

Ю. А. Ежов, Л. М. Железняк*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

*rutizar22@yandex.ru

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ СЛИТКОВ СЛОЖНОЛЕГИРОВАННЫХ ЛАТУНЕЙ И БРОНЗ

Для устранения недостатков известных кристаллизаторов скольжения (КС) и повышения качества непрерывнолитых слитков сложнолегированных бронз и латуней с широким температурным интервалом кристаллизации в условиях производства реализована оригинальная конструкция КС.

Ключевые слова: медные сплавы, широкий температурный интервал кристаллизации, склонность к горячеломкости; непрерывная разливка, двухкамерный кристаллизатор скольжения, оригинальная конструкция.

Yu. A. Ezhov, L. M. Zheleznyak

IMPROVE THE QUALITY OF CONTINUOUS CAST INGOTS OF COMPLEXLY-ALLOYED BRASSES AND BRONZES

In order to eliminate the disadvantages of the known sliding crystallizers (SC) and to improve the quality of continuous-cast ingots of complexly-alloyed bronzes and brasses with a wide temperature range of crystallization under production conditions, there was implemented an original SC.

Keywords: copper alloys, wide temperature range of crystallization, liability to hot brittleness, continuous casting, two-chamber sliding crystallizer.

В конструкциях однокамерных кристаллизаторов скольжения (далее по тексту – КС) блочного исполнения предусмотрено первичное прямоточное или противоточное охлаждение гильзы (внутренней стенки КС), непосредственно контактирующей с расплавом и служащей формообразователем слитка [2]. Недостаток этих КС – их низкая надежность. В двухкамерных КС, содержащих донную часть, гильзу, а также корпус с распределительной камерой и камерой первичного охлаждения, разделенными вертикальной стенкой, движение охладителя в распределительной камере (РК) противоточное, а в камере первичного охлаждения – прямоточное. Эти КС либо собраны из отдельных, достаточно непростых узлов, либо для компоновки перечисленных выше элементов оснащены фланцами, прокладками и др., соединяемыми крепежными деталями; все это усложняет сборку и снижает надежность

эксплуатации. В некоторых конструкциях двухкамерных КС предусмотрена автономная подача охлаждающей жидкости в нижнюю часть кристаллизатора, что, кроме отмеченных выше недостатков, приводит к повышенному расходу воды вследствие отдельной ее подачи, усложняет систему питания и затрудняет обслуживание КС.

Общий недостаток этих устройств – значительная неравномерность скорости охлаждения по сечению и длине слитка, порождающая трещинообразование под воздействием температурных напряжений, особенно слитков из сплавов, склонных к горячеломкости, и вынуждающая снижать скорость разливки и, соответственно, производительность.

Механические свойства дисперсионно твердеющей латуни ЛАНКМц 75-2-2,5-0,5-0,5: после облагораживания $\sigma_{\text{в}}$ достигает 1030 МПа при сохранении δ на уровне 8 % [4].

Сложнолегированные бронзы, как известно, обладают целым рядом важнейших достоинств. В частности, алюминиевые бронзы морозостойки, немагнитны и не дают искры при ударах, они отличаются высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях, морской воде, углекислых растворах, в растворах органических кислот [1]. Дополнительное их легирование железом и марганцем повышает механические свойства, измельчает зерно, задерживает рекристаллизацию. Их прочность несколько ниже в сравнении с наиболее прочными марками латуней, но все же достаточно высока: так, $\Sigma_{\text{в}}$ Бронзы БрАЖНМц 9-4-4-1 в твердом состоянии достигает 830 МПа при вполне удовлетворительной пластичности ($\delta = 9\text{--}12\%$).

Конструкция двухкамерного КС для литья слитков из рассматриваемых сплавов, удовлетворяющая многим требованиям, все же содержит ряд недостатков, для устранения которых было необходимо: облегчить сборку и эксплуатацию кристаллизатора путем упрощения системы его питания охладителем, увеличить скорость разливки сплавов, склонных к горячеломкости, повысить качество слитков и обеспечить надежность работы КС. Эти задачи решили в следующей конструкции кристаллизатора (см. рис.) [3].

Работа КС: до начала разливки металла вентиль на подводящем трубопроводе патрубка 14 устанавливают в положение, обеспечивающее требуемый расход охладителя для вторичного охлаждения. Например, при получении слитков диаметром 200 мм из бронзы БрКМЦ3-1 расход воды принимают равным 3 м³/ч. Вода, направление движения которой показано на рисунке стрелками, поступает в приемную камеру 13 корпуса 1 от патрубка 14, движется противоточным способом (в направлении, противоположном направлению вытягивания слитка из КС) внутри приемной камеры 13, далее – прямоточно через РК 2, затем – противоточно через верхнюю камеру 3, охлаждая при этом гильзу 8,

выходит из нижней камеры 4 через отверстия 10 и осуществляет вторичное охлаждение, рассредоточенное по периметру и длине слитка.

Преимущества этой конструкции КС приведены ниже.

Облегчение сборки и обслуживания кристаллизатора обеспечивают за счет неразъемности корпуса, легкости монтажа гильзы в КС и ее извлечения и тем самым облегчения эксплуатации КС.

Упрощение системы питания кристаллизатора охладителем достигнуто тем, что компоновка каналов, камер и зон в одном неразъемном корпусе позволяет осуществлять подвод воды через единственный патрубок, расположенный на корпусе КС.

Повышение скорости разливки сплавов, склонных к горячеломкости, обеспечили разделением зоны первичного охлаждения на две камеры: с противоточным движением охладителя в верхней 3 и прямоточным – в нижней 4, которая одновременно служит камерой вторичного охлаждения, осуществляемого через отверстия в нижнем фланце гильзы 8.

Использование отработанного в первичной зоне охладителя для вторичного охлаждения слитка в сочетании с назначенными углами, шагом и диаметром отверстий в нижнем фланце гильзы обеспечивает: рассредоточенную многорядную подачу охладителя на слиток, продольно-полосовое охлаждение по периметру слитка и удлинение зоны вторичного охлаждения.

Перечисленные преимущества, особенно «мягкое» продольно-полосовое, рассредоточенное по длине и периметру слитка охлаждение, позволили повысить скорость разливки сплавов, склонных к горячеломкости, положительно повлияли на стабильность процесса литья за счет ликвидации прорывов жидкого металла, а также привели к значительному улучшению качества поверхности слитка.

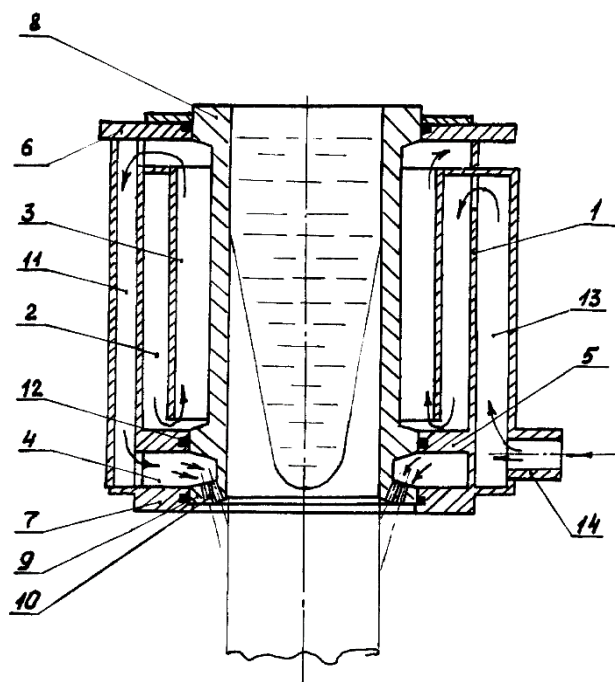
Оригинальные конструктивные решения в источнике [3] позволили повысить надежность работы кристаллизатора и снизить расход охладителя; также улучшен теплоотвод с поверхности гильзы в аварийном режиме работы.

Далее приведены результаты опытной проверки и расчет длительности режима испарительного охлаждения в условиях действующего производства для КС с диаметром гильзы 200 мм, высотой 275 мм и отношением высоты верхней камеры к высоте гильзы, равном 0,8–0,84, при литье латуни.

Для кристаллизатора высотой 275 мм при скорости литья латуни, равной 4 м/ч, максимальная толщина корки затвердевшего в кристаллизаторе металла составляет 35 мм. Расчет показывает, что количество металла, затвердевшего в КС в единицу времени, составляет $m = 3,039$ кг/мин. Простым расчетом получили, что время работы КС в испарительном режиме равно 7,3 мин.

С другой стороны, производственной проверкой установлено, что при полном прекращении подачи воды ее объем, оставшийся в камерах, равный $4,4 \text{ Дм}^3$, обеспечил в аварийном испарительном режиме теплоотвод с поверхности гильзы до полного испарения охладителя в течение 6,5 мин. Полученные результаты (7,3 и 6,5 мин) удовлетворительно коррелируют друг с другом. Этого времени вполне достаточно для принятия мер по предупреждению опасной ситуации, т.е. прекращения разлижки во избежание необратимой термической деформации гильзы.

Таким образом, оригинальная конструкция кристаллизатора скольжения с принятым соотношением высоты верхней камеры первичной зоны и высоты гильзы в пределах 0,7–0,9 позволяет в различных режимах работы получить суммарный теплосъем с поверхности гильзы, близкий к максимальному, и тем решить поставленные задачи, обеспечив достижение цели – получение высококачественных слитков из сплавов с широким температурным интервалом кристаллизации, склонных к горячеломкости.



КС скольжения для непрерывного литья сложнолегированных латуней и бронз:
 1 – неразъемный корпус, 2 – распределительная камера, 3 – верхняя камера, 4 – нижняя камера, 5 – горизонтальная кольцевая перегородка, 6 – верхний фланец, 7 – донная часть, 8 – гильза, 9 – нижний фланец, 10 – отверстия, 11 – вертикальные каналы, 12 – эластичные уплотнения, 13 – приемная камера, 14 – патрубок

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов Ю. Н. Медь и деформируемые медные сплавы: учебное пособие. 2-е изд., стер. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006. 136 с.

2. Производство литых заготовок из деформируемых алюминиевых и медных сплавов: учебное пособие / Мысик Р.К. [и др.]. / Екатеринбург: УрФУ, 2011. 414 с.
3. Патент РФ № 2152287. Кристаллизатор для непрерывного литья слитков / И. П. Клейнбуг, Л. М. Железняк, И. И. Косицына., Оpubл. 10.07.2000. Бюл. № 19.
4. Смирягин А. П., Смирягина Н. А., Белова А. В. Промышленные цветные металлы и сплавы. М. : Metallургия, 1974. 488 с.