

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Лысьвенский филиал

Кафедра Технических дисциплин

Направление подготовки 22.03.02 «Металлургия»

Направленность (профиль) «Металлургия черных металлов»

Допускается к защите

Зав. кафедрой

/Д.С. Балабанов/

«_____» _____ 20____ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

На тему Разработка мероприятий по снижению брака в отливка из марганцовистой стали

Студент Субботина Дарья Сергеевна /Д. С. Субботина /

Состав ВКР:

1. Пояснительная записка на _____ стр.

2. Графическая часть на _____ листах.

Руководитель ВКР Щербаков Александр Юрьевич /А. Ю. Щербаков/

Лысьва 2019 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Лысьвенский филиал
Кафедра технических дисциплин

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____ Д.С. Балабанов

« ____ » _____ 201__ г.

З А Д А Н И Е

на выполнение выпускной квалификационной работы

Фамилия, И.О.

Группа

Направление подготовки 22.03.02 Metallургия

Направленность (профиль) «Metallургия черных металлов»

Начало выполнения работы

Наименование темы

(Утверждена приказом по университету от « ____ » 20__ г. №)

Исходные данные

1. Общий раздел:

1.1 Задание:

1.2 Отзыв и оценка

2. Технологический раздел:

2.1 Задание:

2.2 Отзыв и оценка

3. Конструкторская часть:

3.1 Задание:

3.2 Отзыв и оценка

4. Научно-исследовательская часть:

4.1 Задание:

4.2 Отзыв и оценка

5. Основная литература:

Руководитель ВКР

//

(должность) (подпись) (фамилия, инициалы)

Задание получил

_____ / _____ /

(подпись студента и дата) (фамилия, инициалы)

Содержание

Введение	3
1 Общий раздел	5
1.1 Назначение, химический состав и область применения	5
1.2 Обзор существующих технологических процессов для выплавки легированных сталей в электрических печах	7
2 Технологический раздел	16
2.1 Технология выплавки марки стали 110Г13Л в условиях производства «Спецсплав – М»	16
3 Научно-исследовательский раздел	26
3.1 Влияние легирующих элементов на свойства стали	26
3.2 Основные виды брака и способы ликвидации дефектов	29
3.3 Разработка мероприятий по снижению брака в отливках из марганцовистой стали	36
Заключение	45
Список использованных источников	46
Приложение	48

Введение

					Шведский минеролог Johan Gottlieb Gahn (Юхан Готлиб Ган) в 1774 году первым смог выделить металлический марганец при нагреве в печи бунда.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР. 2019-0130
Разраб.	Год	Продо	Пррапп		Разработка мероприятий по снижению брака в отливках из марганцовистой стали
Пров.		Продо	Пррапп		2
		Пррр	ПППлотн		Лист
Н. Контр.		Иков			Лист
Утв.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата	ВКР. 2019-ВВЛФ ПНИПУ 3

пирролизита с углём. А затем добавив новый элемент в состав стали английский металлург Robert Abbott Hadfield (Роберт Аббот Гадфильд) в 1882 году получил марганцовистую сталь, которая носит его имя. Исследуя свойства нового сплава Р. Гадфильд в 1885 году поднял содержание марганца до 11-12%. Уникальная твердость и износостойкость стали, её способность выдерживать и поглощать сильные удары без разрушения стали пропуском в разные сферы промышленности. Официально высокомарганцевую сталь 110Г13Л запатентовали в 1892 году. Сталь Гадфильда до сих пор интересна в изучении и эксплуатации, а также в объяснении её свойств.

Актуальность. Потребность промышленности в отливках из высокомарганцевых сталей постоянно растет. При этом требования к ним повышаются, поэтому актуальным является повышение качественных показателей отливок.

Некоторыми видами брака при отливки деталей из высокомарганцевых сталей являются раковины разного происхождения, а так же трещинообразования, недоливы и др.

В данной работе рассмотрены различные виды литейных дефектов и меры предупреждения этих дефектов, влияние легирующих элементов на свойства стали, а так же технологии выплавки, разливки и последующей обработки отливки из стали 110Г13Л.

Цель работы. Разработка мероприятий по снижению брака в отливках из марганцовистой стали.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить свойства марганцовистой стали на примере марки стали 110Г13Л;

					ВКР. 2019-ВВ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		

- рассмотреть дефекты, встречаемые при выплавке стали 110Г13Л и проанализировать причины возникновения этих дефектов;

- разработать мероприятия для снижения брака в отливках из марганцовистой стали.

Методы исследования: обзор литературы, сбор фактического материала, изучение и анализ.

1 Общий раздел

1.1 Назначение, химический состав и область применения

					ВКР. 2019-ОР.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		

Из стали Гадфильда получают разного вида детали, такие как гусеничные траки, звёздочки, зубья ковшей экскаватора, а также футеровки вихревых и шаровых мельниц и другие. Обусловлено это тем, что высокомарганцовистая сталь обладает высоким сопротивлением к износу при ударных нагрузках и при одновременном высоком давлении. Наиболее массово износостойкие отливки изготавливают из стали марки 110Г13Л.

Марка стали 110Г13Л – легированная, конструкционная сталь с особыми свойствами для отливок аустенитного класса (рис.1) используется для изготовления тяжело нагруженных деталей с высокой износостойкостью, работающих под воздействием динамических, статических нагрузок. Эта сталь [110Г13Л] и в наши дни незаменимый конструкционный материал для различных отраслей промышленности.

Структура стали 110Г13Л в литом состоянии состоит из аустенита и избыточных карбидов $(Fe, Mn)_3C$. Выделение карбидов по границам зерен снижает прочность и вязкость стали. После закалки от 1050-1100° с в воде в стали образуется структура устойчивого аустенита.



Рисунок 1 – сталь Гадфильда под микроскопом (аустенитная основа)

Зарубежные аналоги – A128 (США); BW10 (Англия); ZGMn13-1 (Китай) и др.

Установленный Робертом Гадфильдом химический состав в 1892 году существенно не изменился до настоящего времени и регламентируется несколькими ГОСТами:

					ВКР. 2019-ОР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		6

- ГОСТ 977-88. – для отливок общего назначения;
- ГОСТ 21357-87. – для отливок хладостойкой стали;
- ГОСТ 7370-2015. – для отливок железнодорожных крестовин.

Пределы содержания элементов по этим ГОСТам приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 110Г13Л

ГОСТ	Массовая доля элемента, %						
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
977-88	0,90-1,50	11,50-15,00	0,30-1,00	0,050	0,120	1,00	1,00
21357-87	0,90-1,20	11,50-14,50	0,40-0,90	0,030	0,080	0,30	0,30
7370-2015	1,00-1,30	11,50-16,50	0,30-0,90	0,020	0,090	-	-

Как видно из таблицы 1, несмотря на то, что уровень механических и эксплуатационных свойств во многом определяется химическим составом, все три нормативных документа допускают достаточно широкие пределы содержания элементов. Столь широкие пределы содержания элементов можно объяснить следующими обстоятельствами.

Применяемый для выплавки стали 110Г13Л углеродистый лом содержит изделия из легированных сталей (40ХЛ, 40ХНЛ и др.), что объясняет допустимость высоких концентраций хрома и никеля. Значительные же пределы по основным элементам — углерод, марганец и кремний - объясняются преобладающими методами плавки стали (сплавление и переплав), при которых регулирование химического состава стали ограничивается изначальным содержанием элементов в ломе Б22, более интенсивным угаром марганца в сравнении с угаром углерода, а также восстановлением кремния при переплаве отходов собственного производства.

Для производства марганцовистых сталей применяют печи с основной футеровкой (на данный момент только с основной), а так же с кислой

футеровкой. Выплавка в кислых печах не производится, так как быстро разъедается кислая футеровка. Причиной этого является активное восстановление окиси кремния футеровки марганцем стали, согласно уравнению (1) что вызывает, загрязнение самой стали окислами марганца, а так же сильную эрозию.



Поэтому марганцовистую сталь выплавляют в основных печах: высокочастотных, электродуговых и мартеновских.

1.2 Обзор существующих технологических процессов для выплавки легированных сталей в электрических печах

Перед началом плавки, заправляется под печи. Из-за того, что жидкоподвижные шлаки разъедают футеровку, которая при загрузке может быть закрыта слоем шлака и жидкого металла, она может быть повреждена дугами. Для этого производят ремонт и заправку подины. Перед началом ремонта с пода удаляются остатки металла и шлака. В местах, которые были повреждены, забрасывается сухой магнезитовый порошок, а при больших повреждениях порошок с добавкой смолы и пека. Заправка происходит с помощью заправочной машины, которая выбрасывает через насадку заправочные материалы, с помощью сжатого воздуха или вращающегося диска, который разбрасывает материалы, и опускается сверху в открытую печь. Заправочная машина выбрасывающая, через насадку. Для более полного использования рабочего пространства печи в ее центральную часть загружают крупные куски ближе к электродам (40%), у откосов средний лом (45%), а на подину и верх загрузки скрап (15%). Между крупными кусками лома должен находиться скрап и мелкие куски.

Выплавка подразделяется на операции: расплавление, удаление газа и вредных примесей, содержащихся в нем, раскисление стали и выливание её в ковш для разлива по формам или изложницам. Значение этих операций и

					ВКР. 2019-ОР.ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		

требования, которые они предъявляют к дуговой печи, могут быть весьма различными.

Расплавление лома нужно вести по возможности быстрее, и с минимальным расходом энергии. Очень часто его длительность занимает половину продолжительности плавки, расходуя при этом 60-80% всей электроэнергии. Особенностью этого периода является беспокойный электрический режим печи. Дуга, горящая между концом электрода и металла, нестабильна, так как её длина не велика, и относительно небольшие изменения в положении металла или электрода, (сдвиг подплавленного куска, обвал) могут вызвать короткое замыкание, либо наоборот, обрыв дуги. Сначала дуга загорается между поверхностью шихты и электродом, и в первые минуты для повышения её устойчивости под электрод часто подкладывают куски электродного боя или кокса. После их сгорания начинает плавиться металл, и стекать каплями на подину. Образуются колодцы в шихте, в которые опускаются электроды до тех пор, пока они не достигнут подины, на которой к тому моменту образуется лужа расплавленного металла. Если её нет, то может произойти перегрев. Это самый не устойчивый период горения дуги; на электрод может попасть подплавляемый кусок шихты, укорачивая дугу, или под торцом электрода может наступить обрыв тока. Дуга, горящая между электродом и расплавленным металлом, перегревает металл: начинается расплавление и размыв шихты, которая окружает колодцы. Колодцы начинают расширяться, уровень жидкого металла начинает повышаться, а электроды подниматься. Почти весь металл в конце этого периода оказывается расплавленным. На откосах, остаются лишь отдельные куски шихты, расплавляющиеся последними. Часто эти «настыли» сбрасываются ломом вглубь ванны, чтобы не затягивать период плавления. Когда весь металл переходит в жидкое состояние, период расплавления считают законченным. К тому времени режим горения дуги, становится более спокойным, так как поверхность металла покрыта слоем шлака, образованным всплывающими

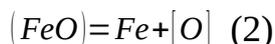
окислами и заброшенными в печь кусками извести, температура в печи становится выше. Длина дуги увеличивается в несколько раз, по сравнению с началом расплавления, она горит устойчивее, количество обрывов и толчков тока уменьшается.

Окислительный период плавки

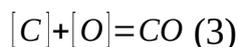
Окислительный период начинается после окончания расплавления. Его задача заключается:

- окисление избыточного углерода;
- окисление удаления фосфора;
- дегазация металла;
- удаление неметаллических включений;
- нагрев стали.

Окислительный период, начинается с присадки железной руды или окалины, которую дают в печь. В результате этого происходит насыщение шлака FeO и происходит окисление по реакции (2):



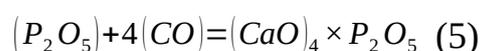
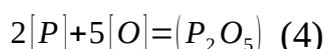
Растворённый кислород начинает взаимодействовать с углеродом, растворённым в ванне, по реакции (3):



Происходит выделение газа CO, пузыри которого вспенивают поверхность ванны, покрытую шлаком. Так как в окислительный период наводится известковый шлак, обладающий хорошей жидкоподвижностью то выделяющиеся пузыри газа вспенивают шлак. Шлак вытекает из печи, поскольку его уровень становится выше порога рабочего окна. Его выход можно усилить, наклонив печь в сторону рабочего окна. Шлак стекает в шлаковики, находящиеся под рабочей площадкой цеха. Во время окислительного периода окисляется от 0,3 до 0,6% углерода со скоростью

					ВКР. 2019-ОР.ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		

0,3-0,5% с/ч. Чтобы обновить состав шлака, вместе с рудой в печь добавляется известь и немного плавикового шпата, для лучшей жидкоподвижности шлака. Непрерывное окисление и скачивание окислительного шлака, являются обязательными условиями удаления фосфора из стали. Также для нормального хода реакции окисления фосфора, нужны(4 и 5): высокое содержание кислорода в шлаке и металле, повышенное содержание CaO в шлаке и пониженная температура. В электрических печах, первые два условия выполняются полностью. Для выполнения последнего условия наводится свежий шлак и поддерживается постоянное обновление шлака, поскольку шлак, насыщенный $(CaO)_4 \times P_2O_5$ скачивается из печи.



Во время окислительного периода происходит дегазация стали, удаляются азот и водород, которые выходят вместе с пузырями CO проходящими через металл. Выделение пузырей способствуют также удалению из металла не металлических включений, которые поднимаются потоками металла или выносятся вместе с пузырями газа. Активное кипение ванны способствует перемешиванию металла и выравниванию состава и температуры. Общая длительность окислительного периода проходит от 1 до 1,5 часов. Для увеличения интенсивности окислительного периода и для получения стали с небольшим содержанием углерода, металл продувают кислородом.

При продувке, окислительные процессы ускоряются, а температура металла в ванне повышается 8-10 с/м. Чтобы предотвратить перегрев металла вводятся охлаждающие добавки, скрап и стальные отходы. Единственным способом для получения низкоуглеродистой легированной стали, чтобы предотвратить значительные потери ценного хрома при переплаве, является применение кислорода.

					ВКР. 2019-ОР.ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		

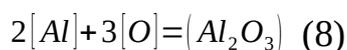
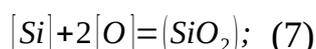
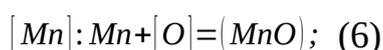
Когда содержание углерода опускается ниже заданного предела, а содержание фосфора 0,1% окислительный период заканчивается. Температура металла в этот момент несколько выше выпуска стали из печи. К концу периода, шлак стараются убрать из печи полностью, скачивая его из ванны.

Восстановительный период плавки

Восстановительный период начинается после удаления окислительного шлака. Задачами этого периода являются:

- удаление серы;
- раскисление металла;
- корректировка химического состава стали;
- регулирование температуры;
- подготовка хорошо раскисленного жидкоподвижного шлака нужного для обработки металла во время его выпуска из печи.

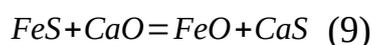
Удаление растворённого в стали кислорода, то есть её раскисление осуществляется присадкой раскислителей, диффузионным способом и осаждением. В начале восстановительного периода в печь присаживают шлакообразующие, на основе шамотного боя, кварцита, плавикового шпата и извести, для покрытия металла слоем шлака. После чего вводятся раскислители, чаще это бывают ферросилиций, ферромарганец, алюминий. При их введении происходят реакции (6,7,8):



Вследствие процессов раскисления, растворённый в металле кислород связывается в оксиды и удаляется в шлак в виде неметаллических включений не растворимых в металле. Этот процесс протекает достаточно быстро, и

					ВКР.2019-ОПТВ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		12

время необходимое для продолжительности периода в основном определяется тем временем, которое необходимо для образования подвижного шлака. При выплавке ответственных марок сталей, в средних и малых печах применяется метод диффузионного раскисления стали, то есть раскислители в виде порошка ферросилиция и молотого электродного боя, присаживаются на шлак. При этом в шлаке понижается содержание кислорода и по правилам закона распределения кислород из металла переходит в шлак. Этот метод, хоть и не оставляет в металле оксидных включений, но требует значительной траты времени. В восстановительный период плавки, а также при выпуске стали под слоем шлака, когда происходит хорошее перемешивание металла со шлаком, активно происходит десульфурация металла по уравнению (9)



Способствует этому хорошее раскисление шлака и стали, высокая основность и температура.

Во время восстановительного периода проводится легирование, для этого вводят ферротитан, феррохром и др., некоторые элементы, например, никель вводят вместе с шихтой, так как он не окисляется и не теряется во время плавки. Добавки тугоплавких ферросплавов (ферровольфрама, феррониобия) производятся в начале рафинирования, так как для их расплавления нужно значительное время.

В настоящее время большинство операций восстановительного периода переносятся из печи в ковш. По ходу выпуска присаживают раскислители. Целью восстановительного периода является обеспечение нагрева стали до заданной температуры и создание шлака, десульфурующая способность которого используется при совместном выпуске из печи вместе со сталью.

Порядок легирования

При выплавке легированных сталей в электродуговых печах порядок легирования зависит от сродства легирующих элементов к кислороду. Элементы, обладающие меньшим сродством к кислороду, чем железо (никель, молибден) во время плавки не окисляются и их вводят в начальные периоды плавки - никель в завалку, а молибден в конце плавления или в начале окислительного периода. Хром и марганец обладают большим сродством к кислороду, чем железо. Поэтому металл легируют хромом и марганцем после слива окислительного шлака в начале восстановительного периода.

Вольфрам обладает большим сродством к кислороду, чем железо и его обычно вводят в начале восстановительного периода. Он очень тугоплавкий и поэтому ферровольфрам можно присаживать в ванну не позднее, чем за 30 мин. до выпуска

Одношлаковый процесс

В связи с интенсификацией процесса электроплавки в последние годы получил большое распространение метод плавки в дуговой печи под одним шлаком. Сущность этого метода заключается в следующем: дефосфорация металла совмещается с периодом расплавления. Во время расплавления из печи скачивают шлак и производят добавки извести. В окислительный период выжигают углерод. По достижении в металле $P \ll 0,035 \%$ производят раскисление стали без скачивания шлака ферросилицием и ферромарганцем. Затем присаживают феррохром и проводят сокращенный (50-70 мин) восстановительный период с раскислением шлака порошками ферросилиция и кокса и раскислением металла кусковыми раскислителями. Окончательное раскисление производят в ковше ферросилицием и алюминием. В некоторых случаях вообще не проводят раскисления шлака в печи порошкообразными раскислителями.

					ВКР. 2019-ОР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		13

Применение синтетического шлака

Этот метод предусматривает перенесение рафинирования металла из электропечи в разливочный ковш. Для рафинирования металла выплавляют синтетический шлак на основе извести (52-55%) и глинозема (40%) в специальной электродуговой печи с угольной футеровкой. Порцию, жидкого, горячего, активного шлака (4-5 % от массы стали, выплавленной в электропечи) наливают в основной сталеразливочный ковш. Ковш подают к печи и в него выпускают сталь. Струя стали, падая с большой высоты, ударяется о поверхность жидкого шлака, разбивается на мелкие капли и вспенивает шлак. Происходит перемешивание стали со шлаком. Это способствует активному протеканию обменных процессов между металлом и синтетическим шлаком. В первую очередь протекают процессы удаления серы благодаря низкому содержанию FeO в шлаке и кислорода в металле; повышенной концентрации извести в шлаке, высокой температуре и перемешиванию стали со шлаком. Концентрация серы может быть снижена до 0,001 %. При этом происходит значительное удаление оксидных неметаллических включений из стали благодаря ассимиляции, поглощению этих включений синтетическим шлаком и перераспределению кислорода между металлом и шлаком.

Обработка металла аргоном

После выпуска стали из печи через объем металла в ковше продувают аргон, который подают либо через пористые пробки, зафутерованные в днище, либо через швы кладки подины ковша. Продувка стали в ковше аргоном позволяет выровнять температуру и химический состав стали, понизить содержание водорода, удалить неметаллические включения, что в конечном итоге позволяет повысить механические и эксплуатационные свойства стали.

					ВКР. 2019-ОР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		14

Применение порошкообразных материалов

Продувка стали в дуговой электропечи порошкообразными материалами в токе газаносителя (аргона или кислорода) позволяет ускорить важнейшие процессы рафинирования стали: обезуглероживание, дефосфорацию, десульфурацию, раскисление металла.

В струе аргона или кислорода в ванну вдуваются порошки на основе извести, плавикового шпата. Для раскисления металла используют порошкообразный ферросилиций. Для окисления ванны и для ускорения удаления углерода и фосфора добавляют оксиды железа. Мелко распыленные твердые материалы, попадая в ванну металла, имеют большую поверхность контакта с металлом, во много раз превышающую площадь контакта ванны со шлаковым слоем. При этом происходит интенсивное перемешивание металла с твердыми частицами. Все это способствует ускорению реакций рафинирования стали. Кроме того, порошкообразные флюсы могут использоваться для более быстрого наведения шлака.

					ВКР. 2019-ОР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		15

2 Технологический раздел

2.1 Технология выплавки марки стали 110Г13Л в условиях производства «Спецсплав – М»

На предприятии «Спецсплав – М» получают высокомарганцовистую сталь 110Г13Л в электродуговой печи ДСПЗ-ИЗ с основной футеровкой методом сплавления по техническим условиям (ТУ 4112-125-00186335-2008).

2.1.1 Шихтовые материалы и подготовка

При выплавке стали 110Г13Л применяют следующие материалы, которые состоят из металлической части шихты; материалов для корректировки химического состава; основных материалов для формирования шлака; материалов для раскисления стали, а также для модифицирования стали.

Металлическая часть шихты:

1) Стальной лом и отходы углеродистой стали, лом и отходы марганцовистых сталей с высоким содержанием марганца по ГОСТу 2787-75., указанные в таблице 2

Таблица 2 – Металлическая часть шихты

Класс	Категория	Вид	Номер вида	Общее обозначение
Стальной лом и отходы	A	Стальной	2	2А
	A	лом и Пакеты №1	8	8А
	A	Пакеты №2	9	9А
Лом и отходы марганцовистых сталей с высоким содержанием марганца				B22

2) Отходы собственного производства отливок (литники, прибыли, скрап, брак отливок) из стали 110Г13Л

Материалы для корректировки химического состава:

1) Ферромарганец высокоуглеродистый ФМн78 по ГОСТу 4755-91. с содержанием фосфора не более 0,3%.

2) Ферросилиций ФС65 по ГОСТу 1415-93.

Ферросплавы для коррекции химического состава должны применяться в просушенном виде с небольшим габаритным размером (не более 100мм), если куски большие их подвергают дроблению.

Основные материалы для формирования шлака:

1) Кусковой известняк (размер от 25 до 120мм.)

2) Шамот молотый (отходы шамотного кирпича с фракцией не более10мм.)

Материалы для раскисления стали:

1) Кокс с фракцией до 10мм. ГОСТ 3340-88.

2) Молотый ферросилиций (размер не более10мм.)

3) Алюминий вторичный, любой марки по ГОСТу 295-98.

4) Шамот молотый (отходы шамотного кирпича с фракцией не более10мм.)

Материалы для модифицирования стали:

1) Комплексный модификатор «Insteel 3.2»

Для завалки в печь шихту нужно подготовить, несколько общих рекомендаций по подготовке шихтовых материалов к плавке.

Рекомендации по подготовке шихтовых материалов.

- Все шихтовые материалы должны быть сертифицированы;

- Максимальный размер куска не должен превышать 600мм, а максимальная масса не более 300кг.;

- Весь шихтовый материал для плавки должен быть сухим;

- Ферросплавы должны быть раздроблены на куски не более 100мм.;

- При использовании в шихте разногабаритного стального лома рекомендуется составлять садку из мелких кусков массой не более 100кг. в

					ВКР. 2019-ТР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		17

кол-ве от 65 до 75% и крупных кусков массой от 100 до 300кг. в кол-ве от 35 до 25%.

Порядок расчета шихтовых материалов (общий)

Садка печи – это масса шихты, загружаемая в печь для одной плавки.

Расчет шихты ведет сменный и заносит данные в «плавильный журнал».

Для расчета требуемого количества шихты на плавку используют следующие данные:

- содержание химических элементов выплавляемой стали;
- содержание химических элементов в шихтовых материалах, предназначенных для выплавки стали 110Г13Л (данные берутся из сертификата на шихтовый материал);
- пользуются формулой для расчета количества ферросплавов (10)

$$x = \frac{(T \times (B - O) \times 100)}{(a \times p)}, \text{ где (10)}$$

x – масса ферросплава для присадки, кг.

T – масса жидкой стали в печи, кг.

B – заданный предел содержания вводимого элемента в готовом металле, %

O – остаточное содержание данного элемента в металле перед присадкой, %

a – содержание элемента в ферросплаве, %

p – усвояемость элемента (100% минус угар, %), %

при расчете количества шихты на плавку угар элементов принимают:

- | | | |
|-----------|-------|--------|
| - углерод | от 5 | до 15% |
| - кремний | от 15 | до 30% |

- марганец

до 30%

2.1.2 Подготовка печи и ее состояние перед завалкой шихты

- После выпуска плавки подину, откосы печи и все углубления в подине тщательно очистить от оставшегося металла и шлака железным скребком и кочергой. Подину и откосы заправить в случай необходимости магнезитовым порошком, определяет сталевар.

- Заправку подины и откосов производить в то время, пока футеровка не остыла. Столбики и откосы у рабочего окна заправить в первую очередь.

Если подина требует значительных исправлений, то доведение её до нормального профиля производится постепенно в течение нескольких плавков (в том случае, если повреждения подины не носят аварийный характер и не грозят уходом металла под печь).

- Стены и свод тщательно осмотреть и при неудовлетворительном их состоянии (наличия углублений) произвести ремонт согласно технологической инструкции.

- Длина печных электродов должна быть достаточной для проведения всей плавки, при недостаточной длине электродов необходимо произвести наращивание их - присоединение нового электрода к частично изношенному с помощью соединительного элемента - ниппеля. При наращивании электродов обращать внимание на состояние резьбы соединительных ниппелей и электродов.

Перед установкой электроды осмотреть (осмотр производится без увеличительных средств), на поверхности электродов не должно быть трещин.

- Токоведущие части обмести, осмотреть состояние охлаждающих устройств, механизмов, электроаппаратуры.

					ВКР. 2019-ТР.ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		

Водоохлаждающая арматура электропечи не должна иметь подтекания воды.

- Печь должна быть максимально уплотнена для предотвращения подсоса воздуха через заслонку рабочего окна, стык между сводом и стенкой, а также отверстиями для электродов и самими электродами.

2.1.3 Завалка шихты в печь

Завалку шихты начинать немедленно после окончания заправки печи.

Рекомендуется загружать крупный и мелкий лом попеременно, с целью максимальной уплотняемости при заполнении и максимальной вместимости по массе.

Взвешивание добавочных материалов (ферросплавов) по ходу плавки производить на весах платформенных рычажных марки РП-50Ш13 с диапазоном от 2,5 до 50 кг и весах платформенных рычажных марки РП-1Ш13 с диапазоном от 50 до 1000 кг.

2.1.4 Выплавка стали

2.1.4.1 Общие требования к выплавке высокомарганцевистой стали.

Химический состав стали 110Г13Л по ТУ 4112-125-00186335-2008 указан в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав стали 110Г13Л (ТУ 4112-125-00186335-2008)

Массовая доля элементов, %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0,88-1,52	0,2-1,2	11,0-15,5	1,1	1,15	0,3	0,05	0,12

2.1.4.2 Выплавка стали методом сплавления.

- Шихту составлять из отходов стали (литники, прибыли, брак отливок из высокомарганцевистой стали), стальной лом марок 2А, 8А, 9А.

- Завалку шихты в печь следует производить согласно настоящей инструкции (см. выше).

- Затем добавить ферромарганец высокоуглеродистый ФМн78 (ГОСТ-4755) согласно нормам расходов.

- В завалку присаживать от 15 до 19 кг/т извести или известняка.

- Плавление вести при использовании полной мощности трансформатора.

- Если после расплавления шихты получатся густые шлаки, то следует произвести восстановление марганца, железа ферросилицием ФС65, из расчета от 5,0 до 9,0 кг/т, а затем шлак скачать и навести новый из извести или известняка от 18 до 20 кг/т.

- Не допускать перегрева жидкого металла после расплавления шихты в процессе выплавки стали.

Необходимо следить за температурным режимом плавки, учитывая быстрый нагрев металла при переплаве высокомарганцевистой шихты.

- После полного расплавления шихты и хорошего перемешивания расплава взять пробу для экспресс-анализа на углерод, марганец

Проба металла для определения содержания углерода и марганца берется в виде скрапины. Для получения пробы-скрапины металл берется из печи полностью ошлакованной ложкой и сливается из ложки в ведро с сухим песком и при этом струя подхватывается металлической лопатой и сбрасывается в рядом стоящую емкость с водой - получают тонкие скрапины металла, которые падают в емкость с водой, охлаждаются и закаляются.

- После проплавления ферромарганца и перемешивания ванны отбирается проба металла для определения содержания кремния.

					ВКР. 2019-ТР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		21

Взять пробу металла на экспресс-анализ кремния полностью ошлакованной ложкой и залить в металлическую форму. Сразу после заливки пробу охладить в воде.

- Затем на шлак задается раскислительная смесь следующего состава (табл. 4)

Таблица 4 – Состав раскислительной смеси

Наименование материала	Количество материала
Ферросилиций ФС65 молотый	32-40 кг (20-25%)
Кокс молотый	48-64 кг (30-40%)
Шамот молотый	64-80 кг (40-50%)

- Получив результаты экспресс-анализа химического состава металла, откорректировать химический состав жидкого металла по содержанию углерода, марганца, кремния.

- Выдержка металла в печи под восстановительным шлаком должна составить не менее 40 мин.

- Плавка выпускается из печи при получении удовлетворительных результатов пробы металла на изгиб (проба Бартона).

- Размеры пробы (литого бруска): длина 300 мм, ширина 20 мм, высота 12 мм;

- Пробу жидкого металла взять полностью ошлакованной ложкой и залить в специально подготовленную сухую песчано-глинистую форму;

- Через промежуток времени от 50 до 60 с после заливки пробу выбить из формы и закалить в воде.

- Закаленную пробу испытать на загиб вокруг оправки с размером диаметра в пределах от 30 до 40 мм.

- При загибе пробы в пределах от 120 до 180° на поверхности пробы не должно быть трещин.

- Контроль состояния поверхности пробы после загиба вокруг оправки визуальный без увеличительных приспособлений.

- В случае появления трещин продолжать выдержку металла под восстановительным шлаком до получения требуемых результатов на изгиб.

- Перед выпуском металла берется проба шлака для определения закиси железа и закиси марганца.

Взять пробу шлака ложкой из печи, вылить на плиту, шлак остудить измельчить и отправить в химическую лабораторию.

Рекомендуемое содержание закиси железа (FeO) и закиси марганца (MnO) в шлаке указано в таблице 5:

Таблица 5 – Рекомендуемое содержание закиси железа (FeO) и закиси марганца (MnO) в шлаке

MnO, %	FeO, %
Не более 12	Не более 1,5

- Перед выпуском металла раскислять алюминием в ковше. Данные по расходу алюминия в зависимости от жидкого металла в ковше сведены в таблицу 6.

Таблица 6 - Данные по расходу алюминия в зависимости от жидкого металла в ковше

Масса металла в ковше, кг	Масса задаваемого в ковш алюминия, кг	Масса металла в ковше, кг	Масса задаваемого в ковш алюминия, кг
4600	5,5	3700	4,4
4500	5,4	3600	4,3
4400	5,25	3500	4,2
4300	5,1	3400	4,1
4200	5	3300	3,9
4100	4,9	3200	3,8
4000	4,8	3100	3,7
3900	4,7	3000	3,6

3800	4,55	2900	3,5
------	------	------	-----

Допускается раскислять металл алюминием в печи. При этом алюминий следует задавать в печь на штанге в период от 1 до 2 мин до выпуска.

2.1.5 Выпуск металла из печи

- Факторами, определяющими окончание плавки, являются получение необходимого химического состава, температурой выпуска и раскисленности металла.

- Перед выпуском металла из печи шлак должен быть жидкоподвижным.

При получении густого шлака присаживать плавиковый шпат, отходы шликеров эмалей силикатных или шамотный порошок.

- Выпускной желоб и выпускное отверстие должны быть в исправном состоянии. Желоб хорошо просушен и очищен. Компактность струи зависит от качества футеровки желоба и особенно от состояния его конечной части. При наличии на желобе «настылей» и шлака струя разделяется на ряд потоков и степень окисляемости металла резко возрастает.

- Ковш с разогретой до темно-вишневого цвета футеровкой, с установленным в него просушенным стопором, передать краном с участка сушки под желоб.

- Перед выпуском температуру металла измерять термоэлектрическим преобразователем ТПР-2075 градуировки ПР 30/6 в комплекте с электронным потенциометром класса 0,5. Диапазон измерений от 0°С до 1800°С

- Температура металла в печи перед выпуском (табл. 7)

Таблица 7 - Температура металла в печи перед выпуском

Температура металла в печи перед выпуском, °С	
Без модификатора	С модификатором

					ВКР. 2019-ТР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		24

1505 ± 25

1480 ± 10

- Поднять электроды над уровнем шлака на высоту от 0,3 до 0,5 метра (ориентировочно, визуально) и, слегка наклонив печь в сторону желоба, для того чтобы шлак не попал в выпускное отверстие первым, разделить выпускное отверстие.

- При появлении металла на желобе увеличить наклон печи. При выпуске металла следить за тем, чтобы струя не попала на стопор.

- Выпуск металла из печи должен производиться компактной струей в целях уменьшения окисления металла без перевалов в отверстии и разбрызгивания ее с желоба.

- Струя жидкого металла должна плавно отрываться от желоба и собранным единым потоком падать на дно ковша.

- Несобранная разрыхленная струя захватывает с собой большие массы воздуха и при падении в ковш вносит эти массы воздуха в глубинные слои металла.

- С увеличением высоты падения потока количество инжектируемого воздуха значительно возрастает, поэтому при выпуске рекомендуется держать длину струи, по возможности, одинаковой опусканием ковша в период наклона печи при выпуске.

- При выплавке стали с применением комплексного модификатора "Insteel 3.2".

Модификатор "Insteel 3.2" прокалить в металлическом тазе газовым факельным запальником в течении не менее одного часа и задать в ковш при выпуске стали в количестве 15 кг в три:

- заполнить дно ковша и задать 5 кг, затем задать 5 кг при заполнении 1/3 ковша и 5 кг при заполнении 2-3 ковша. Задачу модификатора в ковш производить при помощи металлического таза.

- Продолжительность выпуска металла из печи должна быть не более двух минут.

- После выпуска плавки поверхность металла в ковше вокруг стопора обсыпать порошком кокса, так как шамотный шлак в ковше сразу образует корку, которая может препятствовать открыванию стопора при разливке металла или углем, гранулированным марки Г6.

3 Научно-исследовательский раздел

3.1 Влияние легирующих элементов на свойства стали

Влияние углерода: Сталь, не имеющая почти крупных карбидов, а мелкие карбиды расположены в основном по границам зерен, содержит менее 1% углерода (рис. 1).

Рисунок 1 –
стали, содержащей
Травление 4%-ным
кислоты (x100).



Карбиды в литой
0,96% углерода.
раствором азотной

С повышением углерода, увеличивается количество карбидов, которые образуют сплошную оторочку вокруг аустенитной основы (рис. 2).



Рисунок 2 – Карбиды на границах зерен аустенита в стали, содержащей 1,40% углерода (x500).

Сфероидизированная и игольчатая форма карбидов встречается внутри зерна (рис 3).



Рисунок 3 – Сфероидизированные (а) и игольчатые (б) карбиды в марганцевистой стали, содержащей 1,53% углерода (x500).

При повышении содержания углерода с 0,7 до 1,5% возрастает предел текучести (~30%). Углерод упрочняет марганцевистую сталь, образуя аустенитный раствор внедрения, и тем самым препятствует свободному перемещению дислокаций.

Влияние марганца: В интервале от 8 до 14% содержания марганца повышается прочность стали и не меняется пластичность. В некоторых источниках пишут противоположное мнение, что при содержании марганца менее 10% механические свойства ухудшаются. [7] Происходит укрупнения зерна при первичной кристаллизации при содержании количества марганца свыше 12%. [19]

После закалки, размер зерна стали, по сравнению с литым состоянием не меняется. Аустенитная структура (рис. 4)



Рисунок – 4 Микроструктура литого образца из марганцевистой стали после закалки. Травление царской водкой (x100).

Влияние кремния: с повышением содержания кремния в стали увеличивается число карбидов в микроструктуре (рис.5). Форма карбидов так же меняется – из игольчатой (при содержании 0,2% кремния в стали) в сфероидизированную (рис. 6).



Рисунок 5 – Микроструктура литой марганцевистой стали, содержащей: а) 0,45%; б) 0,56%; в) 0,90%; г) 1,04% кремния. Травление водным раствором сернокислой меди и соляной кислоты (x100).



Рисунок 6 – Игольчатые (а) и сфероидизированные (б) карбиды в марганцевистой стали, содержащей 0,2% и 0,83% кремния (x500).

Кремний влияет на повышение прочностных характеристик, но кремний вводят как «успокоитель» и раскислитель.

Предел текучести и временное сопротивление при содержании кремния от 0,2 до 1% возрастают на 15-16%, соответственно и снижается пластичность. При содержании кремния более 2%, происходит значительное изменение свойств стали (снижение прочности и пластичности). [7]

Некоторые отечественные и западные производители ограничивают содержание кремния до 0,6 %. Вероятно, это делается из соображений повышения трещиностойкости отливок, известно, что кремний вытесняет углерод из твердого раствора, тем самым создавая условия для образования большего количества карбидов во время первичной кристаллизации.

Влияние серы и фосфора: Фосфор отрицательно влияет на прочность, пластичность, хладостойкость, износостойкость, трещиностойкость стали. По этим причинам содержание фосфора целесообразно ограничивать 0,06 % и менее. Тем не менее ГОСТ допускают до 0,08 - 0,12 %. Влияние фосфора на прочность и пластичность приведено на рисунке 7.

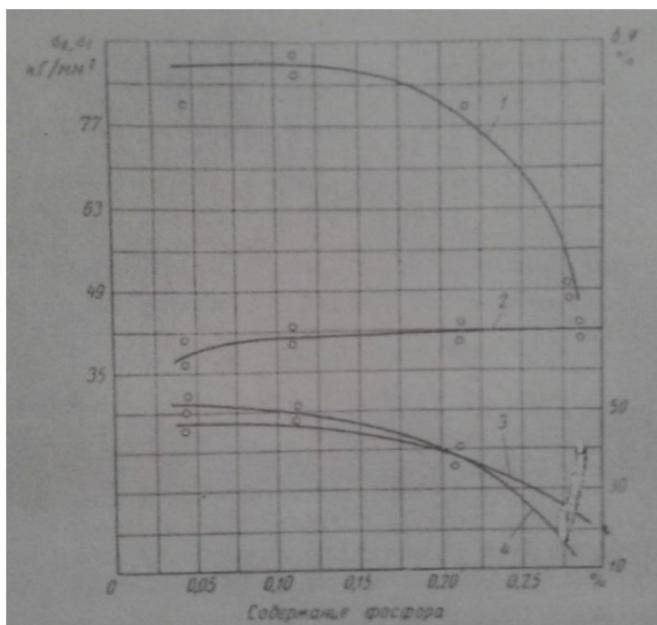


Рисунок 7 – Влияние фосфора на механические свойства марганцевистой аустенитной стали при испытании на растяжение при температуре 1150°C: 1 – предел прочности; 2 – предел текучести; 3 – относительное сужение; 4 – относительное удлинение.

Содержание серы и по ГОСТ, и по техническим условиям ограничено 0,03 - 0,05 % и выше, хотя на практике, в виду обессеривающей способности марганца, наблюдается 0,02 %.

3.2 Основные виды брака и способы ликвидации дефектов

3.2.1 Газовые раковины

Газовая раковина – это дефект отливки в виде полости, образованной выделившимися из металла или внедрившимися в металл газами.

Причины образований газовых раковин разнообразны, так же, как и меры предупреждений. Рассмотрим виды газовых раковин и причины возникновения.

1) Раковина гладкая, светлая, рассредоточенная, сферической формы, мелкая (2-6 мм)



Рисунок 8 - Дефект – раковина гладкая, светлая, рассредоточенная, сферической формы, мелкая (2-6 мм)

Располагаются группами, поражают чаще толстые сечения и тепловые узлы отливки.

Причины возникновения: Насыщение водородом, азотом, окисью углерода извне (форма, стержень, смолы, разливные устройства), либо диффузия в металле.

Способы ликвидации: Снижение или ликвидация влаги в форме, ликвидация ржавой шихты, карбамидных смол и добавок.

2) Раковина гладкая, светлая, локальная, более 6 мм (известна также как «вскип»)

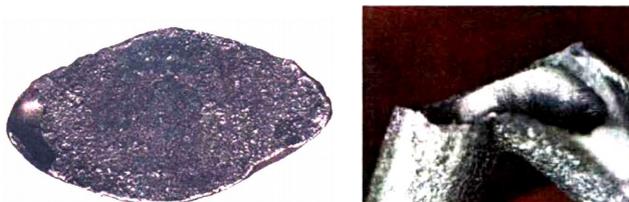


Рисунок 9 - Дефект отливки: раковина гладкая, светлая, локальная, более 6мм, известна также как «вскип»

Дефект располагается во внутренних частях отливки, но может быть и на поверхности.

Причины возникновения: Эффект кипения расплава или выброс его из формы (вскип); влага формы (стержня); краски недосушенных разливных устройств.

Способы ликвидации: Снижение влаги в форме и стержне. Ликвидировать влагу в краске разливных устройств. Выполнить хорошую вентиляцию формы (стержня).

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат	ВКР. 2019-НИР.ПЗ				

3) Раковина «Пористость подкорковая» (ситовидная пористость), светлая, размером от 2 до 5 мм

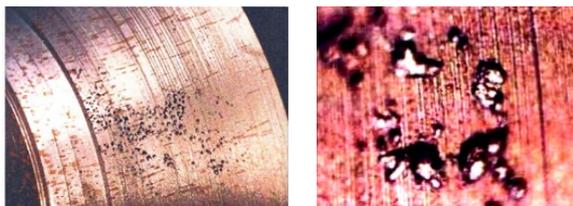


Рисунок 10 - Фрагмент отливки «Колесо рабочее» с дефектом «Пористость подкорковая»

Раковины располагаются непосредственно под тонкой поверхностной коркой, однако чрезвычайно тонкое устье раковины позволяет их обнаружить либо при заточке, либо при отжиге отливок после отслоения окалины.

Причины возникновения: Восстановление окислов металла с образованием газа, конденсат влаги на форме (стержне), наличие азотосодержащих материалов.

Способы ликвидации: Снизить простой собранных форм, а также дегазировать металл в ковше. Ликвидировать излишнюю смазку моделей, ржавую шихту, азотосодержащие материалы.

4) Раковина сферической формы, поверхность с цветами побежалости

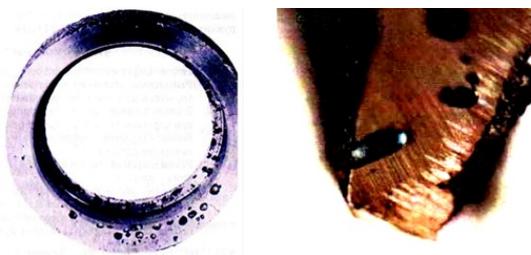


Рисунок 11 – Отливка «Фланец» с раковиной сферической формы, поверхность раковины имеет цвета побежалости

Дефект располагается отдельно или небольшими группами в отливки.

Причины возникновения: Растворение окиси углерода в металле, местный источник газовой выделений, повышение газотворности смеси.

Способы ликвидации: Ликвидация ржавой шихты и остатков алюминия в шихте. Выполнение расчетной вентиляции формы (стержня), а также ликвидация местных источников газовыделения.

5) Раковина шлакогазовая, сферической формы, окисленная, возможен желтоватый налет

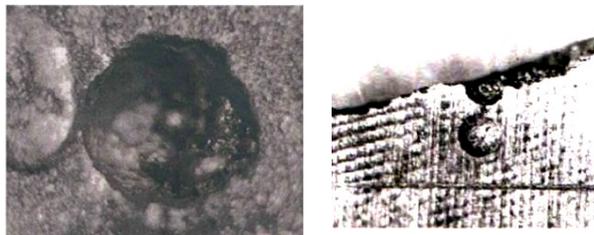


Рисунок 12 - Раковина шлакогазовая, сферической формы, окисленная
Дефект обычно наблюдается в верхней части отливки. Располагается единолично или неравномерными группами.

Причины возникновения: Контакт частиц шлака с расплавом металла или формы с выделением газа. Восстановление окисленного металла с образованием пузырей и захватом шлаковых частиц.

Способы ликвидации: Удаление шлака в ковше и удаление в литниковой системе, раскисление металла.

3.2.2 Трещины

Трещины – дефект представляет разрыв сплошности. Трещины бывают холодными и горячими.

1) Горячая трещина - дефект в виде разрыва или надрыва тела отливки усадочного происхождения, возникающего в интервале температур затвердевания (рис. 13).



Рисунок 13 – Отливка «Рабочее колесо» с дефектом «Горячая трещина»

Горячая трещина чаще всего встречается на отливках марганцовистых сталях. Трещина располагается по границам кристаллов, имеет неровную окисленную (темную) поверхность, на которой иногда видны дендриты.

Причины образования: Нетехнологичность конструкции отливки; нарушение режимов термообработки; разность температур между стенками и термическими узлами; недостаточная прочность или пластичность металла; несоблюдение режимов транспортировок отливок.

Способы ликвидации: Проработка конструкции отливки на технологичность; соблюдение режимов термообработки. Провести модифицирование металла при соблюдении содержания основных элементов, а также правильная транспортировка отливок.

2) Холодная трещина

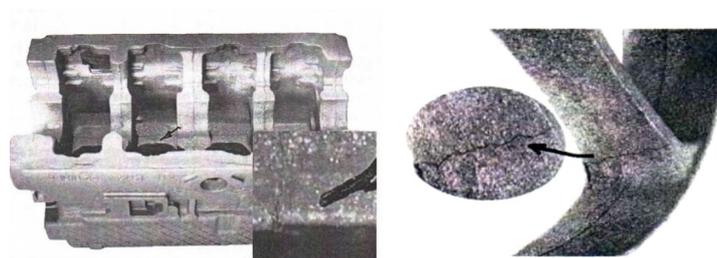


Рисунок 14 – Дефект отливки «Холодная трещина»

Причины образования: Низкая температура металла, неправильное питание отливки, недостаточная прочность металла, нетехнологичность конструкции отливки, низкая податливость стержней и формы, отсутствие низкотемпературного отжига.

Способы ликвидации: Повысить температуру металла, изменить место подвода металла, провести модифицирование сплава, проработать конструкцию отливки на технологичность, повысить податливость формы и стержней, провести низкотемпературный отжиг.

3.2.3 Усадочная раковина

Усадочная раковина - дефект в виде открытой или закрытой полости с грубой, шероховатой, иногда окисленной поверхностью, образовавшейся вследствие усадки при затвердевании металла.

1) Раковина усадочная открытая

					ВКР. 2019-НИР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		33



Рисунок 15 - Отливка «Шестерня цепная» с дефектом Раковина усадочная открытая (а) и (б) – увеличено

2) Раковина усадочная закрытая

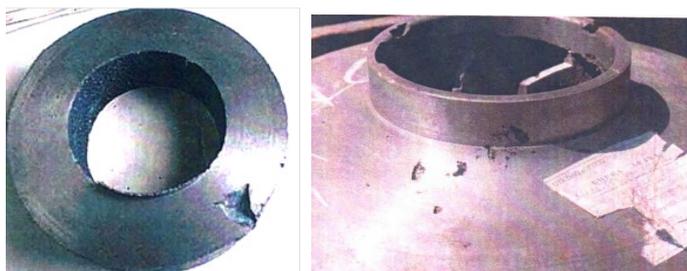


Рисунок 16 – Дефект отливки Раковина усадочная закрытая

Явление усадки вызвано сокращением объема и линейных размеров отливки в форме в период застывания залитого металла.

3) Рыхлота - дефект в виде скопления мелких усадочных раковин (рис. 17, а).

4) Усадочная пористость – дефект в виде мелких пор, образовавшихся вследствие усадки металла во время его затвердевания при недостаточном питании (рис.17, б).

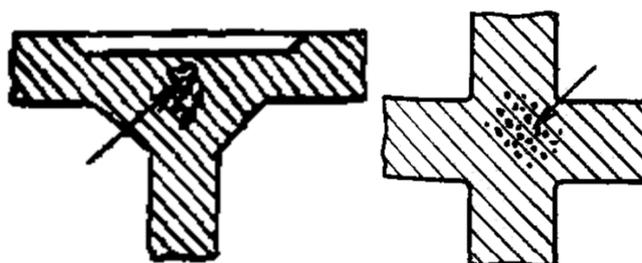


Рисунок 17 – рыхлота (а); усадочная пористость (б)

Для ликвидации этого дефекта используют различные методы предупреждения: направленная кристаллизация, то есть установка наружных и внутренних холодильников, замена литниковой системы, установка прибылей и др.

3.2.4 Утяжина

Утяжина – дефект в виде углубления с закругленными краями на поверхности отливки, образовавшегося вследствие усадки металла при заливке (рис.18).

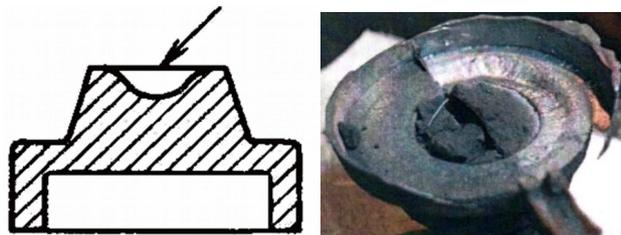


Рисунок 18 - Газовая раковина с утяжиной

Недостаточное питание массивного узла отливки, приводящее к образованию усадочной раковины внутри узла, утяжке или продавливанию в полость раковины недостаточно прочной затвердевающей поверхностной корочки металла.

3.2.5 Недолив и «Уход маталла»

1) Недолив - дефект в виде неполного образования контура отливки вследствие не заполнения полости литейной формы металлом при заливке (рис. 19).

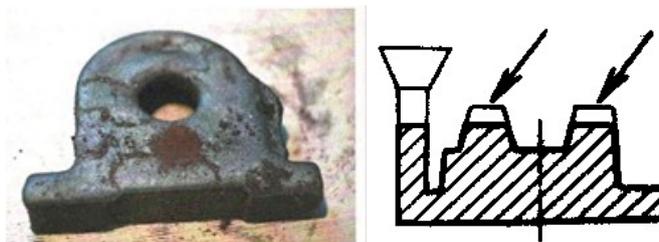


Рисунок 19 – Отливка «Опора» с дефектом «Недолив»

2) Уход металла (подъем формы) – дефект в виде пустоты в теле отливки, ограниченный тонкой коркой затвердевшего металла, образовавшийся вследствие вытекания металла из формы при слабом ее креплении (рис. 20)

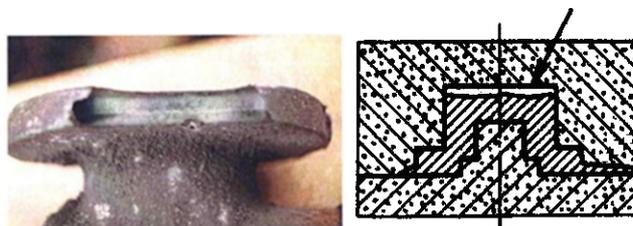


Рисунок 20 – Фрагмент отливки «Корпус вентиля» с дефектом «Уход металла»

3.3 Разработка мероприятий по снижению брака в отливках из марганцовистой стали

Для разработки мероприятий по снижению брака в отливках из марганцовистой стали, в первую очередь, надо проанализировать частые виды дефектов. Для анализа видов брака в производстве используют разные инструменты качества. Чаще всего применяют Диаграмму Парето – инструмент, позволяющий объективно представить и выявить основные факторы, влияющую на исследуемую проблему, и распределить усилия для ее эффективного разрешения.

Составляем таблицу и анализируем виды дефектов на предприятии «Спецсплав – М» за период времени октябрь 2018г. – март 2019г. За основу анализа берем общий вес бракованных изделий за этот период (см. Приложение).

Таблица 8 – Виды дефектов на предприятии «Спецсплав – М» за период октябрь 2018г. – март 2019г.

Наименование дефекта	Вес бракованных изделий, кг.	Процент дефектации, %
Раковины	5352	27
Пустотелость	3803	47
Недолив	3591,5	65
Утяжина	3532,4	83
Несоответствие КД	1001,4	89
Несоответствие химическому составу	826	93
Трещины	420	95
Спай по зубьям	402	97
Пористость	318	99
Продолжение таблицы 8		
Шлак на поверхности	267	100
Общий вес бракованных изделий, кг.	19513,3	

По данным таблице строим диаграмму Парето (рис. 21)

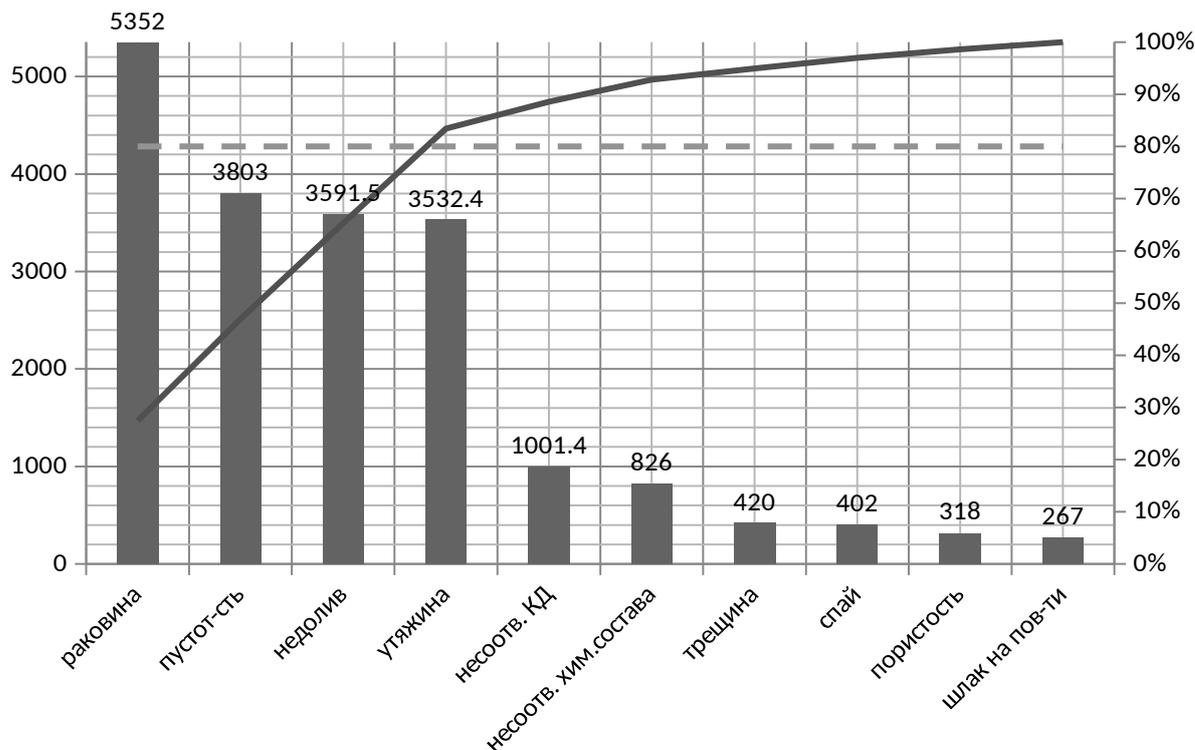


Рисунок 21 – Диаграмма Парето (по данным таблицы 8)

Рассмотрев диаграмму можно увидеть, что значительная часть бракованных изделий производится на формовочном участке. Причины формовочного брака такие как, недостаточная вентиляция форм; обвал или прошиб формы, ведут за собой дефекты - пустотелость, недоливы, а также пригар. Чаще всего на эти дефекты влияет человеческий фактор (спешка для выполнения плана; не квалифицированный рабочий). Для минимизации подобных дефектов нужно усилить контроль за сборкой со стороны мастеров участка, а также провести беседы с рабочими технологами обращая внимание на технические указания и систематические дефекты, появляющиеся при тех или иных методах формовки и сборки форм.

Температура заливаемого металла оказывает влияние на возможность образования горячих трещин, газовых раковин, пригара, неспая, недолива и других дефектов отливок.

Определение температуры заливки сводится к выбору необходимого перегрева стали, принимаемого сверх температуры начала затвердевания. В

таблице 9 приведены исходные данные для определения температуры заливки некоторых легированных сталей с учетом снижения возможности образования газовых раковин.

Таблица 9 – Исходные данные для определения температуры заливки, легированной стали

Сталь	Средняя температура начала затвердевания, °С	k _ж	Температура заливки °С, при линейной скорости подъема уровня стали в форме, мм/с		
			менее 8	8-12	свыше 12
20ГСЛ	1500	0,9	1560–1590	1550–1570	1540–1560
30ГСЛ	1493	0,9	1550–1580	1540–1560	1530–1550
40Г2Л	1490	0,9	1550–1580	1540–1560	1530–1550
110Г13Л	1370	0,8	1420–1430	1410–1420	1400–1420
30ХМЛ	1498	1	1550–1570	1540–1560	1530–1550
30ХГСЛ	1495	0,9	1560–1590	1550–1570	1540–1560
15Х1М1ФЛ	1505	1	1560–1580	1550–1570	1540–1560
70ХЛ	1470	0,9	1530–1560	1520–1540	1510–1530
20Х13Л	1490	0,9	1590–1620	1580–1600	1570–1590
0Х12НДЛ	1500	-	1590–1610	1580–1590	1570–1580
20Х13НЛ	1495	-	1570–1600	1560–1580	1550–1570
10Х18Н9ТЛ	1440	1	1590–1610	1580–1610	1580–1610
ЛА-1	1410	-	-	1540–1560	1540–1550

Многими исследованиями установлено, что на пластичность и прочность очень сильное влияние оказывает характер структуры, которая образуется во время первичной кристаллизации. Под структурой мы понимаем, количество и размеры пор, размер кристаллов, их ориентацию и формы.

Повышенная чувствительность к температуре разлива и скорости охлаждения марганцовистой стали объясняется тем, что марганцовистой стали в литом состоянии свойственна транскристаллизационная столбчатая структура, обусловленная большой линейной скоростью роста кристаллов при образовании относительно малого числа центров кристаллизации вследствие малой теплопроводности этой стали. Это ведет за собой межзеренную пористость.

Теплопроводность аустенита значительно ниже, чем у других сталей, в 4 – 6 раз. Коэффициент теплового расширения в разы больше, чем у малоуглеродистых сталей – в 1,9 раз. Эти характеристики влияют на возможность возникновения холодных трещин в области воздействия температур.

По данным С. Я. Кармазина [17], разлива высокомарганцовистой стали на фасонное литье должна производиться при температуре 1350 - 1380°С.

В. С. Емельянов [16] рекомендует разливать эту сталь при температуре не более 1400°С.

Л. А. Волкова [11] указывает, что разлива стали на фасонное литье на Уралмашзаводе, производится при температурах не выше 1385°С, так как более высокая температура разлива вызывает образование столбчатой структуры и усадочной рыхлости в отливках.

По данным разных специалистов [11] [16] [17], на различных предприятиях были установлены различные температуры разлива стали, от 1350°С до 1400°С, но все едины во мнении, что температура залива выше 1400°С, вызывает образование столбчатой структуры и усадочной рыхлости в отливках.

К такому же выводу пришел позже и В.Г. Грузин [14]. По их данным, образование столбчатого крупнозернистого строения зависит не от температуры перегрева стали в печи, а от температуры разливки. При более низких температурах заливки (1380-1395°С) получается мелкозернистая, без столбчатости микроструктура. Величина зерна по ГОСТу 5689-65 при этом соответствовала 4-5-му баллу.

На рисунке 22 представлена определенная зависимость между температурой стали при разливке и ударной вязкостью и размером зерна.

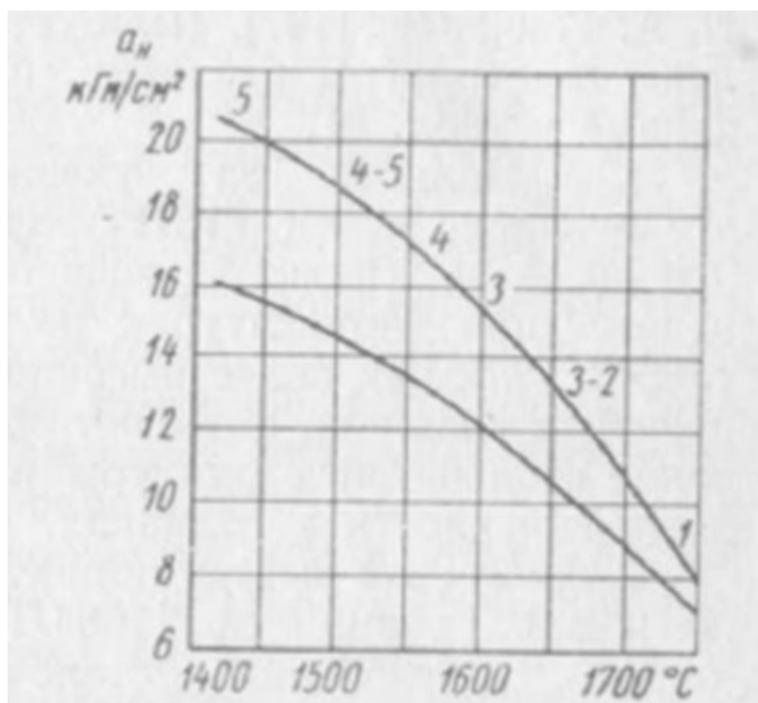


Рисунок 22 – Влияние температуры при заливке на ударную вязкость и размер зерна стали: (1; 3-2;4; 4-5; 5- бал зерна по ГОСТу 5639-65)

Из приведенных на рисунке 22 кривых следует, что чем выше температура стали в ковше, тем ниже ударная вязкость и тем крупнее зерно.

Меньший перегрев металла в ковше так же обуславливается следующими соображениями. Чем выше перегрев при заливке форм, тем более крупные карбиды образуются в стали при первичной кристаллизации. Что влечет за собой более высокие температуры и время выдержки при закалке, и как следствие обезуглероживание металла на поверхности. А в местах залегания карбидов могут остаться пустоты, что по существу

являются межкристаллическими дефектами (такими как, трещины и раковины).

Если брать инструкции этих предприятий и сравнивать с инструкцией «Спецсплав – М», то температура разливки на данном предприятии превышает 1400°C, но со слов работников цеха, разливка данной стали при температуре ниже 1430°C, приводит к спаям и не плотности отливки. Отсюда следует, что данный вопрос нуждается в более подробном исследовании, таком как, проведении микроструктурного анализа для определения ориентации зерна, а также баллу зерна и выбору оптимальной температуры разливки, для данного предприятия.

Так же на качество отливки влияет присутствие кислорода, который является причиной хрупкости в отливке. Для этого берется на анализ проба шлака для определения закиси железа и закиси марганца.

Из инструкции предприятия «Спецсплав – М» на выплавку стали 110Г13Л мы видим следующие нормы содержания закиси железа и закиси марганца в конечном шлаке (табл. 10)

Таблица 10 – Рекомендуемое содержание закиси железа (FeO) и закиси марганца (MnO) в шлаке

MnO, %	FeO, %
Не более 12	Не более 1,5

Для сравнения приводим примеры норм содержания закиси железа и закиси марганца в шлаке на других предприятиях при выплавке в электропечах (табл. 11)

Таблица 11 – Рекомендуемое содержание закиси железа (FeO) и закиси марганца (MnO) в шлаке (%) на других предприятиях

Уралмашзавод:	FeO, %	MnO, %
Окислительным процессом	3,0	6,0
Методом переплава	3,0	9,0
Новосибирский стрелочный завод:		
Окислительным процессом	1,5	3,0

Методом переплава	1,5	3,0
Люблинский литейно-механический завод:		
Окислительным процессом	1,5	3,0
Методом переплава	1,5	3,0

Судя по выше приведенным примерам в таблице 11 видно, что допуски присутствия закиси марганца в шлаке на предприятии «Спецсплав – М» довольно высокие, как следствие снижение прочности и пластичности в готовой отливке.

Появление газовых раковин в отливке может быть обусловлено множеством разнообразных причин. Недостаточная газопроницаемость формы и стержней; недостаточная просушка стержней и противопопригарной краски может вызвать водородные раковины.

Азотистые соединения в составе формовочных и стержневых ХТС склонны к разложению и насыщению металла газами при контакте. Для ликвидации этого явления рекомендуется:

1) Снизить содержание мочевины в композиции с фенолоспиртом до 6–8%. При этом несколько снизится прочность смеси (на 5-10%), будет острее проявляться выделение формальдегида (на запах), однако выделение азота в металл заметно понизится, или полностью прекратится.

2) Уменьшить долю карбамидной смолы в смеси. В случае использования композиции фенолоспирта и карбамидной смолы снижение последней приведет к понижению скорости отверждения смеси на 10-30%.

Кроме этого, водород может попадать в сталь с использованием в шихте ржавого лома, не просушенных или насыщенных газами ферросплавов. Этих явлений можно избежать тщательной сушкой компонентом шихты, и отжигом ржавого лома, либо полным его исключением из состава шихны. Помимо этого требуется исключить попадание в завалку извести подвергшейся воздействию влаги и успевшей частично превратиться из CaO в Ca(OH)_2 .

Помимо газовых раковин и пор, существует такие дефекты, как усадочная раковина, и утяжины. В отливках из высокомарганцовистой стали

					ВКР. 2019-НИР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		42

этот вопрос особенно актуален, так как по данным заводских практик, линейная усадка высокомарганцевистой стали составляет 2,5-3,0%.

Для устранения этих дефектов пользуются различными приемами, установка прибылей (непредусмотренный чертежом отливки технологический прилив, затвердевающий позднее отливки). Наружных и внутренних холодильников, которые ускоряют охлаждение тепловых узлов, что бывает необходимо для обеспечения, направленного или одновременного затвердевания отливки. Ускоряя охлаждение узла, холодильник предотвращает образование в нем усадочной раковины, так как с его помощью узел успевает пропитаться за счет позднее затвердевающих частей отливки.

Неравномерная усадка отдельных частей отливки приводит к образованию горячих трещин. Это часто встречается на отливках из высокомарганцевых аустенитных сталей [13].

На рисунке 23 показаны схема отливки двух деталей из марганцевистой аустенитной стали и места расположения трещин. В этом случае трещины образовались из-за того, что литниковая система охлаждается быстрее и изгибает отливки. Меры борьбы с такими трещинами:

1. Заливка формы при низкой температуре металла.
2. Установка ложных ребер.
3. Установка ребер «в» (рис. а), ужесточающих литниковую систему и уменьшающих изгиб отливки.
4. Установка холодильников «б» (рис. а) в местах образования трещин.
5. Тщательное раскисление металла.

В других случаях удается избежать образования трещин заменой конструкции или месторасположения литниковой системы. На рисунке 23, б приведена схема отливки решетки из марганцевистой аустенитной стали. Старая литниковая система, вызывающая образование трещин, показана пунктирными линиями.

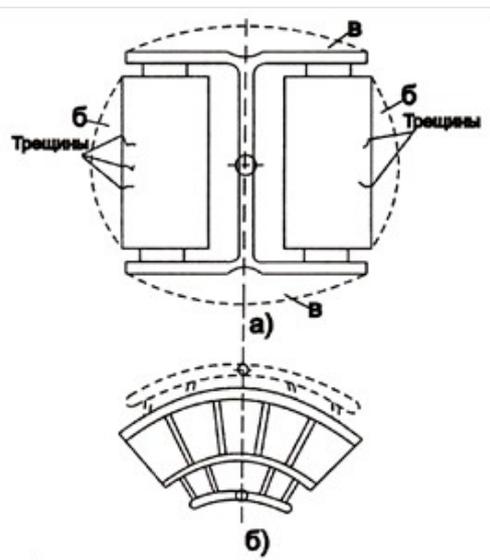


Рисунок 11 – Схемы использования различных литниковых систем для изготовления отливок из марганцовистой аустенитной стали:

а - быстроохлаждающая литниковая система, способствующая образованию трещин;

б – литниковая система с минимальным охлаждением, не вызывающая увеличенного изгиба отливки.

Заключение

В работе рассмотрела технологии выплавки, разливки и последующей обработки отливки из стали 110Г13Л. Так же выявила основные виды брака встречающиеся в отливках марганцовистой стали. Предложила мероприятия по их устранению.

Для этого решила следующие задачи: исследовала свойства марки стали 110Г13Л; рассмотрела дефекты и способы ликвидации этих дефектов; разработала мероприятия по снижению брака в отливках из марганцовистой стали.

					ВКР. 2019-3. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		45

Список использованных источников

1 ГОСТ 21357-87. Отливки из хладостойкой и износостойкой стали.

2 ГОСТ 977-88. Отливки стальные.

3 ГОСТ 7370-2015. Крестовины железнодорожные.

4 ГОСТ 5639-65. Сталь. Методы выявления и определения величины зерна (Указатель 1970 «Указатель государственных стандартов СССР»)

5 Каракула М. В. Исследование влияния технологии плавки на свойства стали Г13Л (диссертация). Институт металлургии АН СССР им. Байкова, 1961.

6 Лихолобов, Евгений Юрьевич. Повышение качества отливок из высокомарганцевой стали совершенствованием процесса её плавки и внепечной обработки: диссертация ... кандидата технических наук: 05.16.04 / Лихолобов Евгений Юрьевич; [Место защиты: Нац. исслед. технол. ун-т]. - Москва, 2012. - 149 с.: ил.

7 Avery H., Day M., Austenitic manganese steel. Metals Handbook, 1948.

8 Слуцкий А. Г., Каледин Б. А., Сметкин В. А., Павлович В. Г. Комплексный модификатор для высокомарганцевистой стали 110Г13Л //Металлургия. 2004. №28

9 Шрамко М. С., Картинов В. П., Малый А. В. И др. Повышение износостойкости высокомарганцевистой стали //Литье и металлургия, 2005. №2.

					ВКР. 2019-ПЗБ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		46

10 Власов В.И., Комолова Е.Ф. «Литая высокомарганцовистая сталь, Г13Л». Свойства и производство. М.: Машгиз., 1963. — 195 с.: ил.

11 Волкова Л. А. «Выплавка электродуговой стали Г13Л и ее свойства». Технология машиностроения. Литейное производство. Сборник статей. Машгиз., 1956

12 Волынова Т. Ф. Высокомарганцовистые стали и сплавы // Металлургия, 1988.

13 Воронин Ю. Ф., Камаев В. А. «Атлас литейных дефектов». Черные сплавы. М.: Машиностроение, 2005.

14 Грузин В.Г. и др. Температурный режим плавки и литья стали Г13Л. Литейное производство. Вып. 15, ЦИТЭИН, 1960.

15 Давыдов Н. Г. Высокомарганцевая сталь. М., Metallurgy, 1979.

16 Емельянов В.С. О производстве марганцовистой стали. «Качественная сталь» 1934, №3.

17 Кармазин С.Я. Высокомарганцовистые стали и отливки из них. «Качественная сталь» 1934, №6.

18 Подвойский Л.Н., Тунков В.П. Свойства литой высокомарганцовистой стали. «Литейное производство», 1952, № 9.

19 Тунков В. П. Влияние химического состава на износостойкость литой высокомарганцовистой стали. Современная технология получения высококачественных стальных отливок. ВНИТОЛ. Машгиз, 1963.

20 Студенческая библиотека онлайн:
[http://studbooks.net/608811/tovarovedenie/tehnologiya_vyplavki_stali]

21 Официальный сайт ООО «Спецсплав – М»
[<http://specsplav-m.ru/>]