



О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗАРОВ МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИИ

В. В. Карпов

Проведены эксперименты, подтверждающие возможность использования электродугового плавления для получения композиционных материалов — газаров — из тугоплавких металлов. Определено влияние параметров процесса на стабильность дуги и формирование структуры газаров.

Experiments have been carried out that confirm the feasibility of use of electric arc melting for producing composite materials such as gas-reinforced refractory metals (gasars). Effect of process parameters on arc stability and formation of structure of gasars was determined.

Ключевые слова: электродуговой переплав; газозэвтектическое превращение; газар; газовая фаза; водород

Более двадцати лет назад при изучении систем металл–водород было обнаружено и затем изучено газозэвтектическое превращение [1–3]. Суть его в том, что, если расплав металла предварительно насыщен водородом до газозэвтектической концентрации, то при его кристаллизации жидкость распадается на кристаллическую и газообразную фазы. При этом в ходе кристаллизации могут формироваться геометрически упорядоченные структуры, подобные эвтектическим колониям, где одна из образующихся фаз — газообразная (водород). В результате получается литая металлическая матрица, пронизанная порами. Пузыри растут одновременно с кристалла-

ми металла, не отрываясь от фронта кристаллизации, образуя сотовую структуру, подобную эвтектической. Такую структуру металла назвали газаритом, а материал — газаром (от «газом армированный металл»).

Суть технологического процесса заключается в том, что заданный материал (металл, керамика) расплавляют в атмосфере водорода при определенном давлении (давление насыщения P_H). В течение некоторого промежутка времени расплав насыщается водородом до необходимой концентрации, после чего его заливают в кристаллизатор, расположенный в автоклаве. В зависимости от того, какую структуру и пористость необходимо получить, в автоклаве устанавливают соответствующее давление (давление кристаллизации P_K).

Традиционные методы плавления (газовый нагрев, печи сопротивления, индукционный нагрев) металлов с высокой температурой плавления (хром, молибден, вольфрам и другие) не всегда дают возможность получить достаточно перегретый расплав для насыщения его водородом. Это объясняется многими причинами: от высокой химической активности металла до отсутствия огнеупоров, способных выдержать требуемую температуру. Присутствие газообразного водорода в объеме печи, ввиду его аномально высокой теплопроводности, еще больше усложняет задачу плавления металла. Наряду с этим целый ряд металлов при повышенных температурах образуют с ним химические соединения — гидриды, которые радикально отличаются от металла по всему комплексу физико-механических и химических свойств. Все перечисленное значительно сужает выбор методов металлургии для получения газаров из тугоплавких металлов и их сплавов.

Анализ существующих методов показывает, что наиболее приемлемым, на наш взгляд, является способ электродугового переплава с расходуемым элект-

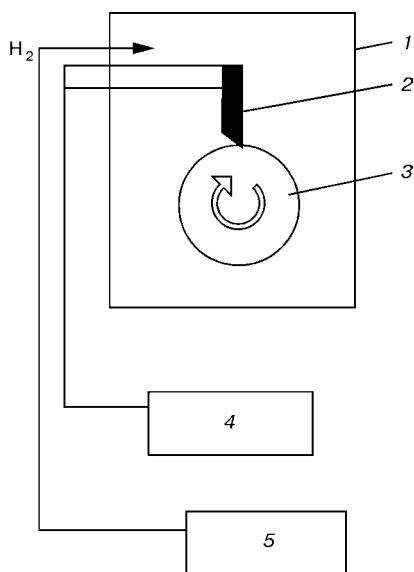


Рис. 1. Схема опытной установки: 1 — автоклав; 2 — электрод; 3 — образец; 4 — блок питания; 5 — система управления газовой фазой



тродом. При использовании чистых компонентов (Me и водород) не происходит загрязнения металла и процесс близок к газоевтектическому. Основное отличие этого способа от традиционного — высокие скорости нагрева, плавления и кристаллизации металла. Важно определить, успеет ли насытиться металл водородом до необходимой концентрации за короткий промежуток времени. Оценочные расчеты говорят о высокой степени ионизации газа в электрической дуге, что делает процесс насыщения металла водородом достаточно быстрым. Сложность может заключаться в гибкости регулирования содержания водорода в металле из-за скоротечности и неравновесности процесса.

Для экспериментальной проверки высказанных предположений была сконструирована и изготовлена опытная установка (рис. 1). В герметичном автоклаве можно было создавать газовую среду водорода с давлением до 1 МПа или вакуум до 10^{-3} мм рт. ст. с помощью системы контроля газовой фазы. Для упрощения схемы эксперимента в качестве материала электрода использовали вольфрам.

В этих экспериментах не стояла задача получения слитка газара. Необходимо было проверить принципиальную возможность этого метода. Образец в виде диска вращали внутри автоклава, а электрод из материала образца подводили радиально. С помощью осциллятора и блока питания зажигалась электрическая дуга, и на поверхности образца расплавлялся участок металла.

Было установлено, что при введении в автоклав водорода стабильность горения дуги резко ухудшалась. Однако удалось определить давление водорода, при котором дуга была стабильна, а содержание водорода достаточным для формирования структуры газара.

Учитывая малую мощность опытной установки, мы не могли расплавить большой объем металла и ограничились плавлением участка на поверхности монолитного образца (рис. 2). На приведенных снимках хорошо видно, что нестабильное горение дуги приводит к разрыву участков плавления (рис. 2, а). На больших токах происходит интенсивное плавление образца и дуга разрывается из-за увеличившегося зазора образец-электрод. Нам удалось получить стабильную дугу и достаточно однородный расплавленный слой на поверхности образца (рис. 2, б).

Шлифы участков образца в зоне горения дуги показывают возможность формирования структуры газара (рис. 3). Высокая скорость кристаллизации вследствие вращения образца привела к формированию в верхней зоне кристаллизующегося металла крупных пузырей. Эти пузыри практически исчезли при снижении скорости вращения, что приво-

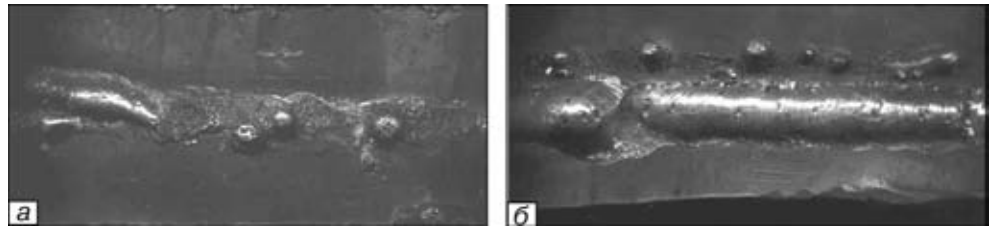


Рис. 2. Вид участка образца, расплавленного нестабильной (а) и стабильной (б) дугой в среде водорода

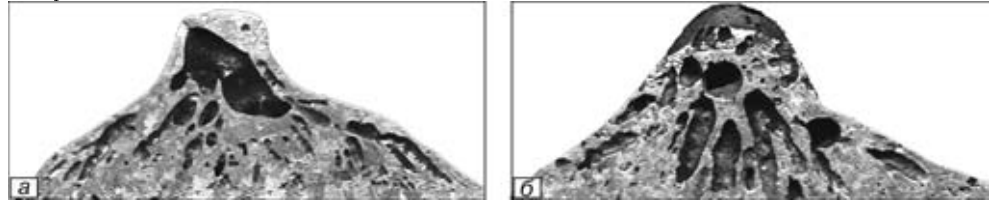


Рис. 3. Микроструктура зоны плавления медного образца при быстром (а) и медленном (б) вращении заготовки

дило к большему прогреву металла и снижению скорости кристаллизации. В нашем эксперименте замедление вращения образца приводило к сливу жидкого металла с поверхности образца и нарушению стабильности процесса. При использовании сканирующего движения дуги по поверхности плоского образца этот недостаток отсутствует и мы можем получить достаточно однородный пористый поверхностный слой.

Анализ полученных структур и экспериментальных параметров показывает, что даже при низком давлении водорода благодаря ионизирующему воздействию дуги и ее высокой температуре возможно получение структуры газара. Однако высокие скорости протекания процесса делают его нестабильным, что отражается на структуре получаемого газара. Тем не менее, эти эксперименты доказывают возможность получения газаров из самых тугоплавких металлов и требуют своего продолжения. Вероятнее всего, этот метод найдет практическое применение в случае необходимости получения пористого слоя на поверхности заготовки или изделия.

В результате проведенных исследований подтверждена принципиальная возможность получения структуры газара при плавлении металла с помощью электрической дуги. Отмечено, что с ростом давления водорода стабильность горения дуги быстро снижается. Малого давления водорода и короткого времени пребывания металла в жидком состоянии достаточно для его насыщения водородом до концентраций, необходимых для формирования структуры газара.

1. Шаповалов В. И. Водород как легирующий элемент // МнТОМ. — 1985. — № 8. — С. 13–17.
2. Шаповалов В. Method for manufacturing porous articles. Patent 5181549 USA. Publ. 1993.
3. Шаповалов В. Formation of ordered gas-solid structures via gas eutectic reaction // Proc. of Int. conf., Dnepropetrovsk, Ukraine, 12–14 June, 2000. — P. 90–103.

Национальная металлургическая академия Украины,
Днепропетровск
Поступила 05.05.2004