**Грабовий Валерій Михайлович. Наукові і технологічні основи електрогідроімпульсної дії на структуру та властивості виливків із сплавів на основі заліза і алюмінію. : Дис... д-ра наук: 05.16.04 – 2007**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Грабовий В. М. “Наукові і технологічні основи електрогідроімпульсної дії на структуру та властивості виливків із сплавів на основі заліза і алюмінію”.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – “Ливарне виробництво”. - Фізико - технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ, 2007.  Дисертація присвячена розробці наукових і технологічних основ ЕГІО основних металевих розплавів, установленню механізмів і закономірностей фізико-хімічних процесів, що відбуваються в рідкому металі під впливом імпульсів тиску, що вводять у розплав хвилеводом ЕРГПК, а також визначенню, структурних змін у виливках зі сплавів на основі заліза і алюмінію, спрямованих на підвищення властивостей металовиробів. Розроблено математичну модель, що описує процес перетворення електричної енергії в акустичні хвилі тиску. Визначено критерії ефективної реалізації способу й оптимальні режими дії, що забезпечують сприятливі зміни структури та властивостей литого металу. Для істотно різних за складом сплавів визначено загальні закономірності в змінах структури литого металу. Проведено промислову апробацію розроблених технологічних процесів ЕГІО сплавів чорних і кольорових металів, що підтвердила їх техніко - економічну ефективність, а також здійснено впровадження створених технологій і устаткування в ливарних цехах різних підприємств. | |
| |  | | --- | | Сукупність представлених в дисертації теоретичних та прикладних досліджень механізму і основних закономірностей електрогідроімпульсної обробки металевих розплавів, її вплив на інтенсифікацію процесів тепло- масопереносу і структуроутворення при отриманні сплавів на основі алюмінію і заліза, виготовлення з них якісних литих заготовок із застосуванням розроблених технологій і устаткування складає рішення крупної науково-технічної проблеми. При цьому найважливіші наукові результати, які отримані при виконанні дисертаційної роботи, полягають у такому:   1. Розроблено наукові основи ЕГІО розплаву в ковші хвилеводом ЕРГПК, які базуються на результатах математичного, чисельного моделювання, дослідженнях фізико-хімічних процесів при ЕГІО металу та вивченні структури і властивостей виливок. Вперше показано, що ЕГІ дія на рідкий метал приводить до утворення в ньому хвиль стиснення-розтягнення високої інтенсивності, які сприяють виділенню в розплаві газових пухирців і виникненню (при напрузі розряду, що перевищує 40 кВ) двох гідродинамічних зон, відповідно лінійних і нелінійних коливань пухирців. Інтенсифікація тепло- і масопереносу в рідкому металі при ЕГІ дії на нього обумовлена проявом ефекту Б’єркнеса, згідно з яким газові пухирці, що коливаються в полі тиску синфазно, – притягуються, а протифазно – відштовхуються.   2. Встановлено, що при ЕГІО розплаву внаслідок інтенсифікації масопереносу, обумовленого пульсацією газових пухирців, прискорюються процеси: коагуляції газових пухирців, їх спливання, флотації ними неметалевих включень і гомогенізації хімічного складу сплаву, а висока інтенсивність силової дії на розплав (швидкість росту тиску в розплаві більше 3 кПа/мкс) – обумовлює збільшення кількості зародків і, змінюючи переохолодження, приводить до подрібнення структури литого металу. Ефективність цих процесів при поєднанні ЕГІО з введенням модифікуючих реагентів істотно збільшується.  3. Чисельним моделюванням хвильових процесів у рідкому металі вперше визначено, що межа зони лінійних коливань газових пухирців залежить від енергії, що запасається, і змінюється в межах від 75 до 400 мм від осі хвилеводу електророзрядного генератора пружних коливань пропорційно зміні енергії від 1 до 5 кДж (Wo). При цьому для ковшів вмістом від 10 до 800 кг металу (m) повинне виконуватися співвідношення (0,0064m+1,703)Wо(0,0026m+0,785). Межа зони лінійних коливань розповсюджується на відстань у 2 рази більшу, ніж нелінійних коливань газових пухирців, причому додатковий тиск за межами зони лінійних коливань дорівнює нулю, що пов'язано з енергетичними втратами.  4. Сформульовано концепцію ефективної ЕГІО розплаву, в основу якої покладено критерії вхідних параметрів електророзрядного генератора пружних коливань: напруга від 40 до 50 кВ; ємність від 1 до 4 мкФ; число енергонесучих імпульсів, затрачених на обробку алюмінієвого розплаву, – не менше 200, а на обробку сплавів на основі залізо-вуглець – не менше 600, що пов'язано з різним хвильовим опором металу.  5. Для різних марок сплавів на основі заліза (25Л, ШХ15, БЧ, СЧ, ВЧ, 250Х25НТ, Х12 та ін.) і алюмінію (АК9ч, АК7ч, АК12мгН та ін.) експериментально підтверджено, що ефективна за режимом і комплексна, по суті (поєднання лінійних і нелінійних коливань газових пухирців) електрогідроімпульсна дія приводить до збільшення ступеня гомогенізації металу (наприклад, для БЧ коефіцієнт дендритной лікваціі вуглецю знижується з 1,7 до 1,1 при напрузі 50 кВ і до 1,4 при напрузі 25 кВ), рафінуванню розплаву від газів (наприклад, у феросилідах на 30 % видаляється водень) і неметалевих включень (наприклад, у сталі ШХ15 загальний вміст неметалевих включень знижується на 15%, а глобул на 100 %), підвищенню кількості активних центрів кристалізації (наприклад, у БЧ від 770 до 3600 шт./мм3), зростанню ступеня переохолодження і подрібненню структурних складових литого металу (наприклад, у БЧ розмір дендритноі ячейки зменшується у 2 рази).  6. Встановлено основні закономірності структуроутворення сплавів на основі алюмінію, підданих ЕГІО в рідкому стані. Показано, що внаслідок збільшення кількості активних центрів кристалізації, у сплавах, що містять від 0,6 до 1,9 % заліза, відбувається зміна морфології до 40 % інтерметалідних фаз з голчатої на компактну, що, в поєднанні з двократним зменшенням розмірів частинок первинного кремнію в евтектиці, сприяє підвищенню пластичності в середньому на 70 % і міцності – на 10 %. Зниження загальної пористості (в середньому на 60 %) приводить до підвищення гідроплотності відливок, які працюють під тиском.  7. Показано ефективність комплексної обробки сплавів на основі алюмінію “Флюс + ЕГІО”, обумовленої інтенсифікацією процесів тепло-, масопереносу і міжфазних взаємодій в системі, а також руйнуванням “бар'єрних зон” на межі розділу метал-флюс. Експериментально підтверджено, що при такій обробці відбувається зменшення: об'єму залізистої фази голчатої форми – на 40 %, розміру частинок первинного кремнію в евтектиці – у 2 рази, загальної пористості – на 60 %; пластичність підвищуеться на 70 %, а міцність на 10 %.  8. Визначено закономірності процесів структуроутворення виливків зі сталі, чавуну і спеціальних сплавів, підданих ЕГІО в рідкому стані. При використанні нової технології для виробництва виливків зі сталей 25Л, 35ГЛ, ШХ15 досягається підвищення густини литого металу, зменшується кількість неметалевих включень з 6 до 3 шт./мм (25Л) та їх розмір у 2 рази. Встановлено, що для отримання якісного чавуну з пластинчастим графітом найсприятливішою є комплексна технологічна схема, яка передбачає поєднання процесу модифікування з ЕГІО, що обумовлене інтенсифікацією фізико-хімічних процесів у полі тиску високої інтенсивності. У разі її реалізації, графіт у чавуні виділяється в компактній формі і розподіляється рівномірно, а структура литого металу подрібнюється (в середньому на 20 %), збільшується дисперсність перліту в СЧ. У спеціальних залізовуглецевих сплавах, 250Х25НТ, Х12, ЕГІО розплаву в оптимальному режимі приводить до: підвищення ступеня легованості матриці; формування метастабільного аустеніту; зміцнення матриці дрібнодисперсними карбідами Ме23С6; підвищення зносостійкості деталей, що працюють в умовах гідроабразивного зносу.  9. На основі наукових розробок створено нові технологічні процеси і спеціальні установки, які призначені для ЕГІО розплаву в ковші. У тому числі, розроблено комплексні технології “Флюс+ЕГІО і “ЕГІО+МЛНТ” отримання виливків з алюмінієвих сплавів, “Модифікування + ЕГІО” отримання виливків з ЧПГ і ЧШГ, “Легування + ЕГІО ” отримання виливків із зносостійких сплавів. Розроблено установки промислового типу “УВ 10” (ківш 9, 18 т), “УВ 12” (ківш від 3 до 5 т).  10. Вперше розроблено і освоєно в дослідно - промислових умовах ливарного цеху на ВАТ “МК Азовсталь ” технологія виробництва виливків виливниць для сифонового розливання сталі, яка передбачає застосування ЕГІО розплаву доменного передільного чавуну в 15 – тонних розливних ковшах. При оптимальних режимах обробки - енергія імпульсу 2,5 кДж, напруга 50 кВ, число імпульсів, витрачених на обробку, збільшується до 900, що забезпечує підвищення термоциклічної стійкості виливниць на 70 %, за рахунок отримання однорідної структури і подрібнення графіту в 1,4 рази.  11. Вперше розроблено і впроваджено в ливарному цеху на Миколаївському заводі змащувального і фільтруючого устаткування (МЗЗФУ) “Конверсія” технологію ЕГІО розплаву ливарних алюмінієвих сплавів у 200 кг накопичувальній печі, яка передбачає подальше розливання металу на машині лиття під низьким тиском. При енергії імпульсу 2,5 кДж, напрузі 50 кВ, підвищеній до 1200 кількості імпульсів і подальшому розливанню металу на машині литва під низьким тиском досягнуто зменшення загальної пористості (в середньому на 60 %), подрібнення макро - і мікроструктури (в середньому на 35 %). Такі показники обумовлені інтенсифікацією процесів дегазації і збільшенням числа додаткових центрів кристалізації. В результаті такої обробки герметичність 100 % відливок зросла з 40 до 47 МПа.  12. Вперше розроблено і впроваджено в ливарному цеху на ВАТ Миколаївський акціонерний глиноземний завод (МАГЗ) устаткування і технологію ЕГІО розплаву (ковші 3т). Параметри обробки: енергія імпульсу 2,5 кДж; напруга розряду 50 кВ при числі імпульсів 3000, що витрачуються на обробку, забезпечили отримання виливків деталей насосів для мокрого емульгування пульпи з однорідною структурою, дрібнодисперсними карбідами типу Ме23С6.При експлуатаціїдеталей типу “колесо“ (сплави системи Fe-Cr-C) їх зносостійкість підвищилась з 1250 до 5000 годин. Загальний вміст неметалевих включень зменшився від 0,184 до 0,021 %, що свідчить про повноту процесу рафінування розплаву (питомі енерговитрати на обробку не перевищили 0,96 кВтг/т). Число центрів графітизації зросло з 3400 (за 10 хвилин) до 5100 шт./мм3 (за 20 хвилин відпалу). Результати наукових досліджень були використані МАГЗ при освоєнні технології ЕГІ позапічної обробки, необхідної для виготовлення партії промислових виливків для проточних частин насосів, що дозволило отримати річний економічний ефект (у цінах 1990 р.) 298530,0 карб. | |