

УДК 620.193.55.001.5.

ФОРМИРОВАНИЕ ОТЛИВОК ГАЗАРОВ СО СЛОЖНОЙ СТРУКТУРОЙ

В. В. Карпов, С. И. Губенко, д. т. н., проф., В. Ю. Карпов, д. т. н., проф.

Национальная металлургическая академия Украины

Развитие современного машиностроения, полупроводниковой и компьютерной техники часто требует применения сплавов с уникальным комплексом физико-механических и эксплуатационных характеристик, а также создания прогрессивных технологий их получения.

На базе металлической матрицы разработаны новые пористые литые материалы - газары, которые можно использовать как облегченные конструкционные материалы, фильтры, тепловые трубы и др. [1,2]. Ранее использовались технологии получения изделий и заготовок при кристаллизации слитка с одним холодильником. При этом поры в основном получали прямолинейные и влиять на свойства газара можно было с помощью размера пор и направления прилагаемых нагрузок, что сужало возможное использование полученного материала. В связи с высокой анизотропией структуры и свойств газаров изменение направления прилагаемых нагрузок играло главную роль при разрушении заготовки или изделия.

Настоящая работа посвящена изучению формирования макроструктуры слитка в процессе кристаллизации в форме с двумя холодильниками и изучению дефектов, которые возникают в отливке.

Материалы и методики исследований.

Для проведения исследований по получению отливок газара использовалась экспериментальная установка, позволяющая создавать в ней вакуум либо давление газовой фазы до 10МПа. В качестве материала для экспериментов была взята медь марки М0, масса навески для отливок составляла 200г. Нагрев печи вели до температур 1400 – 1570К, что давало перегрев расплава металла относительно температуры его плавления на 50 - 120К. Навески расплавились в атмосфере водорода марки А (ГОСТ 3022-80) при различных давлениях и кристаллизовались в формах с двумя холодильниками. Холодильники имели различную форму и ориентацию относительно друг друга в пространстве литейной формы. После проведенных экспериментов изучалась макро- и микро- структура полученных образцов.

Результаты исследований и их обсуждение.

При исследовании процессов получения отливок газаров в формах с двумя холодильниками было выяснено, что процесс затвердевания газара проходит несколько различных стадий в зависимости от ориентации и формы холодильников.

При взаимодействии радиального и аксиального фронтов кристаллизации в форме отливки рост газозвтектических колоний имеет: 1 фаза – радиальный рост кристаллов и пор от каждого холодильника, 2 фаза - параллельный рост колоний в пределах каждого фронта, 3 фаза – поворот колоний в процессе роста при встрече фронтов кристаллизации на угол 30 – 110°, величина которого зависит от соотношения интенсивностей отвода тепла и скорости кри-

сталлизации каждого фронта; 4 фаза – параллельный рост колоний каждого фронта кристаллизации. В месте встречи двух фронтов роста газозвтектической колонии в слитке образуется зона пор слияния, которые имеют больший диаметр, чем поры в основной структуре газа. Вид отливки показывает, что расплав в процессе затвердевания вытесняется в область зоны с аксиальной кристаллизацией, а уровень металла в зоне с радиальной кристаллизацией остается на уровне заливки расплава (рис.1).

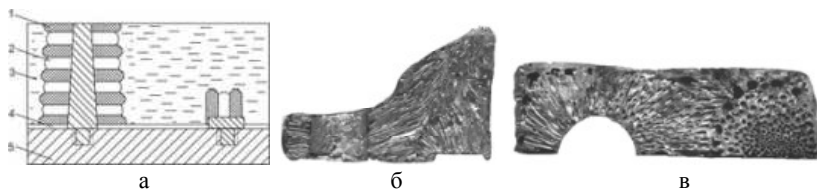


Рис. 1. Схема роста (а) и вид сечений слитка (б,в) при его кристаллизации аксиальным и радиальным холодильниками. 1- растущий кристалл газа, 2- пора, 3- расплав, 4- теплоизолирующая прокладка, 5- кристаллизатор.

В результате следующей серии экспериментов установлено, что при взаимодействии двух аксиальных фронтов кристаллизации в процессе затвердевания отливки газа рост газозвтектических колоний проходит следующие стадии: 1 стадия – радиальный рост кристаллов и пор от каждого холодильника, 2 стадия – поворот растущих колоний при встрече фронтов кристаллизации на угол $30^{\circ} - 60^{\circ}$, величина которого зависит от соотношения интенсивности отвода тепла и скорости кристаллизации от каждого фронта; 3 стадия – параллельный рост колоний кристаллов и пор в пределах каждого фронта. Расплав вытесняется в область между двумя аксиальными фронтами кристаллизации (рис.2). Зона пор слияния в слитке не содержит крупных пор по сравнению с размерами пор основного газа.

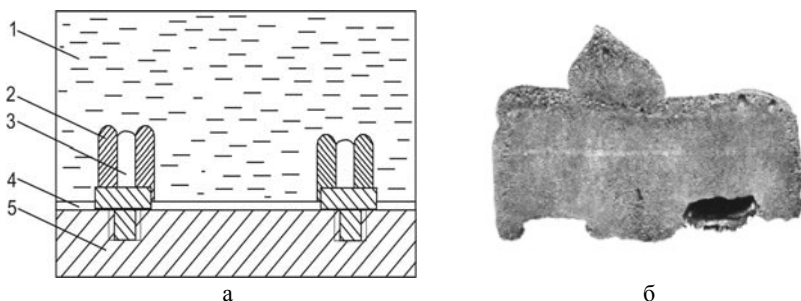


Рис. 2. Схема роста (а) и вид слитка (б) при его кристаллизации с двумя аксиальными холодильниками. 1- расплав, 2- растущий кристалл газа, 3- пора, 4- теплоизолирующая прокладка, 5- кристаллизатор.

Результаты этих исследований показывают, что при кристаллизации отливок с несколькими холодильниками необходимо иметь свободное место в форме, куда будет вытесняться расплав в ходе кристаллизации. Для этих целей наиболее пригодны литники или широкие газоотводящие каналы в форме со стороны противоположной холодильникам.

Исследования кристаллизации отливок газара в виде слитка Т-образной формы с изменением направления фронта показали, что структура формируется в результате роста газозвтектической колонии в следующей последовательности: 1 - радиальный рост кристаллов и пор от холодильника формы, 2 – радиальный рост колонии в объеме слитка, обеспечивающий его веерообразную структуру. Наблюдается огрубление структуры отливки и увеличение размера пор вблизи стенок формы и в верхней части слитка. Это происходит вследствие блокирования отвода водорода из расплава закристаллизовавшимся металлом на поверхности отливки (рис.3). Для устранения этих дефектов отливок необходимо подогревать форму до температур близких к температуре плавления металла и сделать газоотводящие каналы в тупиках формы. Это позволит достаточно долго сохранять металл в жидком состоянии и обеспечит отвод излишков газов для получения равномерной структуры по всему объему отливки.

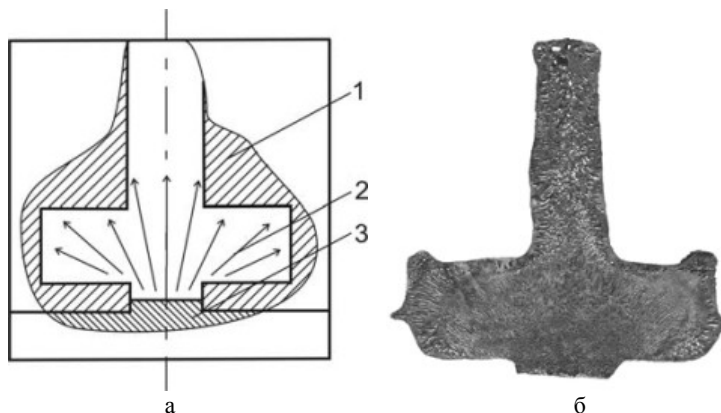


Рис. 3. Схема роста (а) и вид структуры газара (б) при его кристаллизации в Т-образной форме с одним холодильником. 1- керамическая форма, 2- направление роста газара, 3- кристаллизатор.

Изучение кристаллизации газара с изменением направления фронта кристаллизации слитка Г-образной формы показало, что отливка формируется по двум стадиям: 1 – первоначальный рост газозвтектических колоний в направлении противоположном отводу тепла от холодильника, независимо от угла изгиба формы, 2 – рост колоний и образование пористой структуры газара либо структуры грубого конгломерата разной степени дисперсности в зависимости от величины давления газов при кристаллизации. Крупные поры чаще всего образуются в месте блокировки ухода водорода при кристаллизации.

Метод устранения этого дефекта аналогичен методу при кристаллизации Т-образного слитка. Формирование структуры таких отливок газара связано с изменением условий отвода водорода и расплава в процессе кристаллизации. Для качественной структуры в отливке наиболее благоприятен угол поворота фронта кристаллизации на 90° и более (рис.4).

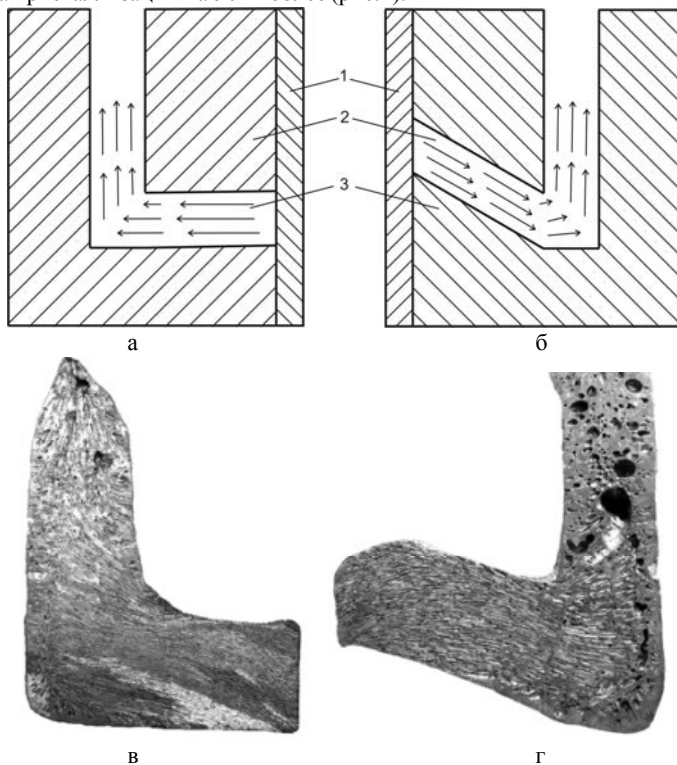


Рис. 4. Схемы форм для Г-образной кристаллизации с различными углами (а,б) и вид слитков в сечении (в,г); 1 – холодильник, 2 – кристаллизующийся газар, 3 – керамическая форма

Исследование кристаллизации слитка газара при двух встречных фронтах показало, что структуру формирует направленный рост газозвектических колоний от каждого центра кристаллизации, что способствует появлению ориентированной структуры в отливке (рис.5). В месте встречи колоний, благодаря наличию летки, происходит их изгиб и рост в вертикальном направлении. С целью исключения образования грубых пор слияния и получения однородной структуры слитков необходимо изменять давление газовой фазы при кристаллизации. Для получения отливок с качественной и однородной структурой также требуется подогрев формы и обеспечение свободного ухода металла и газов с места встречи растущих колоний.

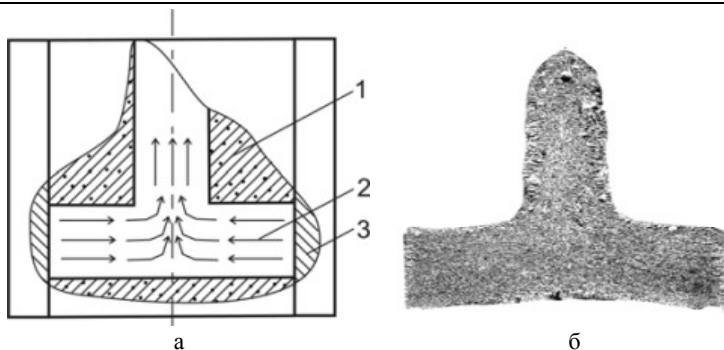


Рис. 5. Схема кристаллизации (а) и вид сечения отливки (б) при двух встречных фронтах кристаллизации, 1- керамическая форма, 2 - растущий газар, 3 - холодильник

Выводы.

Проведенные исследования показали, что для стабильного протекания газозвтектического превращения при кристаллизации и получения наиболее однородной и стабильной структуры в слитке газара с холодильниками разного вида и различно ориентированных в форме необходимо создать и обеспечить:

- условия для свободного ухода расплава от фронтов кристаллизации отливки, так как она имеет положительную усадку;
- отсутствие зон образования поверхностной корки твердого металла, который будет препятствовать свободному уходу из расплава избыточного водорода, выделяющегося в процессе кристаллизации;
- минимальное движение расплава в форме во время заливки и кристаллизации;
- постоянство и стабильность температурного градиента в форме с расплавом во время его кристаллизации;
- постоянство или стабильное изменение во времени давления газовой фазы при кристаллизации слитка газара.

Использованная литература

1. Шаповалов В.И. - Водород как легирующий элемент в металлах. "ЖФХ", 1980, т. LIY, №11, с. 2899-2905.
2. Карпов В.Ю., Карпов В.В., Таран Ю.Н. Особенности газозвтектической реакции при нескольких центрах кристаллизации // Сб. трудов международной конференции «Эвтектика VI».-2003. – Запорожье.- С.137-142.