

УДК 620.193.55.001.5.

Формування структури виливків газарів з декількома кристалізаторами

В. Ю. Карпов, доктор технічних наук, професор
В. В. Карпов

Національна металургійна академія України, Дніпро

Розглянуто методики одержання газарів при взаємодії двох фронтів кристалізації, розташованих у різних положеннях відносно один одного. Зроблені висновки по формуванню структури й способах її керування.

Видатні українські вчені-металознавці К. П. Бунін, Ю. М. Таран більшу частину життя присвятили вивченню формування структури залізовуглецевих сплавів. Саме ними були сформульовані основні закономірності перетворень і утворення структур у цих системах. У продовження розвитку цих досліджень почав вивчатися напрям специфічних газоевтектичних реакцій, який привів до створення нового виду литих пористих матеріалів – газарів на базі різних металів і сплавів. Розробки газарів дозволяють використовувати їх як полегшені конструкційні матеріали, фільтри, теплові труби, демпфери та ін. [1 – 3]. У більш ранніх дослідженнях, вироби та заготовки з газарів одержували при кристалізації злитка у формі з одним холодильником. При цьому пори, переважно, одержували односпрямовані і впливати на властивості виробу з газару можна було за допомогою зміни розміру пор, пористості й напрямку прикладених навантажень, що звужувало їхнє можливе використання в промисловості.

Наведена робота присвячена вивченню формування макроструктури злитка газара в процесі його кристалізації у формі з двома холодильниками та вивченню виникаючих дефектів у виливку.

Для проведення досліджень по одержанню виливків газарів використовувалася експериментальна установка, яка дозволяла створювати в ній вакуум або тиск газової фази до 10 МПа. У якості матеріалу для експериментів була взята мідь марки М0. Нагрівання печі вели до температур 1400 – 1570 К, що давало перегрів розплаву металу вище температури його плавлення на 50 – 120 К. Шихту розплавляли в атмосфері водню марки А при різних тисках і кристалізували у формах із двома холодильниками. Холодильники мали різну форму й орієнтацію відносно один одного в об'ємі ливарної форми. Після проведених експериментів вивчалася макро- і мікроструктура отриманих зразків.

При дослідженні процесів одержання виливків газарів у формах з двома холодильниками було з'ясовано, що процес формування газара проходить у кілька стадій залежно від орієнтації й форми холодильників.

При взаємодії радіального й аксіального фронтів кристалізації у формі для виливка ріст газоевтектичної колонії має: 1 фаза – радіальний ріст кристалів і пор від кожного холодильника, 2 фаза – паралельний ріст колоній у межах кожного фронту, 3 фаза – поворот колоній у процесі росту при зустрічі фронтів кристалізації на кут $30 - 110^\circ$, величина якого залежить від співвідношення інтенсивності відводу тепла й швидкості кристалізації кожного фронту; 4 фаза – паралельний ріст колоній кожного фронту кристалізації. У місці зустрічі двох фронтів росту газоевтектичної колонії в злитку утворюється зона пор злиття, які мають більший діаметр, чим пори в основній структурі газара. Вид виливків показує, що розплав у процесі затвердіння витісняється в область зони з аксіальною кристалізацією, а рівень металу в зоні з радіальною кристалізацією залишається на рівні заливання розплаву (рис. 1).

У результаті наступної серії експериментів показано, що при взаємодії двох аксіальних фронтів кристалізації ріст газоевтектичних колоній проходить наступні стадії: 1 стадія – радіальний ріст кристалів і пор від кожного холодильника, 2 стадія – поворот зростаючих колоній при зустрічі фронтів кристалізації на кут $30^\circ - 60^\circ$, величина якого залежить від співвідношення інтенсивності відводу тепла й швидкості кристалізації кожного фронту; 3 стадія – паралельний ріст колоній кристалів і пор в межах кожного фронту. Розплав витісняється в область між двома аксіальними фронтами кристалізації (рис. 2). Зона пор злиття в злитку не містить великих пор у порівнянні з розмірами пор основного газара.

Результати цих досліджень показують, що при кристалізації виливків з кількома холодильниками необхідно мати вільне місце у формі, куди буде витіснятися розплав у ході кристалізації. Для цих цілей найбільш придатні ливники або широкі газовідводні канали у формі з боку протилежному холодильникам.

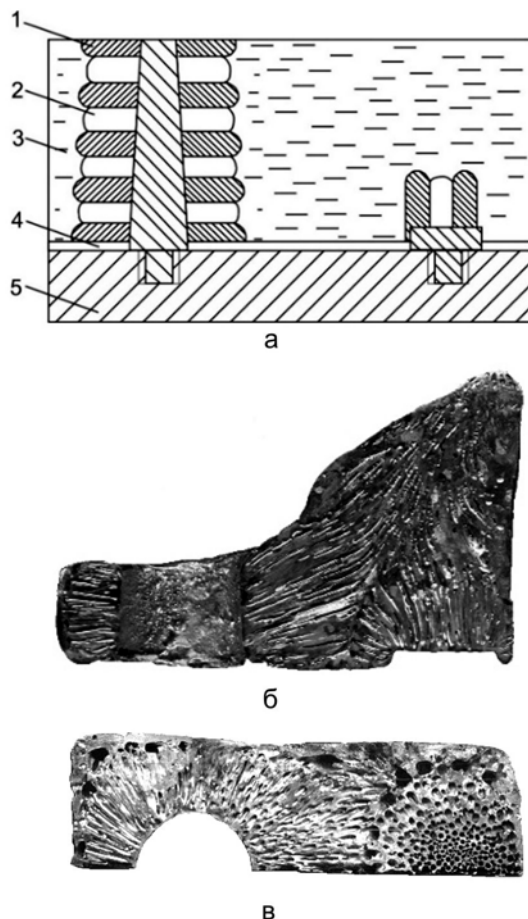


Рис. 1. Схема росту (а) і вид перетинів злитка (б, в) при його кристалізації з аксіальним і радіальним холодильниками. 1 – зростаючий кристал газара, 2 – пори, 3 – розплав, 4 – теплоізолююча прокладка, 5 – кристалізатор.

Вивчення кристалізації зразків газара зі зміною напрямку фронту кристалізації зливка Г-подібної форми показало, що вилівок формується у дві стадії: 1 – первісний ріст газоевтектичних колоній у напрямку, протилежному відводу тепла від холодильника, незалежно від кута вигину форми, 2 – ріст колоній і утворення пористої структури газара або структури грубого конгломерату різного ступеня дисперсності пор залежно від величини тиску газів при кристалізації. Великі пори найчастіше утворюються в місці блокування відходу водню при кристалізації. Формування структури таких виливків газара пов'язане зі зміною умов відводу водню й розплаву в процесі кристалізації. Для якісної структури у виливку найбільш сприятливий кут повороту фронту кристалізації на 90° і більше (рис. 3).

Дослідження кристалізації зливка газара при двох зустрічних фронтах показало, що структуру формує спрямований ріст газоевтектичних колоній від кожного центру кристалізації, що сприяє появі орієнтованої структури у виливку (рис. 4). У місці зустрічі колоній, завдяки наявності льотки, відбувається їхній вигин і ріст у вертикальному напрямку.

З метою виключення утворення грубих пор злиття й одержання однорідної структури злитків необхідно змінювати тиск газової фази при кристалізації. Для одержання виливків газарів з якісною й однорідною структурою також потрібен

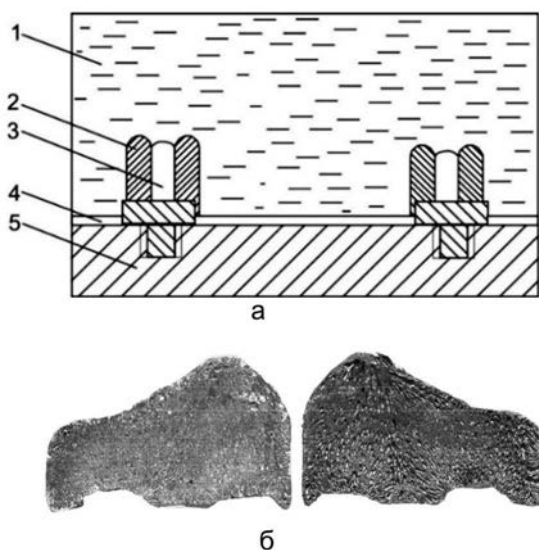


Рис. 2. Схема росту (а) і вид перетинів зливка (б) при його кристалізації з двома аксіальними холодильниками. 1 – розплав, 2 – зростаючий кристал газара, 3 – пора, 4 – теплоізолююча прокладка, 5 – кристалізатор.

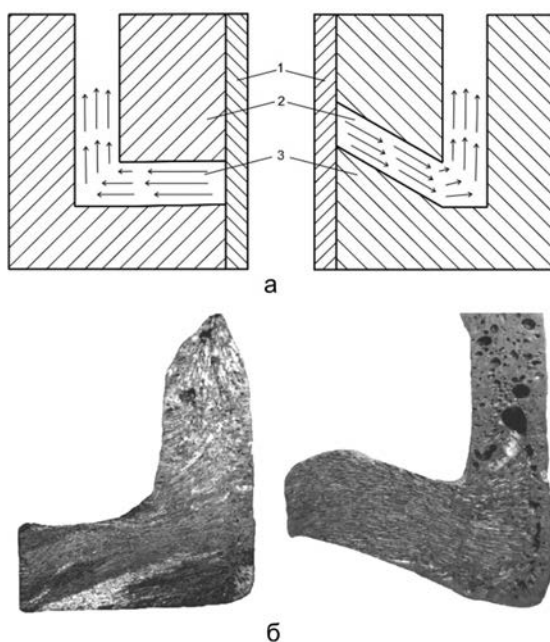


Рис. 3. Схеми форм для Г-подібної кристалізації з різними кутами (а) і вид злитків у перетині (б). 1 – холодильник, 2 – газар, 3 – керамічна форма.

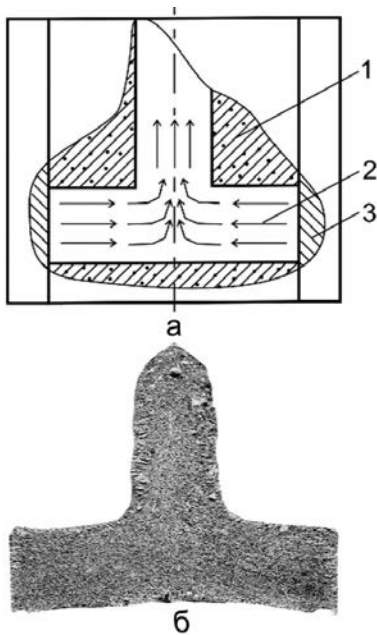


Рис. 4. Схема кристалізації (а) і вид перетину вилівка (б) при двох зустрічних фронтах кристалізації. 1– керамічна форма, 2 – зростаючий газар, 3 – холодильник.

підігрів форми та забезпечення вільного відходу металу й газів з місця їх зустрічі.

Дослідження показали, що для стабільного протікання газоевтектичного перетворення при кристалізації та одержання найбільш однорідної й стабільної структури в злитку газара з холодильниками різного виду, які по-різному орієнтовані в об'ємі форми, необхідно створити та забезпечити: умови для вільного відходу розплаву від фронтів кристалізації вилівка, який має позитивну усадку; відсутність зон утворення поверхневої кірки твердого металу, яка буде перешкоджати вільному відходу з розплаву надлишкового водню, що виділяється в процесі кристалізації; мінімальний рух розплаву у формі під час заливання й кристалізації; сталість і стабільність температурного градієнта у формі з розплавом під час його кристалізації; сталість або стабільну зміну у часі тиску газової фази при кристалізації злитка газара.

Література

1. Карпов В.Ю. Металлы и водород / В.Ю. Карпов // Теория и практика металлургии. – 2012. – № 3. – С. 92 – 96.
2. Карпов В.Ю., Шаповалов В.И., Карпов В.В. Водород – легирующий элемент эвтектических сплавов – газаров / В.Ю. Карпов, // Тезисы международной конференции ВОМ-2007. Донецк. – 2007. – С. 577 – 580.
3. Шаповалов В.И. Легирование водородом. – Днепропетровск, 2013. Журфонд. – 385 с.

Одержано 05.04.17

В. Ю. Карпов, В. В. Карпов

Формирование структуры отливок газаров с несколькими кристаллизаторами

Резюме

Изучены методики получения газаров при взаимодействии двух фронтов кристаллизации, различно ориентированных относительно друг друга в общей форме. Исследованы структуры газаров и сделаны выводы по их формированию и способам управления.

V. Yu. Karpov, V. V. Karpov

Formation of the structure of shelters of gases with multiple crystallizers

Summary

The methods of obtaining gazars in the interaction of the two fronts of crystallization, differently oriented relatively to each other in the same form. Analysis of gazars structure and conclusions on its formation and control methods are given.