

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 621.746.5.047

Мошкунов В.В., Столяров А.М., Казаков А.С.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ЛУНКИ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА В НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ СЛЯБАХ ИЗ ТРУБНОЙ СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА «ИСКУССТВЕННОГО РАЗДУТИЯ» ЗАГОТОВКИ

Определение длины лунки жидкого металла в непрерывнолитых слябах из трубной стали с использованием эффекта «искусственного раздутия» заготовки.

Проведены опыты по «искусственному раздутию» непрерывнолитого сляба из трубной стали. Фактическая длина лунки жидкого металла оказалась больше расчетных значений.

Ключевые слова: непрерывнолитой сляб, лунка жидкого металла, эффект «искусственное раздутие».

Determination of the length to point of solidification in strands of Peritectic Low Alloyed steels for pipes using «Mini whale» effect. The experiments for artificial blowing-up («Mini whale») of pipe steel slabs were conducted. The actual length to point of solidification has appeared overvalued than calculated.

Key words: Cast slab, solidus front, «Mini whale» effect.

В ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» на стане «5000» изготавливается толстый горячекатаный лист класса прочности от К52 до К65 для производства труб. К листу предъявляются высокие требования по однородности свойств металла и отсутствию дефектов. Для их выполнения стан должен снабжаться высококачественной непрерывнолитой заготовкой толщиной 300 мм. Слябовая заготовка отливается в кислородно-конвертерном цехе на одноручье МНЛЗ криволинейного типа с вертикальным участком производства фирмы «SMS Demag». На данной машине с целью улучшения качества металла осевой зоны сляба используется мягкое обжатие непрерывнолитой заготовки [1, 2]. Эффективность мягкого обжатия заготовки существенным образом зависит от правильности выбора места приложения обжатия по длине технологического канала МНЛЗ. Согласно рекомендациям фирмы-изготовителя оборудования выбор рационального места технологического канала МНЛЗ для осуществления мягкого обжатия заготовки должен осуществляться следующим образом. По расчетным данным, выдаваемым динамической системой управления вторичным охлаждением непрерывнолитой заготовкой, определяется номер сегмента зоны вторичного охлаждения (ЗВО), в котором заканчивается затвердевание металла. Мягкое обжатие сляба рекомендуется производить в предыдущих двух сегментах горизонтального участка МНЛЗ (вся ЗВО состоит из пятнадцати сегментов). С целью проверки правильности информации о длине лунки жидкого металла внутри сляба, рассчитываемой ЭВМ, ее фактической протяженности были проведены исследования с использованием эффекта «искусственного раздутия» слябовой заготовки.

Сущность этого метода состоит в следующем:

– вначале производится снижение скорости вытягивания сляба из кристаллизатора для того, чтобы

длина лунки жидкого металла внутри заготовки уменьшилась и конец лунки оказался перед сегментом, в котором будет искусственно вызываться раздутие сляба;

– после этого осуществляется открытие данного сегмента – при помощи гидроцилиндров все верхние ролики сегмента (шесть неприводных и один центральный приводной) приподнимаются на несколько миллиметров. В результате этого сила воздействия роликов на сляб резко снижается до некоторого минимального значения, фиксируемого динамической системой управления вторичным охлаждением непрерывнолитой заготовкой, при этом приводной ролик прокручивается вхолостую;

– затем скорость вытягивания заготовки из кристаллизатора повышается с целью увеличения протяженности лунки жидкого металла. Вследствие этого конец лунки перемещается в открытый сегмент и происходит раздутие сляба. При этом сила воздействия роликов на входе в сегмент резко возрастает. В данный момент времени доля жидкой фазы внутри заготовки составляет около 80 % [3] и соответствует «границе выливаемости», при которой еще возможна подпитка двухфазной зоны расплавом. Зная расстояние от поверхности жидкого металла в кристаллизаторе до входа в открытый сегмент, можно определить фактическую длину лунки жидкого металла в заготовке. При продвижении раздувшейся части сляба по сегменту крутящий момент на приводной ролик возрастает;

– для прекращения раздутия сляба скорость вытягивания заготовки снижается, протяженность лунки уменьшается, ее конец перемещается из открытого сегмента, сегмент медленно закрывается и исследование заканчивается.

С целью уточнения месторасположения конечной части лунки жидкого металла в непрерывнолитых

слябах разной толщины были проведены опыты с «искусственным раздутием» заготовок в процессе разлива трубой стали четырех плавов. Данные о химическом составе разливаемого металла представлены в табл. 1.

Значения основных параметров разлива трубой стали приведены в табл. 2.

Таблица 1

Химический состав металла опытных плавов (% по массе)

Химический элемент	Условный номер плавки (опыта) / Марка стали			
	A / K60	B / K60	C / D32	D / D32
Углерод	0,07	0,07	0,10	0,10
Кремний	0,26	0,35	0,23	0,23
Марганец	1,66	1,66	0,96	0,94
Сера	0,002	0,003	0,003	0,003
Фосфор	0,009	0,011	0,014	0,009
Хром	0,026	0,045	0,053	0,030
Никель	0,185	0,269	0,042	0,026
Медь	0,181	0,172	0,069	0,033
Алюминий	0,025	0,040	0,038	0,045
Титан	0,015	0,014	0,003	0,002
Азот	0,008	0,005	0,005	0,005
Ниобий	0,048	0,047	0,026	0,023
Ванадий	0,048	0,053	0,006	0,002
Кальций	0,0013	0,0017	0,0020	0,0020
Водород (ppm)	2,4	2,5	2,5	2,4

Таблица 2

Основные параметры разлива трубой стали опытных плавов

Параметр разлива	Условный номер плавки (опыта)			
	A	B	C	D
Размеры поперечного сечения сляба, мм: толщина ширина	293,8	293,8	250	250
	2500	2600	2050	2050
Скорость вытягивания сляба из кристаллизатора, м/мин	0,8	0,8	1,0	1,0
Температура металла в промежуточном ковше, °C	1538	1542	1549	1544
Температура ликвидус стали, °C	1517	1516	1520	1520
Температура солидус стали, °C	1482	1480	1482	1482
Номера сегментов ЗВО с мягким обжатием сляба	12, 13	12, 13	11, 12	12, 13
Толщина сляба до и после обжатия, мм	305,6 / 299,3	305,5 / 299,1	256,5 / 250,0	254,9 / 249,4
Величина мягкого обжатия, мм	6,3	6,4	6,5	5,5

В качестве характерного примера рассмотрим условия проведения опыта А. В процессе разлива

стали скорость вытягивания сляба из кристаллизатора была понижена с 0,80 до 0,75 м/мин, в результате чего протяженность лунки жидкого металла снизилась и оказалась меньше, чем расстояние от поверхности жидкого металла в кристаллизаторе до входа в тринадцатый сегмент ЗВО МНЛЗ. После этого был открыт тринадцатый сегмент. На рис. 1 показано изменение силы воздействия роликов тринадцатого сегмента на сляб в процессе разлива.

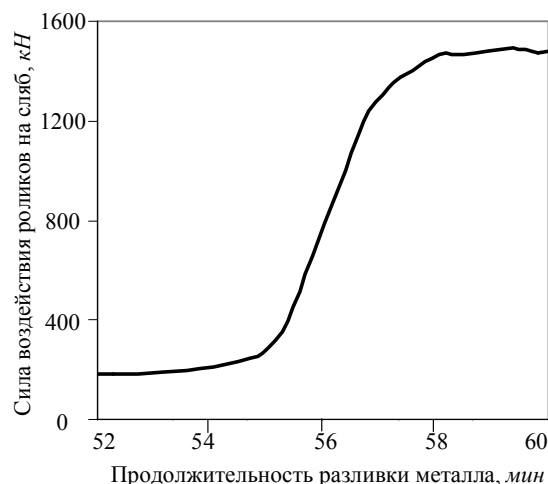


Рис. 1. Изменение силы воздействия роликов на сляб в тринадцатом сегменте ЗВО МНЛЗ

Из него видно, что при наличии полностью затвердевшего сляба сила воздействия приподнятых роликов открытого сегмента на заготовку минимальна и равна примерно 200 кН.

Скорость вытягивания заготовки повысили до 0,80 м/мин для того, чтобы лунка жидкого металла переместилась в открытый сегмент. Произошло раздутие сляба на 2,74 мм (с 305,25 до 307,99 мм), в результате чего сила воздействия роликов на сляб (см. рис. 1) возросла до 1470 кН, то есть в 7,35 раза. Таким образом, на входе в тринадцатый сегмент – на удалении 27,089 м от поверхности жидкого металла в кристаллизаторе располагалась заготовка, имеющая долю жидкого металла, равную примерно 0,8. В ней еще была возможна подпитка расплавом двухфазной области, что и вызвало образование раздутия сляба. На рис. 2 приведены расчетные данные о внутреннем строении слябовой непрерывнолитой заготовки, полученные динамической системой управления вторичным охлаждением непрерывнолитой заготовки.

Из рис. 2 следует, что расчетное значение длины лунки с долей жидкого металла, равной 0,8, составляло 25,8 м, что было в 1,135 раза меньше, чем расчетная протяженность лунки жидкого металла (29,29 м). Исходя из предположения, что в реальной лунке это соотношение сохраняется, можно определить ее фактическую протяженность. Для этого необходимо увеличить расстояние до входа в тринадцатый сегмент (27,089 м) в 1,135 раза и получить величину, составляющую 30,75 м.

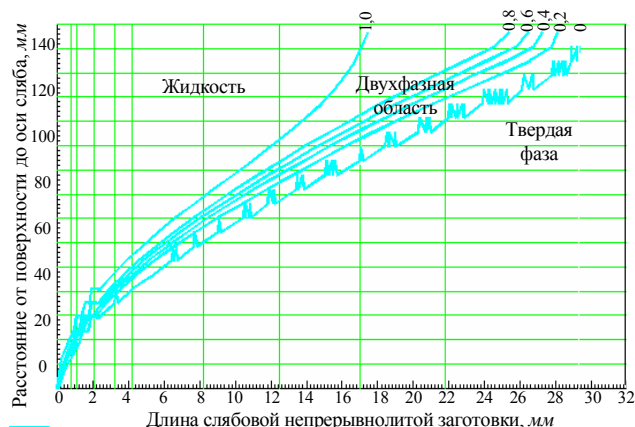


Рис. 2. Внутреннее строение слябовой непрерывнолитой заготовки толщиной 293,8 мм (опыт А): цифры у линий – относительная доля жидкой фазы

По данной методике была определена фактическая протяженность лунки жидкого металла во всех проведенных опытах. Результаты представлены в табл. 3.

Анализ полученных данных показывает, что во всех четырех опытах фактическая протяженность лунки жидкого металла оказалась больше, чем ее расчетное значение, полученное динамической системой вторичного охлаждения заготовки. Наибольшее различие наблюдалось при отливке слябов толщиной 293,8 мм – на 1,46–1,50 м, а при получении слябов толщиной 250 мм – на 0,70–0,71 м. Данные отклонения следует признать существенными, особенно в опытах с отливкой самых толстых слябов, с учетом того, что длина каждого сегмента ЗВО МНЛЗ составляет 2,13 м. Это может привести к ошибкам динамической системы при определении номеров сегментов, в которых рекомендуется осуществлять мягкое обжатие непрерывнолитой заготовки, и снижению его эффективности.

Таблица 3

Данные о протяженности лунки жидкого металла в слябовой непрерывнолитой заготовке

Номер опыта	Протяженность лунки жидкого металла, м		Разность между фактической и расчетной величинами, м
	расчетная	фактическая	
A	29,29	30,75	1,46
B	29,93	31,43	1,50
C	28,15	28,86	0,71
D	27,86	28,56	0,70

Для устранения выявленных различий между фактическими и расчетными значениями длины лунки жидкого металла внутри сляба необходимо внесение корректирующих поправок в модель динамической системы управления вторичным охлаждением заготовки.

Список литературы

1. Мошкун В.В., Столяров А.М. Использование мягкого обжатия непрерывнолитого сляба на криволинейной МНЛЗ с вертикальным участком // Теория и технология металлургического производства : межрегион. сб. науч. тр. Вып. 10. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. С. 57–62.
2. Мошкун В.В., Столяров А.М. Освоение технологии мягкого обжатия непрерывнолитых слябов в ККЦ ОАО «ММК» // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 69-й межрегион. науч.-технич. конференции. Магнитогорск, 2011. Т.1. С. 131–133.
3. Еланский Г.Н. Разливка и кристаллизация стали. Москва : МГВМИ, 2010. С. 128.

Bibliography

1. Moshkunov V.V., Stoliarov A.M. Soft reduction applying of continuous cast slab by curved continuous cast machine with vertical section // Theory and technology of metallurgical production: Interregional collection of scientific works. №10. Magnitogorsk: CEI HVT «MSTU», 2010. P. 57–62.
2. Moshkunov V.V., Stoliarov A.M. Developing of continuous cast slab soft reduction technology in oxygen-converter shop OJSC "Magnitogorsk iron and steel works" // Urgent questions of current science, technology and education: 69th Interregional scientific conference. Magnitogorsk, 2011. B.1. P. 131–133.
3. Elanskiy G.N. Casting and crystallization of steel. M.: MSNMU, 2010. P. 128.

УДК 621.74

Сушко Т.И., Леднев А.С., Пашнева Т.В., Руднева И.Г.

АНАЛИЗ ПРИЧИН БРАКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТАЛЬНЫХ КОРПУСНЫХ ОТЛИВОК ПОСРЕДСТВОМ СКМ ЛП LVM FLOW

В работе проводился анализ причин брака при изготовлении стальных отливок методом ЛВМ по диаграмме причинно-следственной связи и СКМ ЛП LVM Flow.

Ключевые слова: корпусная отливка, литейные дефекты.

We analyzed the reasons for failure in the manufacturing of steel casting by LPM on the diagram of a causal connection and system simulation of casting processes LVM Flow.

Key words: casting «body», casting defects.

Объект исследования – отливка «корпус», изготавливаемая в филиале ФГУП и ГКНПЦ имени Хруничева Воронежский механический завод (ВМЗ), материал изготовления – коррозионностойкая сталь аустенитного класса 10X18Н11БЛ ГОСТ 977-88, масса 16,6 кг, габаритные размеры отливки составляют

150×170×240 мм. 3D-модель приведена на рис. 1. Данная отливка предназначена для использования в оборудовании пищевой промышленности. К ней предъявляются требования по герметичности и коррозионной стойкости. При ее изготовлении неизбежно возникает брак.