

С.П. Еронько /д.т.н./, А.Л. Сотников /к.т.н./, М.Ю. Ткачев

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет» (Донецк, Украина)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЫСТРОЙ СМЕНЫ ПОГРУЖНЫХ СТАКАНОВ ДЛЯ СЕРИЙНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ НА СЛЯБОВЫХ МНЛЗ

Приведены конструктивные особенности и технические характеристики новой разливочной системы промежуточного ковша слябовой МНЛЗ, использование которой позволяет повысить производительность машин непрерывного литья заготовок и улучшить качество получаемой на них металлопродукции.

Ключевые слова: *промежуточный ковш, манипулятор, стопорный механизм, погружной стакан, кристаллизатор.*

Постановка проблемы

Главными критериями оценки эффективности функционирования машины непрерывного литья заготовок являются ее производительность и качество получаемой металлопродукции. В связи с этим значительная часть научно-исследовательских и конструкторских работ, выполненных за последние годы в стране и за рубежом, были направлены на повышение указанных показателей [1, 2].

Производительность МНЛЗ зависит, как известно, от скорости вытягивания заготовки, которая в свою очередь регламентирована интенсивностью и равномерностью отвода тепла от кристаллизующегося металла. Для улучшения условий формирования корочки заготовки и повышения количества тепла, отводимого в единицу времени от ее поверхности, ведущие зарубежные производители разливочного оборудования предложили ряд разработок, связанных с совершенствованием конструктивных элементов кристаллизаторов МНЛЗ и позволивших повысить скорость разливки, однако при этом заметно стали проявляться побочные эффекты, связанные с турбулентным режимом движения потоков металла в объеме, ограниченном образующейся корочкой слитка. Для снижения степени их негативного влияния на оптимальные условия формирования корочки слитка и глубины проникновения нежелательных примесей в кристаллизующийся металл в настоящее время прибегают к использованию весьма дорогостоящих систем электромагнитного торможения металлических потоков, что ухудшает итоговые экономические показатели производства непрерывнолитой заготовки. Поэтому в качестве альтернативной меры, направленной на повышение производительности современных МНЛЗ, следует признать увеличение серийности разливки стали, благодаря чему растет выход годного и уменьшаются простои оборудования, связанные с техническими паузами, обусловленными остановкой машины после завершения разливки нескольких плавок и подготовкой ее к очередному запуску [3, 4]. Следует отметить, что преимущества непрерывной разливки качественной стали на слябовую заготовку длинными сериями в полной мере проявляются в том случае, когда промежуточный ковш машины оборудован системой быстрой смены погружных стаканов, защищающих разливаемый металл от вторичного окисления. По ряду известных причин [5] канал защитного огнеупорного изделия часто зарастает вследствие отложения на его стенках тугоплавких неметаллических включений, а это неизбежно ведет к нарушению скоростного режима разливки, установленного технологической инструкцией, и вызывает необходимость замены отработанного стакана новым. Если длительность такой операции не превышает 0,3 – 0,5 с, то струя истекающей в кристаллизатор стали практически не прерывается, что исключает появление у

отливаемой заготовки участка с неоднородной макроструктурой, который подлежит последующему удалению и используется в качестве оборотного лома. В связи с этим промежуточные ковши современных слябовых МНЛЗ укомплектованы системами быстрой замены погружных стаканов, разработанных известными фирмами "Interstop Corp." (США), "Vesuvius Group" (Бельгия) и "Danieli & C. Officine Meccaniche S.p.A." (Италия). В системах, предлагаемых потенциальному потребителю зарубежными фирмами, замена погружного стакана осуществляется в два этапа. Вначале предварительно разогретый резервный стакан вручную или с помощью специального манипулятора устанавливают на приемные салазки разливочного устройства за отработанным огнеупором по ходу его возможного перемещения. После отвода захватного устройства манипулятора в сторону в замковой части разливочной системы фиксируют силовой гидроцилиндр, центрируя его шток относительно продольной оси сменного огнеупора. В нужный момент, подав из гидроаккумулятора в полость силового цилиндра под избыточным давлением рабочую жидкость, в течение долей секунды осуществляют одновременное перемещение обоих погружных стаканов на заданное расстояние, в результате чего резервный огнеупорный элемент практически без прерывания струи занимает рабочую позицию и выталкивает изношенный, который затем удаляют из-под ковша. После завершения операции смены погружного стакана силовой гидроцилиндр отсоединяют от замкового узла разливочного устройства. При такой конструктивной схеме процесс замены погружного стакана не может быть осуществлен сразу же после размещения резервного огнеупорного изделия на исходной позиции из-за необходимости предварительного выполнения нескольких дополнительных операций по установке силового гидроцилиндра, требующих определенных затрат рабочего времени. На некоторых зарубежных машинах для облегчения подачи гидроцилиндра к разливочному устройству и последующего отвода от него предусмотрено применение дополнительного манипулятора с ручным приводом, что вызывает определенные неудобства из-за отсутствия свободного места на рабочей площадке у промежуточного ковша. Указанные обстоятельства послужили побудительными мотивами к созданию усовершенствованной системы быстрой смены погружных стаканов, которая позволяла бы решить отмеченные проблемы.

Анализ последних исследований и публикаций

Результаты литературного и патентного поиска, выполненного по изучаемой проблеме, показали, что в технической литературе последних лет практически отсутствуют статьи, в которых изложены в доступной форме методология расчета конструктивных и энергосиловых параметров образцов оборудования, введенных в эксплуатацию за рассмотренный десятилетний период. Это обусловлено стремлением зарубежных разработчиков защитить свои технические секреты от возможных конкурентов, поэтому они, как правило, ограничиваются предоставлением информации, носящей рекламный характер. Отсутствие результатов теоретических и практических исследований нового металлургического оборудования вносит значительные осложнения в процесс подготовки технических специалистов, которым предстоит в ближайшем будущем участвовать в разработке и эксплуатации новых машин и агрегатов горно-металлургического комплекса.

Кафедра механического оборудования заводов черной металлургии Донецкого национального технического университета одна из немногих в Украине продолжает в нынешних непростых для высшей школы условиях вести работы, связанные с расчетом и конструированием основного и вспомогательного технологического оборудования, использует их результаты в учебном процессе, предварительно представляя к широкому обсуждению запатентованные новые технические решения и методики определения параметров машин и агрегатов, создаваемых на их основе [6 - 9].

Цель (задачи) исследования

Целью настоящего исследования была разработка и обоснование конструктивных и энергосиловых параметров системы быстрой смены погружных стакнов, при функционировании которой исключался бы тяжелый физический труд обслуживающего персонала, сокращалось время проводимой технологической операции, минимизировались энергетические затраты на ее выполнение и рационально использовалось свободное место на рабочей площадке.

Основной материал исследования

Учитывая достоинства и недостатки, выявленные при эксплуатации зарубежных образцов оборудования, предназначенного для выполнения механизированной замены погружных стаканов в условиях серийной разливки стали на слябовых МНЛЗ, сотрудниками кафедры МОЗЧМ была предложена новая конструктивная схема системы быстрой смены защитных огнеупорных изделий, включающей стационарно размещенный на рабочей площадке манипулятор и закрепленное на наружной поверхности днища промежуточного ковша разливочное устройство, снабженное погружным огнеупорным стаканом. Манипулятор позволяет в заданной последовательности без применения дорогостоящих средств автоматики обеспечить подачу сменного погружного стакана по расчетной траектории на приемные салазки разливочного устройства промежуточного ковша и силового гидроцилиндра, осуществляющего по команде перемещение стакана из исходной позиции в рабочую. Манипулятор (рис.1) состоит из основания 16, на котором смонтирована поворотная колонна 15, установленная в нижней 17 и верхней 14 неподвижных подшипниковых опорах и снабженная пустотелой консолью 2, жестко связанной с платформой 9. На этой платформе размещен силовой гидроцилиндр 7 и на цапфах 4 и 6 закреплена скоба 8, несущая сменный погружной стакан 5. Скоба 8 имеет возможность поворота в вертикальной плоскости относительно пустотелой консоли с помощью механизма, включающего трансмиссионный вал 3, установленный внутри консоли в подшипниковых опорах 10 и 11 и удерживающий на конце, обращенном к поворотной колонне 15, рычаг 12, снабженный роликом 13, размещенным в профилированном направляющем пазу, выполненном на наружной цилиндрической поверхности корпуса верхней неподвижной подшипниковой опоры 14 поворотной колонны. Другой конец трансмиссионного вала жестко связан с цапфой 4 несущей скобы 8. Нижняя часть поворотной колонны 15 снабжена зубчатым венцом 1, посредством зубчатых передач связанным с электромеханическим приводом 18, закрепленным на основании 16.

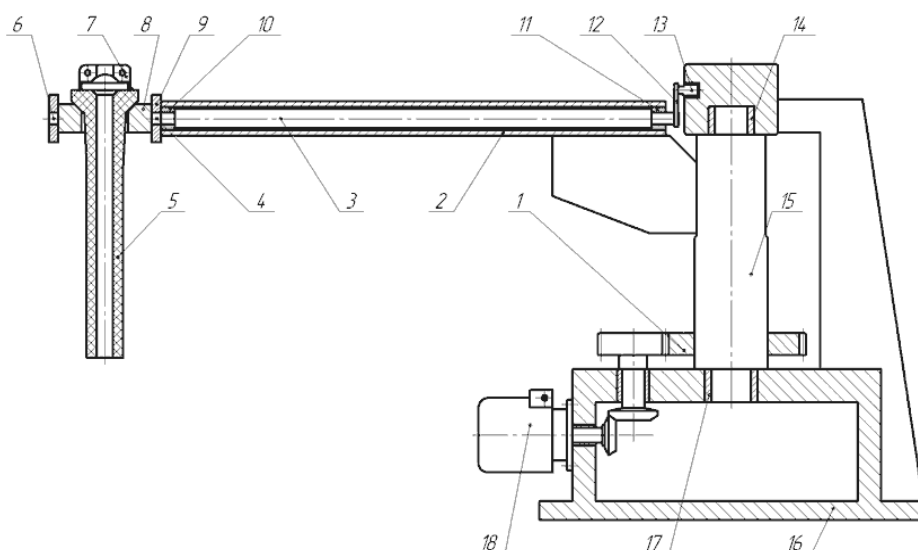
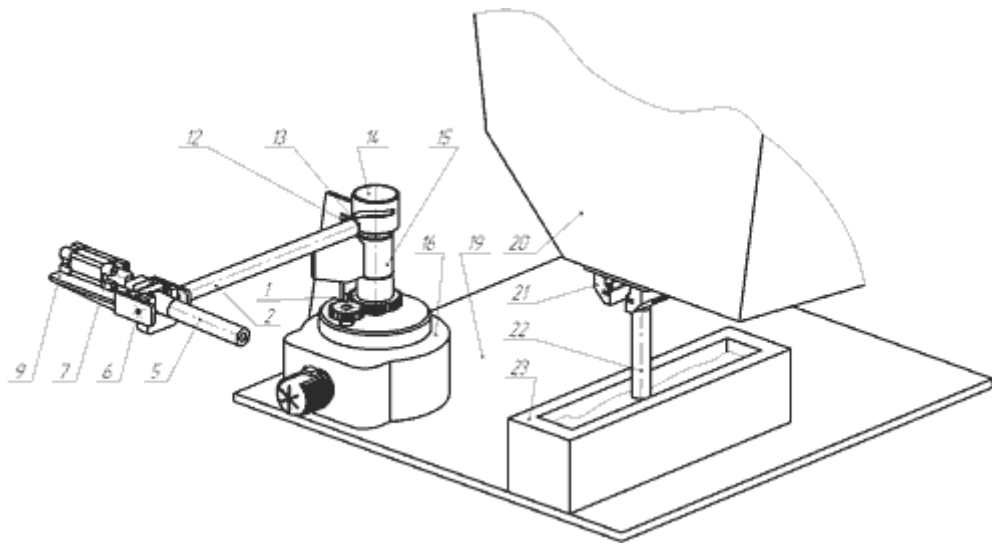


Рисунок 1 - Схема разработанной системы быстрой смены погружного стакана

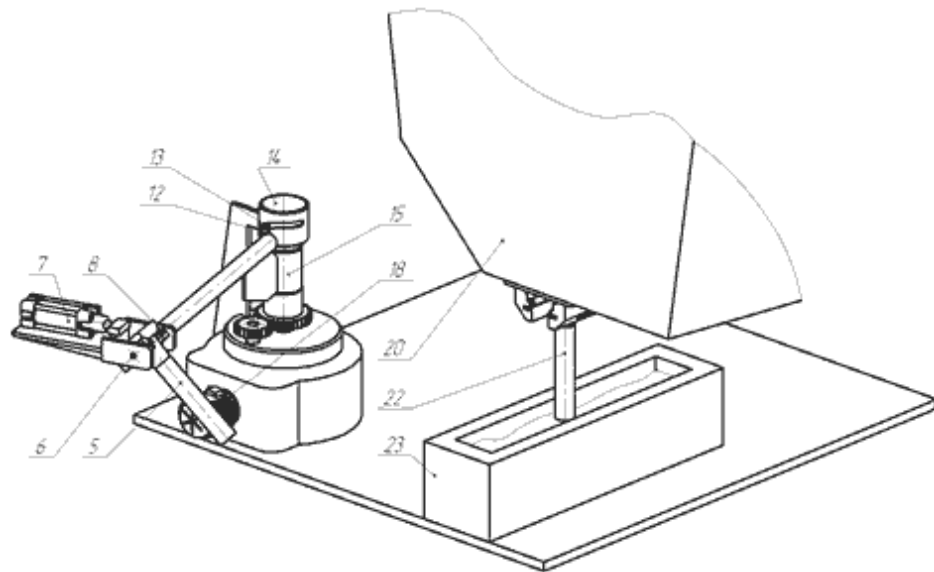
Принцип работы предлагаемой системы быстрой замены погружных стаканов поясняет рис.2. Во время серийной разливки стали манипулятор расположен в исходной позиции на рабочей площадке 19 перед промежуточным ковшом 20, оборудованным разливочным устройством 21, снабженным защитным стаканом 22, нижняя часть которого погружена в расплав, находящийся в кристаллизаторе 23. В этой позиции поворотная колонна 15, консоль 2 и несущая скоба 8 с установленным в ней сменным погружным стаканом 5 занимают относительное положение, показанное на рис. 2а. При этом разогретый до нужной температуры сменный стакан 5 расположен горизонтально и удерживается зажимами несущей скобы 8, развернутой в вырезе платформы 9. Фиксация скобы со стаканом относительно платформы обеспечена трансмиссионным валом 3, рычаг 12 которого своим роликом 13, находящимся в профилированном направляющем пазу, удерживает указанные элементы механизма в заданном положении.

Для замены погружного стакана запускают привод 18, который через зубчатые передачи и венец 1 осуществляет поворот колонны 15 в нижней 17 и верхней 14 неподвижных подшипниковых опорах. Вместе с колонной поворачивается пустотелая консоль 2 и установленный внутри неё в подшипниковых опорах 10 и 11 трансмиссионный вал 3 (см. рис. 1) с прикрепленным рычагом 12. Ролик 13, перекатываясь в направляющем пазу, выполненном на наружной цилиндрической поверхности верхней неподвижной опоры 14, воздействует на конец рычага 12, поворачивающего трансмиссионный вал в опорах 10 и 11 относительно консоли 2. Вращение вала 3 через цапфу 4 передается скобе 8, которая осуществляет поворот относительно платформы 9 сменного погружного стакана 5 (рис. 2 б) до полного его перевода в вертикальное положение. Этот перевод завершится при подходе стакана к торцу разливочного устройства 21 и расположении его соосно с направляющими. После этого силовым цилиндром 7, расположенным на платформе 9, сменный стакан 5 перемещается по направляющим разливочного устройства 21 до тех пор, пока он не займет место вышедшего из строя погружного стакана 22, экранирующего струю стали, истекающей из промежуточного ковша 20 в кристаллизатор 23 (рис. 2 в). Скорость перемещения стаканов такова, что процесс их замены длится 0,2 – 0,3 с, т.е практически без прерывания струи жидкой стали. Заменённый погружной стакан удаляют из направляющих пазов разливочного устройства с помощью специального приспособления, а консоль манипулятора возвращается в исходную позицию при повороте колонны в обратном направлении. В исходной позиции элементы конструкции манипулятора не препятствуют перемещению тележки с промежуточным ковшем при аварийном съезде или в случае передачи ковша на ремонтную площадку для замены его футеровки [10].

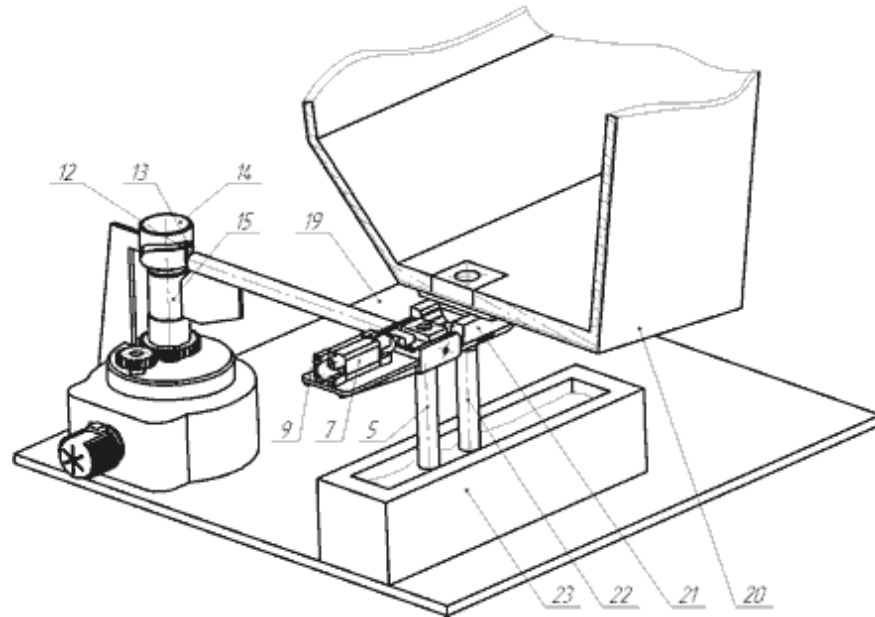
Перед проектированием промышленного образца предложенной системы быстрой замены погружных стаканов предварительно были разработаны методики расчета энергосиловых параметров приводов механизмов, входящих в ее состав: комбинированного электромеханического, обеспечивающего одновременный поворот колонны с консолью в горизонтальной и сменного стакана в вертикальной плоскостях [11], а также гидравлического, осуществляющего ускоренное перемещение заменяемого и нового стаканов по опорным направляющим разливочного устройства [12, 13]. При расчете энергосиловых параметров гидравлического привода механизма учитывается то обстоятельство, что в процессе замены погружного стакана на элементы разливочного устройства промежуточного ковша МНЛЗ действуют статические и динамические нагрузки, численные значения которых могут существенно изменяться в зависимости от условий применения разрабатываемой механической системы. Статические силы сопротивления, препятствующие перемещению огнеупорных стаканов, обусловлены с одной стороны трением, возникающим на контактных поверхностях стаканов, а также в опорном узле между металлической обоймой погружного стакана и прижимными штифтами или телами качения, а с другой стороны – дополнительной



а



б



в

Рисунок 2 - Последовательность выполнения операции быстрой смены погружных стаканов

нагрузкой, связанной с разрушением слоя отложений оксидов алюминия или корочки застывшего металла на стенках канала [14].

Полученные теоретические результаты получили практическое подтверждение в ходе тестирования физического аналога разливочного устройства. Во время проводившихся лабораторных экспериментов изучали характер изменения усилия, требуемого для перемещения погружного стакана, а также оценивали соотношение статических и динамических нагрузок, действующих на привод в различных условиях контакта огнеупорных элементов в процессе их замены. Статическое сопротивление проталкиванию резервного погружного стакана с исходной позиции в рабочую обусловлено силами трения, возникающими при относительном перемещении двух пар контактирующих поверхностей деталей, прижатых одна к другой для предотвращения прохода между огнеупорами жидкой стали под воздействием ферростатического давления. При этом одна пара трения образована плоскими поверхностями огнеупорных изделий, а вторая – поверхностью металлической обоймы погружного стакана и прижимающими ее элементами опорного узла разливочной системы. Естественно, статическая сила сопротивления, действующая на привод, зависит от состояния трущихся поверхностей и усилия их прижатия, а точность ее определения от коэффициентов трения скольжения, реальные значения которых могут не совпадать по ряду причин со справочными данными.

Для каждого фиксированного значения силы прижатия сменного огнеупорного элемента провели по три контрольных замера. Во время первого измерения подачу рабочей жидкости в полость силового гидроцилиндра осуществляли насосом с отключением гидроаккумулятора. При этом длительность процесса замены погружного стакана составляла от 2,8 до 3,2 секунд, а развиваемые линейные ускорения были незначительными ($0,06 - 0,08 \text{ м/с}^2$), в связи с чем нагрузка на привод определялась лишь силами трения, действующими на контактных поверхностях трущихся пар.

Второй опыт проводили при включенном гидроаккумуляторе, что позволяло резко ускорить перемещение комплекта огнеупорных элементов и сократить длительность процесса замены погружного стакана до $0,28 - 0,33 \text{ с}$. В этом случае в момент контакта элементов системы наряду со статической действовала ударно-динамическая нагрузка.

В третьем опыте моделировали быструю замену погружного стакана, осуществляемую из-за зарастания его канала, т.е. при наличии в нем свинцовой втулки.

Характерный вид регистрировавшихся сигналов показан на рис.3, а результаты обработки полученных данных приведены в таблице.

Силу, необходимую для разрушения металлической корки (свинцовой втулки), определяли как разность между пиковыми значениями общей нагрузки, зафиксированными в третьем и втором опытах, а ударно-динамическую силу – как результат, полученный вычитанием из совокупного значения нагрузки суммы значений статических сил, препятствующих перемещению погружных стаканов в процессе их смены.

На основании информации, приведенной в таблице 1, можно утверждать о превалирующем влиянии силы прижатия погружного стакана на все виды нагрузок, преодолеваемых гидравлическим приводом разливочного устройства.

Результаты визуального контроля состояния контактных поверхностей погружных стаканов и образующихся срезов свинцовых втулок свидетельствуют о том, что наличие металлической корки в канале огнеупорного элемента вызывает расклинивающие усилия, которые могут превысить обеспечиваемую силу его прижатия, в результате чего возможен проход жидкой стали в образующийся зазор. Так, при значениях силы прижатия 1000 и 2000 Н на срезах свинцовых втулок образовались заусенцы, проникшие между контактными поверхностями огнеупорных элементов, что свидетельствовало о наличии зазора, появившегося в момент разрушения имитатора настыли.

С другой стороны, необоснованное увеличение силы прижатия огнеупорного элемента может привести к возникновению значительных контактных напряжений в теле стакана-дозатора, вызванных совместным действием статических и ударных нагрузок. Например, при силе прижатия, превышающей 4000 Н, пиковое значение нагрузки,

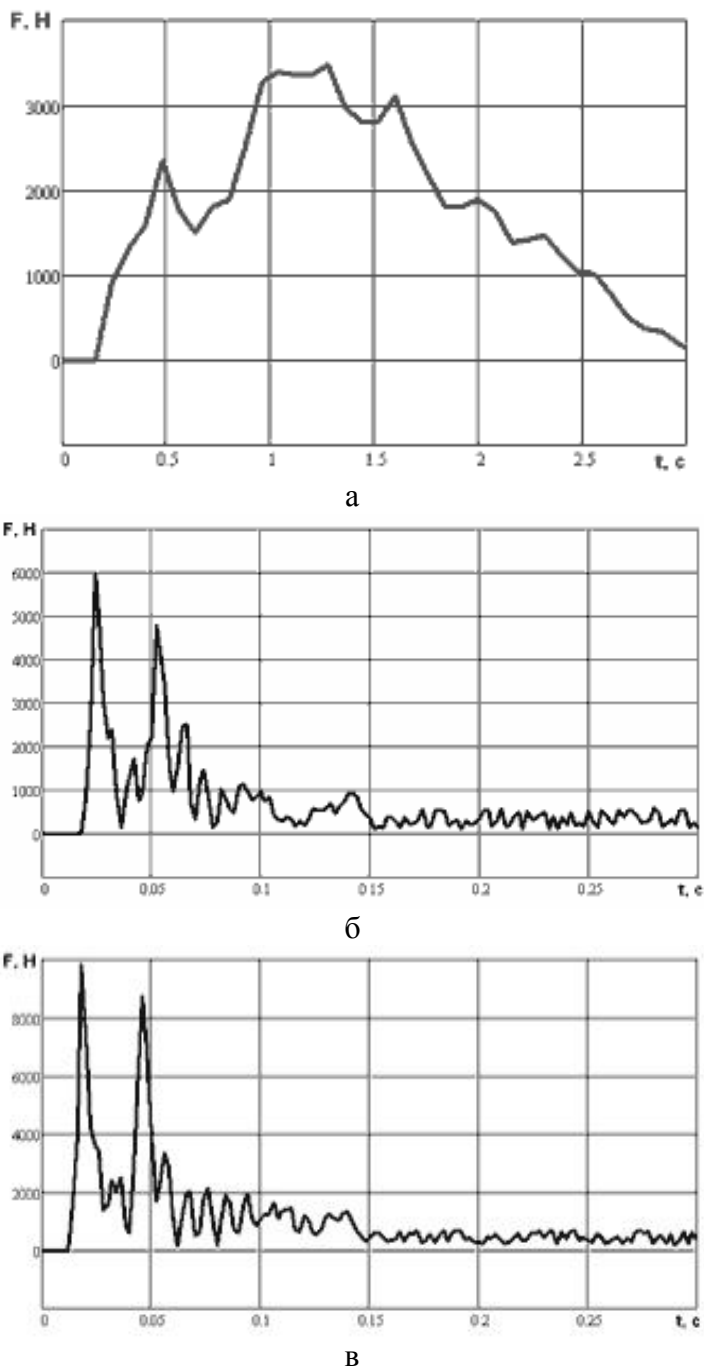


Рисунок 3 - Зафиксированная нагрузка на привод устройства при различных условиях процесса замены погружного стакана:

- а) средняя скорость перемещения стакана 0,03 м/с;
- б) средняя скорость перемещения стакана 0,3 м/с при отсутствии свинцовой втулки в канале;
- в) средняя скорость перемещения стакана 0,3 м/с при наличии свинцовой втулки в канале

Таблица 1 - Значения энергосиловых параметров имитируемого процесса замены погружного стакана

Условия моделирования процесса замены погружного стакана				Силы, преодолеваемые гидроприводом, Н			
Сила прижатия стакана, Н	Длительность процесса замены стакана, с	Толщина имитируемого слоя отложений внутри канала, мм	Ускорение стакана при трогании с места, м/с ²	Пиковое значение общей нагрузки, преодолеваемой приводом,	Сила, необходимая для разрушения металлической корки на стенках канала	Суммарная сила трения	Ударно-динамическая нагрузка при трогании с места стаканов
1000	2,8	-	0,08	650	-	550	100
	0,29	-	4,8	1220	-	580	640
	0,3	2	2,5	5030	3710	650	670
2000	2,9	-	0,075	1210	-	1100	110
	0,28	-	4,7	2730	-	1080	1650
	0,29	2,1	2,4	6650	3820	1150	1680
3000	2,8	-	0,08	1680	-	1600	80
	0,29	-	4,65	4050	-	1630	2420
	0,3	2,1	2,3	7950	3900	1650	2400
4000	2,9	-	0,075	2180	-	2100	80
	0,28	-	4,7	4600	-	2200	2300
	0,29	2,1	2,3	8500	3900	2280	2320
5000	3	-	0,07	2700	-	2600	100
	0,3	-	4,6	5550	-	2700	2850
	0,31	2,2	2,2	9480	3930	2780	2740
6000	3	-	0,07	3090	-	2980	110
	0,31	-	4,5	6000	-	3350	2650
	0,32	2,1	2	9840	3840	3370	2630
7000	3,1	-	0,067	3510	-	3400	110
	0,3	-	4,3	7200	-	3520	3680
	0,31	2	1,8	11000	3800	3550	3650
8000	3,2	-	0,06	4370	-	4250	120
	0,31	-	4,2	8440	-	4320	4120
	0,32	2,2	1,6	12330	3890	4350	4090

действующей на сменный стакан-дозатор со стороны штока приводного гидроцилиндра, достигает 9400 – 12330 Н. В этом случае в зоне контакта головки штока гидроцилиндра с корпусом металлической обоймы огнеупорного стакана, как показывают расчеты, возникают напряжения в пределах 52 – 68 МПа, что превышает допустимое значение для огнеупорного материала, из которого изготовлен элемент [15]. Поэтому силу прижатия при сборке системы быстрой замены погружного стакана следует назначать исходя из условия отсутствия зазора между контактными поверхностями огнеупорных элементов в момент срезания металлической корки, образовавшейся на стенке канала, и результатов последующей проверки на отсутствие предельно опасных напряжений в огнеупорном изделии при силовом воздействии на него штока гидроцилиндра. Расчетные и экспериментальные данные также свидетельствуют о том, сила трения, возникающая между контактными поверхностями металлической обоймы стакана и опорной части, при различных условиях работы разливочного устройства составляет 35 - 85 % от суммарной нагрузки, действующей на его привод. Наряду с этим силы трения вызывают интенсивный износ контактной поверхности прижимных элементов, что требует их частой замены. Учитывая перечисленные особенности, при разработке усовершенствованной конструкции устройства ставилась задача по снижению сил трения между контактными поверхностями его подвижно сопряженных элементов путем изменения в разливочном устройстве конструктивного исполнения узла прижатия погружного стакана. Для решения поставленной задачи модернизированное разливочное устройство (рис. 4), включает металлический корпус 1, снабженный средствами крепления в виде штырей 2 с отверстиями под клинья 3 к наружной поверхности днища промежуточного ковша 4. Корпус 1 имеет центральное вертикальное отверстие, в котором размещена нижняя часть сталевыпускного стакана 5, закрепленного в гнездовом блоке 6. В теле корпуса 1 выполнен продольный направляющий паз для размещения рабочего 7 и резервного 8 огнеупорных погружных стаканов, верхние части которых помещены в металлические обечайки.

Погружной стакан 7 примыкает снизу к сталевыпускному стакану 5 и установлен с возможностью перемещения вдоль продольного паза силовым гидроцилиндром, смонтированным на платформе манипулятора. Прижатие погружного стакана к нижней части сталевыпускного стакана осуществляется механизмом, который включает поворотные элементы 9 с отверстиями, симметрично установленные на осях 10 по обе стороны погружного стакана 7 вдоль оси его перемещения в направляющем пазу металлического корпуса 1. Причем каждый поворотный элемент 9 снабжен консольно закрепленным пальцем 11, несущим свободно вращающийся ролик 12. Тело ролика имеет форму поверхности вращения с образующей в виде дуги с радиусом, составляющим $0,5b \dots 0,5d$, где b и d соответственно внешний диаметр ролика и его толщина в поперечном сечении симметрии, находящиеся между собой в соотношении $d/b = 2 \dots 2,5$. Благодаря указанным значениям геометрических параметров ролика обеспечивается его постоянный контакт с опорной поверхностью металлической обечайки огнеупорного стакана независимо от угла поворота элемента, несущего сам ролик.

Передача усилия прижатия погружному стакану осуществляется благодаря кинематической связи поворотных элементов с предварительно сжатыми пружинами 13, которые установлены в выполненных в корпусе 1 наклонных цилиндрических каналах на направляющих стержнях 14 с поджатием к их опорным буртикам 15 с помощью ввинченных в цилиндрические каналы пробок 16. Каждая из пробок со своей торцевой частью выходит наружу металлического корпуса 1. Для поворота пробок на их выходящих торцевых частях предусмотрены шлицы под отвертку или головки под ключ.

При обслуживании разливочного устройства для контроля жесткости пружин 13 при снятом погружном стакане 7 в отверстие каждого из поворотных элементов 9 поочередно вводится хвостовик динамометрического ключа и с его помощью элемент поворачивают

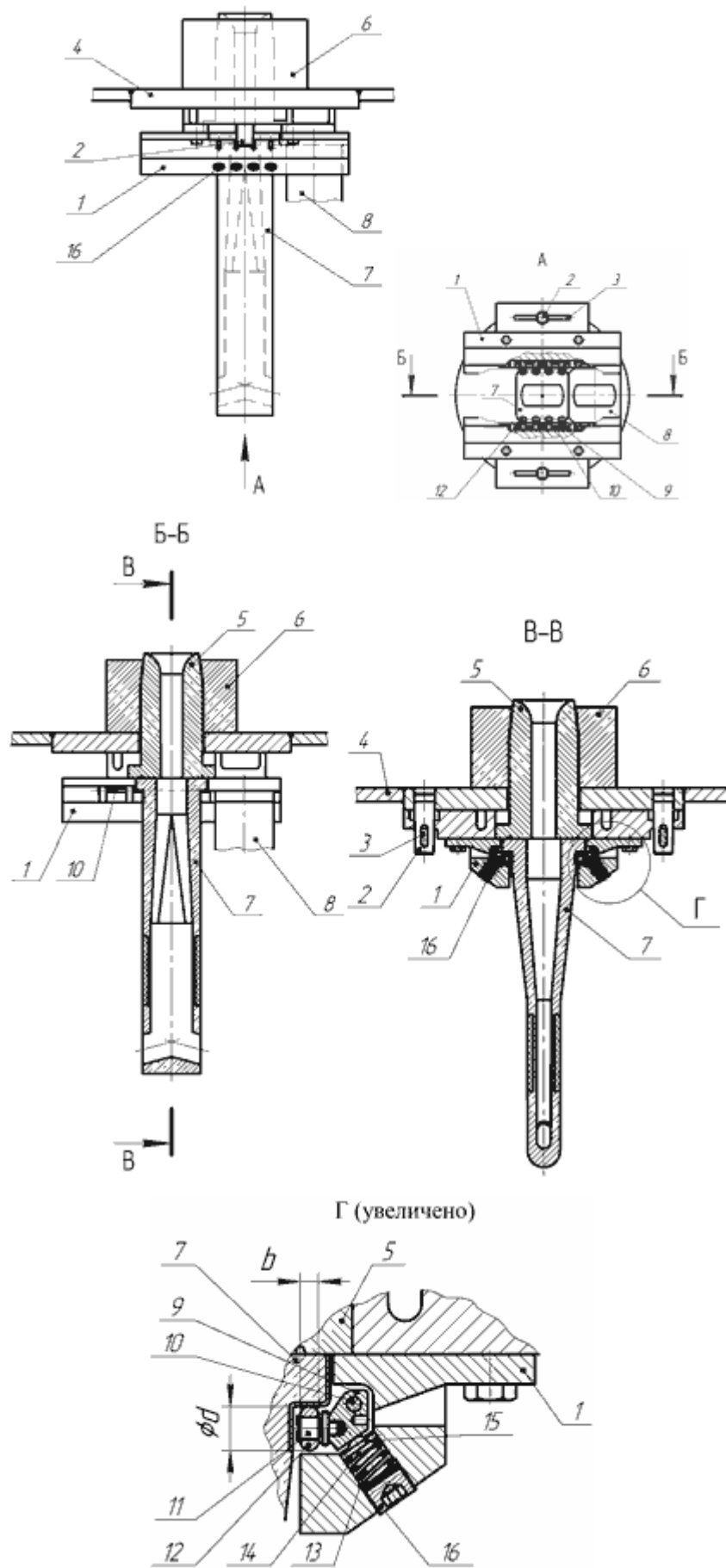


Рисунок 4 - Конструктивное исполнение усовершенствованного разливающего устройства

на небольшой угол на оси 10 против часовой стрелки, контролируя по шкале ключа силу, развиваемую пружиной. В случае необходимости регулирования усилия сжатой пружины пробку, контактирующую с ней, необходимо повернуть в резьбовом отверстии в нужном направлении дополнительно сжимая или отпуская упругий силовой элемент. Если изменением высоты пружины не удастся достичь заданного значения усилия прижатия, ее заменяют новой, для чего предварительно выворачивается пробка 16 из цилиндрического канала металлического корпуса 1.

Экспериментальную проверку правильности принятых технических решений провели на физическом аналоге разливочного устройства, выполненном в масштабе 1:2. Для этого предварительно изготовили сменный комплект погружных стаканов, форма и размеры которых соответствовали конструктивному исполнению нового разливочного устройства. Опытные элементы представляли огнеупорный блок, включающий плиту с размерами 85x116x 25 мм и стаканы, заключенные в металлическую обойму и имеющие сквозной канал с требуемым проходным сечением (фото на рис.5). Поверхность скольжения плит изготовленных погружных стаканов после их термической обработки подвергали шлифованию алмазным кругом.



Рисунок 5 - Комплект огнеупорных элементов разработанного разливочного устройства

Конструктивное исполнение примененных в физическом аналоге разливочного устройства прижимных элементов, снабженных роликами, показано на рис.6.



Рисунок 6 - Поворотные прижимные элементы, снабженные роликами

Тестирование функционирования физического аналога усовершенствованной системы быстрой замены погружных стаканов (фото на рис. 7) подтвердило работоспособность всех ее структурных элементов, на основании чего были выданы рекомендации для выполнения проектных работ, связанных с расчетом и конструированием опытно-промышленного образца с технической характеристикой, приведенной в таблице 2.

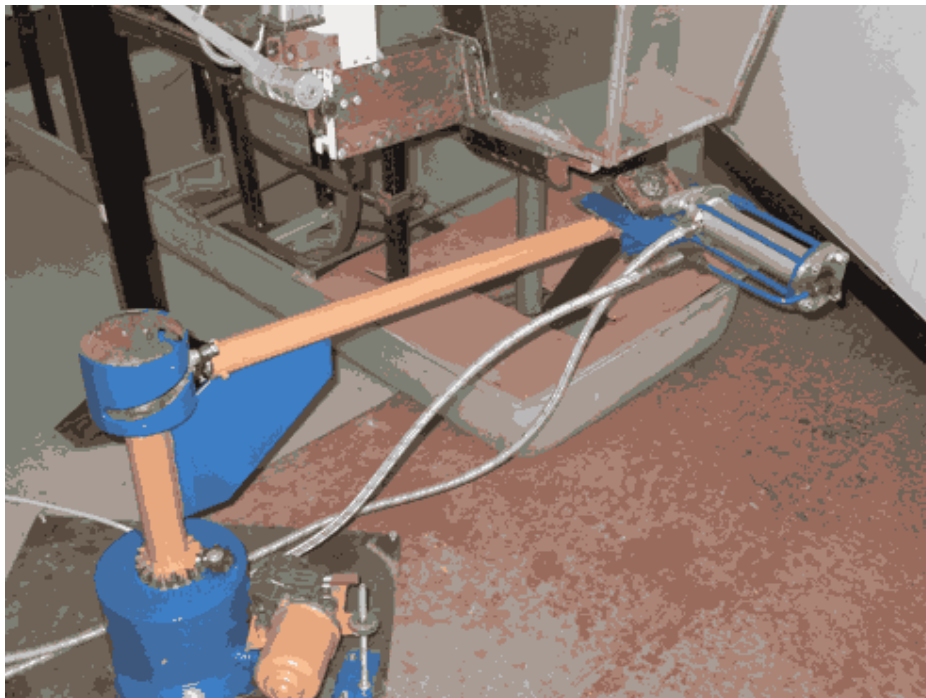


Рисунок 7 - Физический аналог усовершенствованной системы быстрой замены погружных стаканов

Таблица 2 - Техническая характеристика усовершенствованной системы быстрой смены погружных стаканов при серийной разливке стали на слябовых МНЛЗ

Параметр	Значение
Манипулятор:	
- мощность электродвигателя, кВт	0,15
- частота вращения электродвигателя, об/мин	1500
- передаточное число редуктора	24
- передаточное число тихоходной зубчатой передачи	5
- масса, кг	90
Разливочное устройство:	
- масса устройства, кг	52
- масса погружного стакана, кг	10
- длительность замены стакана, с	0,3...0,5
- диаметр ролика прижимного элемента, мм	20
- число прижимных элементов	8
Силовой гидроцилиндр:	
- диаметр поршня, мм	60
- ход штока, мм	400
- скорость перемещения штока, м/с	0,7
- рабочее давление, МПа	10
- масса, кг	12

Выводы

Разработанная усовершенствованная система быстрой замены погружных стаканов при серийной разливке стали на слябовых МНЛЗ выгодно отличающаяся от известных зарубежных аналогов тем, что при ее использовании обеспечивается механизированное выполнение всех операций, связанных с подачей и установкой сменного огнеупорного изделия на разливочное устройство, креплением к нему силового гидроцилиндра и последующим выводом его из зоны интенсивного теплового воздействия, вызванного излучением жидкой стали, находящейся в кристаллизаторе. Благодаря применению в опорном узле разливочного устройства прижимных элементов, снабженных роликами, существенно снижается нагрузка на гидропривод за счет уменьшения силы трения между подвижными контактными поверхностями, устраняется их интенсивный износ, в связи с чем сокращаются эксплуатационные затраты, обусловленные потребным расходом изнашиваемых деталей и проведением ремонтных работ по их периодической замене.

Список литературы

1. *Процессы* непрерывной разливки / А.Н. Смирнов, В.Л. Пилюшенко, А.А. Минаев и др. – Донецк: ДонНТУ, 2002.- 536 с.
2. *Куклев А.В., Лейтес А.В.* Практика непрерывной разливки стали .- М.: Metallurgizdat, 2011.- 432 с.
3. *Jungreithmeier A., Pessenberger E., Burgstaller K/* Production of UL CIF Steel Grades at Voest-Alpine Stahl GmbH // Iron and Steel Technology.- 2004.- Vol. 1.- № 4.- P. 41 – 48.
4. *Еронько С.П., Быковских С.В.* Разливка стали: Оборудование.Технология.- К.: Техніка, 2003.- 216 с.
5. *Аксельрод Л.М., Паршин В.М., Мазурок Е.Ф.* Механизм зарастания погружных стаканов при непрерывной разливке стали // Сталь.- 2007.- № 4.- С. 30 – 33.
6. *Разработка эффективных разливочных систем промежуточных ковшей МНЛЗ / С.П. Еронько, Д.А. Яковлев, И.А. Орлов и др. //* Metallургические процессы и оборудование.- 2009.- № 2.- С. 39 – 48.
7. *Совершенствование разливочных систем промежуточных ковшей МНЛЗ / С.П. Еронько, А.Ю. Цупрун, К.В. Дубойский и др. //* Электрoметаллургия.- 2009.- № 7.- С. 37 – 43.
8. *Еронько С.П.* Разработка отечественного конкурентноспособного оборудования для дозированного перелива стали // Metallургическая и горнорудная промышленность.- 2010.- № 2.- С. 180 – 185.
9. *Еронько С.П.* Конструирование metallургического оборудования на основе системных рациональных решений // Metallургические процессы и оборудование.- 2010.- № 1.- С 19 – 29.
10. *Еронько С.П., Ткачов М.Ю., Дубойський К.В.* Маніпулятор для заміни занурювального стакана на слябовій машині безперервного лиття заготовок // Патент України 96891.- 2011.- бюл. № 23.
11. *Расчет и конструирование системы быстрой замены погружных стаканов при непрерывной разливке стали / С.П. Еронько, А.Л. Сотников, М.Ю. Ткачев и др. //* Металлы и литье Украины.- 2011.- № 12.- С. 36 – 44.
12. *Исследование и разработка системы быстрой замены погружных стаканов при непрерывной разливке стали / С.П. Еронько, Е.В. Ошовская, Д.А. Яковлев и др. //* Metallургическая и горнорудная промышленность.- 2009.- № 4.- С. 105 – 108.
13. *Расчет энергосиловых параметров системы быстрой замены погружных стаканов при непрерывной разливке стали / С.П. Еронько, Е.В. Ошовская, Д.А. Яковлев и др.//* ОАО «Черметинформация». Бюл. «Черная металлургия». – 2010.- № 8.- С. 30 – 35.

14. *Исследование* характера передачи ударной загрузки между подвижно сопряженными элементами механической системы / С.П. Еронько, Е.В. Ошовская, Д.А. Яковлев и др. // *Металл и литье Украины* .- 2008.- № 6.- С. 18 – 22.
15. *Математическое* моделирование термических напряжений в огнеупорных элементах устройства для быстрой замены стаканов-дозаторов промковшей МНЛЗ / С.П. Еронько, Е.В. Ошовская, Д.А. Яковлев // *Наукові праці ДонНТУ. Металургія*. Вип. 9 (122). – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – С. 130 – 136.