

ВІДГУК**офіційного опонента на дисертаційну роботу****Крейцера Кирилла Олександровича**

«Технологічний процес одержання виливків із магнієвих сплавів литтям під тиском на основі імпульсної системи захисту»,

яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – «Ливарне виробництво»

1. Актуальність обраної теми

Одним із завдань машинобудування є підвищення використання легких сплавів, зокрема магнієвих, які у 1,5 рази легше алюмінію. При низькій густині магній має високу питому міцність. Це дозволяє знижувати масу литих виробів до 30% і збільшувати корисне навантаження автомобілів, суден, літаків, ракет тощо.

Поширення використання магнієвих сплавів не може бути успішно вирішене без підвищення якості магнієвих виливків, що пов'язане з властивостями магнію. Справа в тому, що особливістю магнію і його сплавів в розплавленому стані є висока хімічна активність: пориста окисна плівка, що утворюється, не захищає розплав від інтенсивного окиснення і загоряння. У зв'язку з цим плавка і лиття магнієвих сплавів викликають певні труднощі. Ще одна проблема магнію - його низька корозійна стійкість, яка пов'язана з чистотою металу по газовим і неметалічним включенням.

Для запобігання або обмеження взаємодії магнію з газовою фазою застосовують захисне легування мікродобавками, захист нейтральною по відношенню до магнію атмосферою (CO_2 , SO_2 , SF_6) і захист покривними флюсами, хоча останній вимагає додаткового захисту вилівка від попадання флюсів.

Для лиття тонкостінних виливків використовують метод лиття під тиском з гарячою камерою пресування у вакуумовану прес-форму. При цьому ставиться завдання забезпечити захист розплаву на всіх етапах одержання вилівка і зокрема в комплексі: плавильне, роздавальне обладнання і машина лиття під тиском. Це особливо складне і відповідальне обладнання комплексів магнієвого лиття. На жаль на цей час недостатньо наукових даних про закономірності і механізми процесів, що відбуваються при плавленні, заливанні і пресуванні магнієвих сплавів, та не розроблено моделей для контролю над усім цим процесом.

Тому дисертація, що присвячена розробці, вдосконаленню та реалізації прогресивних технологічних прийомів та обладнання для управління якістю литва під тиском магнієвих сплавів вважаю актуальною в науковому і практичному плані.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Дисертація Крейцера К.О. складається з 5-и розділів.

Перший розділ присвячений аналізу літератури з питань плавки, обробки розплаву та лиття під тиском магнієвих сплавів. Розглянуто флюсовий і безфлюсовий захист магнієвих сплавів від окиснення і загоряння, дефекти у виливках з магнієвих сплавів при литті під тиском та причини їх виникнення.

Автор досить доцільно відмітив особливості системи управління процесом плавки магнієвих сплавів, фактори керування технологічним процесом одержання якісних виливків

Дисертант обґрунтовує своє бачення рішення проблеми комплексним дослідженням технологічних процесів плавки, роздавання металу і лиття в металеву прес-форму при литті під тиском. На основі проведеного аналізу сформульовано мету дослідження та задачі, які необхідно вирішити для її досягнення.

Другий розділ є основним методичним розділом, в якому автором наведено широке коло методів дослідження, які дали можливість одержати різнобічні дані та надійні і достовірні висновки. Автором застосовано як традиційні стандартні методи металографічних досліджень та механічних іспитів, так і нові вдосконалені і розроблені методи одержання даних для керування технологічним процесом плавки, обробки розплаву, роздавання розплаву і лиття магнієвих сплавів під тиском. А саме:

- розроблено методику для досліджень поверхневого натягу розплавів магнію безпосередньо у промислових плавильних та роздаткових агрегатах з газовим захистом розплаву магнію;
- розроблено методику управління параметрами лиття магнієвих сплавів під тиском;
- створено експериментальний дослідницький стенд на базі машини лиття під тиском з гарячою камерою пресування і .

Автором застосована статистична обробка результатів експериментів та методика математичного планування експерименту, що підтверджує достовірність наукових результатів.

Третій розділ. В ньому автором викладено дослідження закономірностей та технологічних процесів одержання виливків з магнієвих сплавів литтям під тиском з газовим захистом розплаву. Досліджено вплив та оптимізовано склад захисної газової суміші на окиснюваність магнієвих сплавів при їх одержанні в плавильних агрегатах. Проаналізовано окиснення і межі загоряння магнієвих сплавів. Описано установку для імпульсної подачі суміші захисних газів в плавильні та роздавальні агрегати магнієвих сплавів та доопрацьовану конструкцію плавильної та роздавальної електричних печей з виймальним тиглем.

Наведено результати регресійно-кореляційного аналізу експериментальних даних імпульсній подачі захисних газів при плавленні та захисту розплаву магнієвих сплавів.

Досліджено неметалічні вклучення і мікроструктури в ливарному сплаві МЛ5 та вплив технологічних параметрів газового захисту на механічні характеристики виливків з магнієвих сплавів.

В результаті вперше встановлено закономірності одержання магнієвих сплавів з використанням безфлюсового безперервного газового захисту розплаву на базі сірчистого ангідриду SO_2 та закономірності одержання магнієвих сплавів з використанням імпульсної подачі газової суміші для захисту магнієвого розплаву МЛ5.

Завдяки проведеному комплексному дослідженню стало можливим розробити вихідні дані для наступного створення автоматизованої системи контролю і регулювання технологічного процесу для одержання високоякісних виливків з магнієвих сплавів.

Четвертий розділ дисертації Крейцера К.О. присвячений розробленню автоматизованої системи контролю та керування технологічним процесом газового захисту розплаву магнію в плавильних і роздавальних агрегатах комплексів лиття під тиском. Проведено аналіз експлуатаційної надійності створеної системи контролю та керування технологічним процесом. Проведено випробування системи імпульсної подачі газового захисту, які передбачають одночасні випробування імпульсної подачі захисних газів з відомими експлуатаційними показниками надійності базової системи захисту під флюсом. Встановлено, що імпульсна система захисту краща за базову і інтенсивність відмов при використанні базового методу на 30% вища ніж при методі захисту рідкого магнію у газовому захисному середовищі

П'ятий розділ. Заключний розділ стосується реалізації створених технологій захисту розплаву магнію. Проведено дослідно-промислові перевірки створених технологічних процесів і обладнання для їх реалізації. Автором запропоновано використання нової конструкції радіатору з магнієвих сплавів на заміну аналогів з алюмінієвих сплавів, які є перспективною продукцією як на внутрішньому, так і зовнішньому ринку споживання. Наведено результати проведених досліджень щодо стабільності, надійності, довговічності технологічних процесів та обладнання. Результати проведених досліджень і розробки автора дозволили зробити техніко-економічне обґрунтування організації виробництва радіаторів з магнієвих сплавів взамін аналогів з алюмінієвих сплавів у обсязі 1000000 шт./рік. Порівняльний аналіз ефективності організації виробництва радіаторів з магнієвих сплавів показав перевагу розробленої автором технології.

Загальні висновки по дисертації відображують одержані автором результати, розкривають наукові та практичні досягнення.

Наукові положення, висновки і рекомендації, що сформульовані у дисертації, базуються на сучасних фундаментальних теоретичних основах ливарного виробництва і теорії формоутворення. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, висвітлених у дисертації Крейцера К.О., не викликає сумнівів, тому що забезпечена великим обсягом досліджень, узгодженістю теоретичного аналізу результатів і промислових результатів досліджень і випробувань. Загальні висновки по дисертації відображують одержані автором результати, розкривають наукові та практичні досягнення.

3. Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Достовірність і обґрунтованість одержаних результатів і наукових положень визначається комплексним застосуванням ряду незалежних сучасних стандартних експериментальних методів дослідження. Автор розробив та удосконалив декілька оригінальних методик. Експерименти та випробування проведені у промислових умовах на атестованому обладнанні з використанням перевірених вимірювальних приладів, що підтверджує достовірність отриманих результатів.

Наукова достовірність результатів досліджень, висновків та положень, висвітлених у дисертаційній роботі, не викликає сумнівів і забезпечена проведеними дослідженнями, кваліфікованим підходом до обробки експериментальних даних, оцінкою похибок вимірювань, узгодженістю лабораторних і промислових результатів випробувань та достатньою кількістю проведених досліджень.

4. Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій

Проведені автором дослідження з отримання нових науково обґрунтованих теоретичних та експериментальних результатів щодо вивчення основних закономірностей виготовлення магнієвого литва литтям під тиском з імпульсною подачею захисного газу на всіх етапах плавки та роздачі металу є суттєвими для розвитку теорії та технології одержання якісних виливків з магнієвих сплавів литтям під тиском з гарячою камерою пресування.

В процесі виконання досліджень, як у лабораторних, так і у промислових умовах, дисертантом отримані результати, аналіз яких дозволяє говорити, що вони відповідають критерію наукової новизни.

Отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, сукупність яких дозволила експериментально довести та розробити технологію управління якістю литва під тиском магнієвих сплавів та одержання виливків із магнієвих сплавів литтям під тиском на основі імпульсної системи захисту розплаву.

Наукова новизна, визначена в дисертації та авторефераті, на мій погляд не підлягає сумніву.

До несумнівної практичної новизни слід віднести заміну алюмінієвого литва на магнієве з одержанням високої якості виливків та їх механічних властивостей.

5. Цінність результатів для науки та практики

Результати роботи сприяють розвитку сучасної промислової технології одержання фасонних виливків з магнієвих сплавів литтям під тиском.

Одержали подальший розвиток уявлення щодо закономірностей окиснення, загоряння і захисту розплаву магнієвих сплавів.

Практична значимість роботи полягає в тому, що результати теоретичних та експериментальних досліджень дозволили розробити принципові моменти технології захисту розплаву магнію при ЛПТ, створити автоматизовану систему контролю та керування технологічним процесом газового захисту розплаву магнію в плавильних і роздаткових агрегатах комплексів лиття під тиском, впровадити її у виробництво та обґрунтувати організацію виробництва радіаторів з магнієвих сплавів на заміну аналогів з алюмінієвих сплавів у обсязі 1.000.000 шт./рік.

Порівняльний аналіз економічної ефективності організації виробництва радіаторів з магнієвих сплавів показав позитивний результат. Результати роботи пройшли промислові випробування

Практична цінність розроблених технологій відображена в актах промислових випробувань в «ВАМАХ Poland Sp.zoo» (Польща) - акт від 22.10.2015 та ДП ІЦЛПД (Україна) акт від 20.11.2017.

6. Повнота відображення в опублікованих роботах наукових положень, висновків і рекомендацій

Дисертація є самостійною завершеною науковою працею, результати якої викладені грамотно і на високому рівні. Вона складається з 5 розділів, списку використаних джерел зі 160-ти найменувань та 10 додатків. Структура дисертації логічна і послідовна. Викладені у роботі матеріали досліджень проілюстровані 43 рисунками та 29 таблицями.

Зміст 23 наукових публікацій (в тому числі в 7 статтях у наукових фахових виданнях, 1 з яких – у закордонному виданні і 1 – у виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus), у яких повною мірою відображені результати досліджень, а також автореферату ідентичні за змістом. Автореферат дисертації містить в собі всю необхідну інформацію для її оцінки. Робота відповідає вказаній спеціальності 05.16.04 – «Ливарне

виробництво» виконана та оформлена згідно держстандартів України.

7. Рекомендації по використанню результатів дисертації

Враховуючи безумовну наукову та, особливо, практичну значимість дисертації Крейцера К.О., вважаю необхідним рекомендувати її результати до подальшого впровадження на підприємствах автомобілебудування, авіабудівної промисловості та інших, пов'язаних з литтям легких сплавів, а також в наукових організаціях, які займаються технологічними розробками з лиття сплавів на основі магнію.

8. Загальні зауваження щодо змісту дисертації

На жаль, не дивлячись на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, є ряд недоліків, по яких можуть бути сформульовані наступні зауваження:

1. Стор. 22, п.3 – Дуже складне для розуміння велике речення, у якому, до речі, порушені відмінки. Слід писати більш зрозуміло.

2. Стор. 23, написано «...значення міцності, відносного видовження та твердості МЛ5 може знаходитись в межах 140-285 МПа, 1,1-3,1, 80-100 НВ відповідно. Водночас слід відзначити, що величина міцності, пластичності перевищує аналогічні характеристики для виливків зі сплаву МЛ5, що визначені у ГОСТ 2856-79 для лиття під тиском у 1,5 та 3 рази відповідно». У стандарті наведено величину тимчасового опору 175 МПа. Це більше нижньої межі у 140 МПа. Відносне видовження у стандарті у 1% наведено з запасом, як і інші характеристики. Тому слід казати, що одержано результати на рівні стандарту. А низькі результати міцності потрібно пояснювати.

Окрім цього пластичність характеризується відносним звуженням, а не відносним видовженням. Слід стежити за термінологією.

3. Стор. 24, перший абзац. Написано «...за умов організації виробництва радіаторів з заміною Р300АЛ на Р300МГЛ, маса останнього зменшується у 1,3 рази, а питома маса в 1,4 рази відповідно.» За умови однакової конструкції радіаторів маса повинна зменшуватися у 1,47 рази.

«Питома маса» [кг/КВт] - невдалий вислів. Враховуючи коефіцієнти теплопровідності алюмінію та магнію співвідношення повинне складати 1,51.

4. Стор. 53, написано «Тому в рамках цієї роботи прийнято рішення про створення на базі лабораторної, відомої системи вимірювання поверхневого натягу, автоматичної установки, що працює в складі адаптивної системи діючого виробництва, схематично це представлено у Додатку Ж1 та Ж2.» Враховуючи, що опису за текстом немає, то стає незрозумілим матеріал додатків.

5. Стор. 60, у табл. 2.1 наведено невірні дані: стовпчик «склад суміші» нульовий рівень повинен складати 0,406, а крок – 290 замість 0,348 та 0,116.
6. Стор. 77. Повторюється таблиця 2.1 під номером 3.1, але з правильними даними.
7. Стор. 89, рис. 3.5. Чому відбувається руйнування плівки? Тому, що перервали подачу газу на розплав? Про це можна тільки здогадуватися. За текстом інформації немає.
8. Стор. 89, написано «В якості узагальненого відгуку використовується час існування захисної плівки (до появи загоряння) Y_c ». Чому він узагальнений?
На стор 97, у табл. 3.7 написано «узагальнений показник якості». Якщо він узагальнений, то за визначенням через нього можна розраховувати різні характеристики, які кожний окремо характеризують якийсь бік якості (різні механічні властивості, різні фізичні властивості тощо).
9. Стор. 98-99, формули 3.9 та 3.10 включають в себе змінні як у натуральному вигляді (T, σ), так і у кодованому – (x_3, x_4). Це не припустимо. Якщо це не кодовані фактори, то у формулах це потрібно бачити.
10. Стор. 109. Написано «...при плавленні магнієвого сплаву МЛ5 міцність сплаву σ_b , знижується з 21 до 82 МПа». По-перше – зростає, а по-друге 21 і 82 МПа це не магнієвий сплав.
Написано «...приріст величини відносного видовження, δ пропорційно зростає з 0,07 до 0,1 % .». То δ це приріст чи відносне видовження? І що це за величини, їх не можна виміряти стандартними приладами, похибка, як правило, складає 5 % від величини, а є ще поріг чутливості метода дослідження.
Написано «...величина відносного видовження, δ спадає з 0,65 до 1,0 %.» Зростає, а не спадає. На якому обладнанні одержано значення 0,65 з точністю 0,01%.
11. Стор. 111, написано спочатку «За умов зростання вмісту сірчистого ангідриду SO_2 в захисній суміші з 0,2 до 0,8% при плавленні магнієвого сплаву МЛ5 величина твердості виливків з магнієвого сплаву МЛ5 зростає незначно, лише з 2 до 6 НВ.» Що це за матеріал, це не сплав. І трохи пізніше написано «величина твердості НВ виливків з магнієвого сплаву МЛ5 за умов варіювання значеннями перемінних факторів в дослідницькому інтервалі, яка становила 100 НВ та 80,0 НВ відповідно.» То які дані вірні?
12. За текстом дисертації у деяких місцях зустрічається слово «регресивний» аналіз, а повинно бути регресійний.
13. За текстом на сторінках 4,5, 30, 32, 34, 56,60, 95 та деякі інші є невдалі вирази та русизми («легуючі елементи» - потрібно легувальні елементи, «марганець» - потрібно

манган, «окислення» - потрібно окиснення, «володіють» - потрібно мають, «насос» - потрібно pompa, «перемінні» - потрібно змінні, «тіснота» - перекладається як тиснява).

9. Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам

Вказані зауваження не мають вирішального значення щодо формулювання наукової новизни та практичної цінності роботи і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Крейцера К.О. Дисертація є вагомим внеском у розвиток теорії та технології керування якістю литва з магнієвих сплавів при литті під тиском і виготовлення якісних виливків.

Дисертація містить реальний, готовий після певної адаптації до впровадження на підприємствах, науково обґрунтований експериментальний матеріал, який підтверджено промисловими випробуваннями розробок дисертації, а також достовірні, суттєві і чітко сформульовані висновки, які у сукупності можуть бути охарактеризовані як успішне вирішення практичної ливарної задачі з розробки технологічних основ одержання виливків із магнієвих сплавів литтям під тиском на основі імпульсної системи захисту розплаву від окиснення. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, повністю відповідає вимогам п.9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567, а її автор – Крейцер Кирилл Олександрович за наукові і практичні результати, викладені в дисертаційній роботі, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – «Ливарне виробництво».

Офіційний опонент

д.т.н. професор кафедри ливарного виробництва
інституту матеріалознавства та зварювання імені
Є.О. Патона

Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут»



Могилатенко В.Г.

Підпис доктора технічних наук, професора Могилатенка В.Г. засвідчую

В.Г. Могилатенко
Г. Ветрова