

Раздел 6. Теория и технология разливки стали.
Тема 6.3. Структура и качество литой стали

Лекция 54

**Тема: Контроль качества литой стали.
Пути улучшения качества стальных слитков**

План лекции:

1. Контроль качества литой стали.
2. Пути улучшения качества стальных слитков

1. Качество слитка стали при разливке в изложницы

Особенности слитка спокойной стали:

1. Относительная структурная, кристаллическая неоднородность.
2. Относительно небольшая степень ликвации (химической неоднородности)
3. Наличие концентрированной усадочной раковины.
4. Форма слитка (изложницы) в большинстве случаев – уширение кверху.

Дефекты слитка спокойной стали:

1. Усадочная раковина.
2. Осевая рыхлость.
3. Химическая и структурная неоднородность.
4. Неметаллические включения.
5. Трещины.
6. Плены.
7. Завороты корки.
8. Подкорковые пузыри.

Усадочная раковина – полость, расположенная в верхней части слитка. Причина образования – усадка стали в процессе затвердевания, т.е. увеличение плотности при переходе из жидкого состояния в твердое. Величина усадки в пределах 2,0 – 5,3% в зависимости от марки. Этот дефект слитка идет в обрезь при прокатке, т.к. поверхность окисляется и не заваривается при прокатке, приводя к образованию рванин. Величина головной обрезки – 12 – 16% для спокойной углеродистой стали, до 20% для мелких слитков и качественных, легированных сталей.

Задача – концентрация усадочной раковины в верхней части слитка и уменьшение глубины ее проникновения в слиток. Пути решения задачи:

1. Разливка спокойной стали в изложницы, расширяющиеся кверху. Конусность стенок 2- 4% для слитков под прокатку, 3-6% для слитков под ковку (большая конусность нецелесообразна с учетом последующей ОМД). Большая масса жидкого металла в верхней части слитка способствует замедленному его охлаждению.
2. Теплоизолируют боковые поверхности верха слитка. Обычно для этого на изложницу устанавливают прибыльную надставку, боковые стенки которой футерованы огнеупорами или снабжены теплоизоляционными вкладышами.
3. Засыпка теплоизолирующими или разогревающими смесями поверхности жидкого металла в прибыльной надставке после наполнения слитка.

Уменьшению объема усадочной раковины может способствовать наполнение прибыльной надставки с пониженной скоростью.

Осевая рыхлость – скопление мелких усадочных пустот в верхней осевой части слитка. Причина – кристаллизация металла происходит в осевой части в последнюю очередь. В отдельных местах происходит срастание кристаллов и изоляция нижележащих объемов, которые кристаллизуются без подпитки жидкого металла. Способствуют увеличению осевой рыхлости:

- - уменьшение температуры разливаемого металла;
- - увеличение массы слитка;
- - наличие элементов, повышающих усадку при затвердевании (в особенности углерода);
- - наличие элементов, увеличивающих вязкости жидкой стали (Cr, Ti).

Пути уменьшения осевой пористости:

1. Использование изложниц с уширением кверху.

2. Обогрев верхней части слитка.

Заворот корки – дефект поверхности слитков, образующийся преимущественно при сифонной разливке вследствие окисления и охлаждения поверхности жидкой стали в изложнице. Корка, образованная оксидной пленкой, затвердевшим металлом, неметаллическими и шлаковыми включениями, прирастает к стенкам, прорывается металлом, заворачивается к стенке изложницы и заливается металлом. В месте заворота образуется скопление неметаллических включений и пузырей (результат взаимодействия оксидов и углерода). При прокатке образуются рванины, поэтому дефект зачищают. Способствуют появлению:

- - низкая температура металла;
- - низкая скорость разливки;
- - наличие в стали легкоокисляющихся элементов (Cr, Al, Ti).

Методы борьбы:

1. Увеличение до оптимального значения температуры и скорости разливки (если выше – горячие трещины).
2. Разливка под шлакообразующими смесями.

Поперечные горячие трещины – результат препятствия свободной усадке затвердевающего слитка (чаще всего вследствие местного зависания слитка в изложнице). Способствуют:

- - наличие выбоин;
- - наличие зазора между изложницей и прибыльной надставкой.

Продольные наружные трещины – результат разрыва твердой корочки под действием ферростатического давления жидкого металла после образования зазора между слитком и стенкой изложницы. Ширина – 1-3 мм. Длина - 1 м и более. Причины:

- - перегрев стали;
- - повышенная скорость разливки;
- - неправильная центровка струи металла при разливке сверху.

Меры борьбы:

1. Предотвращение перегрева стали.
2. Уменьшение скорости разливки.

3. Применение изложниц с волнистыми и вогнутыми стенками (см .рис.78).

Плены – результат разбрызгивания струи металла при ударе о дно изложницы. Брызги и заплески застывают на стенках, их поверхность окисляется, они не растворяются в жидкой стали и не свариваются с основной массой слитка. Преимущественно образуются при разливке сверху в нижней части слитка.

Меры борьбы:

1. Замедленное начало заполнения изложниц.
2. Использование промежуточных ковшей и воронок для снижения напора струи.

Подкорковые пузыри в слитках спокойной стали. Причины:

- - большой слой смазки или недостаточно сухая смазка;
- - недостаточно раскисленная сталь;
- - взаимодействие с окислами плен и заворотов корки.

Особенности слитка кипящей стали:

1. Относительная структурная, кристаллическая однородность.
2. Относительно большая степень ликвации (химической неоднородности).
3. Отсутствие концентрированной усадочной раковины.
4. Наличие значительного количества пузырей в теле слитка.
5. Форма слитка (изложницы)– уширение книзу (конусность 1,0 -1,5% для удобства раздевания слитка).

Структура определяется составом. Состав кипящей стали определяется назначением. Назначение – сталь для глубокой вытяжки с большими степенями обжатия.

Для уменьшения химической неоднородности слитка кипящей стали кипение вскоре после наполнения изложницы прекращают, накрывая слиток массивной металлической крышкой (механическое закупоривание) или раскисляя металл в верхней части изложницы алюминием (химическое закупоривание).

Верх слитка с пузырями и скоплениями серы и фосфора вследствие ликвации отрезают при прокатке. Величина головной обрезки (меньше, чем для слитка спокойной стали):

- при механическом закупоривании 5-9% от массы слитка для рядовых сталей и 10-13% для качественной стали;

- при химическом закупоривании 3,5-6%.

Дефекты слитков кипящей стали:

1. Химическая неоднородность (уменьшается за счет оптимизации закупоривания слитка).
2. Малая толщина здоровой корочки.
3. Трещины.
4. Плены.
5. «Голенища».
6. Рослость слитков.

Толщина здоровой корочки (до сотовых пузырей) должна быть не менее 10 мм. Оптимальная толщина 18-24 мм. Более тонкая окисляется при нагреве под прокатку и образуются рванины (окисляется поверхность сотовых пузырей и они не завариваются при прокатке).

Меры борьбы:

1. Скорость разливки не более 1,0 м/мин. Если выше, то вводят интенсификаторы кипения (порошок FeO).
2. Выбор состава: углерода – не более 0,27%; марганца - не более 0,6%.
3. «Голенище». Причина – избыточная окисленность. В результате интенсивное кипение и вспенивание. При химическом закупоривании оседание и образование корки на стенках.

Рослость слитков. Причина – недостаточная окисленность и избыточное количество пузырей остается в слитке: высота слитка возрастает, уменьшается плотность головной части слитка, увеличивается головная обрезка при прокатке.

Качество непрерывнолитого слитка

Качество непрерывнолитого слитка во многом связано с особенностями его формирования и технологией разливки. Для условий формирования

непрерывнолитого слитка характерно наличие глубокой лунки жидкого металла (десятки метров) и форсированного встречного роста столбчатых кристаллов. Это способствует развитию осевой пористости и осевой ликвации. Для снижения пораженности непрерывнолитого слитка этими дефектами:

- минимизируют перегрев стали над температурой ликвидус,
- используют электромагнитное перемешивание металла как в кристаллизаторе, так в зоне вторичного охлаждения,
- применяют модифицирование.

Это способствует формированию прослойки равноосных кристаллов и снижает развитие осевой пористости и осевой ликвации. Кроме того, для снижения поражения заготовки этими дефектами все более широкое применение находит «мягкое» обжатие неполностью затвердевшего металла.

Условия формирования непрерывнолитого слитка характеризуются значительной величиной напряжений, возникающих в затвердевающем металле: термических, статических, фазовых и т.п. Для повышения качества и снижения поражения слитка трещинами необходима как оптимизация технологических параметров, минимизирующая величину напряжений, так и повышения прочностных характеристик металла, что достигается повышением качества жидкого металла за счет более глубокого рафинирования от вредных примесей. Образованию трещин способствуют:

- разливка стали с повышенным интервалом кристаллизации,
- газонасыщенность стали,
- повышенное содержание серы,
- повышенная температура стали,
- повышенная скорость разливки,
- жесткое охлаждение слитка,
- зависание слитка в кристаллизаторе,
- искажение геометрии слитка,
- резкая деформация при разгибе и деформация при температурах снижения пластичности.

Поэтому повышение качества жидкого металла в ходе внепечной обработки стали – необходимое условие качества непрерывнолитого слитка. Кроме того, повышению качества непрерывнолитого слитка способствуют:

- обеспечение согласованного изменения скорости вытягивания от температуры металла в промежуточном ковше,
- оптимизация режима вторичного охлаждения,
- подвод металла в кристаллизатор, исключаящий размыв корочки,
- подбор смазки стенок кристаллизатора, состава и режима ввода шлакообразующих смесей в кристаллизатор,
- контроль работы опорных и тянущих устройств с целью предотвращения деформации оболочки полностью затвердевшего слитка.

Исключение причин, предопределяющих неравномерность охлаждения: засорения каналов в кристаллизаторе, форсунок в зоне вторичного охлаждения, контроль износа и состояния стенок кристаллизатора, качества настройки роликового аппарата, - сводит к минимуму нежелательное искажение профиля слитка (ромбичность, серповидность).

Особое внимание уделяют снижению содержания неметаллических включений в стали, чему способствуют:

- применение стойких огнеупорных материалов,
- защита стали от вторичного окисления,
- совершенствование технологии раскисления,
- совершенствование конструкции промежуточного ковша,
- использование вертикальных кристаллизаторов.

Основные способы защиты от вторичного окисления:

- применение погружаемых в металл огнеупорных труб и удлиненных огнеупорных стаканов,
- использование шлакообразующих смесей,
- применение газовой защитной атмосферы или местной продувки (инжекции) нейтрального газа.

Активизации и максимальному удалению неметаллических включений в промежуточном ковше способствуют:

- увеличение глубины металла в промежуточном ковше (и, соответственно, емкости),
- оборудование вертикальными перегородками для улучшения характера потоков металла,
- продувка жидкой стали аргоном,
- использование гасителей вихревого движения.

Качество непрерывнолитого слитка и технико-экономическая эффективность непрерывной разливки предопределило постоянное возрастание доли стали, разлитой на МНЛЗ, в общем производстве стали. В настоящее время нет альтернативы разливке в изложницы при получении крупных слитков для поковок. Однако доля этих слитков относительно не высока, что позволяет рассматривать непрерывную разливку как основной способ разливки стали, переход на которую в большинстве случаев является необходимым условием сохранения конкурентных позиций на рынке металлопродукции.

На металлургических заводах выплавленную сталь из печей разливают в ковши, где выдерживают 5—10 мин для выравнивания ее состава, всплытия неметаллических включений и выхода газов, а затем разливают в изложницы, представляющие собой специальные чугунные или стальные формы. Здесь сталь кристаллизуется, образуя слитки различной массы и конфигурации. Получаемые слитки затем используются в кузнечных или прокатных цехах. Строение стального слитка неоднородно. Поверхностный его слой представляет мелкие равноосные зерна, промежуточный слой — длинные, ориентированные перпендикулярно к поверхности, «столбчатые» кристаллы. Сердцевину слитка составляют крупные равноосные зерна. В верхней срединной части размещается так называемая усадочная раковина, образуемая легкоплавкими примесями, неметаллическими включениями и газами, содержащимися в жидкой стали. При этом глубокое залегание усадочной раковины, сильно развитая зона «столбчатых» кристаллов, а также газовые пузыри, неметаллические включения и трещины снижают качество стальных слитков. Основными металлургическими методами повышения качества стали является непрерывная разливка, вакуумирование, электрошлаковый переплав и рафинирование жидким синтетическим шлаком. Непрерывная разливка стали представляет собой процесс получения слитков на машинах непрерывного литья. Ее сущность заключается в непрерывной подаче расплавленного металла в специальный кристаллизатор, где он охлаждается и непрерывно вытягивается валками со скоростью, равной скорости кристаллизации. После окончательного охлаждения и затвердевания слиток режется на заготовки. Слитки непрерывной разливки по сравнению с получаемыми в изложницах имеют большую степень чистоты поверхности, мелкозернистую структуру,

менее развитую химическую неоднородность (ликвацию), в них отсутствует усадочная раковина. Непрерывная разливка резко уменьшает потери металла в отходы, повышает производительность труда. Вакуумирование жидкой стали применяется для получения высококачественных и некоторых высоколегированных марок стали. Оно позволяет очистить металл от газов, примесей неметаллических включений, повысить его механические свойства. Однако стоимость слитков значительно повышается. Вакуумирование производится в специальных вакуумных печах дугового, индукционного, электронно-лучевого или плазменного типов непосредственно перед разливкой или во время разливки стали. Электрошлаковый переплав применяется для улучшения структуры, повышения пластичности и свариваемости слитков массой до 200 т. Этот метод представляет собой очистку жидкого металла от неметаллических включений и растворенных газов при его прохождении через слой шлака, содержащего значительное количество плавикового шпата. Рафинирование стали жидким синтетическим шлаком применяется с целью ее раскисления, дополнительной очистки от серы и неметаллических включений, а также улучшения механических свойств. Для этого используют расплавленный шлак, состоящий из 55 % CaO и 45 % Al₂O₃, с небольшим количеством кремнезема и возможно меньшим содержанием FeO (не более 1 %).

Вопросы для самоконтроля.

1. Какой слиток дороже кипящих марок стали или спокойных?
2. Зачем сталь обрабатывают на вакууматоре?
3. Можно ли после окончательного охлаждения и затвердевания слиток резать на заготовки?
4. В верхней части слитка размещается так называемая усадочная раковина?
5. Где и в какой части слитка образуется легкоплавкие примессы, неметаллические включения и газы?
6. Перечислите основные способы защиты от вторичного окисления?
7. Перечислите условия, которые способствуют к повышению качества непрерывнолитого слитка
8. Перечислите причины, предопределяющих неравномерность охлаждения?
9. Расскажите что способствует образованию трещин ?
10. Охарактеризуйте качество непрерывнолитого слитка.

Использованная литература:

<http://perwerts.ru/baza-znaniy/proizvodstvo-i-xarakteristika-stalej/stroenie-stalnogo-slitka-i-metallurgicheskie.html>

