

М 352769

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ
ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ Н.Э.БАУМАНА

Инженер ЕЛИСОВ ВЛАДИМИР СТЕПАНОВИЧ

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ ЛИТЕЙНОЙ
МАШИНЫ ПРИ ПОЛУНЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ СЛИТКОВ
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ И РАЗРАБОТКА НОРМ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЕЕ УЗЛОВ

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

г. Москва

1978 г.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ
ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ И.Э.БАУМАНА

Инженер ЕЛИСОВ ВЛАДИМИР СТЕПАНОВИЧ

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ ЛИТЕЛЬНОЙ
МАШИНЫ ПРИ ПОЛУНЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ СЛИТКОВ
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ И РАЗРАБОТКА НОРМ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЕЕ УЗЛОВ

Специальность 05.16.04 - "Литейное производство"

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1352769

Елисов В.С. Исследование г

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

г. Москва

1978 г.

Работа выполнена на Ступинском ордена Ленина металлургическом комбинате.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент

Воробьев М.И.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор
Степанов Ю.А.

Официальные оппоненты: д.т.н., профессор Науструев А.А.
к.т.н. Патрикеев В.С.

Ведущее предприятие – Куйбышевский металлургический завод
Защита диссертации состоится " _____ " 197 ____ г.
на заседании специализированного Совета К-053. 15.13 по
металловедению и горячей обработке металлов Московского ордена
Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического
училища имени Н.Э. Баумана по адресу:

105005 г. Москва, 2-я Бауманская, 5.

Ваши отзывы в 2-х экз., заверенные печатью, просьба выслать
по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке училища.

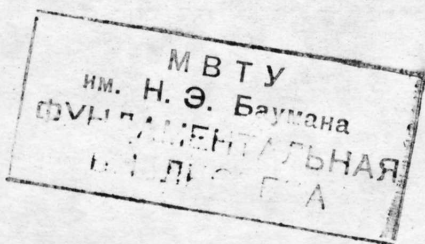
Автореферат разослан " _____ " 197 ____ г.

Ученый секретарь специализированного
Совета

к.т.н., доцент

Овчин

Беликов О.А.



В В Е Д Е Н И Е

В решениях партии и правительства указывается, что в десятой пятилетке должно быть повышено качество полуфабрикатов из алюминиевых деформируемых сплавов, которое в значительной мере зависит от качества слитков полунепрерывного литья. При литье в кристаллизаторы скольжения (КС) и электромагнитный кристаллизатор (ЭМК) получение качественных слитков из алюминиевых сплавов зависит от работы узлов литейной машины. В работах советских и зарубежных ученых не указываются режимы работы машины, при которых возникают дефекты слитков. Отсутствие таких данных усложняет определение условий литья, обеспечивающих отливку качественных слитков, и затрудняет разработку параметров и поиск конструктивных решений узлов машины.

Актуальность работы. Увеличение числа слитков, одновременно отливаемых на одной машине, применение электромагнитного кристаллизатора и повышение качества слитков ужесточают требования к постоянству условий литья и надежности работы узлов машины. Поэтому исследование работы узлов машины при полунепрерывном литье слитков, выявление параметров машины, влияющих на условия формирования слитка и кинематику его опускания, является актуальной проблемой.

Цель работы. Исследование влияния работы литейной машины на процесс полунепрерывного литья круглых слитков, определение пути совершенствования литейной машины, разработка исходных данных для проектирования узлов машины.

Основная научная задача работы, которую необходимо было решить для достижения поставленной цели, состояла в установлении закономерностей влияния конструкции и работы узлов машины (системы охлаждения кристаллизатора и слитка, устройства для вытягивания и направления слитка) на процесс формирования слитков из алюминиевых сплавов при полунепрерывном литье.

Основным методом решения поставленной задачи явилось экспериментальное исследование в производственных условиях изменений в процессе формирования слитка в кристаллизаторе скольжения, вносимых указанными выше узлами машины, теоретический анализ работы литейной машины и взаимодействий слитка с ее узлами.

Новыми научными результатами, впервые полученными в дан-

ной работе, являются основные закономерности влияния конструктивных параметров и точности изготовления и монтажа узлов машины (кристаллизатора, стола, направляющих, платформы, привода) на процесс формирования слитков и их качество, показывающие, что на качество слитка наряду с интенсивностью охлаждения слитка оказывают влияние: кинематика движения платформы, задаваемая конструкцией направляющих пар и плавностью работы привода, и равномерность охлаждения слитка по периметру.

Полученные результаты, по мнению автора, подтверждают основное положение, выдвигаемое им, состоящее в том, что для осуществления стабильного процесса литья и получения качественного слитка необходимо исполнение и монтаж узлов машины, создающих движение слитка, выполнять по повышенным нормам точности, обеспечиваемым технологией изготовления и монтажа, а также новыми конструктивными решениями, найденными в результате исследования.

Практическая ценность работы. Установлены обоснованные конструктивные схемы и параметры литейной машины и ее узлов, обеспечивающие стабильный процесс литья и получение качественных слитков. На основе результатов данного исследования на Ступинском металлургическом комбинате спроектированы и внедрены литейные машины для отливки слитков в кристаллизаторы скольжения и электромагнитные кристаллизаторы. Общий экономический эффект от их внедрения составил 230000 руб.

Апробация работы. Результаты исследовательской работы докладывались: 1 на III-ей отраслевой научно-технической конференции молодых ученых и специалистов, г.Куйбышев, октябрь 1969 года. 2. На отраслевом научно-техническом совещании по литейному производству алюминиевых сплавов, г.Куйбышев, июль 1973 г.

Структура работы. Работа состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы и содержит 146 страниц, 86 рисунков.

ГЛАВА I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вне зависимости от типа привода составной частью вертикальной литейной машины является снабженная кассетами опускная платформа, перемещаемая в направляющих колоннах. В отечественной практике полунепрерывного литья слитков из алюминиевых сплавов наибольшее распространение получили литейные машины с тросовым приводом, которые применяются также в ФРГ, Франции,

Англии, Венгрии и других странах. При литье в кристаллизатор скольжения станка кристаллизатора удерживает расплав от растекания, а в зоне контакта со слитком она оказывает сопротивление опусканию и поперечному перемещению слитка. Величина усачного зазора и равномерность его по периметру кристаллизатора определяет интенсивность охлаждения слитка, наличие обрывов слитка. При литье в электромагнитный кристаллизатор расплав от растекания удерживается электромагнитным давлением, зависящим от положения мениска жидкой зоны относительно горизонтальной средней плоскости индуктора и оси кристаллизатора. Слиток, опирающийся донной частью на платформу, собственной устойчивостью удерживается от падения в сторону. В соответствии с этими особенностями на ведение процесса литья в кристаллизатор скольжения и электромагнитный кристаллизатор и на получение качественного слитка влияют точность совпадения оси каждой заправки, установленной на платформе, с осью кристаллизатора и кинематика движения слитка, равномерность охлаждения слитка по периметру. Эти параметры обуславливаются режимом работы узлов литейной машины.

Работы советских и зарубежных ученых С.М.Воронова, В.А.Ливанова, В.И.Добаткина, А.И.Вейника, Р.М.Габидуллина, З.Н.Гецелева, Г.А.Балахонцева, Рота, Кестнера, Альтенполя, Кондика, Вотерса и др. преимущественно посвящены закономерностям кристаллизации и построениям технологического процесса полунепрерывного литья слитков из алюминиевых сплавов. Но в этих исследованиях особенности формирования слитка в кристаллизаторе, вносимые взаимодействием слитка с узлами литейной машины, не рассматривались. Параметры, характеризующие эти взаимодействия, не определены. Результаты исследования процесса работы машины при полунепрерывном литье позволят установить условия, обеспечивающие отливку качественных слитков, наметить пути совершенствования конструкции литейных машин и разработать нормы проектирования узлов машины. В соответствии с поставленной целью, задачами настоящей работы являются:

I. Установить зависимость интенсивности охлаждения на открытой поверхности расплава в кристаллизаторе, в зоне контакта слитка с кристаллизатором и в зоне вторичного охлаждения слитка от размеров соответствующей зоны, от подачи воды в кристаллизатор и на единицу поверхности слитка, а также от

скорости литья. Определить условия контакта и изгиба корочки слитка.

2. Исследовать процесс работы кристаллизатора скольжения. Установить его тепловые и силовые параметры, зависимость этих параметров от свойств разливаемого сплава, режимов литья и диаметров слитков, от конструктивных факторов. Разработать исходные данные для проектирования узлов машины, развивающих тянущее усилие, и рекомендации по совершенствованию конструкции кристаллизатора.

3. Исследовать влияние относительного расположения сопрягаемых узлов литейной машины: кристаллизатора, верхнего стола, платформы и направляющих колонн на условия формирования слитка и на режимы силового взаимодействия его с кристаллизатором, а также на кинематику движения слитка. Установить факторы, обеспечивающие точность движения платформы машины по вертикали. Разработать нормы геометрической точности литейной машины.

4. Исследовать процессы работы привода платформы машины, влияние его работы на условия формирования слитка. Установить конструктивные факторы привода, обеспечивающие равномерность движения платформы, и показатель плавности движения платформы, разработать нормы проектирования привода.

5. Разработать методику определения рациональной схемы совместной компоновки платформы и направляющих колонн для точного движения платформы, а также нормы проектирования платформы.

ГЛАВА П. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СЛИТКА В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ И ЗОНЕ ПОДАЧИ ВОДЫ НА СЛИТОК

В зоне контакта корочки круглого слитка со стенкой кристаллизатора скольжения возникают силы сопротивления вытягиванию слитка $F_{сопр}$. Усадочные явления ведут к образованию ниже зоны контакта зазора между слитком и стенкой кристаллизатора. Величина этого зазора определяет возможность поперечного смещения слитка относительно продольной оси кристаллизатора. При неравномерном по периметру охлаждении стенки кристаллизатора и распределении воды, подаваемой на слиток, усадочный зазор по периферии неодинаковый и профиль лунки слитка несимметричен. При неточной установке кристаллизатора и движении платформы с отклонением от вертикали происходит поперечное смещение слитка и корочка слитка изгибается на участке l изг. с минимальной жесткостью, расположенном между точкой начала

образования зазора и линией пересечения фронтов кристаллизации, соответствующих охлаждению слитка через стенку кристаллизатора и от подачи воды на поверхность слитка. При отливке слитков диаметром 250-340 мм. из алюминия толщина корочки выше линии пересечения фронтов равна 20-9 мм., а при литье из сплавов Д16 и АМГ5 ее толщина равна 31-20 мм. С момента начала охлаждения поверхности слитка водой (линия пересечения фронтов кристаллизации) толщина корочки слитка и жесткость его сечения резко возрастают. Возникающий при усадке слитка угол φ между стенкой кристаллизатора и линией, обрезающей наклонную внешнюю поверхность слитка, позволяет слитку смещаться от продольной оси кристаллизатора. С увеличением диаметра слитков, снижением высоты кристаллизатора и уровня расплава в нем зазор между слитком и кристаллизатором и угол φ увеличиваются, но уменьшается толщина корочки слитка, ее жесткость и высота зоны контакта. Следовательно, создаются условия для значительного отклонения слитка от оси кристаллизатора силами кинематического воздействия. Различие в интенсивностях охлаждения участков слитка по периметру, вызываемое режимами работы узлов литейной машины, оценивается по выведенным формулам, показывающим, что: количество теплоты, отводимое от открытой поверхности расплава в кристаллизаторе, средний коэффициент теплопередачи $K_{\text{конт}}^{\text{ср}}$ в зоне контакта слитка с кристаллизатором, средний коэффициент теплоотдачи от слитка к воде $\alpha_{\text{втор}}^{\text{ср}}$ зависят от скорости литья, от количества воды, подаваемого в кристаллизатор и на единицу площади поверхности слитка, от размера с соответствующей зоны.

ГЛАВА III. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ КРИСТАЛЛИЗАТОРА СКОЛЬЖЕНИЯ

При изучении тепловой работы кристаллизаторов для отливки слитков диаметром 250 и 330 мм. установлено, что в зоне контакта наибольшая интенсивность охлаждения стенки гильзы, мениска расплава и корочки слитка имеет место на участке расположения патрубков подвода воды из магистрали в кристаллизатор, а наименьшая - на участке, наиболее удаленном от этих патрубков (таблица 3-1).

Таблица 3-1

Сплав	Диаметр слитка, мм.	Скорость литья, мм. <i>мл/мин</i>	Расход воды, литр мин.	Температура стенки гильзы, °C на участке	
				около патрубка приемного	наиболее удаленном от патрубков
АД1	250	85	230	53	81
	330	60	254	43	70
АМГ5	250	85	230	65	98
	340	60	254	60	91
Д16	250	85	230	53	75
	330	55	254	43	72

Экспериментально установлено, что при существующей схеме ввода воды в кристаллизатор через два расположенных через 120 градусов патрубка количество воды, подаваемое на поверхность слитка через отверстия гильзы, расположенные на участке, наиболее удаленном от патрубков, на 20-22% превышает количество воды, подаваемое на слиток через отверстия гильзы, расположенные в зоне патрубков. Выходящая через отверстия этого участка гильзы вода после охлаждения гильзы имеет температуру на 2-3,5°C выше, а выходящая через отверстия участка гильзы, удаленного от патрубков, на 4-6°C выше, чем вода, подаваемая из магистрали. Температура стенки гильзы и воды, расход ее через отверстия гильзы наибольшие на участке встречи потоков воды в канале кристаллизатора.

На участке подачи большого количества воды на поверхность слитка интенсивность вторичного охлаждения слитка $\alpha_{\text{втор}}^{\text{ср}}$ наименьшая. Замерами слитков установлено, что при неравномерной подаче воды на поверхность слитка происходит изгиб слитка. При большой неравномерности подачи воды по периметру значительно нарушается симметричность профиля лунки слитка и скорость кристаллизации внутренних слоев слитка со стороны подачи на поверхность слитка 0,4 литр/мин · см² воды в 1,3-1,5 раз меньше скорости кристаллизации со стороны подачи 1,3 литр/мин · см² воды. Экспериментально установлены значения усилия сопротивления вытягиванию $F_{\text{сопр}}$ (табл. 3-2) слитка из кристаллизатора скольжения в начальный и установившийся периоды процесса литья.

Таблица 3-2

Сплав	Высота уровня расплава мм.	Скорость литья, мм/мин.	Усилия сопротивления, кгс, при ли- тье слитков диаметром, мм.							
			175	250	300	340				
			$F_{\text{пуск}}$	$F_{\text{сопр}}$	$F_{\text{пуск}}$	$F_{\text{сопр}}$	$F_{\text{пуск}}$	$F_{\text{сопр}}$	$F_{\text{пуск}}$	$F_{\text{сопр}}$
АД I		85	-	-	45	6-8	-	-	-	-
ДИ6		60	-	-	200	15-24	-	-	-	-
	125-130	60	-	-	115	80	190	105	265	124
АМГ5		90	103	75	250	166	294	225	310	280

При усилиях $F_{\text{пуск.}}$, возникающих в начальный период литья слитков из сплава ДИ6 и АМГ5 (табл.3-2), происходит зависание слитка в кристаллизаторе и образование надрывов. В установившийся период литья наибольшие силы сопротивления вытягиванию слитка возникают на участках периметра с наименьшей интенсивностью охлаждения стенки гильзы водой. При литье слитков из сплава АМГ5 с повышением высоты уровня расплава в кристаллизаторе, увеличением скорости литья и уменьшением подачи воды в кристаллизатор усилие $F_{\text{сопр}}$ увеличивается. На участке зоны контакта, где удельное сопротивление $\gamma_{\text{сопр.}}$ больше 2,85 кгс/см², образуется надрыв на слитке. Анализом установлено, что вероятность обрыва слитка повышается при уменьшении диаметра. При литье слитков из алюминиевых сплавов в формировании усилия $F_{\text{сопр.}}$ в большей мере участвуют прилипание и предусадочное расширение сплава. По данным Ю.Д.Чистякова и М.В.Мальцева окисная пленка, образующаяся на поверхности слитков сплава АМГ5, рыхлая и с микротрещинами. Поэтому она легко разрушается при трении о стенку гильзы и в местах разрыва пленки образуются мостики схватывания, препятствующие движению слитка. Согласно данным И.И.Новикова и Г.А. Королькова наибольшее предусадочное расширение $\epsilon_{\text{пр}}$ имеет место при температуре начале линейной усадки и для сплава АМГ5 $\epsilon_{\text{пр.}} = 0,37\%$, для сплава Ае + 4,5%Li $\epsilon_{\text{пр.}} = 0,08-0,1\%$. Анализ полученных при исследовании кривых охлаждения слитка сплава АМГ5 диаметром 250 мм. показал, что изотерма начала линейной усадки находится на расстоянии 38-45 мм. от мениска расплава в кристаллизаторе.

Вытягивание слитков производится платформой, вес которой устанавливается по данным табл. 3-2. Для исключения обрывов слитков в начальный период литья с включения машины необходимо плавно увеличивать скорость литья от начальной до технологической.

ГЛАВА IV. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ СОПРЯГАЕМЫХ УЗЛОВ МАШИНЫ НА УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СЛИТКА И КИНЕМАТИКУ ЕГО ДВИЖЕНИЯ

Исследованием установлено, что на работающих в цехах литейных машинах имеет место несоосность кристаллизатора и платформы, перекося оси кристаллизатора относительно вертикальной оси платформы, перекося платформы, возникающий вследствие установки направляющих колонн с отклонением от вертикали, их изгиба. В процессе опускания при наличии зазора Δ напр. между кассетами платформы и направляющими колоннами:

- если в процессе литья не заправились часть слитков от общего количества слитков, одновременно отливаемых на платформе, то общий центр тяжести платформы со слитками смещается от ее центра симметрии и платформа опрокидывается относительно блока подвески, отклоняясь на угол α_m от вертикальной оси кристаллизатора.

- За каждый оборот блока тросовой подвески, желоб которого в продольном сечении эксцентричен, платформа вначале отклоняется от вертикальной оси кристаллизатора на угол α_m и затем возвращается в исходное положение. Угол α пл. зависит от зазора Δ напр., эксцентриситета блока и габаритов платформы машины. В результате качаний платформы происходят периодические поперечные смещения слитка относительно продольной оси кристаллизатора (табл. 4-1). В плоскости качания платформы образуются повторяющиеся по длине слитка выпуклости и вогнутости со стрелой прогиба 2-5 мм. Величина прогиба увеличивается с ростом диаметра слитков, снижением высоты кристаллизатора и уровня расплава в нем.

Таблица 4-1

Материал слитка	Диаметр слитка, мм.	Параметры поперечного перемещения слитка перемещение, мм. * интервал между перемещениями, мин.
АД1	250	0,43
	330	0,84
		6
		6

* - измерены в плоскости нижнего среза кристаллизатора.

Усилие $F_{\text{сопр}}$, возникающее при литье в кристаллизатор, установленный с перекосом, или при движении платформы с отклонением от вертикали в 1,24 раза превышает усилие $F_{\text{сопр}}$, приведенное в табл. 3-2. При изгибе слитка одна сторона его корочки образует выпуклую сторону слитка, расширяя зону контакта ее со стенкой гильзы, а противоположная образует вогнутую сторону слитка и, отделяясь от стенки гильзы, уменьшает зону контакта. В результате этого количество теплоты, отводимое от слитка через зону контакта корочки выпуклой стороны слитка со стенкой гильзы, более, чем на 20% превышает количество теплоты, отводимое через зону контакта корочки вогнутой стороны слитка. Мениск расплава на участке периметра выпуклой стороны слитка охлаждается более интенсивно до температуры ликвидус, вызывая образование глубоких неслитин. Воздушный зазор между корочкой вогнутой стороны слитка и стенкой гильзы уменьшает отвод теплоты и корочка вогнутой стороны слитка нагревается и происходит выдавливание легкоплавких составляющих в воздушный зазор большой протяженности, образующих грубые ликвационные наплывы. Профиль лунки слитка характеризуется наличием подплава корочки с вогнутой стороны слитка. Перед и за нижним срезом кристаллизатора, наоборот, вогнутая сторона слитка охлаждается с большей скоростью, чем выпуклая, что приводит к увеличению растягивающих напряжений, в его внутренних слоях. Неточное расположение узлов машины усложняет процесс одновременной отливки на одной машине нескольких слитков, обуславливает уменьшение их числа. При литье в ЭМК и снижении высоты КС устойчивость положения слитка должна обеспечиваться точным движением платформы по вертикали, задаваемым типом направляющих пар, конструкцией пар и платформы, точностью установки прямолинейных направляющих по вертикали. Нормы точности литейной машины устанавливаются по несоосности верхнего стола и платформы машины с установленным на ней затравками для одновременной отливки нескольких слитков диаметром 110 мм., а также по поперечному смещению слитка от вертикальной оси кристаллизатора на 0,2-0,3 мм. в плоскости его нижнего среза. Для точной литейной машины: отклонение от перпендикулярности рабочей плоскости верхнего стола и платформы к вертикальной оси кристаллизатора должно быть не более 0,6 мм. на длине

3000 мм; отклонение направляющих колонн от вертикали должно быть не более $\pm 1,6$ мм. на длине 10000 мм; допуск на смещение оси платформы от оси верхнего стола машины не должен превышать 0,6 мм.

ГЛАВА У. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ ПРИВОДА ПЛАТФОРМЫ

Экспериментально установлено, что деформация тросовой подвески неравномерного движения не создает, а при ненадежной работе муфты переключения с рабочего хода платформы на холостой платформа движется с остановками на несколько секунд и последующими рывками, длительность остановок и рывков зависит от скорости литья и конструкции муфты. Этот вид неравномерного движения платформы делает процесс литья неустойчивым: высота уровня расплава в кристаллизаторе изменяется в пределах 6-9 мм, температура стенки гильзы в пределах 22-31°C и усилие $F_{\text{сопр}}$ при литье слитка диаметром 250 мм. из сплава АМГ5 уменьшается со 175 кгс при движении до 110 кгс при остановке платформы.

За время остановки платформы машины плавающая коробка уменьшает подачу расплава в кристаллизатор, что увеличивает отвод теплоты от слитка по сравнению с подводом теплоты и поверхностные слои мениска расплава охлаждаются до температуры ликвидус, уменьшается зона контакта корочки со стенкой гильзы. С момента резкого начала движения платформы плавающая коробка, опускаясь, увеличивает проходное сечение в жолобе и поступающий в кристаллизатор расплав распространяется по всему периметру гильзы, заливая затвердевшую поверхность мениска. Вследствие этого образуются заливочные круговые неслитины, шаг чередования которых по длине слитка соответствует периоду между движениями платформы. В этот период движения платформы ее скорость резко изменяется, регулятор уровня расплава не срабатывает и расход расплава превышает подачу его в кристаллизатор, вызывая изменение условий формирования слитка. Необходимая для отливки качественных слитков норма плавности движения платформы устанавливается, исходя из совместного влияния работы узлов машины и параметров литья на возникновение трещин при литье слитков из сплава Д16. При повышенной норме плавности изменение скорости движения платформы не более $\pm 5\%$. Для этого в кинематической схеме привода должна быть самотормозящая червячная передача и дифференциал для переключения со

скорости литья на скорость быстрых перемещений платформы, которая приводится в движение тросовой передачей.

ГЛАВА VI. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СОВМЕСТНОЙ КОМПОНОВКИ ПЛАТФОРМЫ И НАПРАВЛЯЮЩИХ КОЛОНН ЛИТЕЙНОЙ МАШИНЫ

Рациональная схема компоновки платформы и направляющих, при которой исключается возможность опрокидывания платформы при различном положении общего центра тяжести платформы со слитками относительно ее центра, а также поперечного качения платформы, определяется по классу и числу кинематических пар, по точности изготовления, сборки и монтажа кассет, платформы и направляющих. На указанные показатели влияют избыточные связи, с увеличением числа которых точность изготовления кассет, платформы и направляющих машины должна быть выше 3-го класса точности, точность их монтажа выше VII степени ГОСТ 10356-63. Установлено две рациональные типа платформы, конструкция и компоновка роликов, кассет и направляющих которых обеспечивает точное направление движения: а) платформа с 8-ю роликами при 4-х кассетах с двумя расположенными под углом 90° в горизонтальной плоскости роликами и центральном присоединении блоков тросовой подвески к платформе. При этом 2 кассеты одной стороны платформы подрессорены; б) крупногабаритная платформа с 12 роликами при 8-ми кассетах и внецентренном присоединении блоков тросовой подвески к платформе. Две нижние кассеты с двумя расположенными под углом 90° в горизонтальной плоскости роликами стороны платформы, к которой смещена ось блока и две верхние кассеты с двумя такими же роликами противоположной стороны платформы прижимаются к направляющим от действия момента внецентренного присоединения платформы. Две верхние кассеты с одним роликом первой стороны платформы и две нижние кассеты с одним роликом второй стороны платформы пружинами сжатия через 2-х плечие рычаги прижимаются к направляющим. На Ступинском металлургическом комбинате качественные слитки отливаются на литейных машинах с новой платформой.

ВЫВОДЫ:

I. Проведено исследование теплового и силового взаимодействия слитков алюминиевых деформируемых сплавов с кристаллизатором при полунепрерывном литье с учетом их теплофизических свойств и в зависимости от различных отклонений в режимах работы и конструктивных особенностей узлов литейных машин.

Установлено влияние работы узлов литейной машины на показатели процесса литья и характеристики качества слитков.

2. Конструкция кристаллизаторов скольжения с принятой схемой подвода воды из магистрали, применяемых для отливки круглых слитков, создает по периметру неравномерное охлаждение стенки кристаллизатора и неравномерную по периметру подачу воды на поверхность слитка. Это вызывает несимметричное образование корочки и изгиб слитка, возникновение грубых ликвационных наплывов и неслития на одной из сторон слитка, структурной и химической неоднородности.

3. Силовое взаимодействие слитка с кристаллизатором скольжения возникает вследствие образования сил сопротивления вытягиванию в зоне контакта слитка со стенкой гильзы не только от давления столба расплава, находящегося в лунке слитка, действия сил адгезии, но в большей степени, от давления корочки на стенку при предсудачном расширении сплава. На величину и характер распределения сил сопротивления по поверхности зоны контакта слитка с кристаллизатором влияют параметры литья, высота кристаллизатора, интенсивность и равномерность охлаждения его стенки, точность установки кристаллизатора, несопадение оси платформы машины с вертикальной осью кристаллизатора и плавность движения платформы. Силы сопротивления задают режим начального периода процесса литья и работы узлов машины, развивающих тянущее усилие.

4. Экспериментальным исследованием профиля лунки слитков различных диаметров установлено, что в кристаллизаторе скольжения затвердевает корочка с малой изгибной жесткостью и имеются условия изгиба корочки при приложении силовых факторов кинематического воздействия. С уменьшением высоты кристаллизатора и увеличением диаметра слитков возможность изгиба корочки слитка возрастает.

5. Кинематическое воздействие на корочку слитка в кристаллизаторе является следствием неточной установки кристаллизатора и направляющих колонн, наличия зазора между кассетами платформы и направляющими колоннами, эллиптичности продольного профиля блоков тросовой подвески и грузового барабана, а также возникновения при литье внецентренной нагрузки на платформу. В результате кинематического воздействия слиток смещается к одной стороне стенки кристаллизатора и совершает пери-

одические поперечные перемещения относительно продольной оси кристаллизатора, при этом образуются: общая и местная кривизна слитка; различие в интенсивностях охлаждения сторон слитка, приводящее к возникновению глубоких неслитин, крупных ликвационных наплывов, трещин, глубокого поверхностного слоя с химической и структурной неоднородностью.

6. Недостатки в работе звеньев и кинематической схеме механического привода вызывают неравномерность движения платформы. Неравномерное движение платформы, особенно в виде периодических остановок с последующими рывками приводит к нарушению равенства подачи расплава в кристаллизатор его расходу при литье и изменению высоты уровня расплава в кристаллизаторе, а также теплового и силового режима работы кристаллизатора и процесса формирования слитка. В наибольшей мере, процесс формирования изменяется на открытой поверхности расплава в кристаллизаторе. Следствием этого является возникновение глубоких круговых неслитин.

7. Для отливки качественных слитков из алюминиевых сплавов в кристаллизатор скольжения и электромагнитный кристаллизатор на вертикальных литейных машинах необходимы повышенные нормы точности и плавности механизмов направления и движения платформы. Этим нормам соответствует: — допуск на смещение оси платформы от оси верхнего стола машины не более 0,6 мм; — отклонение направляющих колонн от вертикали не более $\pm 1,6$ мм на длине 10000 мм; — изменение задаваемой скорости движения платформы не более $\pm 5\%$.

8. Необходимая норма точности движения платформы машины обеспечивается рациональной схемой компоновки направляющих колонн и платформы с роликовыми кассетами. Эта схема устанавливается по нагрузке на платформу, по структурному анализу кинематических пар и по особенностям изготовления и монтажа. В такую схему вписывается платформа, 4 роликовых кассеты которой являются базовыми и имеют по 2 ролика, оси которых расположены под углом 90° в горизонтальной плоскости, а 4 кассеты подпружинены и имеют по одному ролику или подрессорены и имеют также по два ролика.

9. Тросовый привод литейной машины обеспечивает повышенную норму плавности движения платформы, если в схеме привода предусмотрена самотормозящая червячная передача и дифференциал

для переключения со скорости литья на скорость быстрых перемещений.

10. В соответствии с исходными данными и требованиями, полученными и установленными в результате исследования, на СМК спроектированы и внедрены литейные машины с повышенной нормой точности. Это позволило отливать качественные круглые и плоские слитки в кристаллизаторы скольжения и электромагнитные кристаллизаторы. Экономический эффект от внедрения на СМК указанных машин составил 230000 рублей.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Влияние параметров литья на силовое взаимодействие слитков из алюминиевых сплавов с кристаллизатором. Журнал "Цветные металлы", 1968, № 10 (соавторы Скучилов А.И., Шипилов В.С., Савушкин В.И.).
2. Возникновение силового взаимодействия слитков из алюминиевых сплавов с кристаллизатором. Бюл. "Технология легких сплавов", М., ВИЛС, 1974, № 4 (соавторы Шипилов В.С., Скучилов А.И.)
3. Исследование работы узлов литейной машины для полунепрерывного литья слитков из алюминиевых сплавов. Бюл. цветметинформации "Цветная металлургия", 1970, № 1 (соавторы Ливанов В.А., Скучилов А.И., Кофман Л.М., Степанов Ю.А.).
4. Влияние точности относительного расположения узлов литейной машины на качество слитков. Бюл. "Технология легких сплавов", М., ВИЛС, 1976, № 2.
5. О теплоотводе от открытой поверхности расплава в кристаллизаторе при непрерывной отливке слитков из алюминиевых сплавов. Журнал "Цветные металлы", 1976, № 10.
6. О конструировании устройства для вытягивания и направления слитков вертикальной литейной машины. Бюл. "Технология легких сплавов", М., ВИЛС, 1976, № 5.

Л72382 16/XI-78г. Заказ. 577 Объем 1п.л. Тираж 100 экз.

Ротапринт МВТУ 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, д.5