

УДК 621.771:746.5

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА
ДЕФОРМИРОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ БЛЮМОВ НА
СТАДИИ НЕПОЛНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Е.Н.Смирнов

Донецкий национальный технический университет

Наведені результати чисельного експерименту які пов'язані з визначенням місця розташування блоку редукуючи клітей в лінії МБЛЗ. Стосовно до умов лиття блюма перетином 335x400 мм отримані залежності, які характеризують стан рідко-твердої складової та геометричні параметри розташування блоку.

Реализация технологии контролируемого вторичного охлаждения в потоке МНЛЗ, обязательным элементом которой является наличие внешнего деформационного воздействия на кристаллизующийся слиток, требует изначального принятия правильного решения по основополагающим вопросам:

- во-первых, выбору места приложения внешнего деформационного воздействия к кристаллизующемуся непрерывнолитому блюму;
- во-вторых, физико-геометрическому состоянию непрерывнолитого блюма, обеспечивающего последующее его бездефектное упругопластическое деформирование.

Именно данное обстоятельство в совокупности с крайней наукоёмкостью рассматриваемой технологии [1-2] обуславливает необходимость использования на первом этапе технологического проектирования методов математического моделирования. В этом случае, поиск ответов на ранее поставленные вопросы в части определения значений основополагающих параметров, целесообразно выполнить с привлечением модели затвердевания металла в непрерывнолитых слитках прямоугольного сечения [3].

Учитывая вышеизложенное, целью настоящей работы было исследование влияния динамики изменения технологических факторов процесса непрерывной разливки блюмов сечением 335x400 мм на их физико-геометрическое состояние в зоне контролируемого вторичного охлаждения применительно к условиям МНЛЗ кислородно-конвертерного цеха ОАО «ДМК им. Ф.Дзержинского».

При выполнении исследований весь существующий сортамент разливаемых марок сталей, как и в работе [4], был разбит на три группы в зависимости от содержания углерода и действующих режимов охлаждения и ряд подгрупп. В каждой из сформированных подгрупп,

было выбрано по одной марке стали, для которой выполнялись расчеты (таблица 1).

Оценку влияния основных факторов процесса непрерывной разливки на физико-геометрическое состояние блюмов на участке возможного совмещения с операцией внешнего деформационного воздействия выполнили в несколько этапов.

Таблица 1 – Условия разливки стали в блюмы 335×400 мм

| Характеристика | Эксперимент | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|-----------|------------|
| | I группа, 1-я подгруппа | I группа, 3-я подгруппа | II группа | III группа |
| Марка стали | 09Г2С, А32 | Ст3 пс, сп | Сталь 40Х | Сталь 70 |
| Базовая температура металла в промковше, °С | 1550 | 1540 | 1530 | 1490 |
| Температура ликвидуса стали, °С | 1505 | 1510 | 1487 | 1462 |
| Интервал колебания температуры металла в промковше, °С | ±5 | ±5 | ±5 | +5 |
| Скорость разливки на МНЛЗ, м/мин | 0,4÷0,9 | 0,4÷0,9 | 0,4÷0,9 | 0,4÷0,9 |

В качестве факторов, влияние которых оценивалось в ходе расчетного исследования, были приняты: колебания химического состава стали, величина начального перегрева, скорость разливки. При этом, в ходе исследования наибольшее внимание было уделено параметру, характеризующему физическое состояние двухфазной зоны и являющегося, по сути дела, интегральной характеристикой, учитывающей влияние всех вышеперечисленных факторов. Именно состояние двухфазной зоны служит критерием для определения как расположения блока клеток для деформационного воздействия на непрерывнолитой слиток, так и возможной эффективности процесса в целом [5].

На рисунке 1 представлены расчетные значения характеристик двухфазной зоны блюма 335×400 мм для разных скоростей разливки и марок сталей. Исходя из физики процесса, двухфазную зону следует условно разделить на три области. В первой из них (I) доля твердой фазы ξ не превышает $\xi_{\text{I max}}=0,2\div0,3$, а подпитка усадочных пустот происходит без ограничений. Для второй области (II) подпитка усадоч-

ных пустот встречает сопротивление дендритной сетки и протекает в режиме фильтрации. Доля твердой фазы составляет $(0,2 \div 0,3) \leq \xi_{II} \leq (0,7 \div 0,8)$. В свою очередь, в третьей области (III) минимальная доля твердой фазы ξ_{IIImin} не опускается ниже $\xi_{IIImin} = 0,7 \div 0,8$. Для данной зоны характерен тот факт, что усадочные поры разделены непроницаемыми перегородками (типа «мостов»). Подпитки жидким металлом не происходит. Вследствие этого, усадка металла при затвердевании вызывает образование пористости.

С учетом конструктивных особенностей блюмовой МНЛЗ ОАО «ДМКД» и полученных результатов математического моделирования процесса кристаллизации блюма 335×400 мм, начало, а также конец участка приложения внешнего деформационного воздействия, должны быть в пределах от 13,0 до 18,0 метров металлургического длины отливаемого слитка. При этом на длине участка в 5 метров целесообразно разместить редуцирующий блок в составе 5-ти клеток с индивидуальным приводом рабочих валков.

Предложенное расположение участка совмещения непрерывной разливки с внешним деформационным воздействием и его конструктивное оформление имеют ряд технологических преимуществ.

Во-первых, для сталей I и II групп, появляется возможность реализовывать гибкие технологические режимы, при которых редуцирование блюма будет производиться с разной дробностью деформации за 3-5 проходов.

Во-вторых, реализация различных вариантов схемы редуцирования блюма возможна в интервале наиболее часто применяемых скоростей разливки, а именно $0,6 \div 0,8$ м/мин.

В-третьих, на рассматриваемом участке содержание в незакристаллизовавшейся составляющей блюма твердой фазы находится (при базовой скорости разливки равной 0,7 м/мин) в наиболее оптимальных пределах: сталь 09Г2С – $30 \div 60\%$; сталь А32 – $45 \div 70\%$; сталь 40Х – $38 \div 68\%$; сталь 70 – $43 \div 70\%$.

В-четвертых, с учетом спецификации сложившегося сортамента выплавляемых марок сталей, удельный объем блюмов, при разливке которых возможно задействовать редуцирующие клетки блока, превысит 95%.

В-пятых, расположение блока редуцирующих клеток на радиальном участке технологической линии МНЛЗ исключает возможность взаимного наложения напряжений от деформирования слитка и их разгиба в конце области кристаллизации.

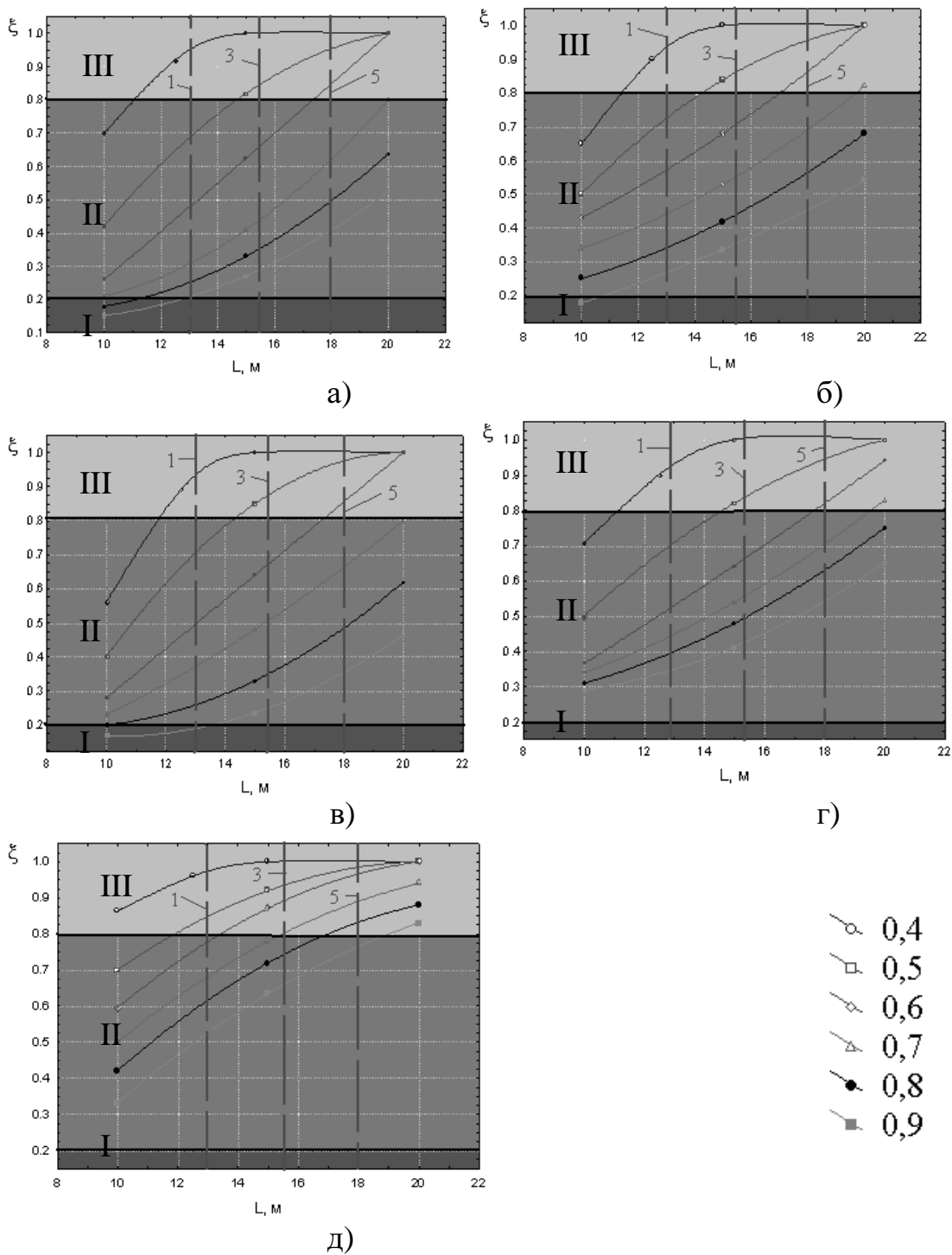


Рисунок 1 – Расчетные значения характеристик двухфазной зоны бьюма 335×400 мм при скорости разливки 0,4÷0,9 м/мин: а – сталь 09Г2С; б – сталь А32; в – сталь 3; г – сталь 40Х; д – сталь 70

Следует также подчеркнуть, что в отношении разливки сталей III группы, использование предлагаемого блока редуцирующих клеток

также оправдано, несмотря на возможное снижение эффективности. В этом случае реализация технологии происходит при скоростях разливки, лежащих в интервале $0,7 \div 0,9$ м/мин. При этом, для скорости разливки равной $0,7$ м/мин реализация режима деформирования будет осуществляться только в 3-х клетях и при содержании твердой фазы в жидко-твердой составляющей бьюма на уровне $\xi = 0,7 \div 0,8$. Повышение скорости разливки до $0,8 \div 0,9$ м/мин будет способствовать расширению интервала содержания твердой фазы в жидко-твердой составляющей до $\xi_{\min} = 0,5$, что несомненно скажется на эффективности процесса. Вместе с тем, интервал значений $\xi = 0,2 \div 0,5$, по-прежнему, не будет задействован, и возможности для управления качеством непрерывнолитых бьюмов будут иметь ограниченный характер.

Таким образом, проведенное расчетное исследование показывает, что применительно к условиям рассматриваемой МНЛЗ, на большей части рассматриваемого участка металлургической длины бьюма ($L = 10 \div 20$ м) осевая незакристаллизовавшаяся составляющая находится в двухфазном состоянии с содержанием твердой фазы в пределах $\xi = (0,2 \div 0,3) \div (0,7 \div 0,8)$. При этом, размещение в его пределах редуцирующего блока в составе пяти клетей позволит реализовать технологию обжатия бьюмов на стадии неполной кристаллизации для всего сортамента отливаемых сталей.

Литература

1. Система технологического проектирования метода «мягкого» обжатия непрерывнолитых бьюмов и заготовок в конце затвердевания / А.А. Минаев, Е.Н. Смирнов, А.Н. Смирнов, Ю.Н. Белобров и др. // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Луґанськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, - 2002. – С. 59- 66.
2. Горосткин С.В. Совершенствование режимов вторичного охлаждения слябовых непрерывнолитых заготовок: Автореф. дис. к-та техн. наук: 05.16.02 / Магнит. гос. техн. универ-т.- Магнитогорск, 2002. - 24 с.
3. Минаев А.А., Смирнов Е.Н., М.В. Григорьев. Моделирование теплового состояния непрерывнолитого бьюма в процессе контролируемого вторичного охлаждения // Металл и литьё Украины. – №6. – 2003. – С.18- 22.
4. Теоретический САД/САЕ анализ теплового состояния непрерывнолитого бьюма в зоне «мягкого» обжатия / Е.Н.Смирнов, М.В.Григорьев, В.В.Передереев, В.А.Скляр // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Темач. зб. науч. пр. – Краматорськ, 2004. – С.508-514.
5. Математическая модель и расчёт параметров мягкого обжатия непрерывнолитых заготовок / Л.В. Буланов, Н.А. Юровский, Т.Г. Химич и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность – 2003. – №8. – С. 126-130.

30.04.08