

Раздел 1

Металлургия. Технологии новых материалов

УДК 621.74

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ КРУГЛЫХ ПОЛЫХ И СПЛОШНЫХ ЗАГОТОВОК

А. ЧАСНИКОВ, А. ЗИНОВЬЕВ

(Россия, г. Вятка, Вятский государственный университет,

г. Москва, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»)

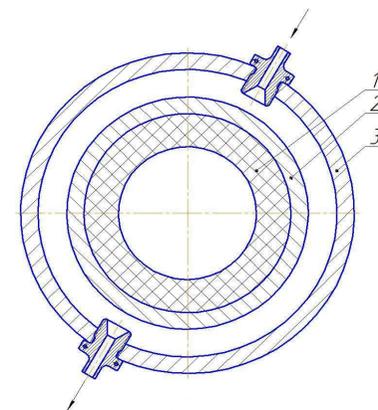
В настоящее время технология производства плоско-овальных радиаторных трубок из латуни Л96 включает операцию горизонтального непрерывного литья круглой полый заготовки размерами $\varnothing 102 \times 30$ мм через медно-графитовый кристаллизатор с последующей разрезкой на мерные заготовки длиной 100 мм для горячего прессования в трубу размером $\varnothing 32 \times 26$ мм. Затем следует холодная прокатка и волочение с промежуточными отжигами до требуемого размера в соответствии с ГОСТ 2936.

На практике установлено, что после горячего прессования на поверхности труб выявляются глубокие продольные надрывы практически по всей длине в одном и том же месте трубы. Грубые надрывы делают невоз-

можным дальнейшую холодную обработку на более тонкие размеры, при этом происходит вскрытие сквозных отверстий на готовой трубке, и поэтому такие заготовки отбраковываются, снижая суммарный выход годного. Незначительные дефекты подобного рода могут исчезать (вырабатываться) в процессе волочения, отжига и травления.

В процессе выяснения причин образования продольных надрывов в процессе горячего прессования исследовали особенности формирования макроструктуры в поперечном сечении заготовки, сложившейся при существующей [1] схеме охлаждения медной рубашки кристаллизатора установки горизонтального непрерывного литья (на рис. 1).

Поперечный разрез кристаллизатора установки горизонтального непрерывного литья



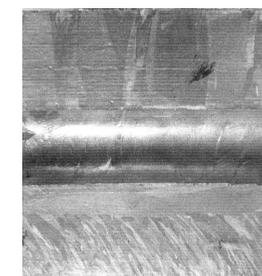
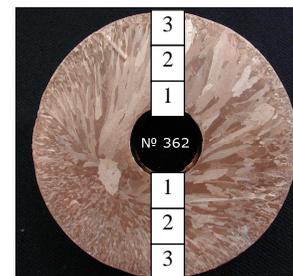
1 – графитовая втулка, 2 – медная рубашка, 3 – стальной корпус

Рисунок 1.

Макроструктура трубной заготовки при такой схеме охлаждения в продольном и поперечном сечениях показана на рис. 2. Характерным в строении макроструктуры является то, что она имеет заметную разно-

зернистость. Размеры кристаллов изменяются от 1 до 10 мм и сосредоточены в диаметрально противоположных частях заготовки, образуя колонии крупных и очень мелких зерен.

Макроструктура в поперечном и продольном сечениях трубной заготовки латуни Л96



1, 2, 3 – точки определения твердости

Рисунок 2.

Идентификация мест сосредоточения позиционируется следующим образом: область крупных кристаллов формируется на участках интенсивного охлаждения – ввод свежей воды, область мелких кристаллов формируется на участках отвода воды. Такое положение

вообще согласуется с теорией затвердевания слитка [1], когда резкое охлаждение провоцирует рост кристаллов путем поглощения соседей из небольшого количества зародышей кристаллизации. Мелкие зерна формируются, когда подогретая вода посту-

Раздел 1. «Металлургия. Технологии новых материалов»

пает в зону охлаждения, где вероятность возникновения множества центров велика. Они растут одновременно, не выявляя преимуществ, мешая и измельчая друг друга. Измельчение макрозерна объясняется затравочным действием обломков кристаллов [1]. Поэтому при таких прямоточных схемах охлаждения в сплавах с односторонним отводом тепла и наблюдается явная структурная неоднородность. Даже предварительный нагрев заготовки перед горячим прессованием

в течение 70 минут при 800°C не устраняет структурную неоднородность, что согласуется с данными работы [2]. Естественно предположить, что механические свойства кристаллов будут разными. Для подтверждения этого была измерена твердость HR_B образцов латуни Л96 в поперечном сечении в трех точках по схеме измерения в области мелких и крупных кристаллов (рис. 2). Данные по определению числа твердости сведены в таблицу.

Таблица

Твердость HR _B					
область мелких кристаллов в точках			область крупных кристаллов в точках		
1	2	3	1	2	3
3,9	7,8	12,7	2,7	3,1	3,7

Измерения показали, что в области мелких кристаллов твердость выше, чем в области крупных кристаллов. Более низкие значения чисел твердости в области крупных кристаллов обусловлены попаданием индентора (стальной шарик диаметром 1 мм) на крупный кристалл, а в области мелких

кристаллов индентор попадает на границы между кристаллами, а они прочней из-за сегрегации примесей и оксидов. Следует отметить, что изменение твердости по сечению литой заготовки в областях крупных и мелких кристаллов носит разную закономерность (рис. 3).

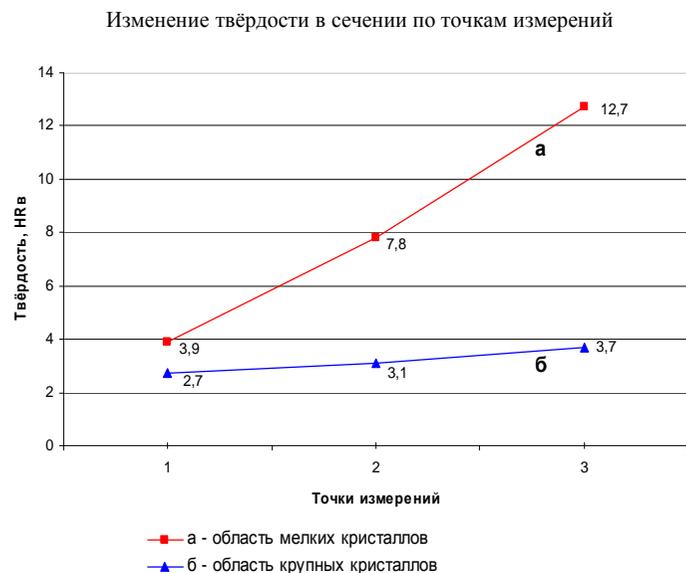


Рисунок 3.

В области крупных кристаллов изменение твердости от центра к периферии заготовки слабо зависит от расстояния измерения, тогда как в области мелких кристаллитов эта зависимость явно сильнее. Данный факт еще раз подчеркивает существенную разницу механических свойств диаметрально противоположных участков литой заготовки, и разный, в связи с этим, характер деформируемости при прессовании. Кроме того, в области мелких кристаллов обнаружены новые образования – «штрих фазы». Исследование «штрих фазы» при больших увеличениях микроскопа показало, что она расположена в теле основного

зерна и является, вероятно, выходом ветвей дендритов на поверхность кристаллита, а шлифовка и полировка в процессе приготовления микрошлифа лишь обнажила ее. При увеличении микроскопа в 500 крат очевидна ее дискретность и регулярность. Как оказалось, механические свойства «штрих фазы» и тела зерна различны. Измеренная микротвердость H_ц (на рис. 4 хорошо видны отпечатки алмазной пирамиды) составила для фазы – 1700-1800 МПа, для чистого зерна – 800-1000 МПа. Это также один из факторов, объясняющих повышенную макротвердость в области мелких кристаллов.

Отпечатки алмазной пирамиды прибора ПМТ – 3 при нагрузке 20Г. (×500)

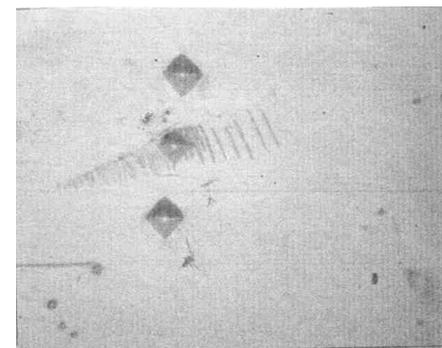


Рисунок 4 .

Крупнозернистая, мелкозернистая и столбчатая структуры, которые отчетливо проявляются также в сечении сплошных круглых заготовок, имеют свои положительные и отрицательные стороны. Наиболее высокие механические свойства и отсутствие пористости отмечаются в мелкокристаллической зоне. Структура, сложенная из столбчатых кристаллов, также отличается отсутствием пористости. Однако, у столбчатой структуры есть одна особенность, состоящая в заметной анизотропии механических свойств. Значения прочности и пластичности вдоль столбчатых кристаллов могут на 30-50 % [1] отличаться от соответствующих значений в поперечном направлении. Это объясняется тем, что столбчатые кристаллы вытянуты по определенным кристаллографическим напра-

влениям, т.е. образуется так называемая текстура кристаллизации, что особенно нежелательно в слитках, подвергаемых пластическому деформированию, так как может вызвать неожиданное разрушение их входе пластической деформации. Вследствие анизотропии свойств соседние зерна с разной ориентировкой относительно действующих напряжений будут деформироваться различно. Чем крупнее зерна, тем больше вероятность разрушения литой заготовки на начальных стадиях деформирования. Именно этой неравномерностью пластической деформации соседних зерен объясняется плохая технологичность при обработке давлением крупнозернистого материала [1].

Из рассмотренного материала следует, что основной причиной образования трещин

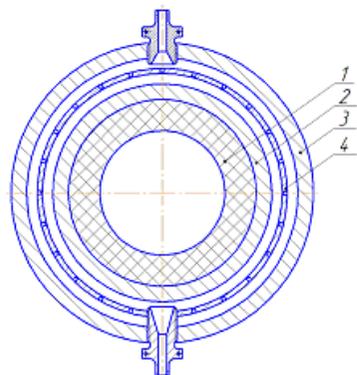
Раздел 1. «Металлургия. Технологии новых материалов»

при горячем прессовании латуни Л96 является ее большая разнородность и существенная разница механических свойств составляющих макроструктуры. Исследователи [3-5] считают, что наиболее благоприятной структурой металла в слитке является мелкозернистая структура при равномерном распределении всех структурных составляющих по объему слитка, при этом металл с мелкозернистой структурой имеет более высокую пластичность, чем крупнозернистый [4]. Как объясняют авторы [4,6] у слитков с очень крупными столбчатыми кристаллами, идущими от поверхности к центру, была видна заметная трещина. При горячей прокатке такие слитки раслаивались. Анализируя полученные результаты по изучению макроструктуры и механических свойств литых трубных заготовок латуни Л96 очевиден вывод о неадекватности макростроения сплава горячему деформированию (прессованию). Технологический опыт и специальные исследования показывают, что грубая и неоднородная структура слитков влияет в дальнейшем и на качество готовой

продукции.

С целью улучшения горячей деформируемости трубной заготовки размерами $\varnothing 102 \times 30$ мм из латуни Л96 и устранения дефектов прессованной трубы размерами $\varnothing 30 \times 26$ мм необходимо изменить условия кристаллизации (условия охлаждения) заготовки для получения равномерной структуры по всему сечению. Искомый результат достигается за счет того, что в известном узле охлаждения графитового кристаллизатора поток воды, втекающий в охлаждающую рубашку, разделяется специальным душирующим устройством на определенное количество струй, которые с одинаковой температурой и давлением попадают на всю контактную поверхность внутренней полости медной рубашки. Данная конструкция обеспечивает равномерное охлаждение металлической заготовки. Затем вода из-под душирующего устройства через отводящий патрубок удаляется в оборотную систему. На рис.5 представлена схема узла охлаждения графитового кристаллизатора.

Поперечный разрез усовершенствованного кристаллизатора



1 – графитовый кристаллизатор, 2 – медная охлаждающая гильза, 3 – стальной корпус, 4 – душирующее устройство.

Рисунок 5.

На рис. 6 представлена макроструктура поперечного сечения отливки, кристаллизованной в графитовой втулке кристаллизатора с применением душирующего устройства. Она выгодно отличается равномерностью в

соответствие с законами кристаллизации величины зерна и свободна от недостатков, упомянутых ранее. Предлагаемый кристаллизатор может монтироваться к любому накопителю расплавленного металла.

Макроструктура поперечного сечения отливки, кристаллизованной с применением душирующего устройства



Рисунок 6.

Новый кристаллизатор [8] для горизонтального непрерывного литья заготовок состоит из: стального корпуса, водоохлаждаемой медной гильзы, душирующего элемента, который располагается в пространстве между корпусом и гильзой, в которой расположена графитовая втулка. При этом душирующим элементом служит перфорированный метал-

лический цилиндр из термостойкого материала.

Таким образом, применение усовершенствованного кристаллизатора позволило повысить эффективность процесса и существенно улучшить, за счет сокращения брака, качество выпускаемой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шатагин О.А., Сладкошteeв В.Т., Вартазаров М.А., Казаченко С.М., Терехов В.Н. Горизонтальное непрерывное литье цветных металлов и сплавов. М., Metallurgy 1974г.-176 С.
2. Курдюмов А.В., Пикунов М.В., Чурсин В.М. Литейное производство цветных и редких металлов. М., Metallurgy. 1982г. – 276С.
3. Brojchhausen J. Einflussder Abkühlbedingungen auf die produktqualität beim Stanghressstn von Kupfer «Metall» 1975, 29, Jg. №11.
4. Берман С.И. Прокатка листов и лент из тяжелых цветных металлов. М., «Металлургия» 1977. – 265 С.
5. Серебренников В.Н., Мельников А.Ф. Горячая прокатка тяжелых цветных металлов и сплавов. М., «Металлургия» 1969 г. – 243 С.5
6. Зиновьев А.В., Часников А.Я., Потапов П.В. Физико-механические свойства и пластическая деформация меди и ее сплавов. М.:ИРИАС, 2009.-260с.
7. Повышение эффективности производства листов, полос и лент из сплавов на основе меди и никеля. Зиновьев А.В., Шмурыгин Е.Г., Морозов Г.П. и др. – М., Metallurgy, 1996.-192 с.
8. Часников А.Я. Кристаллизатор непрерывного литья заготовок. Патент RU №125907