

2. Аддитивные Технологии в литейном производстве [Электронный ресурс]- Режим доступа: http://xn--b1afbqqhyhj.xn--p1ai/news/15/Additivnye_tehnologii.pdf (дата обращения- 25.02.2016)
3. Ильюшенко Н.В., Селезнев В.А., Уланович А.В. Электронный информационный образовательный ресурс: <Объемное компьютерное 3D моделирование изделий и их изготовление из пластика методом прототипирования> Свидетельство о регистрации электронного ресурса ОФЭРНиО РАО ГАН №18466 от 24.07.2012
4. Новые 3D принтеры Пеле Экструдер [Электронный ресурс] режим доступа: <https://filacart.com/blog/south-africas-fouche-3dprinting-announces-new-waltruder-8-pellet-extruder/> (дата обращения 28.02.2016)
5. Многоструйное моделирование (ММ) технология настоящего и будущего [Электронный ресурс]- режим доступа: <http://3dprofy.ru/mnogostrujnoe-modelirovanie-mjm-tekhno/> (дата обращения 26.02.2016)

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ЗАГОТОВКИ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ СОРТОВОЙ МНЛЗ

Е.В. Польша, студ. гр. 3-10В10,

научный руководитель: Федосеев С.Н., асс. каф. МЧМ

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8-(38451)-6-22-48

E-mail: steel13war@mail.ru

Разливка стали на сортовые непрерывнолитые заготовки имеет целый ряд особенностей, что в ряде случаев и определяет их качество. Одной из таких особенностей является значительная неравномерность скоростей затвердевания металла в углах и в центре граней заготовки, что приводит к большей или меньшей деформации профиля [1]. Соответственно при отходе одной из частей твердого каркаса заготовки в процессе разливки между поверхностью слитка и гильзой кристаллизатора образуется газовый зазор, коэффициент теплопередачи в котором значительно снижается вследствие более низкой теплопроводности газа. В этой области скорость наращивания твердой корочки замедляется относительно других зон заготовки, которые находятся в хорошем контакте с гильзой. Также в области плохого контакта слитка с гильзой кристаллизатора может наблюдаться подплавление затвердевшей оболочки. Следовательно, при ухудшении контакта какой-либо части заготовки с гильзой наблюдается локальное утоньшение твердой корочки, что приводит к ухудшению прочностных свойств твердого каркаса слитка в этой области.

Одним из распространенных дефектов непрерывнолитой сортовой заготовки является искажение ее геометрической формы, к которой относится так называемая «ромбичность», обусловленная разностью диагоналей прямоугольника составляющая, как правило, 5-12 мм и более. Принято считать, что ромбичность возникает во время формирования твердой корочки под действием внутренних термических напряжений, которые связаны с перепадом температуры по сечению слитка [2]. Превышение термическими напряжениями предела прочности металла при данной температуре приводит к возникновению поверхностных, или внутренних трещин.

Наиболее эффективным методом исследования динамики затвердевания различного рода слитков является физическое моделирование, поскольку в этом случае удаётся контролировать отвод тепла от исследуемого объекта в совокупности с визуализацией основных процессов, сопровождающих наращивание твёрдой фазы [3-5]. При этом особое значение приобретает выбор моделирующего вещества, которое должно не только обладать оптической прозрачностью, но также иметь определённую совокупность теплофизических характеристик, позволяющих обеспечить соответствующую систему критериев подобия. Дополнительным условием, которое представляется, на наш взгляд, крайне важным, является затвердевание вещества по дендритному механизму.

Динамика наращивания твердой корочки в кристаллизаторе наиболее полно может быть представлена с помощью расчетных математических моделей [6], которые учитывают как особенности теплопереноса в твердой корочке и гильзе кристаллизатора, так и формирование в ней внутренних напряжений.

Разработка математической модели позволяет получать подробную информацию относительно теплового и напряженно-деформированного состояния твердой корочки непрерывнолитого слитка в кристаллизаторе, а в частности: выводить на экран графики охлаждения слитка по сечению для

разных точек по желанию исследователя; получать информацию относительно расположения границы фаз, распределения тепловых потоков и картины температурных полей; строить изолинии распределения температур; определять необходимые для анализа значения напряженного состояния слитка и кристаллизатора, в том числе и интенсивность напряжений; рассчитывать конфигурацию деформированного состояния твердого каркаса слитка и кристаллизатора в абсолютных и относительных величинах и т.п.

Причинами такого искажения геометрической формы заготовки может быть: нарушение интенсивности отвода тепла по периметру и высоте кристаллизатора; искажение начальной геометрической формы гильзы кристаллизатора; локальный износ внутренней поверхности (наблюдается, как правило, по углам кристаллизатора и в нижней его части); несоответствие параметров разливки стали и профиля гильзы кристаллизатора и т.д. [7].

Для снижения вероятности отхождения угла твердой корочки от гильзы кристаллизатора представляется целесообразным обеспечивать рациональный профиль угла гильзы кристаллизатора в части оптимизации его радиуса и конусности по высоте. Достаточно эффективным мероприятием при этом может быть также обеспечение максимальной интенсивности теплоотвода в верхней половине гильзы, что обеспечит быстрое наращивание слоя твердой корочки, который будет устойчив к внутренним напряжениям.

Вместе с тем деформация твердого каркаса заготовки вследствие выпучивания граней при отхождении трех или четырех углов может получить дальнейшее развитие после выхода заготовки из кристаллизатора. При этом не малую роль может сыграть уже накопленный ранее уровень внутренних напряжений. Как видно на фотографиях поперечных темплетов, приведенных на рисунок 1, внешняя поверхность граней заготовки сохраняет выпуклую форму в течение всего процесса затвердевания слитка. Однако конфигурация поперечного сечения все же дополнительно приобретает форму ромба, что создает наиболее благоприятные условия для формирования внутренних трещин.

Образование и развитие внутренних трещин в этом случае происходит вследствие трансформации профиля заготовки в зоне вторичного охлаждения. Вероятность возникновения и развития внутренних трещин во многом определяется величиной ромбичности заготовки (разность диагоналей поперечного сечения) в совокупности с условиями отвода тепла в ЗВО и прочностными показателями стали в области температур затвердевания.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

Для процесса формирования твердой корочки заготовки в кристаллизаторе сортовой МНЛЗ присущи неравномерность отвода тепла по периметру и высоте твердого каркаса, что обуславливает возникновение в нем высокого уровня внутренних напряжений. При этом некоторая часть твердой корочки заготовки может деформироваться и отходить от поверхности гильзы кристаллизатора, что существенным образом уменьшит скорость ее наращивания. Наиболее часто этот процесс наблюдается в углах заготовки.

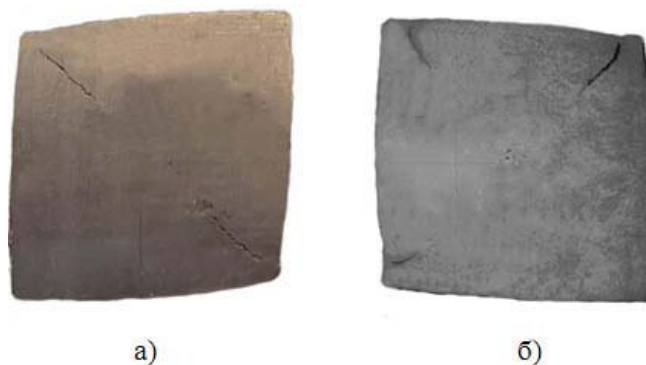


Рис. 1. Внешний вид темплетов непрерывнолитых заготовок при развитии явления ромбичности

Для условий затвердевания в кристаллизаторе наиболее вероятным представляется отхождение одного из углов твердой корочки. При этом в силу уменьшения скорости наращивания твердой корочки и увеличения уровня растягивающих напряжений в этом углу, как правило, может наблюдаться значи-

тельная деформация профиля заготовки, которая при определенных условиях обуславливает возникновение поверхностной продольной угловой трещины и, возможно, прорыва под кристаллизатором.

Развитие явления ромбичности при формировании твердого каркаса сортовой заготовки, на наш взгляд, обуславливается определенным уровнем внутренних напряжений, накопленных твердой корочкой при нахождении в кристаллизаторе. Как правило, отхождение двух углов твердой корочки заготовки может происходить уже в нижней части гильзы кристаллизатора вследствие, например, ее локального износа. После выхода заготовки из кристаллизатора ромбичность продолжает развиваться в большей или меньшей степени, что может приводить к формированию внутренних угловых трещин (преимущественно в тупых углах ромба).

Случай отхождения трех или четырех углов твердого каркаса заготовки от внутренней поверхности гильзы следует рассматривать, прежде всего, как несоответствие внутреннего профиля гильзы установленным параметрам разлива. При этом в определенных областях твердой корочки может существенным образом изменяться интенсивность теплоотвода, что с высокой степенью вероятности может приводить к развитию ромбичности в поперечном сечении заготовки.

Литература.

1. А.Н.Смирнов, Г.И.Касьян, А.Я.Минц, Е.В.Штепан Технологическое развитие параметров высокоскоростной разлива на сортовых МНЛЗ // Труды 8-го Конгресса Сталеплавыльщиков. Нижний Тагил. 18-22 октября 2004 г. – М.: Черметинформация, 2005. – С.484-488.
2. А.Н.Смирнов, И.В.Лейрих, Жибоедов Е.Ю., Е.Н.Любименко Особенности разрушения покрытий гильз кристаллизаторов высокоскоростных сортовых МНЛЗ // Электрометаллургия. 2007. №4. - С.29-32.
3. Смирнов А.Н., Штепан Е.В., Смирнов Е.Н. Опыт производства сортовых заготовок для длинномерного проката // Металл. 2005. №1. С.44-50.
4. Эльдарханов А.С. Процессы формирования отливок и их моделирование / А.С. Эльдарханов, В.А. Ефимов, А.С. Нурадинов. – М.: Машиностроение, 2001. – 208 с.
5. Смирнов А.Н. Особенности деформации твердой корочки заготовки в кристаллизаторе сортовой МНЛЗ / А.Н. Смирнов, В.Е. Ухин // Электрометаллургия. – 2009. – №6. – С. 14-20.
6. Ya Meng Heat transfer and solidification model of continues slab casting / Meng Ya, Thomas Brian G. // Metallurgical and materials transaction.-2003. –V.34B. -№5. –P. 685-705.
7. Thomas B.G. Continuous casting: Complex Models // The Encyclopedia of Materials: Science and Technology. – Oxford: Elsevier Science Ltd. Vol.2. 2001. – pp. 1599-1609.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ЛЕГИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА

М.В. Ратников, студ. гр. 3-10В10,

Научный руководитель: Федосеев С.Н., асс. каф. МЧМ

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8-(38451)-6-22-48

E-mail: steel13war@mail.ru

Одним из отличительных признаков производства черных металлов является образование огромных шлаковых отвалов, занимающих большие площади и оказывающих негативное влияние на экологическую обстановку.

Повышение конкурентоспособности металлопродукции может быть обеспечено снижением расхода сырьевых ресурсов, используемых при ее производстве. Поэтому переработка и утилизация шлаков и отходов металлургического производства является актуальным и обязательным элементом безотходной технологии, так как способствует ресурсосбережению, а также снижению загрязнений водного и воздушного бассейнов.

Особый интерес для металлургии представляют шлаки ферросплавного производства, которые содержат значительное количество ценных компонентов, используемых для рафинирования и легирования железоуглеродистых расплавов. Анализ различных видов отходов производства ферросплавов показал, что достаточно ценным металлургическим сырьем могут быть шлаки и шламы производства марганцевых ферросплавов.