

УДК 621.791

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИНИКНЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОРОУТВОРЕННЯ ПІД ЧАС ПРОЦЕСУ ЕШН

аспірант А.В. Захаров, д.т.н., доцент І.М. Рибалко

Державний біотехнологічний університет (м. Харків)

Порами називають заповнені газом порожнини в наплавленому металі. Пори утворюються якщо в період кристалізації металевої ванни відбувається сильне газоутворення і бульбашки газів не встигають видалитися з ванни. Гази в металі можуть виділятися в результаті двох процесів. Перший - виділення з металу газів, що пересихають його (здебільшого водню й азоту), при зміні температури. Другий - виділення газів і пороутворення в результаті хімічних реакцій у розплавленому металі, за яких продуктами реакції є гази переважно оксид вуглецю. Якщо утворення і виділення газів під час наплавлення відбувається в період, коли металева ванна перебуває в рідкому стані, і протікає інтенсивно, то бульбашки газів встигають повністю видалитися з ванни. Їх виділення не тільки не призводить до утворення пор, а й надає рафінуючу дію на металеву ванну, знижуючи її газонасиченість. У тому випадку, коли утворення і виділення газів відбувається в період кристалізації металевої ванни і проходить досить повільно, бульбашки газу не встигають спливати і залишаються в металі у вигляді пор.

Виникнення пор, пов'язаних з вуглецем та азотом, обумовлено зміною їх розчинності при зміні температури. Залізо яке знаходиться в рідкому стані та його сплави можуть розчинити значну кількість вуглецю та азоту. При зниженні температури аж до температури затвердіння розчинність цих газів знижується поступово, і бульбашки газів, що утворилися, вільно спливають у рідкій ванні. Під час затвердіння металу розчинність азоту і води в ньому знижується стрибкоподібно. Так, під час затвердіння маловуглецевої сталі розчинність азоту знижується в 4 рази, а водню в 1,7 рази. Більш низька розчинність водню й азоту в твердому металі порівняно з їхньою розчинністю в рідкому металі призводить до збагачення розплаву цими газами, що сприяє зародженню газових бульбашок на поверхні розділу рідкого і твердого металів [1].

Поки існує рідка металева ванна, газові бульбашки безперервно з неї видаляються. Якщо швидкість видалення газів менша, ніж швидкість їх накопичення в рідкій ванні, то не всі бульбашки встигають спливати і частина з них залишається в наплавленому металі у вигляді пор. Пори від оксиду вуглецю виникають через недостатнє розкислення металу ванни. Оксид вуглецю може утворюватися, або в результаті взаємодії вуглецю з оксидами металів, або безпосередньо в результаті реакції вуглецю з киснем, що знаходяться в рідкій ванні:



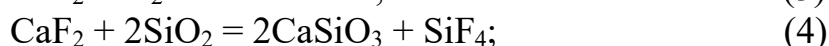
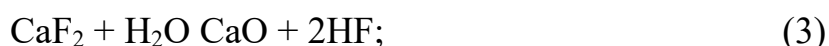
Оксид вуглецю, що утворюється, може дати початок зародкам газоподібної фази, або ж виділятися в уже наявні бульбашки інших газів. В реальних умовах

наплавлення пористість у наплавленому металі зазвичай викликається дією декількох газів [2].

За певних швидкостей ЕШН можуть виникнути умови, коли швидкості кристалізації металу і зростання бульбашок газу будуть порівнянними. У результаті цього утворюються пори витягнутої форми у вигляді трубок. Такі пори на практиці спостерігаються у випадку потрапляння вологи у флюс, а також через наявність значного шару окалини на наплавленій поверхні [3]. Поряд із порами у вигляді трубок під час ЕШН можуть утворюватися дрібні (кілька мікрометрів у поперечнику) і великі (4...6 мм у поперечнику) пори [4].

Для боротьби з порами необхідно обмежити надходження в металеву ванну водню й азоту, поліпшити її розкисленість для обмеження утворення оксиду вуглецю. Водень надходить у металеву ванну з іржі, вологи та інших забруднень, що перебувають на поверхні наплавочного та основного металів, з матеріалів, що входять до складу шихти, порошкових дротів, стрічок, або флюсу відповідно, щоб обмежити надходження водню, можна обмежити надходження водню та флюсу, всіх забруднень, наплавочні матеріали необхідно надійно упакувати і зберігати в сухому приміщенні, перед наплавленням ці матеріали мають бути просушені відповідно до технічної документації [5].

Ще один захід боротьби з водневою пористістю в наплавленому металі - зниження парціального тиску водню і водяної пари за рахунок зв'язування водню в термічно стійкий нерозчинний у металі фторид водню HF. Можливі такі реакції у флюсах і газовій фазі:



Здебільшого зв'язування водню в HF відбувається за реакціями (5-6), проте можливе утворення HF і безпосередньо за реакцією (3).

Азот надходить у металеву ванну з навколишньої атмосфери, а також з основного металу і наплавочних матеріалів [6]. Щоб обмежити доступ азоту до металеві ванни при ЕШН, необхідно застосовувати надійний шлаковий захист. Крім того, вміст азоту в основному металі і в наплавочних матеріалах не має перевищувати допустимих меж. Для зв'язування азоту в стійкі нітриди можна також застосовувати легування наплавленого металу титаном, алюмінієм, цирконієм та іншими нітридоутворювальними елементами.

Щоб уникнути пористості від оксиду вуглецю, в металеву ванну вводять елементи з високою спорідненістю до кисню, що утворюють рідкі, або тверді оксиди. Кількість розчиненого в рідкому металі кисню буде тим меншою, чим вищою є хімічна спорідненість до кисню цього елемента і більшою є його концентрація в розплаві. Найсильнішими розкислювачами є титан, алюміній, кремній. За достатньої їхньої концентрації основні реакції розкислення відбуватимуться завдяки цим елементам і утворення оксиду вуглецю може бути значною мірою пригнічено.

Зменшити ймовірність утворення пор можна також за рахунок технологічних факторів. Дослідним шляхом встановлено, що мінімальна кількість пор утворюється під час наплавлення на постійному струмі прямої полярності. Важливе значення має швидкість кристалізації металевої ванни - при її збільшенні зростає ймовірність того, що бульбашки газів не встигнуть спливати й утворяться пори.

Список літератури:

- [1] Марочник сталей и сплавов: справ. изд. / А.С. Зубченко и др.; под ред. А.С. Зубченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
- [2] Захаров А.В. Дослідження особливостей очищення наплавленого металу від неметалевих домішок під час процесу електрошлакового наплавлення. / А.В. Захаров, І.М. Рибалко, О.В. Сайчук // Збірник наукових праць Міжнародної молодіжної науково-технічної конференції «Молода наука - роботизація і нанотехнології сучасного машинобудування» 12-14 квітня 2023 р. – Краматорськ: ДДМА, 2023. – С. 101-105.
- [3] Захаров А.В. Металургійні процеси плавлення і перенесення електродного та присадного матеріалів у шлаковій ванні при електрошлаковому наплавленні. / А.В. Захаров, І.М. Рибалко, О.В. Сайчук // Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. – Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2023. – Вип. 33. – С. 12-18.
- [4] Лахтин Ю.М. Материаловедение: учебник для вузов / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.: ил.
- [5] Афтандіянц Є.Г. Матеріалознавство: Підручник. / Афтандіянц Є.Г., Зазимко О.В., Лопатько К.Г. – К.: Вища освіта, 2012. – 548 с.
- [6] Матеріалознавство : навч. посіб. / В.І. Бузило, В.П. Сердюк, М 34 А.В. Яворський, О.А. Гайдай / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка» – Дніпро : НТУ «ДП», 2021. – 243 с .