**Нарівський Анатолій Васильович. Наукові і технологічні основи процесів глибинної обробки кольорових ливарних сплавів плазмореагентними середовищами : дис... д-ра техн. наук: 05.16.04 / Фізико-технологічний ін-т металів та сплавів НАН України. - К., 2006**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Нарівський А.В. «Наукові і технологічні основи процесів  глибинної обробки кольорових ливарних сплавів плазмореагентними середовищами»  Дисертація на здобуття ученого ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.04 «Ливарне виробництво» - Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ, 2006.28  Дисертаційна робота присвячена створенню теоретичних і технологічних основ економічних способів рафінування (модифікування) алюмінієвих і мідних ливарних сплавів шляхом обробки їх заглибленими в розплав плазмовим струменем і реагентами.  Встановлено, що при однакових режимах продувки розплаву аргоном глибина проникнення плазмового струменя, а також поверхня й об’єм утворюваних в її зоні пузирів у 2-3 раза більші порівняно з холодним струменем. Потужність перемішування розплаву заглибленим плазмовим струменем, створюваним головним чином, за рахунок змін кінетичної енергії (32 %) і об’єму речовини (45 %) у 4-4,5 раза вища, ніж струменем холодного газу. Визначено експериментальні й аналітичні залежності інтенсивності масообміну у ванні від витрати газу, глибини продувки, діаметра сопла плазмотрона і величини залишкового тиску при вакуумуванні розплаву. При глибинній обробці плазмою інтенсивність масообмінних процесів у розплаві на 25-70 % вища порівняно з продувкою ванни холодним аргоном.  Визначено температуру і швидкість заглибленого у рідкий метал плазмового струменя. У реакційній зоні заглибленого плазмового струменя температура металу на 400-600 град. вища (при продувці холодним газом - на 150-200 град. менша), ніж середньомасова температура алюмінієвого розплаву. При охолодженні нагрітого в плазмотроні газу з 3000-5000 К до середньомасової температури розплаву розміри пузирів за 0,2-0,4 мс зменшуються на 25-40 %. У результаті цього скорочується в 2 і більш раз час оновлення приграничного шару на нагрітому газовому пузирі порівняно з холодним.  Під високотемпературним впливом плазмового струменя змінюються розміри первинно кристалізованих фаз і евтектик, інтерметалідів і оксидних включень у сплаві, а також масштаби мікронеоднорідностей у розплаві. Показано, що при зменшенні розмірів мікроугруповань у розплаві в 2-2,5 раза збільшуються межа міцності на розрив литого металу на 25-30 %, відносне подовження – у 1,7-1,8 раза.  Обробка алюмінієвих і мідних сплавів дозволяє: нагрівати розплав у процесі рафінування; зменшити у виливках вміст водню на 70-80 %, неметалічних включень – у 2-2,3 раза; скоротити в 3-4 рази витрати або виключити застосування флюсів для обробки рідкого металу; збільшити межу міцності на розрив литого металу на 14-26 %, відносне подовження  – на 35-54 %; знизити брак виливків на 2 0-30 % і підвищити вихід придатного литва на 7-13 %. Розроблені устаткування і технології пройшли промислову перевірку на 30 підприємствах України, Росії, Бєларусі, Болгарії, Румунії і КНР. | |
| |  | | --- | | 1. Встановлено, що зона впровадження в розплав заглибленого плазмового струменя складається з трьох ділянок: основного, емульсійного і зворотного потоку. Показано, що при однакових режимах продувки розплаву газом глибина проникнення плазмового струменя, а також поверхня й об’єм утворюваних в її зоні пузирів у 2-3 рази більші порівняно з холодним струменем. Визначено аналітичні залежності цих параметрів від витрати газу на обробку розплаву.  2. Визначено температуру заглибленого у рідкий метал плазмового струменя, що у міру наближення до сопла плазмотрона збільшується до 5000 К. Встановлено залежності температури і швидкості струменя від витрати плазмоутворюючого газу. Показано, що зі зменшенням витрати аргону з 3,310-4 до 0,8310-4 м3/с швидкість плазмового струменя знижується в 3 рази, а температура його збільшується на 1800-1900 град.  3. Показано, що відмінність параметрів зон впровадження в розплав і температур плазмового і холодного газових струменів є наслідком їх різного енергетичного потенціалу. Потужність перемішування розплаву заглибленим плазмовим струменем, яка створюється, в основному, за рахунок змін кінетичної енергії (32 %) і об’єму речовини (45 %), у 4-4,5 раза вища, ніж струменем холодного газу.  4. Встановлено експериментальні й аналітичні залежності інтенсивності масообміну у ванні від витрати газу на продувку і глибини витікання його в розплав, діаметра сопла і величини залишкового тиску над поверхнею металу при вакуумуванні. Показано, що при продувці розплаву плазмовим струменем інтенсивність масообмінних процесів у ванні на 25-70 % вища, ніж холодним аргоном. Обробка розплаву реагентами в рідкому стані дозволяє збільшити швидкість масообміну у ванні на 20-30 % порівняно з твердими. При цьому, незалежно від глибини витікання холодного або плазмового струменя, максимальне перемішування і турбулізація розплаву відбуваються в поверхневих шарах ванни.  5. Визначено, що в зоні впровадження заглибленого плазмового струменя температура металу на 400-600 К вища (при холодній продувці - на 150-200 К менша) за його середньомасову. В результаті цього при плазмовій обробці інтенсифікуються процеси газореагентної взаємодії в сплавах, збільшуються швидкості масопереносу водню в перегрітому об’ємі розплаву і через границю розділення фаз у газові пузирі.  6. Розрахунковим шляхом і експериментально визначено, що швидкість нагрівання твердих часток дисперсністю 50-100 мкм у плазмовому струмені становить 350-490 град/мс. Флюси, які застосовуються для обробки алюмінієвих та мідних сплавів, при введенні через плазмотрон нагріваються і надходять у розплав у високореакційному (рідкому і пароподібному) стані. В результаті цього інтенсифікується процес взаємодії реагентів з розплавом і збільшується ступінь їхнього засвоєння.  7. Визначено енергетичні і теплові параметри роботи зануреного в рідкий метал плазмотрона, які дають можливість обґрунтовано підійти до вибору матеріалів для його виготовлення. Показано, що вольтамперні характеристики і стабільність роботи створених плазмотронів практично не залежать від величини заглиблення їх у розплав.  8. З урахуванням процесу випаровування металу з міжфазної поверхні встановлено, що за час (0,1-0,4 мс) охолодження пузирів нагрітого в плазмовому струмені газу до середньомасової температури алюмінієвого розплаву їхні радіуси зменшуються на 15-40 %. У результаті цього скорочується в 1,5-2,5 рази час оновлення приграничного шару на газовому пузирі.  9. Вивчено кінетику видалення водню з алюмінієвих і мідних розплавів і показано, що  після їх глибинної обробки плазмореагентними середовищами ступінь дегазації сплавів досягає 80 %, а при продувці металу холодним аргоном – не перевищує 45 %. Створення низького вакууму (залишковий тиск 6 КПа) над розплавом у процесі продувки плазмовим струменем дозволяє підвищити ступінь видалення водню з нього до 30 % порівняно з обробкою сплавів в атмосферних умовах. Висока ефективність плазмореагентного рафінування досягається за рахунок розвиненої міжфазної поверхні в зоні впровадження високотемпературного струменя в розплав, а також підвищених швидкостей масопереносу водню в перегрітому металі і у газові пузирі через приграничний шар за рахунок його швидкого оновлення.  10. Показано, що в зоні плазмового струменя, поряд з термочасовою обробкою сплаву, можливе випаровування його компонентів зі швидким охолодженням («конденсацією») парів у розплаві, який рафінують. В залежності від розміру часток такого «конденсату», вони інтенсифікують процес зародкоутворення компонентів сплаву і сприяють виникненню газових пузирів водню в розплаві. За рахунок цього, а також можливого руйнування інтерметалідних і оксидних включень під високотемпературним впливом («тепловий удар») плазмового струменя, зменшуються в 2-2,5 раза розміри мікроугруповань у розплаві і знижується або виключається негативний вплив спадковості шихтових матеріалів на структуру і властивості литих виробів.  11. Встановлено взаємозв'язок масштабу мікроугруповань у розплаві і міцнісних характеристик закристалізованого сплаву. Так, при зменшенні середнього радіусу мікроугруповань у рідкому металі з 26,8 до 11,2 нм межа міцності на розрив у виливках зі сплаву АК7 збільшується на 25-30 %, відносне подовження – у 1,7-1,8 раза. Результати досліджень свідчать про можливості модифікування сплавів у процесі рафінування їх заглибленим у розплав плазмовим струменем без застосування спеціальних реагентів.  12. Промислове освоєння розроблених технологій показало, що плазмореагентна обробка алюмінієвих і мідних сплавів дозволяє: нагрівати розплав у процесі рафінування; знизити у виливках вміст водню на 70-80 %, неметалічних включень – у 2-2,3 раза; збільшити межу міцності на розрив литого металу на 14-26 %, відносне подовження – на 35-54 %; зменшити брак виливків на 20-30 % і підвищити вихід придатного литва на 7-13 %; скоротити в 3-4 рази витрати або виключити застосування флюсів для обробки рідкого металу і поліпшити екологічну обстановку в цеху.  13. Розроблено конструкції заглибних плазмотронів, що дозволяють вводити в глиб металевих розплавів реагенти у твердому, рідкому і пароподібному стані. Створено стаціонарні і пересувні установки для плазмореагентної обробки кольорових сплавів у ковшах, міксерах, плавильно-роздавальних печах в умовах атмосферного тиску або вакууму.  14. Науково обґрунтовано і розроблено конкурентоспроможні, економічні технологічні процеси рафінування і модифікування кольорових ливарних сплавів заглибленими в розплав плазмореагентними середовищами. Технології пройшли промислову перевірку, частина з них впроваджена у виробництво із сумарним економічним ефектом понад 2,0 млн. руб. на рік (у цінах 1992 р.). Відносно інших прийнято рішення про використання отриманих результатів у виробництві. Розроблені технології можуть знайти застосування при реалізації сформульованих рекомендацій з удосконалення способів одержання високоякісного литого металу. | |