

M417503



Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское Ордена Ленина, Ордена Октябрьской Революции и
Ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище
имени Н.Э.Баумана

на правах рукописи

УДК 621.744.4-52:658.527

ТУРАЛИЕВ Аллинбек Сейткасимович

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ
РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ ОТЛИВОК, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ
НА АВТОМАТИЧЕСКИХ ФОРМОВОЧНЫХ ЛИНИях

Специальность 05.16.04-Литейное производство

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

Москва, 1984.

Работа выполнена в Московском Ордена Ленина, Ордена Октябрьской Революции и Ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент БЕЛИКОВ О.А.

Официальные оппоненты- доктор технических наук,
профессор ШУЛЯК В.С.
кандидат технических наук,
ПАНКРАТОВ А.И.

Ведущее предприятие - НИИТавтопром

Защита диссертации состоится " " _____ 1984 г.
на заседании специализированного Совета К.053.15.13 в Московском высшем техническом училище им.Н.Э.Баумана по адресу:
107005, г.Москва, 2-я Бауманская ул., д.5.

Ваш
просим вы

ТЬЮ,

С ди

ТУ

Авто

Ученый се
Совета, д
доцент

н Г.С.

Подписано

п.л.

Тираж 100

Зак. _____

мана

M 417503

Актуальность работы. В решениях XXVI съезда КПСС и в постановлениях ЦК КПСС и СМ СССР указывается на необходимость выпуска литья высокого качества на основе широкой автоматизации технологических процессов и внедрения автоматизированных машин и линий.

Ввод в эксплуатацию высокопроизводительных автоматических формовочных линий (АФЛ), как показывает практика, создает объективные предпосылки для повышения качества выпускаемых отливок. Однако, целый ряд вопросов, связанных с повышением размерной точности отливок, изготавливаемых на АФЛ, решены в данное время недостаточно полно. Особенно это относится к такому распространенному виду брака отливок как их перекося, возникающий в результате относительного сдвига отпечатков моделей в верхней и нижней полуформах. В связи с этим большое научное значение имеют вопросы установления влияния на качество отливок технологических параметров и характеристик линий, конструкций отдельных агрегатов, структуры и компоновки линий, а также условий их эксплуатации.

Установление рассматриваемой связи позволит оценить совершенство различных структурных, конструктивных и компоновочных решений АФЛ и на этой основе разработать методы выбора рационального проектного решения и условий, обеспечивающих выпуск на АФЛ точных и стабильных по размерам и массе отливок.

Несмотря на важность рассматриваемых вопросов в настоящее время отсутствуют методы оценки совершенства структурных, конструктивных и компоновочных решений линии на стадии их проектирования, методы оценки ожидаемой точности отливок, изготавливаемых на АФЛ. Поэтому разработка методов повышения точности отливок на этапах проектирования, так и эксплуатации линии является весьма актуальной задачей литейного производства.

Цель работы. Повышение размерной точности отливок, изготавливаемых на автоматических формовочных линиях.

Основная научная идея работы состоит в управлении процессом формирования точности отливок на АФЛ путем выбора соответствующей структуры, конструкции отдельных агрегатов линии, а также

I.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1417503

Туралиев А.С. Разработка и



10417503

компоновки участка формовки-сборки АФЛ в целом.

Для достижения поставленной цели и реализации основной идеи необходимо решить следующие научные задачи:

1. Установить влияние структуры и конструкции отдельных агрегатов линии и особенностей компоновки участка формовки-сборки на размерную точность отливок по перекосу.

2. Разработать математическую модель формирования размерной точности отливок, изготавливаемых на АФЛ и методику оценки ожидаемой точности отливок на проектируемых и действующих АФЛ.

3. Разработать алгоритм анализа конструктивно-технологической компоновки АФЛ с помощью ЭВМ.

4. Разработать методы оценки технологического совершенства структуры, конструкции отдельных агрегатов и компоновки линий.

Методы исследований. Теоретические исследования выполнены на основе моделирования процесса формирования относительного смещения формообразующих элементов при изготовлении литейной формы на АФЛ. Комбинационные взаимосвязи смещений осей формообразующих элементов и полуформ на отдельных этапах изготовления литейной формы проанализированы на основе построения графа процесса формирования размерной точности отливок на участке "формовка-сборка". Для анализа влияния конструкции, структуры и компоновки отдельных видов оборудования и участка "формовка-сборка" на размерную точность отливок, применен системный подход, позволяющий описать обобщенную структуру линий. Экспериментальные исследования проводились на действующих АФЛ с применением оригинальной методики и средств измерения. Обработка результатов экспериментов выполнялась на ЭВМ.

На защиту выносятся следующие основные научные положения:

1. При наличии зазора в сопряжении центрирующих элементов модельно-опочной оснастки АФЛ возможно уменьшение перекоса отливок до полного его устранения путем компенсации смещений отпечатков моделей в полуформах, полученных на стадии изготовления полуформ на формовочных автоматах, на последующих операциях за счет целенаправленного сдвига опоки верхней полуформы относительно опоки нижней в пределах имеющегося зазора в сопря-

жении их центрирующих элементов.

2. Целенаправленное управление смещениями отпечатка модели в полуформе определяется совокупностью взаимосвязанных факторов: износа центрирующих элементов, погрешности изготовления и монтажа моделей на модельных плитах, направления смещения опоки относительно модельной плиты в процессе формовки, направления смещения осей полуформ относительно оси кантователя, изменения направления смещения отпечатков моделей в полуформах, при их повороте в кантователе и направления смещения осей полуформ относительно оси сборочного устройства при их установке и сборке.

3. Решения задачи определения величины перекоса отливов с учетом перечисленных факторов и определения влияния их на его образование возможно на основе анализа математической модели формирования размерной точности отливок по перекосу, совместно учитывающей эти факторы. Такая модель разработана на основе орграфа, отражающего функциональную связь между величиной перекоса отливок и структурными, компоновочными, конструктивными особенностями агрегатов участка формовки-сборки АФЛ.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Установлен характер влияния конструкции технологической оснастки и оборудования, его структуры и особенностей компоновки участка формовки-сборки на формирование размерной точности отливок по перекосу на АФЛ.

2. Разработана математическая модель процесса формирования размерной точности литейной формы на АФЛ, анализ которой позволяет выявить главные технологические, конструктивные и структурные факторы, оказывающие влияние на формирование точности отливок по перекосу.

3. Методика определения зазоров в центрирующих элементах модельно-опочной оснастки, для оценки перекоса отливок, получаемых на действующих линиях.

4. На основе результатов исследований и математической модели процесса формирования размерной точности отливок разработана методика оценки ожидаемой точности отливок по перекосу на АФЛ, использование которой позволяет выбрать рациональную структуру, конструкцию и компоновку линии на стадии проектирова-

ния новых, а также при модернизации действующих автоматических линий.

5. Показатель оценки совершенства компоновочных решений АФЛ, основанный на соотношении ожидаемой величины перекоса отливок со средней величиной зазора в сопряжении центрирующих элементов модельной-опочной оснастки АФЛ. Чем больше значение этого показателя, тем менее совершенна АФЛ.

6. Алгоритм и программа анализа конструктивно-технологических схем АФЛ на ЭВМ с точки зрения формирования размерной точности отливок по перекосу.

Практическая ценность. Разработанные методики оценки совершенства структуры и компоновки линии, конструкции оборудования, а также оценки точности отливок по перекосу с помощью ЭВМ, позволяет конструкторам на стадии проектирования принимать решения, направленные на создание новых линий, обеспечивающих выпуск отливок с более высокой размерной точностью.

Реализация результатов работы. Практические рекомендации по устранению перекоса отливок, изготавливаемых на АФЛ внедрены в сталелитейном цехе Кентаусского экскаваторного завода им. 50-летия СССР. Экономический эффект от внедрения составляет 33,3 тыс. рублей в год. В НПО "ВНИИлитмаш" принята к использованию методика оценки ожидаемой точности отливок по перекосу на АФЛ, при их проектировании.

Апробация результатов работы. Основные положения и результаты работы обсуждены и доложены: на научных семинарах кафедры "Автоматизация и механизация литейных процессов" МВТУ им. Баумана в 1981-1983 г.г., на зональной научно-технической конференции "Прогрессивные технологические процессы литейного производства, термической и химико-термической обработки, кузнечно-штамповочного производства. Повышение надежности инструмента и технологической оснастки" г. Владимир, 1983г. и на НТС в НПО "ВНИИлитмаш", г. Москва, 1983 и 1984 г.г.

Публикации. По теме диссертации опубликованы четыре научные статьи.

Основные результаты разделов работы отражены в двух отчетах по хозяйственным научно-исследовательским работам.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 227 страницах машинописного текста и состоит из введения, 4 разделов, выводов по разделам и общих выводов с 71 рисунками, 26 таблицами, библиографическим списком из 101 наименования и приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Состояние вопроса формирования размерной точности отливок на автоматических формовочных линиях

В связи с непрерывным повышением требований к качеству отливок и расширением масштаба внедрения АФЛ вопрос о повышении размерной точности отливок становится одной из важных задач литейного производства. Анализ работы действующих отечественных и зарубежных линий показал, что размерная точность отливок, получаемых на АФЛ, находится еще на низком уровне. Брак отливок по перекосу составляет 20% от общего брака отливок на линии. Это требует установления факторов, определяющих точность отливок, и на основе их анализа определение основных направлений проектирования АФЛ, обеспечивающих повышение точности отливок.

Размерная точность отливок во многом зависит от точности изготовления литейных форм. Точность литейной формы обуславливается двумя группами факторов. Во-первых, точностью получения отпечатка модели в полуформе. Эта точность определяется степенью уплотнения полуформы, обратной деформации, которые в свою очередь зависят от конфигурации моделей, способа уплотнений и свойства формовочной смеси. Во-вторых, сдвигом отпечатка модели в полуформе относительно геометрической оси опоки, проходящей через оси центрирующих элементов. Этот сдвиг является следствием износа центрирующих элементов, образования увеличенного зазора в них и смещений опок относительно модельной плиты в пределах этого зазора в процессе формовки полуформ. При сборке формы сдвиг верхней полуформы относительно нижней в пределах зазора в их центрирующих элементах приводит к дополнительному смещению отпечатка в верхней полуформе относительно отпечатка в нижней,

т.е. образованию перекоса форм и отливки. Зазор в центрирующих парах модельно-опочной оснастки образуется за счет допуска на размеры центрирующих элементов в соответствии с заданной посадкой, а также последующего их интенсивного износа в процессе работы оборудования.

Величина и направление смещения отпечатка модели в полужорме зависят от величины и направления выбора зазора в центрирующих элементах модельной плиты и опоки. Они зависят от структуры и конструкции формовочного агрегата и могут носить случайный и систематический характер.

В этой связи выявление факторов, способствующих появлению перекоса отливок на линии, установление зависимости величины перекоса от структуры, конструкции и особенностей компоновки линии имеют большое значение для разработки методов оценки технологической возможности линии с точки зрения формирования размерной точности отливок и поэтому являются важной научной задачей.

2. Теоретический анализ условий формирования размерной точности отливок по перекосу на автоматических формовочных линиях

Основными причинами появления перекоса отливок на АФЛ являются образования смещения отпечатков моделей в верхней и нижней полужормах относительно геометрической оси опоки при их изготовлении на формовочном автомате и далее их относительное смещение при сборке формы. Эти смещения отпечатка являются результатом неточности изготовления и монтажа моделей на модельных плитах, смещения опоки относительно модельной плиты в пределах зазора в их сопряжении, определяемые точностью предварительной ориентации и фиксации формообразующих элементов при их сопряжении.

Таким образом процесс образования рабочего отпечатка песчаной формы складывается из ряда параллельно-последовательных смещений, связанных с сопряжением и движением сопрягаемых элементов в пределах имеющихся зазоров в их центрирующих элементах, начиная с установки моделей на плиту, плиту на спутник опоки на модельную плиту, и далее кантовки полужорм и сборки форм.

Зная направление выбора зазора на предыдущих и параллельных операциях, можно управлять направлением выбора зазора на последующих, обеспечивая тем самым компенсацию полученных ранее отклонений.

При изготовлении полуформы на формовочном автомате участвуют три формообразующих элемента (О-опока, М-модельная плита с моделью, С-спутник), которые сопрягаются при помощи центрирующих элементов. В процессе формовки полуформы указанные формообразующие элементы в результате воздействия динамических сил могут смещаться относительно друг друга в пределах зазора в сопряжении их центрирующих элементов. Поэтому положение отпечатка модели в полуформе относительно геометрической оси опоки определяется положением осей формообразующих элементов относительно принятой системы отсчета (оси формовочного автомата):

$$\delta_{zo} = \Psi(\rho_o, \rho_n, \rho_c), \quad (2.1.)$$

где δ_{zo} — смещение оси отпечатка модели в полуформе относительно геометрической оси опоки;

ρ_o, ρ_n, ρ_c — положение осей соответственно опоки, модельной плиты и спутника относительно оси формовочного автомата.

В свою очередь положение осей формообразующих элементов относительно принятой системы отсчета определяется величиной и направлением выбора зазора в их центрирующих и направляющих элементах:

$$\rho_o, \rho_n, \rho_c = \Psi(l_u, \rho_u, l_n, \rho_n), \quad (2.2.)$$

где ρ_u, ρ_n — величина выбора зазора в центрирующих и направляющих элементах;

l_u, l_n — направления выбора зазора в центрирующих и направляющих элементах относительно принятой системы отсчета.

Величина смещения осей формообразующих элементов (ρ) определяется в двух направлениях, "а" — направление, совпадающее с геометрической осью опоки, проходящей через оси центрирующих

элементов, "в"-направление, перпендикулярное к "а". Причем

$$\rho_o, \rho_n, \rho_c = (0 \div S/2); \quad \angle_o, \angle_n, \angle_c = \langle -1; 0; +1 \rangle,$$

где $S = \Delta_{шт} + \Delta_{вт}$ - зазор в сопряжении центрирующих элементов;
 $\Delta_{шт}$, $\Delta_{вт}$ - диаметральный износ центрирующих штырей и втулок сопрягаемых элементов

$$\angle = \begin{cases} +1 & \text{в случае смещения осей формообразующих элементов в направлениях +а и +в} \\ -1 & \text{в случае смещения осей формообразующих элементов в направлениях -а и -в} \\ 0 & \text{в случае отсутствия смещения осей формообразующих элементов.} \end{cases}$$

Исходя из этого, величину ожидаемого смещения оси отпечатка модели в полуформе относительно геометрической оси опоки можно определить в следующем виде:

$$\delta_{zo} = \angle_{оп} \cdot \rho_{оп}, \quad (2.3.)$$

где $\rho_{оп}$ - величина смещения оси опоки относительно оси модельной плиты;

$\angle_{оп}$ - направление смещения оси опоки относительно оси модельной плиты.

Величина ожидаемого перекоса формы определяется разностью смещений оси отпечатков моделей в верхней и нижней полуформах:

$$\delta_{\varphi} = \delta_{zo}^B - \delta_{zo}^H \quad (2.4.)$$

или

$$\delta_{\varphi} = \angle_{оп}^B \cdot \rho_{оп}^B - \angle_{оп}^H \cdot \rho_{оп}^H \quad (2.5)$$

При сборке формы величина ожидаемого перекоса формы определяется с учетом полученных на предыдущих стадиях формообразования смещений отпечатков моделей в полуформах относительно центрирующих элементов опоки, а также величины и направления смещения осей полуформ относительно оси кантователя и изменения направления смещения отпечатков моделей в полуформах, при их повороте в кантователе, смещения в процессе транспортировки и смещения осей полуформ относительно оси сборочного устройства при их предварительной фиксации и сборке.

В соответствии с этим размерной точности отливок по перекосу, изготавливаемых на автоматических формовочных линиях можно представить в виде:

$$\delta\varphi = \sum_{i=1}^K \delta i = (\angle_{оп}^B \cdot \rho_{оп}^B - \angle_{оп}^H \cdot \rho_{оп}^H) + (\angle_{ок}^B \cdot \rho_{ок}^B - \angle_{ок}^H \cdot \rho_{ок}^H) + \\ + (\angle_{от}^B \cdot \rho_{от}^B - \angle_{от}^H \cdot \rho_{от}^H) \cdot \angle_k + (\angle_{от}^B \cdot \rho_{от}^B - \angle_{от}^H \cdot \rho_{от}^H) + \\ + (\angle_{об}^B \cdot \rho_{об}^B - \angle_{об}^H \cdot \rho_{об}^H) + (\angle_{оп}^B \cdot \rho_{оп}^B - \angle_{оп}^H \cdot \rho_{оп}^H) \cdot \angle_B, \quad (2.6)$$

где δi — величина ожидаемого перекоса формы на операциях;

K — количество операций.

$\rho_{оп}^B, \rho_{оп}^H, \rho_{ок}^B, \rho_{ок}^H, \rho_{от}^B, \rho_{от}^H, \rho_{об}^B, \rho_{об}^H$ — величины смещения оси верхней и нижней опок относительно осей модельной плиты, кантователя, транспортной оснастки и сборщика;

$\angle_{оп}^B, \angle_{оп}^H, \angle_{ок}^B, \angle_{ок}^H, \angle_{от}^B, \angle_{от}^H, \angle_{об}^B, \angle_{об}^H$ — направления смещения оси верхней и нижней опок относительно оси модельной плиты, кантователя, транспортной связи и сборщика;

$\angle_k, \angle_B$ — направление изменения полярности отпечатков моделей в полуформах при их повороте в кантователе и сборщике.

Из этой зависимости следует, что величина перекоса отливков на АЛ при фиксированных значениях ρ определяется значениями $\angle$. Путем изменения знака $\angle$ возможна компенсация смещения в сложном процессе его образования, т.е. управляя значениями $\angle$ можно достигнуть минимум величины $\delta\varphi$.

Анализ структуры и компоновки большого количества отечественных и зарубежных АЛ и конструкции составляющих их агрегатов показал, что они могут быть классифицированы в зависимости от характера влияния на $\angle$. Такая классификация агрегатов создает предпосылки для выбора такого варианта состава отдельных агрегатов и компоновки их в линию, которые обеспечивают в совокупности в соответствии с формулой (2.6) минимум значения перекоса $\delta\varphi$.

3. Экспериментальные исследования формирования размерной точности отливок по перекоосу на АФЛ

Экспериментальные исследования проводились на АФЛ модели АЗЛЭ2265СМ установленной в сталелитейном цехе Кентаусского эксковаторного завода им. 50-летия СССР и " SPC " завода КАМАЗа.

Целью экспериментальных исследований явилось уточнение и дополнение теоретических выкладок работы, установление экспериментальным путем закономерностей образования смещения осей формообразующих элементов, определение характера образования смещения с учетом времени работы оборудования, а также определение основных направлений повышения размерной точности отливок и разработка рекомендаций по ее повышению.

Сущность методики проведения эксперимента заключается в комплексном подходе к определению величины смещения осей формообразующих элементов в реальных условиях начиная с момента монтажа моделей на модельных плитах и кончая операцией сборки формы на действующей линии. Результаты экспериментальных исследований обрабатывались методом математической статистики с помощью ЭВМ.

Величины смещений осей моделей относительно осей модельных плит, осей модельных плит относительно осей спутников, осей отпечатков моделей в полуформах относительно осей опок и величины износа центрирующих и направляющих элементов модельно-опочной оснастки определялись специально разработанным универсальным прибором, позволяющий определить одновременно все указанные величины с точностью 0.001 мм.

Результаты эксперимента показали, что величина износа центрирующих штырей и втулок опок изменяется в большом диапазоне от 0 до 5,0 мм. Практически все штыри и втулки имеют износ. У большинства штырей величина износа находится в пределах 0.40 мм до 1,6 мм, а втулок - от 2.10 мм до 3,8 мм. Следовательно, зазор в их сопряжениях находится в пределах от 4.26 мм до 7.83 мм. Из этого следует, что в реальных условиях работы линии процесс износа указанных элементов неизбежен и, несмотря на их частую замену износ происходит в больших пределах.

Причем величина износа и следовательно величина зазора в сопряжении центрирующих элементов носит случайный характер, подчиняющийся закону нормального распределения.

Анализ состояния центрирующих элементов и величины перекоса отливок по времени работы АФЛ показал, что с увеличением работы АФЛ интенсивно возрастает зазор в сопряжении центрирующих элементов модельно-опочной оснастки и резко уменьшается вероятность получения годных отливок по перекосу.

Экспериментальными исследованиями установлено, что величина выбора зазора (смещения) в центрирующих элементах верхней и нижней опок в направлениях "а" и "в" в процессе изготовления полуформ описывается законом нормального распределения с математическими ожиданиями от -0.50 мм до -1.80 мм и отклонениями (3σ) от 1.45 мм до 2.57 мм. Причем все математические ожидания со знаком минус. Это объясняется тем, что направления подачи опок в зону формовки совпадает с направлением "в", а направления подачи модельных плит — с направлением "а". Это подтверждает гипотезу, что направление выбора зазора в центрирующих элементах определяется направлением движения формообразующих элементов при входе в агрегат линии, которое в свою очередь определяется структурой и компоновкой участка формовки-сборки АФЛ.

Следует отметить, что в случае отсутствия фиксации опки относительно модельной плиты в процессе формовки полуформы, смещение опки относительно модельной плиты определяется способом уплотнения полуформы. Так, например, смещение оси отпечатка модели в полуформе относительно геометрической оси опки при ее формовки на встряхивающих формовочных автоматах (при фиксированных значениях зазора в центрирующих элементах опки и модельной плиты) подчиняется закону бета-распределения.

Установлено, что смещение оси опок относительно оси кантователя при их фиксации в кантователе определяется состоянием рабочей поверхности захватов кантователя, т.е. величиной и неравномерностью их износа.

Следует отметить, что при повороте полуформы в кантователе или в сборщике относительно их поперечной оси происходит смена баз центрирование. Это приводит к изменению полярности отпечат-

ков моделей в полуформах и следовательно к образованию перекося формы.

Результаты экспериментальных исследований показали, что величины выбора зазора в центрирующих элементах опок при сборке формы подчиняются закону нормального распределения с математическими ожиданиями от -0.78 мм до -1.28 мм и отклонениями (36) от 2.79 мм до 3.85 мм. Причем все математические ожидания со знаком минус. Смещение оси верхней полуформы относительно оси нижней при сборке формы происходит из-за неточности их фиксации в сборщике, определяемая величиной и неравномерностью износа рабочей поверхности захватов, а также направлением движения полуформ при входе их в сборщик.

Установлено, что смещение оси верхней опоки относительно оси нижней опоки при сборке формы, при фиксированных значениях зазора в центрирующих элементах опок, подчиняется — закону релеевского распределения.

Таким образом экспериментальные исследования подтвердили влияние на формирование перекося отливок на АФЛ следующих факторов:

- направления движения формообразующих элементов и фиксации их положения перед соединением опоки с модельной плитой или модельного комплекта со столом;

- выбор зазора и фиксации сочлененных элементов модельно-опочной оснастки при сочленении опоки и модельной плиты. Возможны три вида фиксации: фиксация отсутствует, и в процессе уплотнения возможно смещение в результате сил вибрации и т.п., принудительная фиксация положения, образовавшееся при сочленении, и фиксация с выбором зазора в заданном направлении;

- направления движения опок при манипуляции их на участке формовки-сборки, фиксация их положения относительно оси оборудования и характер поворота опоки в процессе их поворота в кантователе и сборщике.

Средством принудительной фиксации модельно-опочной оснастки в формообразующем агрегате является специальные прихваты, сдвигающие опоку в пределах зазора центрирующих элементов в нужном направлении.

4. Методика оценки ожидаемой размерной точности отливок по перекоосу на автоматических формовочных линиях

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать методику определения ожидаемой величины перекоаса отливок и оценки склонности линии к образованию перекоаса по заданной конструктивно-технологической схеме АФЛ.

Анализ процесса формирования перекоаса отливок на действующих линиях показал, что величина смещения осей формообразующих элементов имеет случайный характер. Поэтому определение ожидаемой величины перекоаса отливок необходимо производить по следующей статистической зависимости:

$$\delta_{\phi} = \sum_{i=1}^K (\bar{\delta}_i) + \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K [(\bar{\delta} - \bar{\delta}_i)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\delta_i - \bar{\delta}_i)^2], \quad (4.1)$$

где $\bar{\delta}_i$ — частная средняя величины перекоаса формы на i -х операциях;

$\bar{\delta}$ — общая средняя величины перекоаса формы на участке формовки-сборки;

δ_i — величина перекоаса i -той формы;

K — количество операций на участке формовки-сборки;

n — объем выборки измерения.

Отношение δ_{ϕ} к фактической величине зазора в сопряжениях центрирующих элементов модельно-опочной оснастки для конкретной АФЛ характеризует склонность этой линии к образованию перекоаса отливок:

$$\beta = \frac{\delta_{\phi}}{\delta_{\text{ср}}}, \quad (4.2)$$

где, $\delta_{\text{ср}} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \bar{\delta}_i$ — средняя величина зазора в сопряжениях центрирующих элементов модельно-опочной оснастки АФЛ;

$\bar{\delta}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i$ — средняя величина зазора в сопряжениях центрирующих элементов модельно-опочной оснастки на i -той операции;

δ_i — величина зазора в сопряжении центрирующих элементов i -той модельно-опочной оснастки.

Чем больше этот показатель, тем больше склонены линии к образованию перекоаса и тем менее они совершенны.

Методика была апробирована при исследовании автоматических литейных линий модели 92265CM и модели "SPC".

Результаты обследований линий

Модели линий	$S_{ср}$ (мм)	$\delta_{ф\text{ расч.}}$ (мм)	$\delta_{ф\text{ дейс.}}$ (мм)	$\beta_{расч.}$	$\beta_{дейс.}$	$\Delta \delta_{ф}$ (%)	$\Delta \beta$ (%)
"SPO "	0.350	0.800	0.840	2.280	2.400	4.76	5.00
92265CM	3.95	6.149	6.370	1.550	1.610	3.46	3.72

Экспериментальной проверкой установлено, хорошее совпадение (в пределах 5%) расчетных и действительных значений определяемых величин.

Надо отметить, что линия "SPO" более склонна к образованию перекося отливок, чем линия модели 92265CM. На линии "SPO" небольшой реальный перекося отливок достигается за счет повышенного требования к состоянию центрирующих элементов (зазоры в центрирующих элементах поддерживаются на уровне 0.3-0.4 мм), путем систематического контроля и замены изношенных, что требует больших затрат времени и средств. Кроме этого на линии "SPO" применяются специальные прижимные устройства на всех этапах изготовления формы. Это указывает на то, что несовершенство структуры и компоновки линии может успешно компенсироваться за счет применения специальных прижимов опок, которые приводят к принудительному смещению опок в необходимых направлениях.

На основе полученных зависимостей и экспериментальных данных разработана методика вероятностной оценки ожидаемой точности отливок по перекося на автоматических формовочных линиях. Вероятность получения бездефектных отливок по перекося на АФЛ (отливки, перекося которых не превышает ± 0.5 мм), в общем виде представляется следующим образом :

$$\begin{cases} P_{ф}(\delta_{ф} = -0.5 \text{ мм}) = P_{го}(\beta_{\pi - 0.5 \text{ мм}}) \cdot P_{ос}(\beta_{\pi - 0.5 \text{ мм}}) \\ P_{ф}(\delta_{ф} = +0.5 \text{ мм}) = P_{го}(\beta_{\pi + 0.5 \text{ мм}}) \cdot P_{ос}(\beta_{\pi + 0.5 \text{ мм}}) \end{cases} \quad (4.3)$$

где P_{20} - вероятность смещения осей отпечатков моделей в полуформах относительно оси опоки при формовке полуформы;

P_{05} - вероятность смещения оси верхней опоки относительно оси нижней опоки при сборке формы.

Таким образом, использования методики оценки ожидаемой точности отливок по перекосу, а также способа оценки склонности линии к образованию перекоса является эффективным инструментом анализа и выбора лучшего варианта линии на стадии проектирования новых и модернизации действующих линий с целью их совершенствования в направлении снижения перекоса отливок в процессе эксплуатации.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Проведенные исследования показали, что формирование размерной точности отливок по перекосу на АФЛ зависит не только от износа центрирующих элементов модельно-опочной оснастки, но и от структуры и компоновки участка формовки-сборки и конструктивных особенностей отдельных агрегатов входящих в него. Перекос отливок на АФЛ в среднем на 80% зависит от указанных факторов.

2. Выбором рациональной структуры и компоновки участка формовки-сборки и конструкции оборудования можно уменьшить величину перекоса отливок, изготавливаемых на АФЛ, вплоть до нуля.

3. Установление механизма формирования перекоса отливок позволило во-первых, разработать методику оценки ожидаемой точности отливок по перекосу, определить основные конструктивные, структурные и компоновочные факторы, влияющие на образование перекоса и во-вторых разработать рекомендации, направленные на создание АФЛ, обеспечивающие изготовление отливок с минимальным перекосом.

4. Разработанная методика определения показателя склонности АФЛ к образованию перекоса отливок позволяет оценить конструкции проектируемых и действующих линий, а также использовать ее при выборе лучшего решения в САПР АФЛ.

5. Практические рекомендации и технические решения по устранению перекоса отливок на АФЛ внедрены в сталелитейном цехе Кентаусского экскаваторного завода им. 50-летия СССР. Экономический эффект от внедрения составляет 33,3 тыс. рублей в год. 15.

Основные результаты работы опубликованы в следующих изданиях:

1. Беликов О.А., Туралиев А.С. Влияние качества работы формовочных автоматов на размерную точность литейных форм по перекосу. - Прогрессивные технологические процессы литейного производства, термической, химико-термической обработки, кузнечно-штамповочного производства. Повышение надежности инструмента и технологической оснастки: Тез. докл. науч. техн. конф. - Владимир, 1983, с.31-32.

2. Туралиев А.С., Акшиев К.У., Харитонов О.В. и др. Влияние работы узлов автоматической формовочной линии на брак отливок. - Литейное производство, 1983, № 5, с.18-19.

3. Туралиев А.С., Акшиев К.У. Точность форм, изготавливаемых на встряхивающих формовочных автоматах. - Литейное производство, 1983, № 12, с.17.

4. Туралиев А.С., Беликов О.А. Анализ образования перекоса отливок на автоматических литейных линиях разной структуры. - ЭИ. Технология и оборудование литейного производства / НИИМАШ. - М., 1984, вып.3, с.11-18.

Туралиев А.С.

Л-83113 от 8.05.84 г. Объем I п.л. Заказ 848. Тираж 100 экз.

Типография МВТУ им. Н.Э. Баумана

