**Луценко Віктор Олександрович. Розвиток теоретичних основ і вдосконалення комплексних технологій виробництва двошарових листів пакетним способом : Дис... д-ра наук: 05.03.05 – 2007**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Луценко В.А Розвиток теоретичних основ і вдосконалення комплексних технологій виробництва двошарових листів пакетним способом. – Рукопис.  Дисертація на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук за фахом 05.03.05 «Процеси і машині обробки тиском». – Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, 2007.  Дисертація присвячена розвитку теоретичних основ і вдосконаленню технологічних процесів виробництва двошарових листів пакетним способом на всіх етапах – при збирані пакетів, їхній прокатці і обробці розкатів.  З використанням теоретичних і експериментальних методів досліджені і удосконалені конструктивні параметри пакету і способи підготовки компонентів пакету до збирання, режими прокатки, що забезпечують зниження витрат металу. Отримали подальший розвиток методи визначення пошарової деформації і енергосилових параметрів при прокатці пакетів з урахуванням геометричної і температурної асиметрії. Виявлені закономірності утворення неплощинності двошарових листів, розроблені режими виправлення чотиришарових розкатів, уточнено завантаження правильних машин, уточнена величина обрізі при різанні закритих розкатів. Науково обґрунтованій технологічний процес виробництва двошарових листів поєднання сталь-титан із застосуванням силіцювання контактних поверхонь і здобута в кількісному вираженні залежність якості з'єднання шарів від схеми прокатки, встановлено вплів параметрів пакету і режиму обтискань на формозмінення шарів і енергосилові параметри прокатки, визначені умови охолодження біметалу. Розробленій спосіб отримання біметалу сталь-титан із застосуванням механічного зачеплення. Запропонованій і реалізований комплекс нових технологічних рішень на Алчевському і Маріупольському металургійних комбінатах, що дозволило значно підвищити якість продукції і знизити витрати металу і енергії. | |
| |  | | --- | | У дисертації виконані нові науково обґрунтовані розробки в області виробництва двошарових листів, які забезпечують рішення важливої науково-прикладної проблеми: розвиток теоретичних основ і вдосконалення комплексних технологій виробництва двошарових листів пакетним способом з метою підвищення якості продукції і зниження енергетичних і матеріальних витрат.   1. З аналізу науково-технічної і патентної літератури виходить, що, не дивлячись на наявні обширні дослідження в області виробництва біметалів, і, зокрема, двошарових корозійностійких листів, отримання їх пов'язано з великою витратою матеріальних і енергетичних ресурсів. У зв'язку з тим, що матеріальні і енергетичні витрати визначають собівартість металургійної продукції і її конкурентоспроможність, то розробки, спрямовані на їх зниження, є в даний час актуальними. Дослідження конструкційних параметрів пакетів, процесів їх прокатки і обробки в умовах основного виробника великогабаритних двошарових корозійностійких листів в Україні показали, що мають місце істотні резерви для підвищення якості і зниження матеріальних і енергетичних витрат при їхньому виробництві. Слід зазначити, що широкому вживанню деяких біметалів, що мають унікальні експлуатаційні властивості, наприклад, поєднання сталь-титан, перешкоджає необхідність вживання складних технологій для отримання якісного з'єднання шарів 2. На підставі теоретичного аналізу умов прокатки чотиришарових пакетів на чорновій кліті, виконаного з використанням метода верхньої оцінки та методу кінцевих елементів, розроблений спосіб прокатки пакетів з рівнотовщинними слябами основного шару, нерівномірно нагрітих в методичній печі, що полягає в охолоджуванні більш нагрітого сляба за допомогою гидрозбиву в перших 6 – 8 проходах, і який забезпечує отримання двошарових листів товщиною, відповідною вимогам ГОСТ 10885-85. Упровадження запропонованого способу показало, що товщина двошарових листів, одержаних за пропонованим способом, не виходить за межі ГОСТ 10885-85, тоді як кількість листів, одержаних за існуючою технологією і відповідають допускам по товщині, складає 92%. Зниження витрат металу в результаті впровадження пакетів з рівнотовщинними слябами склало 60 кг/т, а коефіцієнт трудомісткості при виготовленні вказаних пакетів склав 0.93. При цьому має місце повна відповідність замовленням маси і розмірів двошарових листів, одержаних за вдосконаленою технологією, а зниження кількості проходів з подачею рідини на нижню поверхню пакету не приводить до наявності вкатаної окалини 3. Розроблений технологічний процес виробництва двошарових листів із застосуванням подвійного нікелювання, який полягає в попередньому нанесенні тонкого шару нікелю у ванні декапірування і подальшому нанесенні основного шару у ванні нікелювання, що забезпечило зниження пористості покриття і дозволило значно поліпшити якість з'єднання шарів, а також технологічний процес виробництва двошарових листів із застосуванням нікелевої фольги замість гальванічного нікелевого покриття, що дозволило понизити понизити трудомісткість виготовлення пакетів в 0,745 раз і, в результаті вартість збирання пакетів з 15.2 руб/т до 11.32 руб/т. Встановлено вплив першого обтискання, дробності деформації, сумарного обтискання та термообробки на якість з'єднання шарів, і запропонована нова конструкція пакету, що забезпечує зниження вірогідності забруднення контактних поверхонь в процесі приварювання герметизуючої планки до сляба основного шару, а також зниження рівня окислення контактних поверхонь при нагріванні в методичній печі за рахунок зменшення зазорів між верхнім слябом основного шару і пластинами плакуючого шару. Вперше одержана залежність міцності з'єднання шарів від товщини нікелевої фольги; встановлений зв'язок нерівномірності деформації підшару і міцності з'єднання шарів. Встановлено, що наявність великих зсувів в зоні контакту несприятливо позначається на міцності з'єднання, максимальна міцність з'єднання має місце при помірних зсувах у разі, коли деформація підшару дещо менше загальної деформації пакету. Для виробництва листів, призначених до експлуатації в складних умовах, наприклад в умовах циклічних навантажень, і таких, що підлягають складним операціям при їхньому виготовленні, розроблений і випробуваний в промислових умовах спосіб виробництва двошарових листів із застосуванням комбінованих підшарів, який поєднує в собі переваги гальванічного покриття і нікелевої фольги. 4. У результаті дослідження розділових обмазок різного складу і співвідношення вогнетривкої і зв'язуючої складових встановлено, що якнайменший рівень газовиділень спостерігається при використовуванні обмазки складу MgSO4 – MgO в співвідношенні 4:1 і визначений раціональний режим її підготовки. Розрахунок методом ізобарних потенціалів показав, що використовування розділової обмазки складу MgSO4 – MgCO3 приводить до виникнення окислювальних реакцій на поверхні сталей плакуючого шару. Використання розділової обмазки складу MgSO4 – MgО і способу її підготовки дозволило понизити кількість обрізі, яка викликаною додатковою вирізкою дефектів, на 7%. Для зниження окислення контактних поверхонь розроблена розділова обмазка, що містить як основу порошкоподібний алюміній, а якості зв'язуючої – бітумний лак. Взаємодія компонентів розділової обмазки з атмосферою усередині пакету сприяє зменшенню окислення контактних поверхонь і забезпечує відновну активність атмосфери. 5. Розроблені і випробувані конструкції пакетів для поперечної схеми прокатки із змінененою схемою збирання герметизуючої рамки, що знижує вірогідність руйнування зварних швів при прокатці, пакетів для використовування некондиційних пластин плакуючого шару і уніфіковані пакети, що дозволяє скоротити кількість типорозмірів пакетів для виробництва двошарових листів завтовшки 8 – 12 мм. Показана необхідність фіксації пластин плакуючого шару в пакеті і для всіх типорозмірів пакетів уточнені величини зазорів між герметизуючою рамкою і пластинами плакуючого шару і розроблений спосіб фіксації пластин плакуючого шару в пакеті, що забезпечує зниження обрізі на 8-11%. 6. Уточнена математична модель гарячої прокатки чотиришарового біметалевого пакету, що враховує характер зламу ліній ковзання під час переходу через межу з'єднання шарів і відмінність механічних властивостей металу на вході і виході з очага деформації та проведена кількісна оцінка цього уточнення. Вживання моделі дозволило визначити раціональну конструкцію пакету і режим обтискань, що забезпечує зниження витрати металу при прокатці і енергії при нагріві в методичній печі. На підставі експериментальних і теоретичних досліджень одержана залежність критичної деформації, що забезпечує початок сумісної пластичної деформації компонентів пакету від співвідношення товщини шарів в пакеті і величини параметра форми при температурі початку прокатки. 7. Вперше розроблена математична модель прокатки пакетів в умовах геометричної і температурної асиметрії, що дозволяє визначати локальні і інтегральні параметри процесу. Встановлено, що при прокатці в чорновій кліті стану 2800, тобто в умовах прокатки відносно високих тіл, величина моменту прокатки на валку, що контактує з твердішим шаром, має вище значення, ніж на валку, що контактує з м'якшим шаром. Одержали теоретичне підтвердження експериментальні промислові дослідження прокатки симетричних пакетів з рівнотовщинними слябами основного шару при диференційованому охолоджуванні гідрозбивом. 8. Науково обґрунтований принцип побудови режиму обтискань пакетів, що забезпечує зниження кількості розкриттів пакетів при прокатці; вперше встановлено вплив властивостей герметизуючої планки на розкриття переднього торця пакету при прокатці і запропонований диференційований підхід до вибору матеріалу герметизуючої планки, відповідно до якого матеріал рамки повинен мати опір деформації при температурі прокатки не менше опору деформації металу основного шару. Упровадження розроблених рекомендацій із застосуванням схеми поперечної прокатки зумовило зниження витрати металу на 27 кг/т за рахунок зменшення кількості розкриттів і додаткової обрізі, пов'язаної з окисленням контактних поверхонь при розкритті пакетів. 9. Вперше виконано теоретичне дослідження зміни залишкових напружень при виправленні чотиришарових біметалевих розкатів і науково обґрунтований деформаційний принцип побудови режиму холодного виправлення чотиришарових розкатів, який полягає в тому, що перші проходи проводяться з максимальними перекриттями, а останній проводиться після кантування із зниженим перекриттям. Вживання даного принципу використано при розробці режиму виправлення розкатів в умовах АМК, упровадження якого дозволило одержувати двошарові листи з неплощинністю, що відповідає вимогам ГОСТ 10885-85. Визначено вплив температури виправлення на неплощинність двошарових листів внаслідок чого рекомендовано холодну правку проводити при температурі не вище 50 і надано рекомендації для внесення в Технічні умови для регламентації температури контролю неплощинності. Упровадження розроблених режимів правлення в умовах стану 2800 АМК дозволило одержувати 100% двошарових листів з неплощинністю, що відповідає вимогам ГОСТ 10885-85, в порівнянні з 57% при правленні за існуючою технологією. 10. На підставі експериментальних досліджень форми межі плакуючого шару в закритому чотиришаровому розкаті і розподілу товщини плакуючого шару по поверхні двошарового розкату визначена мінімальна величина бокової обрізі, що забезпечує зниження витрати металу і отримання двошарових листів з параметрами, відповідними вимогам стандарту. Величина бічної обрізі листів, одержаних із застосуванням поперечної схеми прокатки, складає 60–80 мм з кожної сторони, а при використанні інших схем прокатки - 90 – 110 мм, що дозволило понизити витрати металу на 1.2 % 11. Вперше науково обґрунтований спосіб отримання біметалевої композиції сталь-титан із застосуванням хіміко-термічної обробки поверхні титана, зокрема силіцювання, в якому поєднане рішення двох проблем, що виникають при отриманні цього з'єднання – захист поверхні титана від насичення газами повітря і запобігання утворенню крихких карбідів в перехідній зоні. На підставі експериментальних досліджень встановлені основні параметри технологічного процесу силіцювання і прокатки, що забезпечують отримання якісного з'єднання шарів і високих технологічних властивостей біметалу. Вперше на кількісному рівні визначено вплив схеми прокатки на якість з'єднання шарів біметалу сталь-титан: показано, що підвищення міцності з'єднання може бути досягнуте як за рахунок збільшення величини першого обтискання, так і величини обтискання при прокатці в поперечному напрямі, що є важливим чинником при прокатці на станах, величина обтискань на яких обмежена їх міцностними характеристиками. 12. Теоретично розроблений і експериментально на прикладі поєднання сталь-титан випробуваний спосіб виробництва двошарових листів із застосуванням механічного зачіплення типу ластівчин хвіст, яке утворюється в процесі сумісної деформації компонентів пакету. При цьому з'єднання шарів забезпечуються як за рахунок надійного механічного зачіплення, так і металевого зв'язку. Спосіб може бути застосований для отримання з'єднань, які важко одержувати звичними методами обробки металів тиском. Визначено умову охолоджування біметалу сталь-титан з урахуванням геометричних і теплофізичних параметрів складових композиції, що дозволяє одержувати біметал з мінімальним рівнем залишкових напружень і крихких з'єднань в перехідній зоні. 13. Упровадження результатів роботи на Алчевському і Маріупольському металургійних комбінатах дозволило поліпшити якість двошарових листів, понизити витрату металу і енерговитрати на їх виробництво. | |