

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента
Герасименко В.Г. на дисертаційну роботу
Баранова Івана Ростиславовича

«Процеси гідродинаміки і твердіння при одержанні тонкого листа методом двовалкового розливання сплавів на основі заліза та алюмінію», яка подана до спеціалізованої вченої ради Д 26.232.01 при Фізико-технологічному інституті металів та сплавів НАН України на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.02 – *Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів (136 – металургія)*.

Актуальність теми дисертації. Сучасний світовий металургійний ринок вимагає розвитку технологій, здатних забезпечити підвищення якості кінцевої продукції при одночасному зниженні собівартості. Найбільш широким застосуванням в машинобудуванні, автомобільній, будівельній, харчовій та інших галузях промисловості користується тонкий металопрокат. Пряме отримання тонкого листового прокату з розплаву чорних та кольорових металів з використанням двовалкових ливарно-прокатних агрегатів є ефективним та перспективним досягненням в світовій металургії. Це обумовлено значними перевагами отримання листового прокату відносно традиційних технологій з прокаткою слябів: значне скорочення енерговитрат (в 3-7 разів); менша довжина технологічної лінії (до 50м на відміну від традиційної схеми 150-1000м), цикл виробництва прокату займає не більше 15хв; екологічна чистота (зниження шкідливих викидів газу на 70-90%); можливість успішно інтегруватись до підприємств з повним циклом як ефективно доповнення до структурних та технологічних змін при їх модернізації. Світові країни-лідери металургійного виробництва досягли вагомих результатів в розробці технології та конструкційному оснащенні двовалкової розливки-прокатки та її впровадженні в металургійну промисловість. Однак, проблеми низької стабільності процесу двовалкового лиття-прокатування та низька промислова потужність двовалкових машин в порівнянні з їх теоретичною можливістю не дозволяють впроваджувати в широких масштабах технологію двовалкової розливки-прокатки тонкого металевого листа, потреби якого постійно збільшуються. Тому, з урахуванням вимог світового ринку металопрокату з підвищення якості плоского прокату при одночасному зменшенні його собівартості, двовалкова розливка-прокатка буде залишатися найбільш перспективним процесом отримання тонкого листового прокату, проблеми якого необхідно вирішувати.

Проблеми стабільності двовалкового розливання-прокатування пов'язані насамперед з процесами тепло і масопереносу в рідкому металі, який знаходиться в міжвалковому просторі, труднощами визначення і контролю точки змикання фронтів кристалізації, які утворюються на валках, технічною складністю визначення та контролю параметрів технологічної

зони кристалізації-деформації. Назване ускладнюється високою динамікою процесу та недоступністю технологічних зон.

Для вирішення цих проблем необхідні ефективні фізико-математичні алгоритми, які максимально точно дозволяють визначити технологічні параметри процесу двовалкової розливки-прокатки. Дисертаційна робота спрямована на одержання методів визначення та прогнозування оптимальних фізико-технологічних параметрів двовалкової розливки-прокатки для забезпечення стійкого процесу та розробці на їх основі рекомендацій з промислового впровадження у вітчизняну промисловість технології прямого одержання тонкого листа з розплаву сталі та алюмінію.

З погляду на викладене, тема дисертаційної роботи безумовно є актуальною, становить значний науковий та практичний інтерес. Актуальність теми підтверджується також тим, що подана робота відповідає тематиці науково-дослідних робіт відділу безперервного лиття та деформаційних процесів Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України (№ДР III-17-12-626, №ДР0112U001463, III-24-18-688), а також рішенню Рішення координаційної ради з організації спільних робіт ДП «КБ «Південне»» та наукових установ НАН України від 26.05.2016р.

Ступінь обґрунтованості, повнота викладення та наукова новизна отриманих результатів. Обґрунтованість та достовірність отриманих автором результатів досліджень і висновків дисертації базується на використанні в роботі фундаментальних положень теорії металургійних процесів, теорії тепло і масообміну та підтверджуються комплексними дослідженнями з використанням фізичного та математичного моделювання, числових методів розрахунку, комп'ютерного моделювання, стандартних випробувань механічних властивостей металу, оптична мікроскопія, металографічний структурно-фазовий та хімічний аналіз, крім того, достовірність результатів підтверджується також апробацією роботи та публікаціями експериментальних даних.

Наукові положення та висновки, що містяться в дисертації, спираються на великий матеріал фізико-математичного моделювання та його аналіз, мають достатньо високий ступень наукової обґрунтованості і не викликають сумнівів. Автор дисертації правильно сформував мету і завдання своєї роботи, і судячи зі змісту дисертації та автореферату, повністю їх виконав.

Наукова новизна отриманих дисертантом результатів і висновків полягає у наступному:

– вперше на основі результатів експериментальних досліджень і розрахункових значень товщини кірки затверділого металу визначено, що при валковій розливці-прокатці коефіцієнт швидкості кристалізації для технічного алюмінію складає $7,4\text{мм/с}^{0.5}$, для сталі $4,2\text{мм/с}^{0.5}$, що значно перевищує значення коефіцієнтів кристалізації при твердінні металу в зливках. Визначенні коефіцієнти дозволяють отримувати достовірну інформацію про довжину і границі зон кристалізації-деформації, визначати та прогнозувати положення точки змикання кірок відносно вісі валків;

- вперше на фізичної та математичної моделях встановлено якісний збіг характеру поля течії та числових значень швидкості розплаву металу в міжвалковому просторі двовалкової установки, що дозволяє скорегувати витрати на подальші поглибленні експериментальні дослідження гідродинаміки течії в міжвалковому просторі;
- на основі відомих експериментальних досліджень вперше отримано формули для розрахунку границі текучості залізобуглецевих та легованих сталей в інтервалі температур «солідус-ліквідус», які в поєднанні з даними в'язкості рідкої сталі та її опору деформації в твердому стані описують реологію сталей і можуть бути використані для розрахунку параметрів технологічного процесу та устаткування двовалкової розливки-прокатки;
- встановлено, що такі позитивні особливості первинної литої структури як щільність та дисперсність дендритної структури, а також рівномірний розподіл структурних складових, закладені на стадії кристалізації в умовах двовалкової розливки зберігається і після деформаційно-теплової обробки сталей з різними ступенями обтиску ($\epsilon=34-55\%$), що відкриває додаткові можливості підвищення якості листа;
- на основі експериментальних досліджень і результатів численних розрахунків фізико-математичного моделювання вперше встановлені залежності стабільності параметрів технологічного процесу розливки-прокатки (ступень деформації, товщина і температура листа) від температури розплаву, рівня заливки, розподілу металу в між валковому просторі;
- визначено технологічні параметри, розливки-прокатки алюмінієвих сплавів, кристалізація яких відбувається в широкому (> 100 °C) інтервалі температур;
- вперше в світовій практиці методом двовалкової розливки-прокатки виготовлено смуги з високоміцного алюмінієвого сплаву Д16.

Практичне значення результатів, одержаних здобувачем.

- Визначені в роботі дані про комплексний вплив технологічних параметрів валкового процесу дозволяють прогнозувати та встановлювати оптимальні стабільні режими двовалкової розливки-прокатки стрічки різної товщини із залізобуглецевих та алюмінієвих сплавів і можуть бути використані та реалізовані в експериментальних дослідженнях і в промислових умовах, а також дозволять скоротити витрати на експериментальні дослідження, проектування та виготовлення ливарних двовалкових дослідних та промислових установок.
- Проведені експерименти по виготовленню смуги з високоміцного алюмінієвого сплаву Д16 на двовалковій установці дозволили визначити оптимальні температурні, швидкісні, деформаційні технологічні параметри процесу одержання литих смуг товщиною 2-3 мм. Результати цих досліджень

спрямовані на розробку дослідно-промислової валкової машини для розливки – прокатки високоміцних алюмінієвих сплавів систем Al – Mg (AMг 6), Al – Zn (В 95), Al – Cu – Li (1450).

Повнота викладення основних результатів дисертаційної роботи в друкованих працях.

Матеріали дисертаційної роботи складаються з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури (145 найменувань), додатків і викладені на 186 сторінках, містять в тому числі 73 рисунки, 21 таблицю.

Результати та основні висновки досить повно представлені в публікаціях автора, оприлюднені на міжнародних конференціях, відомі фахівцям, які працюють в області металургії сталі, кольорових металів та спеціальних сплавів. Їх викладено в 25 наукових працях, з них 10 статей у спеціалізованих фахових виданнях, що відповідають переліку МОН України, 2 статті у збірнику наукових праць, 1 стаття у колективній монографії, 1 стаття у періодичному науковому виданні України, що внесено до міжнародних наукометричних баз, 11 тез доповідей на науково-практичних конференціях.

Ідентичність змісту автореферату та основних положень дисертації.

Автореферат дисертації повністю відповідає змісту результатів та висновків дисертаційної роботи. Він характеризує ступінь новизни та практичної цінності досліджень, проведених здобувачем, і показує особистий вклад дисертанта у вирішенні задач, які було поставлено в роботі.

Відповідність дисертаційної роботи спеціальності.

Дисертаційна робота Баранова Івана Ростиславовича «Процеси гідродинаміки і твердіння при одержанні тонкого листа методом двовалкового розливання сплавів на основі заліза та алюмінію» за змістом, об'ємом та оформленням повністю відповідає спеціальності 05.16.02 – металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів (136 – металургія), за якою представлена до захисту.

Недоліки відносно змісту та результатів роботи.

До недоліків відносно змісту та результатів роботи слід віднести наступне:

1. У розділі 1 (стор. 25-62) дисертації достатньо повно висвітлено зарубіжний та вітчизняний досвід досліджень та промислової реалізації технологічного процесу двовалкової розливки-прокатки, що, безумовно, заслуговує великої

уваги. Однак, не наведено досліджень з застосуванням фізико-хімічних та зовнішніх впливів на метал, що кристалізується, для інтенсифікації внутрішнього тепловідведення, теплопереносу в рідкій фазі розплаву.

2. На стор. 63-65 (розділ 2) відсутні чіткі пояснення обраних матеріалів та їх параметрів для фізичного моделювання течії розплаву в міжвалковому просторі.

3. В роботі мають бути докладніше розглянуті методи визначення якісних та службових показників, а також структуроутворення сталевих листів в умовах двовалкової розливки – прокатки .

4. Наведене вперше на стор. 73 (розділ 2.3) назву геометрично подібних «коміль-зон» не розшифровано, що може ускладнити загальне розуміння тексту читачеві, що не обізнаний з специфічними назвами технології валкового лиття.

5. У розділі 3.1 (стор. 86-96) товщину кірки описано функцією «квадратного кореня», яка не враховує реальну закономірність кристалізації металу у початковій стадії. Авторами робіт [30, 117] запропоновано вживати формулу

для валкового розливання $\delta(\tau) = (x_0^2 + 2k\tau)^{1/2}$ де x_0 і k – постійні значення для даного металу або сплаву. Тому доцільно було б надати пояснення.

6. У наведених теоретичних і експериментальних дослідженнях мало приділено уваги ширині двофазної зони при розливанні двовалковим методом.

7. У роботі був би доцільним порівняльний аналіз якісних та службових показників металопродукції, отриманої методом двовалкового розливання сталі та звичайним методом.

8. На рис. 3.14 (стор. 107) на осі ординат відсутні назва і одиниці виміру.

9. В тексті дисертації (розділ 5, стор. 151-152) відсутні пояснення низької міцності і пластичності прокату зі сплаву Д16, отриманого двовалковим розливанням.

10. В тексті на стор. 159 (розділ 5) визначення «гаряча і холодна прокатка впливає на точність плоского прокату» та «під час деформації відбувається наклеп зерна аустеніту та його наступна релаксація під час між проходками» потребують додаткове пояснення.

11. У формулі 4.16 (стор. 139, розділ 4) щільність дендритної структури позначена терміном ПДС= $S_d / S_{мд}$, замість ЩДС= $S_d / S_{мд}$.

Загальні висновки.

Зазначені зауваження не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи Баранова І.Р. В цілому, вона за своїм рівнем, об'ємом та оформленням повністю відповідає вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: є закінченою науковою працею, яка виконана на актуальну тему, включає новизну методичних та науково-технічних рішень, які витікають з достовірних експериментальних даних. Загальні висновки дисертаційної роботи повністю відповідають її змісту та представляють одержані результати.

На основі вищезгаданого вважаю, що дисертаційна робота Баранова Івана Ростиславовича «Процеси гідродинаміки і твердіння при одержанні тонкого листа методом двовалкового розливання сплавів на основі заліза та алюмінію» відповідає вимогам Постанови кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 «Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.02 – металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів (136 – металургія).

Ст. наук. співробітник
ІЧМ НАН України,
канд. техн. наук, доц.

Герасименко В. Г.

тел.: +38(056)7900534; e-mail: 4124086@ukr.net

Підпис Герасименко Віктора Григоровича засвідчую.

Вчений секретар
ІЧМ НАН України, к.т.н.
«__» _____ 2020 р.



Кононенко А. А.