

The dependence of linear forces distribution in rolling mill depending on the strength of the deformation band width and relative length rollers contact is established. The conditions of minimal nonuniform distribution of linear forces are identified.

УДК 621.74:669.131.7

Е. В. Филиппенко, В. М. Карпенко, В. П. Самарай*

УО «Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого», Гомель (Белоруссия)

*Киевский международный университет, Киев

Использование статистических методов анализа при мониторинге брака отливок в литейных цехах

Приведены результаты исследования статистических методов контроля качества и их сравнительная теоретико-методическая оценка. Для мониторинга дефектов и брака отливок в литейных цехах разработана методика на основе использования статистических методов, которая апробирована в цехе высокопрочного чугуна. Данная методика позволяет выявлять те причины дефектов и брака, устранение которых при прочих равных условиях приводит к их максимальному снижению.

Ключевые слова: контроль качества, брак отливок, статистические методы, управление качеством, диаграмма Парето

Введение

На современном этапе в условиях обострившейся международной конкуренции единственной возможностью добиться успешного экономического развития является достижение высоких потребительских качеств выпускаемой продукции. Именно поэтому 2010 год был объявлен в Беларуси годом качества [1]. Повышение качества отечественных товаров и услуг имеет первостепенное значение для обеспечения выхода продукции белорусских товаропроизводителей на зарубежные рынки, а также интеграции страны в мировую экономическую систему. Наращивание объемов экспорта возможно только при увеличении выпуска конкурентоспособной продукции и расширении ее номенклатуры. Основной целью Государственной программы, обеспечивающей реализацию политики государства в области качества, является создание условий, способствующих развитию производства конкурентоспособных отечественных товаров, дальнейшему насыщению потребительского рынка качественными безопасными энергоэффективными товарами, внедрению в промышленное производство современных методов и форм управления качеством, оздоровлению окружающей среды, экономии материальных и энергетических ресурсов [2, 3].

Постановка задачи. Цель данной работы – исследование статистических методов анализа брака и аргументированный выбор эффективного статистического метода мониторинга брака для цеха высокопрочного чугуна (ЦВПЧ) РУП «Гомельский завод литья и нормалей» (ГЗЛИН).

Для реализации поставленной цели необходимо:

– исследовать статистические методы контроля качества, провести их сравнительную теоретико-методическую оценку и выявить наиболее эффективный для современной системы управления качеством в литейных цехах ГЗЛИН;

– разработать методику мониторинга качества отливок на основе использования статистических методов и апробировать ее в цехе высокопрочного чугуна ГЗЛИН.

Анализ современного состояния вопроса. В современной специальной литературе рассматривается большое количество способов контроля качества отливок: рентгеноскопия, гаммаскопия, магнитная дефектоскопия, ультразвуковой контроль, люминисцентный анализ, статистический контроль и другие [4].

Всю совокупность известных методов можно разбить на две группы: методы, позволяющие выявлять причины брака, – это методы технологического контроля, они широко используются на литейных предприятиях, в том

числе и на ГЗЛиН; методы, позволяющие обобщать причины брака и выявлять тенденции, – это статистические методы, основанные на использовании теории вероятности и математической статистики. Эта группа методов используется на литейных предприятиях ограниченно, что существенно снижает эффективность процесса управления качеством.

В данном исследовании будут рассмотрены только статистические методы, так как расширение области их применения является важнейшим резервом способов предотвратить брак и, как следствие, снизить себестоимость отливок.

Основное назначение статистического контроля в литейном цехе заключается в проверке качества отливок при их изготовлении и сигнализации о нарушении технологического процесса до появления брака.

Наибольшее применение этот метод нашел в литейных цехах массового производства, где статистический контроль значительно способствовал снижению брака, улучшению организации труда и более строгому соблюдению технологического процесса.

Исследования, проведенные в ЦВПЧ ГЗЛиН, показали, что статистический метод контроля на предприятии используется следующим образом: при массовом производстве отливок через установленные промежутки времени отбирают несколько отливок, которые подвергают осмотру для выявления наружных пороков, а затем основные размеры проверяются универсальным или специальным измерительным инструментом. Данные контроля заносятся на специальные диаграммы. На них указываются пределы, ограничивающие допустимые отклонения от контрольных параметров. Такими параметрами являются химический состав, механические свойства, состав шихты, температура металла при выпуске или заливке (участок плавки и заливки), физико-механические свойства формовочной и стержневой смесей (участок смесеприготовления), степень уплотнения формовочной смеси, качество сборки форм, состояние модельной и опочной оснасток (участок формовки).

При обнаружении брака контролер определяет его характер и наносит результаты на диаграмму. Анализ диаграммы дает возможность мастеру или технологу цеха выявить наиболее повторяющийся брак и определить причины его возникновения (рис. 1-3).

Эффективность контроля зависит от объема выборки. Используемый в ГЗЛиН метод статистического контроля можно назвать интегральным, объединяющим использование методов построения контрольных карт и гистограмм. Это так называемые «ручные» методы статистического контроля, которые не требуют специального программного обеспечения и соответствующей техники. Основные недостатки метода состоят в том, что объем выборки определяется субъективно, на основе опыта мастера или технолога цеха, и выбираются те причины дефектов, на устранение которых направляются ограниченные ресурсы, из-за чего не получается оптимизировать соотношение затрат на предупреждение брака и результата.

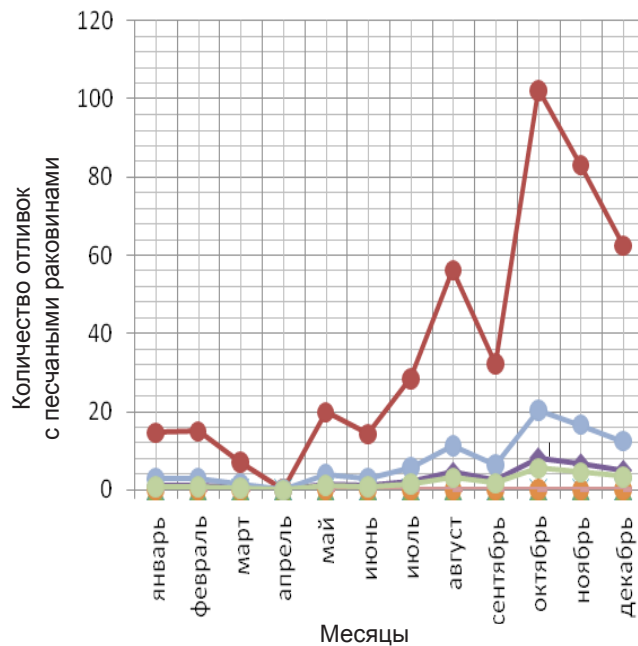


Рис. 1. Динамика брака отливок (вид дефекта – песчаная раковина): — свойства ФС; — свойства Ме; — неточность при сборке форм; — нарушение технологического процесса; — нетехнологичность конструкции отливки; — несоблюдение режимов при уплотнении форм; — неправильное устройство; — прочее

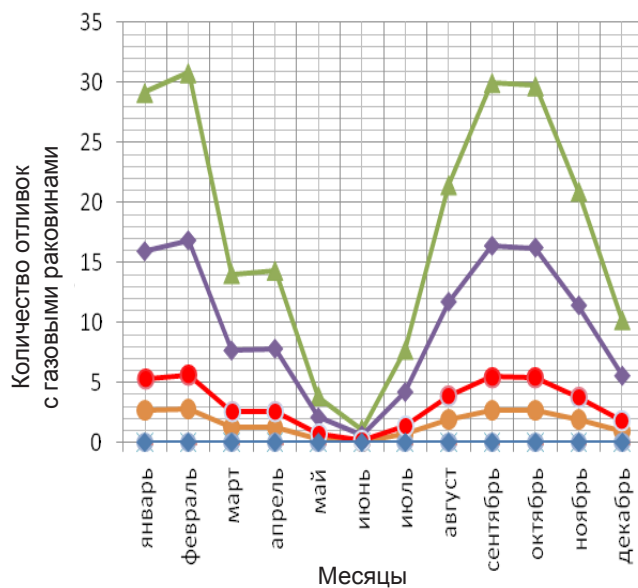


Рис. 2. Динамика брака отливок (вид дефекта – газовая раковина): — свойства ФС; — свойства Ме; — неточность при сборке форм; — нарушение технологического процесса; — нетехнологичность конструкции отливки; — несоблюдение режимов при уплотнении форм; — неправильное устройство; — прочее

Внедрение автоматизированных методов контроля качества дает возможность создать такую базу данных для последующего анализа, которая позволяет получать статистически значимые оценки в ограниченный отрезок времени. Это создает предпосылки для осуществления управления качеством в реальном масштабе времени.

Общая характеристика наиболее популярных статистических методов анализа качества дана в табл. 1 [5-7].

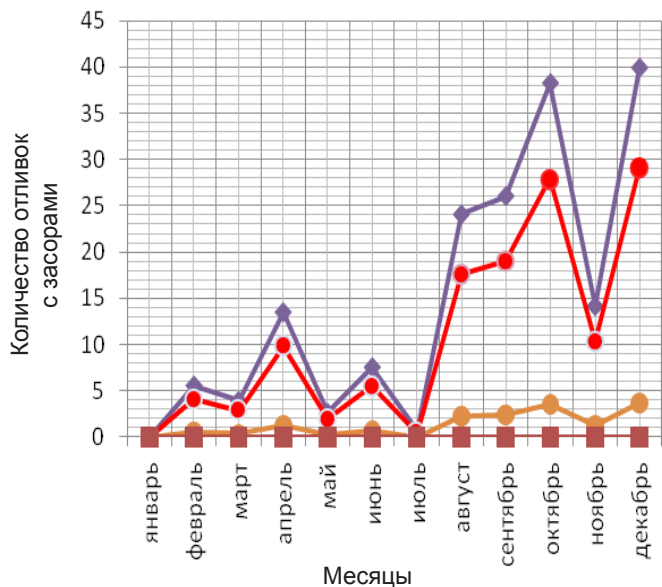


Рис. 3. Динамика брака отливок (вид дефекта – газовая раковина): — свойства FC; — свойства Me; — неточность при сборке форм; — нарушение технологического процесса; — нетехнологичность конструкции отливки; — не соблюдение режимов при уплотнении форм; — неправильное устройство литниковой системы; — прочее

Данные, представленные в табл. 1, говорят о том, что на РУП «ГЗЛИН» используются те статистические методы, которые не требуют автоматизированной обработки данных. Эти методы хорошо освоены специалистами литейных цехов. Однако по мере внедрения

инноваций все больше технологических процессов в литейных цехах автоматизируется. Происходит и автоматизация процессов контроля качества, что объективно вызывает необходимость задействовать статистические методы анализа брака, основанные на автоматизированной обработке данных.

Указанные обстоятельства вызывают теоретическую и практическую необходимость разработки методики мониторинга брака отливок на основе современных статистических методов анализа брака.

Разработка методики мониторинга брака отливок в литейных цехах. Нами была разработана методика мониторинга брака отливок. В основе методики лежит использование современных статистических методов анализа брака отливок. Методика включает следующие этапы.

1 этап. Сбор первичной информации для анализа брака и формирование на ее основе статистической базы данных. На этом этапе предлагается использование контрольных листов. Контрольный листок представляет собой бумажный бланк, на котором заранее напечатаны контролируемые параметры, согласно которым можно заносить в листок данные с помощью пометок или простых символов. Он позволяет автоматически считывать данные и систематизировать их. Контрольные листки существенно упрощают процесс регистрации данных, снижая его трудоемкость, их применение одновременно с АСУ ТП позволяет значительно повысить величину выборки.

Таблица 1

Общая характеристика статистических методов анализа брака отливок

Основные статистические методы анализа брака	Характеристика метода	Область использования в процессе контроля качества
<i>Статистические методы, не требующие автоматизированной обработки данных</i>		
Расслаивание (стратификация)	Позволяет произвести селекцию (группировку) данных, отражающую требуемую информацию о процессе. В качестве группировочных признаков могут выступать отдельные виды или партии продукции, отдельные виды брака и формы нарушений качества, отдельные интервалы времени.	обработка изучаемой совокупности данных
Контрольные карты	Метод, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него (с помощью соответствующей обратной связи), предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований.	сбор данных
Гистограмма	Дает возможность зрительно оценить закон распределения статистических данных.	обработка изучаемой совокупности данных
Причинно-следственная диаграмма (Исикавы)	Выявляет наиболее существенные факторы, влияющие на конечный результат.	анализ совокупности данных
<i>Статистические методы, основанные на использовании автоматизированной обработки данных</i>		
Контрольный листок	Метод сбора данных и автоматического их упорядочения для облегчения дальнейшего использования собранной информации.	сбор данных
Диаграмма разброса (рассеивания)	Определяет вид и тесноту связи между парами соответствующих переменных (двумя разными показателями качества).	обработка изучаемой совокупности данных
Диаграмма Парето	Позволяет распределить усилия для разрешения возникающих проблем и выявить основные причины, с которых нужно начинать действовать, чтобы оптимизировать затраты.	анализ совокупности данных

2 этап. Первичная обработка данных. На этом этапе предлагается использовать диаграммы разброса (диаграммы рассеивания), которые позволяют ответить на два вопроса: существует ли между парами различных дефектов отливок причинно-следственная связь, и если есть, то какую функциональную форму она имеет. Диаграммы строят на основе корреляционно-регрессионного анализа данных.

3 этап. Выбор оптимальных путей снижения брака. На этом этапе предлагается воспользоваться диаграммами Парето, которые позволяют наглядно представить относительную важность всех причин появления брака и выявить такие, которые имеют наибольшую долю (наибольший процентный вклад) – с тем, чтобы выработать меры по первоочередному устранению этих причин. Сравнивая диаграммы Парето, построенные по данным до и после улучшения технологического процесса, оценивают эффективность принятых мер. В основе данного метода находится принцип 20/80 «20 % усилий дают 80 % результата, а остальные 80 % усилий – лишь 20 % результата» [8]. Это базовый принцип для оптимизации работы по снижению брака: правильно выбрав минимум самых важных действий, можно быстро получить значительную часть от планируемого полного результата, причем дальнейшие улучшения не всегда оправданы.

Предлагаемая методика мониторинга брака отливок была апробирована в ГЗЛиН.

Результаты апробации методики мониторинга брака отливок. На основе использования контрольных листков была сформирована статистическая база данных по браку отливок в ЦВПЧ РУП «ГЗЛиН». На этапе первичной обработки данных между парами выделенных дефектов отливок не было обнаружено причинно-следственных связей (коэффициенты множественной корреляции колебались от 0,071 до 0,089, что характеризует связи как незначимые).

Затем на основе полученных данных построили диаграмму Парето. Исходные данные для построения диаграммы представлены в табл. 2.

В первой графе таблицы приведены типы дефектов: песчаные раковины, газовые раковины, засор, усадочные раковины, смещение, шлаковые раковины, обрыв. Во второй графе указано число случаев обнаружения данных типов дефектов в рассматриваемый период. В третьей – накопленная сумма, ко-

торая рассчитывается путем прибавления к накопленной сумме предыдущей строки таблицы числа дефектов из текущей строки. В четвертой отмечено процентное соотношение числа дефектов к общей сумме. И в пятой рассчитана кумулятивная сумма, начиная с видов брака, которым соответствуют максимальные суммы потерь; их общую сумму принимают за 100 %. Виды брака располагают в порядке убывания суммы потерь так, чтобы в конце списка находились виды, соответствующие наименьшим суммам потерь, и виды, входящие в группу «Прочее», которую необходимо располагать в последней строке вне зависимости от того, насколько большим получится число. Затем проводят ABC-анализ.

Суть его заключается в распределении видов брака по группам А, В и С в порядке убывания суммы потерь. На брак группы А приходится (в %), как правило, 70-80 всех затрат, группы В – 10-25, группа С характеризуется 5-10 затрат.

При проведении анализа прежде всего необходимо исследовать группу А и разработать план организационно-технических мероприятий по устранению дефектов и повышению качества продукции.

В результате классификации по группам дефектов оказалось, что наибольшую группу (А) составляют песчаные и газовые раковины, засор – 80 %, а на долю остальных дефектов приходится 20 % бракованных деталей. Следовательно, работу по обеспечению качества следует начинать с устранения именно этих, основных несоответствий.

Диаграмма Парето – это графическое представление результата проведенного анализа. Ее построение ведется следующим образом: на оси абсцисс откладывают данные графы 1 табл. 2 («прочие факторы» всегда располагают на оси абсцисс последними), а на оси ординат – данные графы 2. Строят столбчатый график, где каждому типу дефекта соответствует прямоугольник (столбик), вертикальная сторона которого представляет число дефектов этого вида брака. На правой стороне графика по оси ординат откладывают значения кумулятивного процента и вычерчивают кривую кумулятивной суммы. Данная кривая носит название кривой Лоренца, а график называется диаграммой Парето. Полученная диаграмма Парето представлена на рис. 4.

После выявления наиболее распространенных видов дефектов отливок необходимо определить

Таблица 2

Исходные данные для построения диаграммы Парето по видам дефектов

Типы дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма дефектов	Дефекты в общей сумме, %	Накопленный дефект	Группы
Песчаные раковины	1163	1163	37,4	37,4	А
Газовые раковины	775	1938	25,0	62,4	
Засор	535	2473	17,2	79,6	
Усадочные раковины	366	2839	11,8	91,4	В
Смещение	145	2984	4,7	96,1	С
Шлаковые раковины	47	3031	1,5	97,6	
Обрыв	42	3073	1,4	98,9	
Прочее	33	3106	1,1	100	
<i>Итого</i>	<i>3106</i>	<i>–</i>	<i>100</i>	<i>–</i>	<i>–</i>

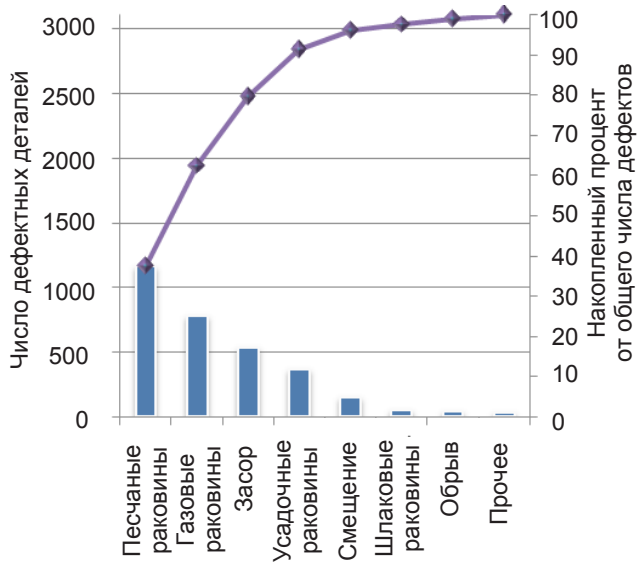


Рис. 4. Диаграмма Парето по группам дефектов

причины их возникновения, чтобы разработать способы устранения. Поиск осуществляют путем составления диаграммы Парето по причинам.

Исходные данные для построения диаграммы представлены в табл. 3.

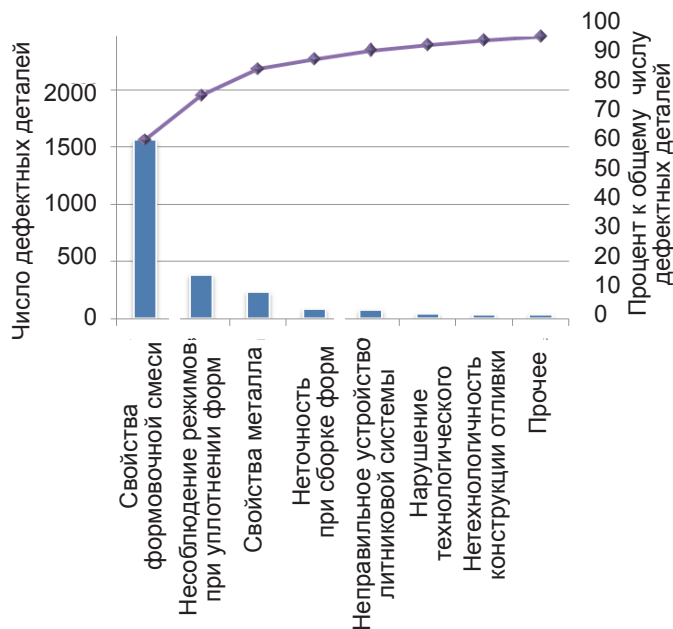


Рис. 5. Диаграмма Парето по причинам дефектов

сеприготовления и формообразования вместо совершенствования устройства литниковой системы и процесса сборки форм, на котором сконцентри-

Таблица 3

Исходные данные для построения диаграммы Парето по причинам дефектов

Причины дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма дефектов	Дефекты в общей сумме, %	Накопленный дефект
Свойства формовочной смеси	1566	1566	63,3	63,3
Несоблюдение режимов при уплотнении форм	388	1954	15,7	79,0
Свойства металла	233	2187	9,4	88,4
Неточность при сборке форм	85	2272	3,4	91,9
Неправильное устройство литниковой системы	78	2321	2,0	93,8
Нарушение технологического процесса	49	2361	1,6	95,5
Нетехнологичность конструкции отливки	40	2438	3,1	98,6
Прочее	35	2473	1,4	100
<i>Итого</i>	2473	–	100	–

В первой графе таблицы указываем причины дефектов: свойства формовочной смеси, несоблюдение режимов при уплотнении форм, свойства металла, неточность при сборке форм, неправильное устройство литниковой системы, нарушение технологического процесса. Во второй – число обнаруженных дефектов по анализируемым причинам. В третьей – накопленную сумму дефектов, в четвертой – процентное соотношение числа дефектов в общей сумме, в пятой – кумулятивную сумму дефектов в процентах.

На основании проведенных исследований причин бракованных отливок построили диаграмму Парето по причинам дефектов (рис. 5).

Диаграмма на рис. 2, позволяет сделать вывод о том, что усилия технологов цеха следует сосредоточить на повышении качества процессов сме-

рованы усилия цеховых специалистов в настоящее время.

Выводы

Разработанная методика мониторинга брака отливок может служить методической базой для оптимизации усилий по снижению брака в литейных цехах. Она позволяет выявлять те причины брака, устранение которых при прочих равных условиях приводит к максимальному снижению брака отливок. Такая оптимизация исключает трудоемкие, а следовательно, затратные и малорезультативные действия, что существенно повышает эффективность деятельности технологических служб в частности и литейных цехов в целом.



ЛИТЕРАТУРА

1. Карпионов Л. А., Карпенко В. М., Филиппенко Е. В. Развитие системы менеджмента качества на РУП «Гомельский завод литья и нормалей» // Литье и металлургия. – 2008. – № 3. – С. 203-206.
2. Указ Президента Республики Беларусь № 671 от 31 декабря 2009 г. «Об объявлении 2010 года Годом качества».
3. Алешкевич О. П. Качество продукции как объект производственного учета // Бухгалтерский учет и анализ. – 2005. – № 10. – С.10-14.
4. Карпионов Л. А., Карпенко В. М., Комков С. Ю. Развитие менеджмента качества на РУП «Гомельский завод литья и нормалей» // Литье и металлургия. – 2006. – № 2, ч. 2 – С. 154-158.
5. Огвоздин В. Ю. Управление качеством: Учеб. пособие. – М.: Дело и Сервис, 2007. – 288 с.
6. Исикава К. Японские методы управления качеством. – М.: Экономика, 1988. – 215 с.
7. Ефимов В. В. Статистические методы в управлении качеством. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 134 с.
8. Квитанов А. А., Карпенко В. М., Филиппенко Е. В. Использование диаграммы Парето для мониторинга качества отливок (на примере цеха высокопрочного чугуна РУП «ГЗЛИН») // Литье и металлургия. – 2009. – № 3. – С. 147-154

Анотація

Філіппенко Є. В., Карпенко В. М., Самарай В. П.

Використання статистичних методів аналізу при моніторингу браку виливків у ливарних цехах

Наведено результати дослідження статистичних методів контролю якості та їхня порівняльна теоретико-методична оцінка. Для моніторингу дефектів і браку виливків у ливарних цехах розроблено методику на основі використання статистичних методів, яку апробовано в цеху високоміцного чавуну. Наведена методика дозволяє визначати причини дефектів і браку, усунення яких при інших рівних умовах призводить до їхнього максимального зниження.

Ключові слова

контроль якості, брак виливків, статистичні методи управління якістю, діаграма Парето

Summary

Filippenko E., Karpenko V., Samaraj V.

Using of statistical methods of analysis at monitoring of spoilage of casts in mechanised foundries

The exploration of statistical methods of quality control and their comparative theoretik-methodical estimation are given. The technique for monitoring of casts spoilage in mechanised foundries on the basis of use statistical methods is developed and approved in high-test cast iron department. The given method allows to establish those reasons of the spoilage which removal with other equal things leads to the maximum lowering of casts spoilage.

Keywords

quality control, casts spoilage, statistical methods, quality management, Pareto chart

Поступила 13.01.11