочная раковина** – дефект в виде открытой или закрытой полости, образующейся в тепловых узлах отливки при затрудненном питании (рис. 5, б). Поверхность такой раковины обычно грубая, иногда окисленная.

**Газовая раковина** – дефект в виде полости, образованной газами, попавшими в отливку при взаимодействии жидкого металла с материалом формы или выделившимися из металла при его затвердевании. Газовая раковина в отличие от усадочной имеет сферическую форму и гладкую чистую поверхность (рис. 5, в).

**Ситовидная раковина** (ситовидная пористость) – скопление удлиненных тонких раковин, расположенных в подповерхностном слое отливки и ориентированных перпендикулярно к ее поверхности (рис. 5, г). Обычно их появление вызвано повышенным содержанием водорода в кристаллизующемся слое металла.

**Усадочная пористость** представляет собой скопление мелких пор в тепловых узлах (рис. 5, д). Усадочная пористость образуется из-за недостаточного питания отливки при усадке металла во время его затвердевания.

**Рыхлота** – дефект в виде скопления мелких (микроскопических) усадочных раковин.

В чугуновых отливках может образовываться **графитовая пористость** в виде сосредоточенных крупных выделений графита, которые нарушают герметичность отливки при работе под давлением газа или жидкости.

Недостаток питания отливки может вызвать образование **утяжины** – дефекта в виде углубления с закругленными краями на поверхности (рис. 5, е). Утяжины образуются обычно в массивных частях отливки вследствие усадки металла.

**Песчаная раковина** – полость, частично или полностью заполненная формовочным материалом (рис. 5, ж).

**Шлаковая раковина** – полость, частично или полностью заполненная шлаком.

**Вскип** – дефект в виде скопления раковин и наростов, образовавшихся вследствие интенсивного парообразования в местах переувлажнения формы или стержня, а также вследствие переуплотнения формы (рис. 5, з). Подобные дефекты могут не только располагаться в теле отливки, но и выходить на поверхность.

**Включения.** В эту группу входят дефекты в виде инородных металлических или неметаллических частиц, попавших в металл механическим путем. Соответственно выделяют металлическое (рис. 6, а) и неметаллическое (рис. 6, б) включения. Последнее может образовываться в результате химического взаимодействия компонентов при расплавлении и заливке металла, а также замешиваться в расплав механическим путем.

Разновидностью металлического включения является королек - преждевременно затвердевший небольшой шарик металла (затвердевшие брызги металла при неправильной заливке) и несплавившийся с отливкой (рис. 6, в).

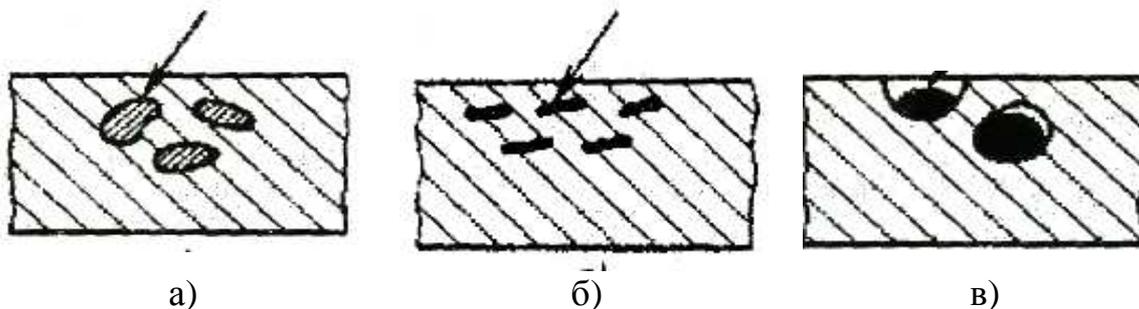


Рис. 6. Включения

**Несоответствие по структуре.** Дефекты этой группы специфичны для отливок с тонкими стенками и массивными узлами.

**Отбел** – твердые трудно поддающиеся механической обработке участки отливки из серого чугуна, вызванные скоплением структурно свободного цементита. Они характерны для тонких сечений отливок (стенок, ребер и т.п.), возникают при ускоренном охлаждении, но могут быть связаны с отклонениями химического состава.

**Половинчатость** – появление структуры серого чугуна (графита) в отливках из белого чугуна. Характерна для массивных участков отливок, возникает при пониженных скоростях охлаждения.

**Ликвация** – местное обогащение участков отливки одним или несколькими компонентами сплава или примесями. Различают внутрикристаллическую (дендритную) ликвацию, проявляющуюся в обогащении границ зерен ликвирующими элементами и образовании неравновесных структурных составляющих; зональную ликвацию - неоднородность химического состава в макрообъёмах отливки: ликвацию по плотности, связанную с различием плотности жидких фаз или твердой и жидкой фаз сплава.

**Флокен** – дефект в виде разрыва тела отливки в результате избыточного содержания водорода в стали и под действием внутренних напряжений. В изломе отливки флокен имеет вид пятна матового цвета с гладкой поверхностью.

Правильная идентификация дефектов обеспечивает установление истинных причин их возникновения, помогает правильно выбрать необходимые методы контроля для надежного выявления дефектов и разработать эффективные мероприятия по их устранению.

## 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет оформляется индивидуально для каждого студента на двойном тетрадном листе. При необходимости вкладываются дополнительные листы.

7.1. Титульный лист.

7.2. Цель работы.

7.3. Теоретическая часть по п.4-6.

7.4. Схемы дефектов отливок с указанием причины их появления и предложенными способами их устранения.

## 8. ОХРАНА ТРУДА

К выполнению работы допускаются студенты, прошедшие инструктаж по охране труда. При выполнении лабораторной работы студенты обязаны соблюдать общие правила техники безопасности при работе

в лаборатории, поддерживать порядок и дисциплину. Лабораторная работа должна выполняться под присмотром преподавателя.

## **9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Чем вызвана необходимость создания системы профилактического текущего контроля в процессе производства отливки?
2. Назовите основные этапы техпроцесса производства отливок, на которых производится контроль качества.
3. Как осуществляется входной контроль поступающих исходных материалов?
4. Какие характеристики определяются при контроле формовочных и стержневых смесей?
5. Контроль каких параметров необходимо обеспечить при изготовлении модельного комплекта?
6. Что влияет на качество изготовления литейных форм?
7. Какие параметры контролируются на операциях плавки, заливки и выбивки форм?
8. Какие требования выполняются на операциях очистки, обрубки и термической обработки отливок?
9. Что представляет собой контрольная приемка готовых отливок?
10. Что такое дефект отливки?
11. Дайте характеристику явных и скрытых дефектов.
12. Что такое исправимый и неисправимый виды брака?
13. Перечислите основные виды дефектов отливок из группы – несоответствие по геометрии.
14. Перечислите основные виды дефектов отливок из группы – дефекты поверхности.
15. Перечислите основные виды дефектов отливок из группы – несплошности в теле отливки.
16. Перечислите основные виды дефектов отливок из группы – включения.
17. Перечислите основные виды дефектов отливок из группы – несоответствие по структуре.

## **10. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гурьев А.М., Марков В.А. Контроль качества отливок в машиностроении. – Барнаул. : Изд-во АлтГТУ, 2002. – 280 с.
2. Контроль качества отливок: Учебное пособие / В.М. Воздвиженский, А.А. Жуков, В.К. Бастратов. – М. : Машиностроение, 1990. – 240 с.

Учебное издание

## **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК**

Методические указания к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Техническая диагностика и контроль качества» для студентов  
обучающихся по направлению 150700 «Машиностроение»

*Составители*

ЛЮКШИН Владимир Сергеевич

ШАТЬКО Дмитрий Борисович

Печатается в редакции составителей

**Отпечатано в Издательстве ЮТИ ТПУ в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 19.02.2014

Формат 60x84/23 Бумага офсетная.

Плоская печать. Усл. печ. л. 0,81 Уч-изд. л. 0,74

Тираж 30 экз. Заказ 1713 Цена свободная.

ИПЛ ЮТИ ТПУ. Ризограф ЮТИ ТПУ.

652000, г. Юрга, ул. Московская, 17.