**Введение**

Металлургическое производство возникло на заре развития человеческого общества. Такие металлы, как железо, медь, серебро, золото, ртуть, олово и свинец, нашли свое применение еще до нашей эры.

Металлы относятся к числу наиболее распространенных материалов, которые человек использует для обеспечения своих жизненных потребностей. В наши дни трудно найти такую отрасль производства, научно-технической деятельности человека или просто его быта, где металлы не играли бы главенствующей роли как конструкционный материал.

Металлы разделяют на несколько групп: черные, цветные и благородные. К группе черных металлов относятся железо и его сплавы, марганец и хром. Золото, серебро и платина относятся к благородным. К цветным относятся все остальные металлы периодической системы Д.И. Менделеева.

Железо и его сплавы являются основой современной технологии и техники В ряду конструкционных материалов железо и его сплавы стоят на первом месте и составляют более 90% всех металлов, применяемых в современном производстве.

Самым важнейшим из сплавов железа является его сплав с углеродом, образующими группу сталей и чугунов. Сталями называют сплавы железа с углеродом, содержание которого не превышает 2,14%. Сталь – важнейший конструкционный материал для машиностроения, транспорта и многих других отраслях регионального и федерального хозяйства. Сталеплавильное производство является вторым звеном в общем производственном цикле черной металлургии.

Современный высокий уровень металлургического производства основан на глубоких теоретических исследованиях, крупных открытиях, сделанных в разных странах мира и богатом практическом опыте.

Развитие металлургии идет по пути дальнейшего совершенствования плавки и разливки металла, механизации и автоматизации производства, внедрения новых прогрессивных способов работы, обеспечивающих улучшение технико-экономических показателей плавки и качества готовой продукции.

**1.** **Особенности разливки стали**

Процесс разливки стали включает подготовку жидкой стали к разливке, ее транспортировку от сталеплавильного агрегата до места разливки и непосредственную заливку стали в формы с целью получения отливок заданных параметров по линейным размерам, форме, весу, механическим свойствам и требуемой структуры.

Основной особенностью, которую следует учитывать при разливке стали, является то, что она имеет меньшую жидкотекучесть, чем чугун, повышенную усадку – линейную 2% и объемную 6%.

Усадка жидкого металла зависит от температуры заливки и является величиной неопределенной. Поэтому ее относят к определенному отрезку температуры (в 10С или в 1000С) и обычно выражают в процентах. Усадку затвердевания и усадку твердого металла (объемную и линейную) также выражают в процентах.

Объемная усадка твердого металла принимается по известным соотношениям для коэффициентов теплового расширения тел в 3 раза больше, чем линейная.

Процесс усадки в чрезвычайно большей степени затрудняет получение точных и высокоточных отливок. Одна из сложностей состоит в образовании внутри затвердевающей отливки усадочных пороков в виде всякого рода несплошностей (раковин, пористости, трещин). Возникновение этих дефектов связано с неодновременным затвердеванием металла в объеме отливки. Отдавая тепло окружающей среде (материалу формы), отливка начинает охлаждаться и затвердевать с наружной поверхности, в то время, как внутренняя ее часть продолжает оставаться жидкой. При дальнейшем охлаждении и затвердевании сердцевина отливки претерпевает большее относительное сжатие, чем ранее затвердевшая наружная поверхность. Вследствие этого сплошность металла нарушается и внутри отливки образуется вакуумная пустота, носящая название «усадочная раковина».

Для фасонных отливок характерно образование внутренней, скрытой раковины, в отличие от нее в слитках усадка металла вызывает образование воронкообразной впадины, которую называют внешней или открытой усадочной раковиной.

Величина температурного интервала кристаллизации также влияет на образование и характер усадочных пороков.

Таким образом, усадка стали в жидком состоянии, в процессе переходного периода от жидкого состояния к затвердеванию и непосредственно при затвердевании предопределяет величину усадочной раковины.

Размер и форма отливки оказывают влияние как на величину, так и на расположение раковины в отливке. Теоретически величина раковины оказывается пропорциональной объему отливки.

Условия охлаждения отливки сказываются, прежде всего, на характере образующихся усадочных пустот. Чем интенсивнее охлаждается отливка, тем в меньшей степени в ней развивается дендритная кристаллизация.

В связи с вышеизложенным, следует:

1. С целью предупреждения брака по усадочным раковинам необходимо по возможности обеспечивать направление затвердевания отливки в направлении к местам расположения наиболее массивных ее частей.

2. С целью предупреждения брака по песочным раковинам и другим порокам необходимо основные обрабатываемые поверхности, а также развитые поверхности отливки располагать преимущественно снизу по заливке, а при отсутствии такой возможности вертикально или наклонно.

3. С целью снижения брака по недоливам более тонкие стенки отливки должны располагаться в нижних по заливке частях формы и по возможности в вертикальном или наклонном положении.

Для устранения возможности образования усадочных раковин в узлах и массивных частях отливки, при проектировании и изготовлении формы предусматривается установка прибылей, которые служат также сборниками всплывающих неметаллических включений или возможных других выделений.

Вес прибыли для стальных деталей составляет 30 – 50% веса отливки.

Рекомендуется при выборе места установки и назначении количества, размеров и формы прибылей для стального литья учитывать следующие обстоятельства:

1. Усадочная раковина образуется в местах отливки, остывающими последними, к ним относятся все наиболее массивные части, местные утолщения, узлы сочленения отдельных элементов детали, а также места затрудненной теплоотдачи.
2. Усадочная раковина стремится занять наивысшее положение в отливке.
3. Открытые прибыли устанавливают на верхних частях отливки, закрытые – на массивных частях отливки, расположенных внутри формы.
4. Постановка прибылей на массивные части отливки замедляет скорость охлаждения последней, способствуя увеличению в ней остаточных напряжений.
5. Постановка прибылей в местах концентрации растягивающих напряжений в отливке при высокой температуре, способствует образованию горячих трещин в этих местах при затвердевании отливки.
6. Постановка прибылей на необрабатываемые части отливки приводит к увеличению затрат на ее обработку.
7. Для охлаждения местных узлов и главным образом утолщенных мест отливки, если последние не обеспечиваются питанием от прибыли, при изготовлении формы устанавливают холодильники – металлические вкладыши.

**2**. **Ковши для разливки стали**

Жидкая сталь, полученная в сталеплавильном агрегате (дуговая печь, мартен, конвертор, индукционная печь и т.п.), должна быть транспортирована к месту разливки. Для этой цели используется специальный сталеразливочный ковш. Его назначение – прием расплавленной стали, перемещение полученного объема стали от сталеплавильного агрегата к месту разливки, кратковременное хранение и разливка стали в питатели литейных форм.

В зависимости от способа транспортировки ковшей и их назначения в технологическом процессе они подразделяются на крановые и монорельсовые. Крановые ковши в свою очередь подразделяются на:

1. Конические, емкостью от 1 до 70 т.

2. Стопорные, емкостью о 1 до 70 т.

3. Барабанные, емкостью от 1 до 5 т.

Монорельсовые ковши подразделяются на;

1. Конические, емкостью от 100 до 400 кГ.
2. Конические с механизмом поворота, емкость от 500 до 800 кГ.
3. Чайниковые, емкостью от 100 до 250 кГ.
4. Барабанные, емкостью от 400 до 800 кГ.

Наружный корпус ковша выполнен из стали. Две цапфы, расположенные диаметрально противоположно и несколько выше центра тяжести ковша, жестко закреплены на наружной поверхности корпуса. Цапфы необходимы для опоры ковша на посадочные места монорельсовой тележки или крановой подвески. Способ фиксации ковша определяется его грузоподъемностью и методом транспортировки.

Внутренняя полость ковша облицована термостойкой футеровкой, обеспечивающей долговечность ковша, исключающей прогар наружного корпуса жидким металлом и играющей роль термоизолятора, поддерживающего температуру жидкой стали в ковше.

Розлив жидкой стали из ковша осуществляется путем его поворота на цапфах на некоторый угол. Траектория истечения металла параболическая и с изменением угла наклона ковша изменяется форма параболы и интенсивность струи вытекающего металла.

устройство которого допускает выдачу жидкого металла через сопло, расположенное в дне ковша и закрываемое стопором. Управление работой стопора осуществляется специальным рычажным механизмом, закрепленным на наружной поверхности корпуса.

Преимущества рассматриваемого ковша перед предыдущим заключается в том, что во-первых отсутствует необходимость поворота ковша, а во-вторых поток вытекающего металла прямолинейный и направлен вертикально вниз.

Развитие процессов разливки стали привело к созданию и применению ковшей барабанного типа. Ковш представляет собой цилиндр 2 с горизонтальной осью вращения; торцы цилиндра жестко и герметично закрыты крышками, на наружной поверхности которых строго соосно установлены цапфы 1. Для заливки жидкого металла в ковш и выдачи этого металла из ковша на боковой поверхности цилиндра расположено окно 3.

Корпус ковша и цапфы изготовлены из стали, а его внутренняя поверхность выложена огнеупорным футеровочным материалом.

Конструкция данного ковша имеет ряд преимуществ перед предыдущими:

1. Допускает использование в механизированных устройствах транспортировки, заливки и выдачи жидкой стали.
2. Жесткая фиксация ковша во время транспортировки.
3. Лучшая теплоизоляция ковша, благодаря чему увеличивается время отбора жидкой стали.
4. Возможность поворота ковша на 1800.

Ковши по своей конструкции, металлоемкости и способу транспортирования жидкой стали подбираются в зависимости от требований технологического процесса, способа получения готовой продукции литейного производства и степени механизации производственных процессов.

**3. Способы изготовления стальных отливок**

Жидкая сталь может быть использована:

− для получения фасонных штучных отливок любых габаритов и массы как в единичном, крупносерийном так и массовом производстве

− для заливки в изложницы с целью дальнейшей обработки получено слитка давлением (прокатка, ковка) и как завершающая стадия этого процесса – получение сортового проката.

− для непрерывной разливки на специальном оборудовании с целью получения сортового проката минуя стадии получения слитка, его охлаждение, дополнительный нагрев и последующую обработку давлением.

**3.1 Получение штучных фасонных отливок**

Эти отливки являются заготовками деталей любой машиностроительной отрасли. Приблизительно 23% по объему всего выпускаемого сталелитейной промышленностью ассортимента составляют фасонные отливки с выходом годного металла немногим более 60%. Для получения стальных фасонных отливок из углеродистой стали используются в основном литейные стали марок 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л и 55Л. В пределах одной и той же группы сложности и массы отливки могут быть изготовлены различными способами.

К основным способам изготовления отливок относятся:

А. Обычный способ литья: − литье в разовые сырые и сухие песчаные формы вне зависимости от способа формовки.

Б. Специальные способы литья:

− в металлические формы (кокили),

− литье в оболочковые формы,

− литье по выплавляемым моделям,

− центробежное литье.

Способ изготовления отливки выбирается с учетом последующей механической обработки готовой отливки, на основе сравнительного технико – экономического анализа.

Самый простой способ, известный с древнейших времен – изготовление формы в почве (на плацу). Форма в почве открытая применяется при единичном (индивидуальном) производстве. Более ответственные отливки и с повышенной весовой характеристикой получают при формовке различными способами: нижняя часть отливки в почве, верхняя – в опоке. В этом случае заливка жидкого металла производится через питатель.

Отливки могут быть получены при формовке модели в двух опоках, как одинаковых по высоте, так и разновысоких. Процесс формовки осуществляется вручную, а заливка жидкой стали производится через питатель и литниковую систему. В форме, при необходимости, могут быть расположены прибыли.

При машинной формовке формы изготавливаются за редким исключением в двух опоках. Этот способ применяется в серийном и массовом производствах. При использовании форм, представленных на рис. 4. заливка жидкой стали производится в сырую форму, а при использовании форм, представленных на рис. 5, заливка жидкой стали производится в сухую форму или форму с поверхностной подсушкой.

Весовые группы отливок для данного способа заливки способ формовки не ограничены.

Кроме обычных способов получения стальных отливок методом литья в разовые песчаные формы достаточно широко распространены специальные способы литья.

Литье в металлические формы (кокили), Эти формы многократного использования, изготовлены из стали или чугуна. Применяются формы с горизонтальной, вертикальной и комбинированной плоскостью разъема. По плоскости разъема изготавливают полость конфигурации отливки и литниковой системы. Для получения внутренних полостей в отливке применяют песчаные стержни.

Заливка жидкой стали в кокиль производится через питатель, после затвердевания отливки выбивают.

Применяется литье в кокиль для получения стальных отливок, при этом номенклатура отливок очень разнообразна.

Литье в оболочковые формы применяется преимущественно с целью сокращения большого объема механической обработки отливки и изготовления отливок 4…6 квалитетов точности, а также тогда, когда способ получения отливки по выплавляемым моделям экономически не оправдан.

Заливка жидкой стали, чаще всего, осуществляется сифонным способом.

Литье в оболочковые формы применяется в серийном и массовом производстве.

Литье по выплавляемым моделям применяется для сокращения большого объема механической обработки, вплоть до полного ее исключения, главным образом тогда, когда стальное литье трудно поддается резанию.

Применяется в серийном и массовом производстве.

Центробежное литье применяется главным образом для обеспечения высокой плотности материала отливки и исключения центровых стержней.

Получение стальных отливок методом центробежного литья производится на специальных машинах с горизонтальной, вертикальной или наклонной осью вращения отливки.

Заливка стали во вращающуюся форму производится по специальному открытому лотку непосредственно из ковша. Стержни для получения внутренней полости отливки не нужны.

Проводя анализ способов получения отливок можно сказать, что разливка жидкой стали в формы в единичном или мелкосерийном производстве производится без применения средств автоматизации непосредственно из ковша в питатель формы.

В условиях серийного и массового производства применяется метод разливки жидкой стали в разовые в основном сырые песчаные формы, изготавливаемые в двух равновысоких опоках методом машинной формовки с давлением допрессовки 20 – 30 МПа. Такой способ получения форм является предпосылкой для создания механизированного или автоматизированного участка заливки форм жидкой сталью, т. к. такие формы в опоках допускают их транспортировку.

Ускорение темпа изготовления форм в потоке (12 с. и менее) в условиях массового и крупносерийного производства делает необходимой автоматическую заливку жидкой стали. Промышленностью (как отечественной так и зарубежной) выпускаются установки для автоматической разливки жидкой стали – это установки с применением магнитного насоса, дозирующего разливочного ковша с индукционным подогревом, промежуточного стопорного барабанного ковша с дозированием массы металла и др. Для механизированной или автоматизированной разливки жидкой стали используют электрофицированные тележки типа ТМЛ – 100 и ТМЛ – 200, выпускаемые отечественной промышленностью. Эти тележки снабжены кабиной оператора и одновременно имеют возможность дистанционного управления передвижением и манипуляциями ковша (подъем, опускание, поворот и т.п.). Тележка перемещается по монорельсовому пути.

При использовании метода разливки жидкой стали непосредственно из ковша в форму необходимо соблюдать время отбора жидкой углеродистой стали из ковшей, которое рекомендуется принимать по приведенным материалам:

Емкость ковша, т 4 6 – 8 16

Время отбора, мин 12 17 23

**3.2. Разливка стали в изложницы**

Разливку жидкой стали в изложницы применяют для получения стальных заготовок, значительных габаритов и массы, для их дальнейшей обработки давлением (после их остывания и последующего дополнительного нагрева) с целью получения сортового проката или больших поковок. Разливку жидкой стали в изложницы осуществляют из ковша. Формы для разливки (изложницы) принимаются в зависимости от намечаемой готовой продукции: для сортового и фасонного проката.

Изложницы представляют собой чугунные формы для получения слитков различного сечения. По конструкции изложницы подразделяют на глуходонные и сквозные, по способу заливки металла – на заполняемые сверху и заполняемые снизу (сифонная разливка). Чугунные изложницы вертикального типаиспользуются для разливки стали. Изложницы для слитков, предназначенных для поковок, вмещают до 100 т стали и более; изложницы для стали, идущей в прокатку, рассчитаны на слитки массой от 100 кГ до 20 т (слитки для слябов). В целях уменьшения усадочной раковины в слитках И. изготовляют с утепленной надставкой.

Способ разливки стали в изложницу и состояние металла в процессе разливки и затвердевания существенно влияют на свойства стали. В основном различают два вида разливки: кипящей и спокойной стали.

Применяют два способа разливки стали в изложницы: сверху непосредственно в изложницу и сифоном

При разливке сверху сталь заливают из ковша 2 в каждую изложницу 1 последовательно.

При таком способе разливки стали поверхность слитков вследствие попадания брызг жидкого металла на стенки изложницы может быть загрязненной пленками оксидов.

При сифонной заливке (рис. 6, б) сталью заполняют одновременно от 2 до 6 установленных на поддоне 5 изложниц через центровой литник 3 и каналы в поддоне. В этом случае сталь поступает в изложницы снизу, что обеспечивает плавное, без разбрызгивания их заполнение, поверхность слитка получается чистой, сокращается время разливки. Сталь в надставке 4 сохраняется в жидком состоянии, благодаря чему уменьшаются раковина и отходы слитка при обрезке.

Разливку сверху обычно применяют для углеродистых, а разливку сифоном – для легированных сталей.

**3.3 Затвердевание и строение стального слитка в изложнице**

Процесс затвердевания стального слитка и образование кристаллической структуры в нем был рассмотрен выше. Необходимо добавить, что строение слитка определяется не только условиями охлаждения, но и степенью раскисления. По этому признаку стали делятся на кипящие, спокойные и полуспокойные.

Кипящая сталь − сталь, не полностью раскисленная в печи. Ее раскисление продолжается в изложнице за счет взаимодействия оксида железа FeO с углеродом. Образующийся при этом оксид углерода СО выделяется из стали и она не содержит неметаллических примесей, обладая при этом высокой пластичностью.

Кипящую сталь раскисляют так, что она и во время наполнения изложницы и после окончания процесса наполнения выделяет газ. В результате реакции углерода с кислородом на фронте затвердевания образуется окись углерода. При этом формируются чистый поверхностный слой (плотная корка) и сердцевина, обогащенная примесями (зона ликвации) – Интенсивное выделение газа вплоть до полного затвердевания предотвращает сосредоточенное уменьшение объема в середине верхней (головной) части слитка. Уменьшение объема (усадочная раковина) обусловливается неодинаковым удельным объемом стали в жидком и твердом агрегатных состояниях. В кипящей стали раковина распределена в форме газовых пузырей (пор) по всему объему слитка. При последующей горячей обработке давлением газовые пузыри завариваются, так как они почти не загрязнены. Это положительно сказывается на выходе годного. Еще одним преимуществом является чистая поверхностная зона, удовлетворяющая высоким требованиям к качеству поверхности. Недостатком является обогащение элементами-примесями (ликвация): углеродом, фосфором, серой, азотом и кислородом в осевой зоне, особенно в верхней части слитка. Это приводит к неравномерности свойств материала по высоте слитка и по его поперечному сечению. Еще одним недостатком является повышенная склонность к хрупкому разрушению, так как азот связать не удается.

Спокойная сталь получаются при полном раскислении металла в печи и ковше (рис. 7, б). Такая сталь затвердевает без выделения газов, в слитке образуется плотная структура, а усадочная раковина концентрируется в верхней части слитка, что увеличивает выход годного металла. Спокойная сталь устраняет перечисленные выше недостатки, присущие кипящей стали. При разливке спокойной стали обеспечиваются существенное уменьшение содержания кислорода и элементов, имеющих сродство с кислородом, которые перечислены выше. Поскольку элементы алюминий, титан, ванадий и цирконий одновременно обладают и высоким сродством к азоту, тем самым одновременно достигается и снижение склонности к хрупкому разрушению стали. Неблагоприятное влияние на качество стали могут оказать оксиды, образующиеся при связывании кислорода, которые, если их не представляется возможным удалить из расплава, превращаются в неметаллические включения и при достаточной концентрации могут ограничить использование материала из-за образования несплошностей в нем. Поскольку в результате эрозии огнеупорного материала в сталь попадают дополнительные (экзогенные) неметаллические включения, уменьшению их содержания путем выделения следует уделять особое внимание. При продувке жидкой стали аргоном достигается снижение содержания неметаллических включений в ней. Еще остающиеся неметаллические включения выделяются в процессе затвердевания, особенно в подповерхностной зоне, что может неблагоприятно сказаться на качестве поверхности. Однако и по всей длине слитка и особенно в верхней его части (где кончается усадочная раковина) возможно обогащение неметаллическими включениями. Еще одним недостатком спокойных сталей является сосредоточенное уменьшение объема в верхней части слитка, что снижает выход годного. При использовании изложниц, оборудованных в верхней части теплоизолирующими прибыльными надставками, это уменьшение выхода годного может быть в известной мере компенсировано.

Полуспокойная сталь получается при раскислении ферромарганцем и недостаточным количеством ферросилиция или алюминия и путем целенаправленного регулирования содержания кислорода. В результате получается полуспокойная или механически закупоренная сталь. Эти мероприятия позволяют достичь лучшего качества поверхности, чем у спокойной стали, и более равномерного распределения ликвирующих элементов, чем в кипящей стали, а сам слиток не имеет концентрированной усадочной раковины, в нижней части он обычно имеет строение спокойной, а в верхней – кипящей стали (рис. 7, в). Такая сталь по качеству применима только для некоторых определенных целей, а по стоимости является промежуточной между кипящей и спокойной.

**3.4 Обработка жидкого металла вне сталеплавильного агрегата**

При внепечной обработке металл, выплавленный в обычном сталеплавильном агрегате (мартеновской печи, конвертере или электропечи), подвергается внешнему воздействию в сталеразливочном ковше. Основной целью внепечной обработки жидкой стали в ковше является снижение содержания растворенных в металле газов, неметаллических включений и серы.

В настоящее время нет такого способа обработки жидкой стали в ковше, который позволил бы одновременно значительно снизить в металле содержание неметаллических включений, серы и газов. Поэтому в зависимости от поставленной задачи применяется тот или иной способ внепечной обработки металлов.

Обработка металлов в ковше синтетическим шлаком приводит к снижению в стали количества серы, неметаллических включений и кислорода. Сущность метода заключается в том, что металл выпускают из печи в ковш, частично заполненный жидким шлаком (4 – 5% от массы металла), который предварительно выплавляют в специальном агрегате. Жидкий шлак и металл интенсивно перемешиваются. Сера, кислород и неметаллические включения переходят из металла в шлак. При обработке металла синтетическим шлаком важную роль играет его состав и физико-химические свойства. Шлак должен иметь низкие температуру плавления и вязкость, а также обладать высокой основностью и низкой окисленностью. Этим требованиям отвечают известково-глиноземистые шлаки, содержащие 50 – 55% СаО, 38 – 42% Al2O3, 1,5 – 4% SiO2, 0,15 – 0,5% FeO. Шлаки такого состава обладают высокой рафинирующей способностью.

Повышение качества стали, обработанной синтетическим шлаком, компенсируют затраты, связанные с выплавкой такого шлака.

Продувка металла в ковше порошкообразными материалами является одним из современных способов повышения качества стали и производительности сталеплавильных агрегатов.

Электрошлаковый переплав (ЭШП) заключается в следующем:

Переплавляемая сталь подается в установку в виде расходуемого (переплавляемого) электрода 1 (рис. 8). Расплавленный шлак 2 (смесь 60…65% CaF2, 25…30% Al2O3, CaO и другие добавки) обладает большим электросопротивлением и при прохождении электрического тока в нем генерируется тепло, достаточное для расплавления электрода. Капли металла проходят слой шлака, собираются в ванне и затвердевают в водоохлажденной изложнице, образуя слиток. При этом кристаллизация металла происходит последовательно и направлена снизу вверх, что способствует удалению неметаллических включений и пузырьков газа и тем самым образованию плотной и однородной структуры слитка. В конце переплава поддон опускают и затвердевший слиток извлекают из изложницы.

Современные установки ЭШП позволяют получать слитки различного сечения массой 40т.

Жидкий металл в потоке инертного газа (аргона) через фурму вводят измельченные десульфураторы и раскислители. В результате такой обработки можно получить металл с содержанием серы и кислорода менее 0,005% каждого.

Обработка жидкой стали аргоном в ковше является наиболее простым способом повышения качества металла. Аргон вдувают в жидкую сталь через пористые и огнеупорные пробки, которые устанавливают в днище ковша. Аргон не растворяется в жидкой стали, поэтому при продувке металла аргоном в объеме жидкой стали образуется большое количество пузырей, которые интенсивно перемешивают металл и выносят на его поверхность неметаллические включения. Кроме того, водород и азот, растворенные в стали, переходят в пузыри аргона и вместе с ним покидают жидкий металл, т.е. происходит дегазация стали.

Наиболее простым способом является вакуумирование стали в ковше. В этом случае ковш с жидким металлом помещают в герметичную камеру, из которой откачивают воздух. При снижении давления в камере металл закипает вследствие бурного выделения из металлов газов. После дегазации металла камеру разгерметизируют, а ковш с вакуумированной отправляют на разливку.

Ковшевое вакуумирование неэффективно при обработке полностью раскисленной стали и больших масс металла. В этом случае вследствие слабого развитии реакции 2C + O2 = 2CO металл кипит вяло. Для улучшения дегазации стали вакуумную обработку металлов в ковше совмещают с продувкой его аргоном и электромагнитным перемешиванием. Обычно дегазацию металла в ковше проводят в течение 10 – 15 мин. Более длительная обработка приводит к значительному снижению температуры металла.

Парционное и циркуляционное вакуумирование стали применяют при дегазации больших масс металла.

При парционном вакуумировании футерованная вакуумная камера не большого объема помещается над ковшом с жидким металлом. Патрубок камеры, футерованный изнутри и снаружи, погружен в жидкий металл. Под действием атмосферного давления порция металла (10 – 15% от общей массы) поднимается в камеру и дегазируется. При движении ковша вниз или камеры вверх металл вытекает, а при обратном движении вновь поднимается в камеру, для полной дегазации стали необходимо провести от 30 до 60 циклов вакуумной обработки.

При циркуляционном способе вакуумирования стали применяют вакуумную камеру с двумя патрубками. Жидкий металл из ковша поднимается в камеру по одному патрубку, дегазируется и вытекает обратно в ковш по второму патрубку. Происходит непрерывная циркуляция металла через вакуумную камеру. Подъем жидкой стали в камеру происходит за счет действия аргона, который подают во входной патрубок.

Струйное вакуумирование металла применяется в основном при отливке крупных слитков. Этот способ является более совершенным, т. к. устраняется вторичное окисление при разливке вакуумированного металла из ковша в изложницы.

При отливке слитков в вакууме струя металла, переливаемого из ковша а изложницу, установленную в вакуумной камере, разрывается выделяющимися газами на множество мелких капель металла. Поверхность металла резко возрастает, что приводит глубокой дегазации стали. Кроме того, сталь также дегазируется в изложницы.

Последнее время для получения стали с очень низким содержанием углерода обработку металла в вакууме совмещают с продувкой его кислородом или смесью аргона и кислорода.

Рафинированная синтетическим шлаком сталь отличается низким содержанием кислорода, серы и неметаллических включений, что обеспечивает ей высокую пластичность и ударную вязкость.

**3.5 Непрерывная разливка стали**

Непрерывная разливка стали – процесс получения из жидкой стали слитков – заготовок (для дальнейшей прокатки, ковки или прессования), формируемых непрерывно по мере поступления жидкого металла с одной стороны изложницы – кристаллизатора и удаления частично затвердевшей заготовки с противоположной стороны. При этом следует отметить, что процессу непрерывного литья подвергают исключительно спокойную сталь, поскольку, ввиду высокой скорости вытягивания, получить удовлетворительное качество поверхности не удается.

Непрерывная разливка стали имеет следующие преимущества перед обычной разливкой: на 10 … 15% сокращается расход металла на 1 т годного проката вследствие уменьшения обрези головной и донной части заготовки, сокращаются капитальные затраты на изготовление парка чугунных изложниц, которые полностью исключаются при данном техпроцессе, отсутствуют участки для подготовки изложниц и извлечения слитков из них, полностью отсутствуют дорогостоящие блюминги и слябинги, на которых крупные слитки обжимаются в заготовку для последующей прокатки; создаются условия для полной механизации и автоматизации процесса разливки; благодаря ускорению затвердевания повышается степень однородности металла, улучшается его качество.

Непрерывная разливка стали производится на специальных установках – УНРС.

Жидкую сталь из ковша 6 через промежуточное устройство 5 непрерывно заливают сверху в водоохлаждаемую изложницу без дна – кристаллизатор − 4, а из нижней его части вытягивают с определенной скоростью (которая колеблется в пределах 1…2,5 м/мин), с помощью валков 3 затвердевающий слиток. Кристаллизатор 4 имеет внутреннюю полость, профиль которой соответствует поперечному сечению отливки. Рабочую часть кристаллизатора, контактирующую с металлом, выполняют из меди, твердых алюминиевых сплавов, стали или графита. Корпус кристаллизатора интенсивно охлаждается водой, циркулирующей по имеющимся в нем каналам.

Стальные отливки льют в длинные кристаллизаторы (1000 … 1500 мм). Для получения отливок с внутренними полостями в кристаллизатор устанавливают стержень соответствующего сечения.

В начале процесса в кристаллизатор вводится временное дно – так называемая затравка, соединенная с индивидуальным приводом и имеющая профиль, соответствующий профилю сечения получаемой отливки. Металл затвердевает у стенок кристаллизатора и у затравки, которая освобождает путь для извлечения из кристаллизатора оболочки заготовки и которая начинает извлекаться из кристаллизатора с постоянной, заранее заданной скоростью. Сверху в кристаллизатор непрерывно подается жидкий металл в таком количестве, чтобы его уровень был постоянным в процессе всей разливки. Для уменьшения усилия вытягивания кристаллизатору сообщается возвратно – поступательное движение по его продольной оси, а на его стенки подается смазка. Поверхность жидкого металла предохраняется от окисления слоем синтетического шлака или защитной атмосферой, создаваемой инертным газом. На выходе из кристаллизатора заготовка с жидкой сердцевиной поступает в зону вторичного охлаждения, где на ее наружную поверхность подается из форсунок распыленная вода. и она окончательно затвердевает и попадает в зону резки, где ее разрезают газовым резаком 2 на слитки требуемой длины. Полученные слитки с помощью кантователя 1 опускаются на роликовый конвейер и подаются на прокатные станы.

Описанный способ непрерывного литья носит название литья по способу Юнганса.

На УНРС отливаются заготовки квадратного сечения размером от 50x50 до 300x300 мм, плоские слябы толщиной от 50 до 300 мм и шириной от 300 до 2000 мм, круглые заготовки (сплошные и с внутренней полостью) диаметром от 100 до 550 мм, из которых получают трубы, сортовой и листовой прокат, поковки. Большая степень химической однородности по длине и поперечному сечению непрерывнолитых заготовок обеспечивает стабильные механические свойства и повышает надёжность работы металлоизделий. Благодаря своим преимуществам Непрерывная разливка стали принята в качестве основного способа разливки во всех вновь сооружаемых сталеплавильных цехах и будет широко использоваться при реконструкции действующих заводов. Наибольшая производительность УНРС обеспечивается при их работе в сочетании с кислородными конвертерами. В этом случае достигается равенство циклов выпуска стали из конвертера и разливки её на УНРС, благодаря чему жидкий металл может подаваться на установку непрерывно в течение длительного времени. В цехах с современными дуговыми печами, продолжительность плавки в которых выдерживается достаточно точно, также может быть организована разливка так называемым методом «плавка на плавку» (одна установка непрерывно принимает металл от нескольких печей).

Благодаря непрерывному питанию и направленному затвердеванию в слитках, полученных на УНРС, отсутствуют усадочные раковины. Поэтому выход годных заготовок может достигать 96… 98% массы разливаемой стали, поверхность получаемых слитков отличается хорошим качеством, а металл слитка – плотным и однородным

Для уменьшения капитальных вложений и для создания наиболее целесообразного совмещения непрерывного литья с прокаткой создана радиальная установка непрерывной разливки стали. Эта установка в 2 – 3 раза ниже вертикальных (высота которых может превышать 40 м) и соответственно дешевле. Эти установки делят на два вида радиальная УНРС без деформации заготовки до полного затвердевания и с деформацией заготовки до окончания затвердевания.

Разливка стали, осуществляется из ковша чайникового типа, имеющего перегородку для задерживания шлака во время слива металла. Перед разливкой ковш с металлом устанавливают на люльку механизма поворота с приводом. Из ковша металл через носок заливается в промежуточную емкость, установленную на кронштейне, прикрепленном к раме люльки поворота ковша. В промежуточной емкости над кристаллизатором установлен цирконовый дозатор. Промежуточная емкость имеет неподвижный желоб для слива металла в случае переполнения ковша и поворотный желоб для слива первых загрязненных и охлажденных порций металла. Под промежуточной емкостью закреплен еще один поворотный желоб, который служит для перерыва струи металла, поступающего в кристаллизатор. Перед разливкой футеровку основного ковша и промежуточной емкости разогревают до 900–1150 °С.

Конвейерное литье– непрерывное литье между движущимися в одну сторону конвейерами (рисунок 11). Жидкий металл 1 заливается между двумя рядами пластин (изложниц), соединенных в конвейеры 2*.* Пазы в изложницах образуют канал, перекрытый затравкой. По мере движения конвейеров металл, закристаллизовавшийся на стенках изложниц, выдается в виде квадратного, круглого или другого профиля.

Также в металлургических цехах с современными дуговыми печами, продолжительность плавки в которых выдерживается достаточно точно, применяется способ «плавка на плавку». Одна установка непрерывно принимает металл от нескольких печей.

Жидкий металл подают из ковша или из раздаточной печи 1 в кристаллизатор 2, под влиянием водоохлаждаемых стенок которого начинается охлаждение. Затвердевшую часть отливки 3 вытягивают тянущими роликами 4 и периодически разрезают пилами или резаками 5 на заготовки необходимой длины.

Данный способ непрерывной разливки стали имеет преимущества перед другими способами: это отсутствие вторичного окисления при переливе металла из метеллоприёмника в кристаллизатор, данное преимущество позволяет разливать высоколегированные стали с более высоким качеством; отсутствие деформации слитка, что дает возможность разливать трещинночуствительные стали, которые не выдерживают разгиба, характерного например, для радиальных машин. Также можно отметить гибкость конструкции, что дает возможность при незначительных затратах менять технологическую длину машины, количество и расположение устройств вторичного охлаждения, что особенно важно, это возможность оперативного перехода на литье другого сечения.

Прогрессивный способ получения стальных заготовок методом непрерывного литья требует постоянного совершенствования и внедрения научных достижений в производство, что приводит к увеличению выпуска продукции при одновременном повышении качества.

**Список использованной литературы**

1. Небогатов Ю.Е. и Тамаровский В.И. Специальные виды литья. М.: «Машиностроение», 1975.
2. Бигеев А.М. Металлургия стали. М.: Металлургия, 1987.
3. Михайлов А.М. Литейное производство. М.: «Машиностроение», 1987.
4. Бойченко М.С., Рутес В.С., Фульмахт В.В., Непрерывная разливка стали, М., 1961.
5. Николаев О.А., Сарычев А.В., Ивин Ю.А. и др. Технология выплавки стали в двухванновом агрегате и способы ее подготовки для разливки на сортовых МНЛЗ. ISSN 0038 – 920Х «Сталь». №3. 2006 г.
6. Шварцмайер В., Непрерывная разливка, пер. с нем., М., 1962;
7. Германн Э., Непрерывное литье, пер. с нем., М., 1961; Теория непрерывной разливки. Технологические основы, М., 1971.