



The article describes technological peculiarities of production of continuously-cast ingots by continuous horizontal method of casting into benched crystallizer.

Е. И. МАРУКОВИЧ, В. И. БАРАНОВ, Ю. Л. СТАНЮЛЕНИС, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74.047

## «ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИЕ» СЛИТКИ – ЭТО РЕАЛЬНОСТЬ

Известны способы получения полых заготовок, внутренняя часть которых формируется охлаждаемым или неохлаждаемым дорном. Кристаллизатор при этом может располагаться в вертикальной или горизонтальной плоскости. Полуо заготовку без дорна получают методом наморщивания [1, 2].

Известен также ряд способов получения непрерывнолитых отливок различной конфигурации сплошных в поперечном сечении. Для всех этих способов литья характерно то, что в каждом процессе литья получают полуо или сплошную заготовку (в поперечном сечении). В ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси» разработан способ непрерывного горизонтального литья, так называемых «телескопических» непрерывнолитых отливок из чугуна.

Сущность способа заключается в следующем. Металл заливают в металлоприемник 1 (рис. 1), откуда он через стакан 2 поступает в полость охлаждаемого многоступенчатого (в данном случае трехступенчатого) кристаллизатора 3, в котором предварительно вставлена затравка 4 с пробкой 5. На поверхности кристаллизатора 3 затвердевает оболочка 6 слитка, которую извлекают на 1,02–1,1 длины первой ступени кристаллизатора 3 (рис. 2).

В образовавшиеся между оболочкой 6 и многоступенчатым кристаллизатором 3 зазоры 7 поступает расплав, где затвердевает, образуя многоступенчатый телескопический элемент 8 (рис. 3), сопрягающийся с многоступенчатым телескопическим элементом 6 по боковым 9 и торцовым 10 поверхностям. Боковые 9 и торцовые 10 поверхности элемента 6 образуются на рабочей поверхности кристаллизатора 3, а боковые 9 и торцовые 10 поверхности элемента 8 – на поверхности элемента 6. При

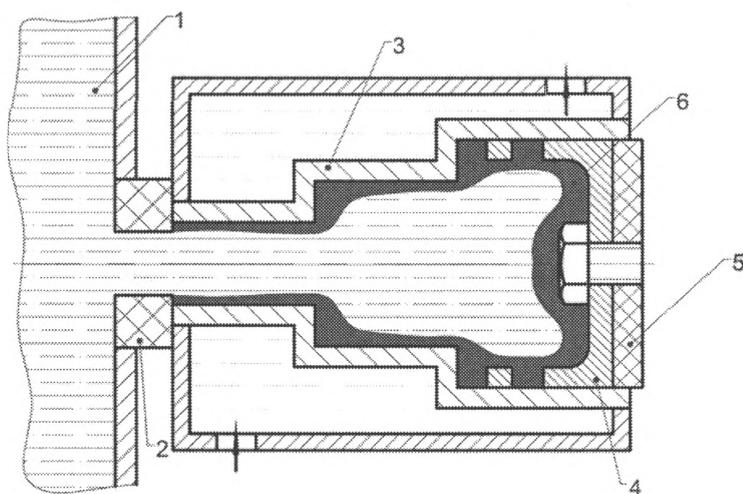


Рис. 1. Первый цикл вытяжки «телескопической» отливки

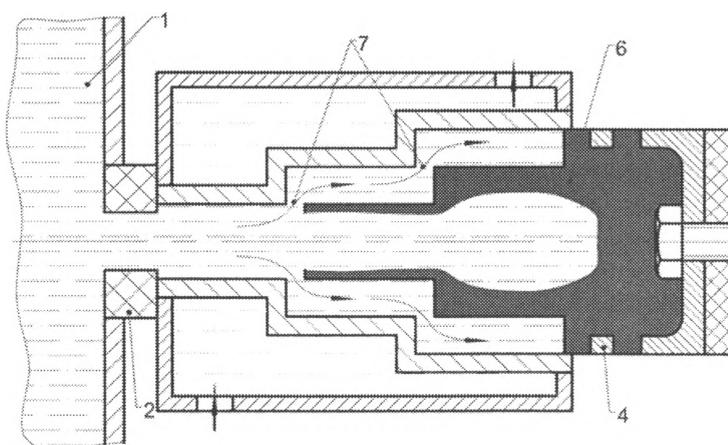


Рис. 2. Второй цикл вытяжки «телескопической» отливки

следующем цикле извлечения слитка на 1,02–1,1 длины первой ступени кристаллизатора расплав поступает в зазор 7, образующийся между кристаллизатором 3 и многоступенчатым телескопическим элементом 8 (рис. 4). Расплав затвердевает и образует многоступенчатый телескопический элемент 11, сопрягающийся с многоступенчатым

кристаллизатором 3 и многоступенчатым телескопическим элементом 8. Расплав затвердевает и образует многоступенчатый телескопический элемент 11, сопрягающийся с многоступенчатым телескопическим элементом 8 по боковым 9 и торцовым 10 поверхностям, которые являются поверхностями раздела между телескопическими элементами, образуя, таким образом, «телескопический» слиток (рис. 5).

Во всех последующих циклах извлечения слитка механизм образования многоступенчатых элементов повторяется. Жидкая лунка окончательно затвердевает вне кристаллизатора.

Получаемый таким образом слиток разрезают в поперечном направлении на мерные заготовки, а «телескопические» элементы разделяют в продольных направлениях в местах смыкания фронтов затвердевания металла от сопряженных ступеней, в результате чего в зависимости от места линии поперечного разреза получают сплошные и полые заготовки (1–6) различной конфигурации (рис. 6) [3].

Разделение «телескопического» слитка по поверхностям раздела на заготовки сопряжено с некоторыми трудностями.

Чугун (С – 3,3%; Si – 2,7; Mn – 0,65; Cr – 0,1; Ni – 0,1%) разливали в двухступенчатый кристаллизатор, диаметр первой ступени которого был равен  $5 \cdot 10^{-2}$  м, второй –  $8 \cdot 10^{-2}$  м. При температуре металла в металлоприемнике 1673 К, времени движения отливки в цикле  $\tau_{\text{дв}} = 3$  с, времени остановки  $\tau_{\text{ост}} = 20$  с и длине рывка  $\Delta l = 0,140$  м получили стабильный процесс литья.

Полученная отливка разрезалась на мерные заготовки и была сделана попытка разделения ее на заготовки. Этого не случилось из-за того, что не сформировались поверхности раздела, что подтвердили металлографические исследования (рис. 7): в предполагаемом месте (отмечено стрелкой) поверхности раздела не обнаружено.

Было сделано предположение, что причиной отсутствия поверхности раздела «телескопических» элементов слитка явилось сваривание в зоне контакта. Устранить его возможно за счет снижения температуры в зоне контакта, что было достигнуто увеличением времени остановки ( $\tau_{\text{ост}}$ ) до 30 с.

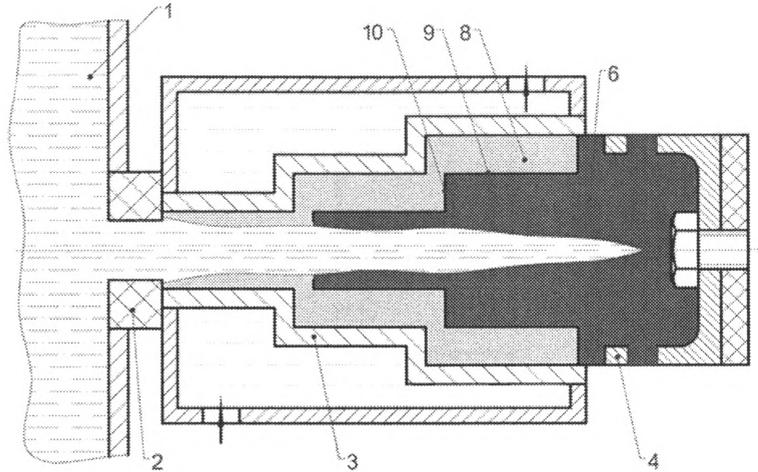


Рис. 3. Третий цикл вытяжки «телескопической» отливки

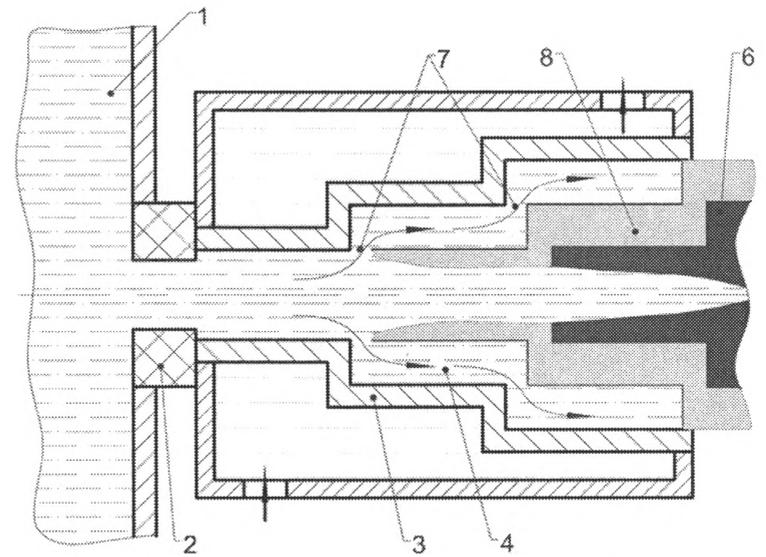


Рис. 4. Четвертый цикл вытяжки «телескопической» отливки

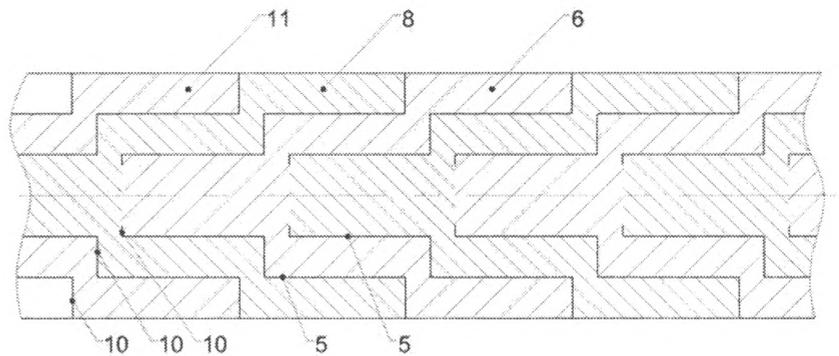


Рис. 5. Схема расположения поверхностей раздела «телескопического» слитка

Полученный слиток был разделен на мерные заготовки при удельном давлении 16 МПа (рис. 8).

Металлографические исследования показали наличие поверхностей раздела (рис. 9) в верхней (а) и нижней (б) частях слитка. В верхней части поверхность раздела уже, чем в нижней, что объясняется более интенсивным охлаждением отливки снизу (нижняя часть отливки лежит на

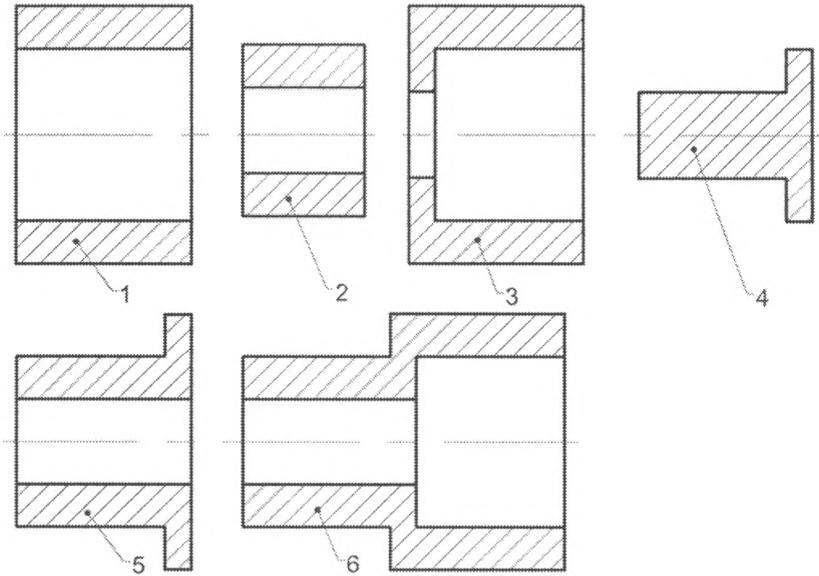


Рис. 6. Примеры возможных вариантов получаемых заготовок

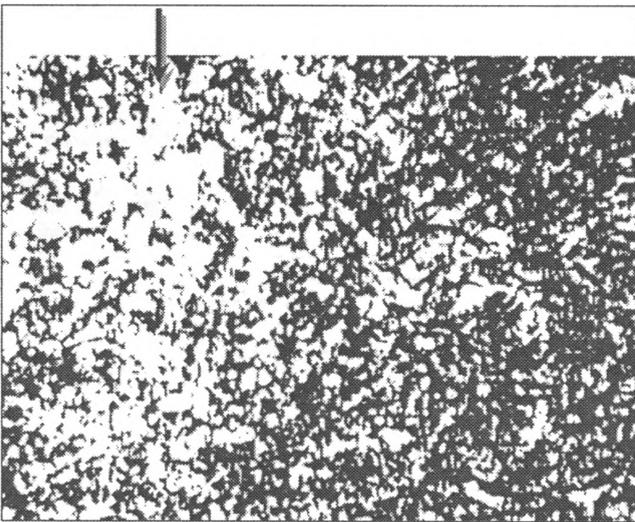
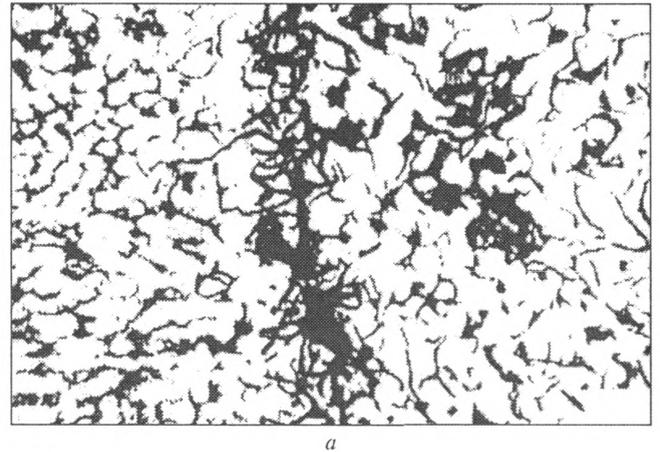
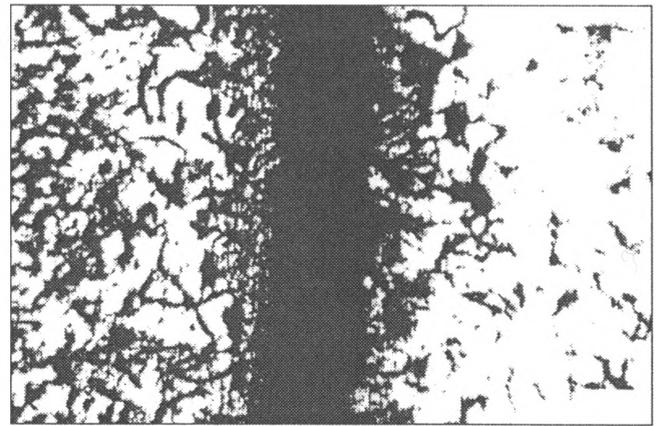


Рис. 7. Несформировавшаяся поверхность раздела. х70



*a*



*б*

Рис. 9. Поверхность раздела «телескопического» слитка: *a* – верхняя часть слитка; *б* – нижняя часть слитка. х70

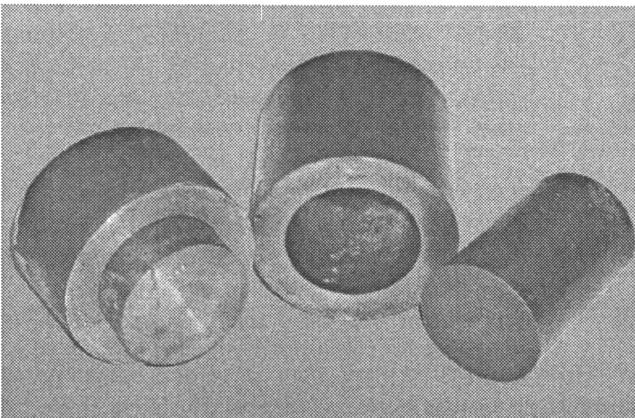


Рис. 8. Разделенный «телескопический» слиток

поверхности водоохлаждаемого кристаллизатора, между верхом отливки и кристаллизатором – воздушный зазор).

С целью упрощения операции раздела «телескопического» слитка на мерные заготовки создание таких условий формирования поверхностей раздела «телескопических» элементов, при которых они бы в меньшей степени зависели от тепловых условий затвердевания отливки, было

принято решение придать части отливки, находящейся в полости кристаллизатора, колебательные движения в ее поперечной плоскости. Другой конец отливки, зажатый тянущими валками клетки установки непрерывного горизонтального литья, остается в процессе литья неподвижным, т.е. затвердевающая отливка находится в состоянии «торсионных» колебаний.

Схема организации колебаний показана на рис. 10.

Колебания слитка 1 осуществляют вибратором 2, установленным на расстоянии  $L$  от оси слитка, при этом вибратор 2 прикрепляли к слитку устройством 3 силой  $F$ .

Полученная с наложением «торсионных» колебаний отливка была разделена на мерные заготовки: втулки и стержни.

Среднеобъемная плотность заготовки была равна  $7,18 \text{ г/см}^3$ , твердость по HRB: 83–84 по краю стержня и 78–79 в его центре, втулки – 85–86 в середине стенки поперечного сечения.

Металлографические исследования показали наличие широких поверхностей раздела (рис. 11) в верхней (а) и нижней (б) частях отливки.

Несмотря на полученную более широкую поверхность раздела, отливка была разделена на мерные заготовки при достаточно высоком удельном давлении (11 МПа).

Однако совершенно очевидно, что наложение «торсионных» колебаний на затвердевающий «телескопический» слиток приводит к значительному снижению усилия его разделения.

Снижению усилия разделения «телескопического» слитка на мерные заготовки препятствуют наплывы и выступы металла, обнаруженные на поверхности отливки, сформировавшейся в первой ступени. Механизм их образования не ясен, для их установления требуются дополнительные исследования.

Проведенные исследования будут способствовать разработке технологического процесса непрерывного горизонтального литья металлов, который можно отнести в область высоких технологий.

### Литература

1. Баранов В.И. Исследование и разработка процесса непрерывного горизонтального литья чугуна в металлический кристаллизатор: Дис. ... канд. тех. наук. Могилев, 1982.

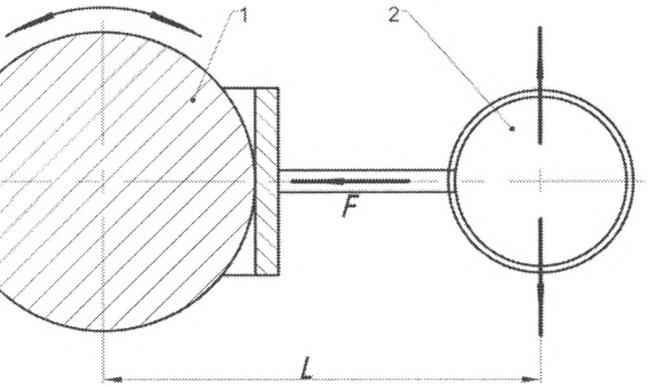
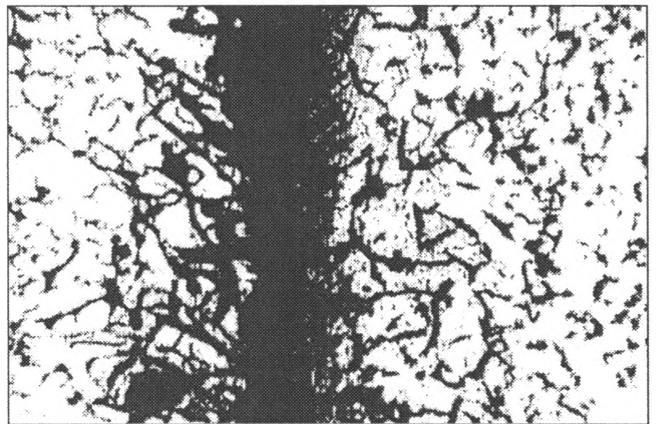
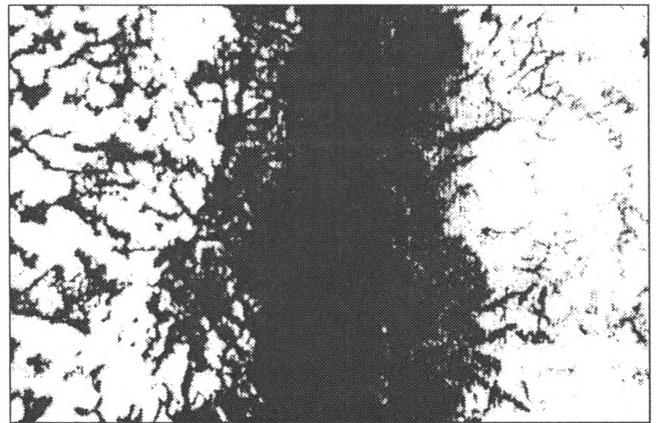


Рис. 10. Схема организации торсионных колебаний



а



б

Рис. 11. Поверхность раздела «телескопического» слитка, полученного с торсионными колебаниями: а – верхняя часть слитка; б – нижняя часть слитка.  $\times 70$

2. Непрерывное литье намораживанием / В.Ф. Бевза, Е.И. Марукович, З.А. Павленко и др. Мн.: Наука и техника, 1976.

3. Непрерывнолитой слиток, способ непрерывного горизонтального литья слитков и установка для его осуществления: А. с. 140743 СССР: МКИ В22 Д11/00, В22 Д11/14.