

ЛИТЕЙНОЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.74.02

DOI:10.35211/1990-5297-2023-7-278-89-95

Е. Ю. Карпова, Н. И. Габельченко, В. В. Крючков

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕРКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕЙНОЙ ЛИНИИ

Волгоградский государственный технический университет

e-mail: mitlp@vstu.ru

На основании проведенного анализа разработана методика периодического контроля технологической точности автоматической литейной линии и ее оснастки, а также назначены технические мероприятия по восстановлению технологической точности действующей в производстве автоматической литейной линии.

Ключевые слова: автоматическая литейная линия, технологическая точность, технологический процесс, операции технического контроля.

E. Y. Karnova, N. I. Gabelchenko, V. V. Kryuchkov

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR VERIFICATION OF TECHNOLOGICAL ACCURACY OF AUTOMATIC CASTING LINE

Volgograd State Technical University

Based on the analysis, a method of periodic control of the technological accuracy of the automatic foundry line and its equipment has been developed, as well as technical measures have been assigned to restore the technological accuracy of the automatic line operating in production.

Keywords: automatic casting line, technological accuracy, technological process, technical control operations.

Изготовление отливок – это комплексный многофакторный технологический процесс (ТП), предполагающий такие самостоятельные операции, как выпуск определенного вида и марки сплава с возможной внепечной его обработкой; переработку исходных формовочных материалов с доведением их до состояния, пригодного для изготовления в дальнейшем технологических смесей, пригодных для производства форм и стержней; термическую обработку готовой продукции и подготовку литых заготовок к последующей механической обработке.

Любую из перечисленных операций можно считать самостоятельным технологическим процессом, каждый из которых базируется на своих физико-механических законах, практическая реализация которых не гарантирует стопроцентную точность их выполнения. Это приводит к браку или дефектам продукции конкретной технологической операции. А так как

совокупность этих операций составляет один технологический процесс получения конечной продукции, то вероятность получения ее сильно снижается.

Повышение эффективности получения литых заготовок достигается совершенствованием отдельных технологических операций и учетом взаимного влияния физико-химических свойств каждого полуфабриката друг на друга.

Однако самые совершенные ТП, реализуемые на технически и конструктивно несовершенном оборудовании, не обеспечат ожидаемого качества литейной продукции. Поэтому при проектировании оборудования в его основу закладывают самые современные способы реализации перспективных процессов и надежные кинематические схемы с жизнеспособными функциональными механизмами.

Слабым звеном в функциональном перечне компонентов массового производства отливок

является технологическое оборудование, в особенности автоматические литейные линии (АЛЛ), как наиболее конструктивно сложные и энергонасыщенные комплексы. Дело в том, что изготовленные, смонтированные и запущенные в производстве АЛЛ изначально соответствуют технологической документации и их механизмы строго выполняют все операции технологического процесса. Однако в процессе эксплуатации под воздействием различных внешних факторов нарушается конструктивная точность этих механизмов, что приводит к некачественному выполнению отдельными механизмами соответствующих операций и вызывает их непредвиденный выход из строя; появлению пооперационного брака, в итоге – брака готовой продукции. В результате – при качественном ТП эффективность производства падает.

Поэтому для стабилизации производства и его технико-экономических характеристик появляется необходимость периодического контроля физического состояния АЛЛ и другого оборудования на предмет соответствия их параметров нормативным данным.

Для решения поставленной задачи требуется: проанализировать технологическое состояние линии в позициях, существенно влияющих на качество промежуточной и основной литейной технологии; разработать методику пооперационного контроля технологического состояния линии с точки зрения ее технологической точности; определить перечень технологических мероприятий по устранению отклонения узлов и деталей линии от параметров технической документации.

Общие положения, касающиеся технологической точности

Технологической называется точность (ТТ), с которой отливки передаются на механическую обработку. Технологическая точность оборудования (ТТО) – это степень приближения его параметров к нормативным.

Нормативные данные конструктивных параметров оборудования разрабатываются при его проектировании с назначением допусков, обеспечивающих в течение определенного времени целостность конструкции, исполнения технических и технологических требований к изготавливаемым отливкам.

Проверка ТТО осуществляется при монтаже нового оборудования, после его ремонта и в принудительном порядке в процессе его эксплуатации.

Проверка ТТ должна проводиться в полном соответствии с предлагаемой методикой, составленной на основе общих рекомендаций для оборудования РД 24.022.09–87, ГОСТ Р 52745–2021 и оснастки – ГОСТ 31.0000.01–90 [1, 2, 3].

Периодичность проверки определяется графиком проверок технического состояния АЛЛ, составленным главным механиком цеха, на которого возлагается и организация этого мероприятия. Проверке ТТ необходимо подвергать не менее 10 % всех эксплуатируемых на линии опок. При этом, если нормам ТТ не отвечают более 1/3 проверенных опок, то проверке следует подвергнуть все опоки.

Настоящий ТП разработан для автоматической формовочной линии ИЛ 225, но может быть использован и для других АЛЛ, подобных по компоновке использованных функциональных агрегатов и технологических транспортных средств [4, 5].

Определение достаточного перечня операций технического контроля и разработка содержания пооперационного контроля

Перечень проверок определяется исходя из того, что их объем должен быть минимальным, но достаточным для оценки ТТО. Причем назначаются только те позиции контроля, которые непосредственно влияют на точность выполнения закрепленных за конкретными агрегатами соответствующих технологических операций [5].

Практически любое литейное оборудование (в особенности формовочное) при монтаже устанавливается на фундамент. Под действием вибрации, инерционных нагрузок и прочего, возникающих во время работы этого оборудования, фундамент проседает, деформируется, изменяя при этом установочное положение механизма.

Применительно к АЛЛ – это относится к формовочным автоматам, в которых нарушается их установочное положение (рабочий стол отклоняется от горизонтали; перпендикулярные ему элементы отклоняются от вертикали). Это приводит к неравномерному распределению плотности смеси в объеме опоки, что сказывается на чистоте поверхности отливок; к ускоренному износу функционирующих штырей на модельной плите и втулок в опоке; вызывает брак по смещению контура отливки в плоскости разъема опок.

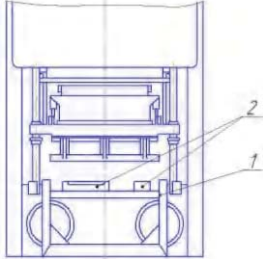
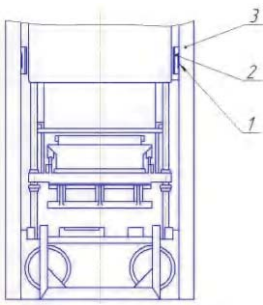
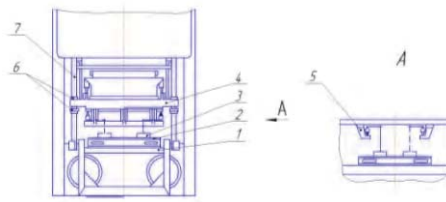
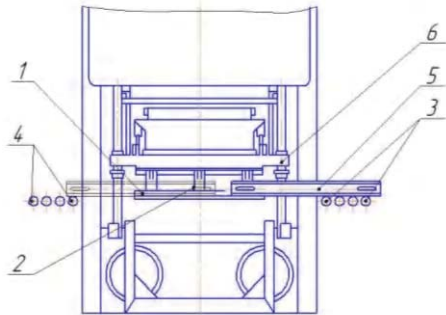
Элементом силового воздействия на формовочную смесь в автомате АЛЛ является прес-

совая плита, которая жестко крепится на подвижной плите автомата, а последняя перемещается по его вертикальной направляющей.

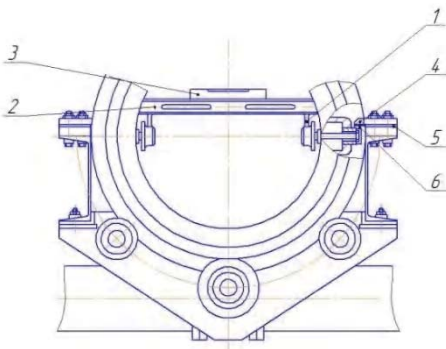
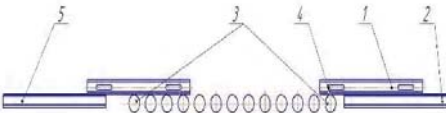
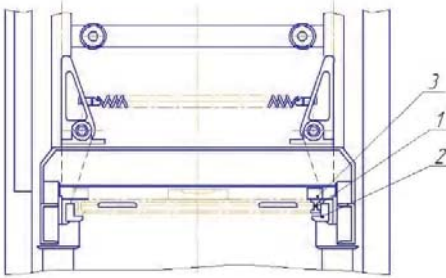
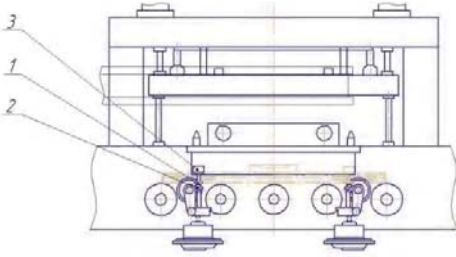
Износ подвижных элементов в месте контакта приводит к увеличению зазора между

ними, относительному перекосу при движении и, в конечном счете, несовпадению прессовой плиты с размерами в свету опоки; негоризонтальному контрладу полуформы (см. таблицу ниже, п. 1).

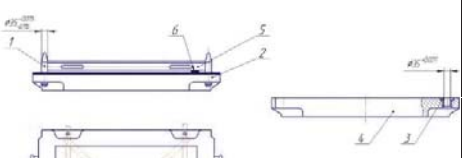
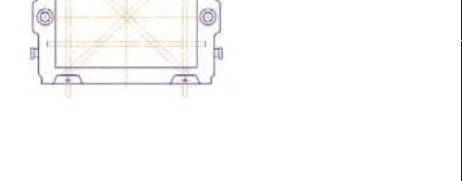
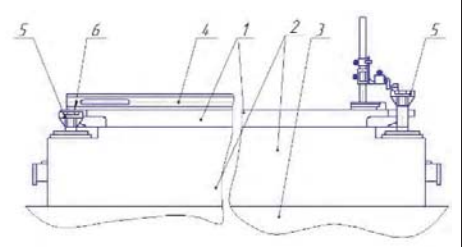
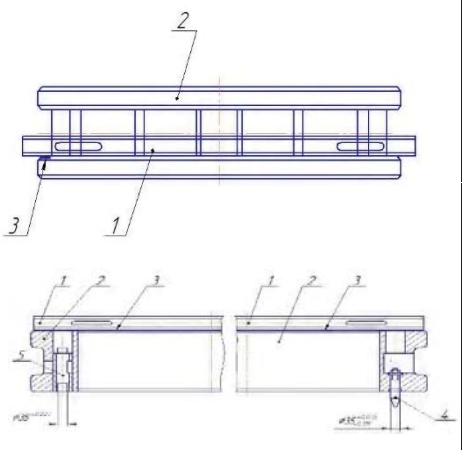
Требуемые операции технического контроля

№ п/п	Перечень операций технического контроля	Схема контрольной операции	Содержание операции
1	Проверка точности установки автомата на фундаменте		Положить на подмодельную плиту 1 автомата уровень 2 и, переставляя его в продольном и поперечном направлениях, зафиксировать положение автомата по наибольшему показанию уровня
2	Проверка зазоров в направляющих подвижной плиты автомата		Зафиксировать шупом 1 зазор между направляющими 2 подвижной плиты и рабочими поверхностями колонн 3 на всей длине движения плиты
3	Проверка параллельности этих операций элементов относительно друг друга		1. Положить на подмодельную плиту 1 поверочную линейку 2 и установить на нее штатив с индикатором 3 так, чтобы его наконечник касался нижней поверхности наполнительной рамки 4. 2. Проверить параллельность нижней поверхности наполнительной рамки подмодельной плиты, перемещая индикатор по линейке вдоль четырех сторон периметра наполнительной рамки. Отклонение определить как разность наибольшего и наименьшего показаний индикатора. 3. Повторить переходы 1 и 2 для рабочих поверхностей рамки 5
4	Проверка расположения в одной плоскости рабочих поверхностей направляющих наполнительной рамки автомата и поверхностей опорных точек падающего и приемного рольгангов		1. Установить наполнительную рамку 1 в верхнее положение, при котором рабочие поверхности ее направляющих 2 находятся на уровне рабочих точек роликов падающего 3 и приемного 4 рольгангов. 2. Положить линейку 5 на опорные точки роликов подающего рольганга так, чтобы она одним концом лежала на рабочих поверхностях направляющих наполнительной рамки. 3. Замерить шупом 6 зазор между линейкой и рабочими поверхностями направляющих наполнительной рамки. 4. Повторить п.2 для приемного рольганга. 5. Замерить шупом зазор между линейкой и опорными точками роликов приемного рольганга

Продолжение таблицы

№ п/п	Перечень операций технического контроля	Схема контрольной операции	Содержание операции
5	Проверка горизонтальности рольгангов кантователя		1. Положить на обе стороны рольганга кантователя, зафиксированного упорами в горизонтальном положении, две поверочные линейки 1, поперек которых сверху установить поверочную линейку 2. 2. Установить уровень 3 на линейку 2 и, переустанавливая его вдоль линейки 1, найти отклонение от горизонтального расположения как разность максимальных показателей уровня
6	Проверка расположения в одной плоскости поперечного рольганга и обеих подъемных рамок, находящихся в верхнем положении		1. Положить поверочную линейку 1 на одну из направляющих 2 подъемной рамки, находящейся в верхнем положении таким образом, чтобы один конец линейки находился над первым роликом поперечного рольганга 3. 2. Замерить щупом 4 зазор между роликом и линейкой. 3. Положить линейку на ролики рольганга так, чтобы ее конец находился на одной из направляющих 5 подъемной рамки. 4. Замерить щупом зазор между линейкой и направляющей. 5. Повторить переходы 1...4 для двух других направляющих
7	Проверка расположения в горизонтальной плоскости направляющих верхней полуформы		1. Положить поверочную линейку 1 на одну из направляющих 2 верхней полуформы механизма сборки форм. 2. Установить уровень 3 на линейку и зафиксировать его показания. 3. Повторить переходы 1...2 для других направляющих. 4. Положить линейку так, чтобы она обоими концами лежала на двух направляющих верхней полуформы. 5. Установить уровень на линейку и зафиксировать максимальное показание его, передвигая линейку вдоль направляющих
8	Проверка направляющих подъемной рамки механизма сборки		1. Положить поверочную линейку 1 на одну из направляющих 2 подъемной рамки механизма сборки форм. 2. Установить уровень 3 на линейку и зафиксировать его показания. 3. Повторить переходы 1 и 2 для другой направляющей. 4. Положить линейку так, чтобы она обоими концами легла на обе направляющие подъемной рамки. Установить уровень на линейку и зафиксировать максимальное показание уровня, передвигая линейку вдоль направляющих

Окончание таблицы

№ п/п	Перечень операций технического контроля	Схема контрольной операции	Содержание операции
9	Проверка точности посадки втулок на штыри при спаривании полуформ		1. Установить с помощью толкателя полуформу низа на направляющие подъемной рамки сборщика форм до упора. 2. Повторить то же для полуформы верха. 3. Произвести спаривание полуформ, следя за точностью посадки втулок на штыри
10	Проверка износа штырей и втулок подмодельных плит и плоскости рабочей поверхности подмодельной плиты		1. Замерить диаметр круглого штыря 1 подмодельной плиты низа. 2. Замерить внутренний диаметр круглой втулки 3 подмодельной плиты верха 4
11			1. Положить поверочную линейку 5 на рабочую поверхность подмодельной плиты 2 2. Замерить щупом 6 зазоры между линейкой и рабочей поверхностью плиты, переставляя линейку по эскизу
12	Проверка расположения торцов штоков протяжки в плоскости, параллельной плоскости подмодельной плиты		1. Установить подмодельную плиту 1 и плиту-стул 2 на нижнюю плиту 3 автомата. 2. Положить поверочную линейку 4 на подмодельную плиту так, чтобы один ее конец находился над торцом штока 5, установленного в нижнее положение. 3. Замерить щупом 6 зазоры между линейкой и торцом четырех штоков. 4. Перевести штоки протяжки в верхнее положение. 5. Замерить штангенрейсмасом 7 расстояние от рабочей поверхности плиты до торцов четырех штоков и сравнить показания
13	Определение технического состояния оснастки в план проверки технологической точности		1. Положить поверочную линейку 1 на внутреннюю часть бурта короткой стороны опоки 2. 2. Замерить щупом 3 величину износа (зазора) края бурта длинной стороны опоки. 3. Повторить переходы 1 и 2 на противоположной стороне опоки
14			1. Положить поверочную линейку 1 на одну из сторон лада опоки 2. 2. Замерить щупом 3 зазоры между поверхностью лада и линейки, переустанавливая линейку на каждые стороны опоки
15			1. Замерить диаметр круглого штыря 4 опоки низа. 2. Замерить внутренний диаметр круглой втулки 5 опоки верха

В качестве наполнительной рамки на автомате служит плита определенной толщины, которая перемещается вверх-вниз по направляющим. Нижняя поверхность наполнительной рамки, плоскость направляющих и верхний торец опоки должны быть параллельны друг другу. В противном случае при движении вниз наполнительной рамки (плиты) опока будет с перекосом садиться на штыри модельной плиты, вызывая быстрый износ пары «штырь – втул-

ка». При движении вверх полуформа будет с трудом сниматься со штырей, вызывая подрыв или обвал полуформы (см. таблицу выше, п. 2).

На позицию формовки пустая опока подается на автомат приводным рольгангом, и готовая полуформа с направляющих наполнительной рамки сталкивается в направлении движения потока на рольганг. Важно, чтобы в первом случае ролики рольганга не находились ниже опорных площадок направляющих наполни-

тельной рамки, во втором – выше. Настроечный вариант – на одном уровне. В противном случае линию приходится останавливать из-за сбоя темпа АЛЛ на позиции формовки. Это может произойти из-за нарушения точности установки рольганга на фундамент или, что чаще всего, из-за абразивного износа контактных поверхностей направляющих наполнительной рамки и буртов опоки (см. таблицу, п. 3).

Кантователь линии представляет собой барабан, состоящий из двух колец, соединенных между собой двумя коробами, в которых установлены ролики так, что их ряд является продолжением падающего и принимающего роликов транспортных ветвей линии (см. таблицу, п. 4). Ролики имеют диаметр на 5...10 мм меньше, чем расстояние между буртами опоки. Опока, вдвигаемая в кантователь, верхним буртом движется по роликам. При повороте барабана на 180° опока будет опираться на те же ролики, но другим буртом. Для фиксации положения барабана существует амортизирующий ограничитель поворота.

Для этой позиции важно, чтобы при остановке барабана его ролики занимали строго горизонтальное положение и лежали в одной плоскости с роликами подающего и приемного рольгангов; в противном случае будет происходить сбой темпа работы линии. Это случается из-за разрегулированности ограничителя поворота барабана и нарушения надежности крепления деталей данного узла в результате динамического режима работы конструкции.

Охлаждающая ветвь АЛЛ представляет собой двухярусный роликовый рольганг. По верхнему ярусу формы на подопочных штырях перемещаются в сторону участка выбивки. На последней позиции щиток с формой надвигается на подъемную рамку пневматического подъемного устройства, которая находится в верхнем положении – на уровне роликов поперечного приемного рольганга, и форма сталкивается со щитком на выбивное устройство. Подъемным механизмом рамка с щитком опускается на уровень нижнего рольганга. Щиток сталкивается с рамки и движется в обратном направлении. В конце пути щиток надвигается на рамку другого подъемного устройства, которое поднимает ее вверх – на уровень роликов поперечного падающего рольганга (см. таблицу, п. 5). С этого рольганга форма сталкивается на подготовленный щиток, который движется в сторону выбивки. Важно, чтобы рабочие по-

верхности обеих рамок в своем верхнем положении находились в одной плоскости с роликами поперечных рольгангов; в противном случае происходит сбой режима работы АЛЛ.

Механизм сборки форм представляет собой подъемное устройство, расположенное в пересечении двух рольгангов. Полуформы для сборки заталкиваются в этот механизм одновременно, перпендикулярно друг другу и на разных уровнях. Полуформы верха с поперечного рольганга подвигаются на свои направляющие, смонтированные на верхней каретке устройства. Полуформы низа попадают в устройство с подающего приводного рольганга на направляющие подъемной рамки.

При сборке полуформ каретка опускается вниз и соединяет их. Важно обеспечить абсолютную горизонтальность плоскостей направляющих верхних полуформ и направляющих подъемной рамки механизма сборки форм с целью сохранения не этой позиции параллельности плоскостей подъема форм, которая нарушается в результате абразивного износа этих направляющих и рабочих поверхностей буртов опоки (см. таблицу, п. 6). Возникающие отклонения от размерной точности этих деталей приводят к зависанию полуформ верха на штырях и их разрушению при внешнем воздействии для устранения нештатного положения.

Предыдущие позиции контролируют перекос (отсутствие параллельности) плоскостей разъема полуформ верха и низа относительно друг друга при сборке форм (см. таблицу, п. 7, 8). Однако недопустимо и смещение полуформ верха и низа относительно друг друга на позиции сборки. В этом случае выбирается зазор поля допуска фиксирующей положение опок пары «штырь – втулка», они трутся друг об друга при сборке формы и быстро изнашиваются.

Поэтому допустима дополнительная контрольная операция (см. таблицу, п. 9), заключающаяся в проверке точности посадки втулок на штыри при спаривании полуформ.

Операция получения полуформ на автомате АЛЛ включает в себя посадку на штыри модельной плиты пустой опоки, заполнение ее формовочной смесью и уплотнение смеси, протяжку готовой полуформы. В результате этих манипуляций происходит абразивный износ трущихся деталей «втулка – штырь» и модельной плиты в месте контакта с опокой.

В результате этого в первом случае происходит смещение полуформ по линии разъема

с соответствующим изменением геометрии отливки, во втором – поднятие лада полуформы относительно плоскости разъема и заход металла при заливке в образовавшийся зазор между полуформами.

Для исключения брака отливок по вышеназванным причинам необходимы контрольные позиции (см. таблицу, п. 10, 11), которые предусматривают проверку износа штырей и втулок подмодельных плит и плоскости рабочей поверхности подмодельной плиты.

Протяжка моделей на автомате АЛЛ производится условно в два этапа. На первом этапе полуформа снимается со штырей подмодельной плиты с помощью штоков протяжного устройства, которые перемещаются вверх за счет срабатывания кривошипного механизма, обеспечивая целостность полуформе. На втором этапе полуформа подхватывается направляющими движущейся вверх плитой наполнительной рамки. Для соблюдения этого условия в план проверки технической точности необходимо включать контрольную операцию (см. таблицу, п. 12), которая предусматривает проверку расположения торцов штоков протяжки в плоскости, параллельной плоскости подмодельной плиты.

При выверенной технологической точности оборудования на качество продукции влияет износ оснастки: рабочей поверхности подмодельной плиты (см. таблицу, п. 11); поверхностей опок, скользящих по направляющим, штырей и втулок опок и подмодельных плит, коробление опок.

Для определения технического состояния оснастки в план проверки ТТ закладываются контрольные операции № 13, 14 и 15 (см. таблицу, п. 13, 14, 15).

На основании определения минимального перечня технического контроля разработан пооперационный контроль ТТ механизмов АЛЛ.

Выводы

1. Проведено обоснование необходимости контроля технологического состояния сложного литейного оборудования.

2. Выявлены функциональные позиции АЛЛ (на примере АЛЛ мод. ИЛ225), механизмы которых существенно влияют на качество промежуточной и конечной литейной продукции, работоспособность линии, ее производительность, продолжительность межремонтного цикла и пр.

3. Разработана методика периодического контроля ТТ АЛЛ и используемой оснастки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. РД 24.022.09-87. Отраслевая система технологической подготовки производства. Правила проверки оборудования на технологическую точность. – М. : Министерства тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения от 28.12.87 N ВА-002-1/5843 <http://docs.cntd.ru/document/1200073808>.

2. ГОСТ Р 52745–2021. Комплексная система контроля качества. Оценка соответствия материалов, полуфабрикатов и иной продукции, используемых при изготовлении изделий авиационной и иной техники гражданского, оборонного и двойного применения, на предприятиях-поставщиках. Общие требования. – М. : Российский институт стандартизации, 2021. – 22 с.

3. ГОСТ 31.0000.01–90. Технологическая оснастка. Основные положения. – М. : Министерства тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения, 1991. – 14 с.

4. Каталог литейного оборудования, созданного на заводе «Станколит». – М. : ВНИИ и ТЭИ по машиностроению и робототехнике, 1991. – 112 с.

5. Литейные машины : Номенклатурный справочник. – М. : НИИмаш, 1980. – 156 с.