

Винахід відноситься до галузі чорної металургії, зокрема до процесів рафінування й модифікування чорних і кольорових сплавів.

Відомий спосіб газокисневої обробки сталі й сплавів, що включає знеуглецювання шляхом газокисневої продувки й рафінування металу, у якому газокисневу продувку металевого розплаву здійснюють у режимі короткочасних продувок тривалістю 0,1-6хв із перервами між ними 0,13-5хв. Після кожної зупинки продувки змінюють співвідношення в дуття кисню й інертного газу [А.С. СРСР №653299, кл. С21С5/56, 1979].

Недоліком способу є велика тривалість процесу через зупинки продувки й пов'язаних із цим перервами між ними. Ця обставина збільшує цикл плавки.

Найбільш близьким по технічній сутності й результату, що досягається (прототип), прийнятий спосіб позапічної обробки сталі, що включає корегування хімічного складу металу введенням домішок у ківш, продувку металу інертним газом через заглиблену фурму, метал продувають інертним газом протягом 20-60с до уведення домішок, при уведенні домішок і протягом 60-300с після уведення домішок із заглибленням фурми на 0,2-0,5 висоти ковша, а в залишковий час обробки із заглибленням фурми на 0,8-0,9 висоти ковша [А.С. СРСР №1747505, кл. С21С7/00, Бюл. №26, 1992].

Недолік способу полягає в тому, що у зв'язку з великими тепловими втратами при обробці металу істотно знижується його температура, що вимагає значних витрат газу й порівняно великого часу на обробку, у результаті цього - низький ефект рафінування або модифікування розплаву й невисока якість литих виробів з нього.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення способу позапічної обробки сталі, у якому шляхом продувки й нагрівання металу інертним плазмоутворюючим газом, забезпечення максимальною зниження негативного впливу неметалічних включень на властивості сталі, вирівнювання хімічного складу й температури металу по висоті ковша й за рахунок цього зниження терміну позапічної обробки металу, підвищення його якості й зниження собівартості.

Поставлене завдання вирішується тим, що в способі позапічної обробки сталі, що включає корегування хімічного складу металу введенням твердих легуючих домішок у ківш, продувку металу інертним газом через заглиблені фурми із заглибленням їх у метал, відповідно до винаходу, метал продувають і нагрівають інертним газом, що виходить із плазмотронів непрямої дії, на двох рівнях розплаву в ковші, причому на верхньому рівні плазмовий струмінь переміщують на глибину, при якій вихідне сопло плазмотрона стикається із межею поверхні поділу шлак-метал, після чого вводять легуючі домішки, а продувку нижнього рівня проводять від початку уведення домішок і до кінця обробки шляхом реверсивного повздовжнього переміщення плазмового струменя в розплав металу в межах 0,5-0,9 висоти металу, причому при необхідності, в інертний газ, перед подачею його в плазмотрони, вводять газові домішки, наприклад природний газ, двоокис вуглецю.

Порівняно високі концентрації енергії, швидкість витікання плазми й дуже швидка передача тепла металу, забезпечують видалення  $H_2$ ,  $N_2$  і  $O_2$  ще до уведення яких-небудь флюсів і реагентів, при цьому вигорання вуглецю, марганцю й кремнію не відбувається.

Плазмові струмені, що виходять із плазмотронів на двох рівнях розплаву в ковші, внаслідок тертя, вимушують рухатися металеву ванну навколо струменя, й за рахунок його великої швидкості, основна частина струменя глибоко проникає в металеву ванну, утягуючи метал. Виникає циркуляційний рух. Технічно операція продувки великих мас металу плазовими струменями по даному способу істотно розширює активну зону охоплення обробки сталі, і дозволяє ефективно видаляти неметалічні включення, розташовані в нижніх горизонтах металевої ванни.

Неметалічні включення, що утворюються в процесі обробки, виносяться до межі поверхні поділу шлак-метал. Гідродинаміка процесу обробки на глибині 0,5-0,9 висоти металу від межі поверхні поділу шлак-метал виключає утворення "мертвої зони" між соплом плазмотрона й днищем ковша. Збільшення глибини обробки понад 0,9 висоти металу приведе до погіршення механічних властивостей готової сталі, тому що в розплаві з'являються продукти руйнування футеровки.

Таким чином, у процесі позапічної обробки металу в ковші високотемпературними плазовими струменями в присутності інертного газу, на двох рівнях розплаву, інтенсифікується процес перемішування металу, скорочується термін обробки сталі, а гомогенізація розплаву прискорює процеси розкислення, видалення неметалічних включень, а також десульфурзації й дефосфорації сталі.

Заявлений спосіб здійснюється таким чином.

Після закінчення плавки відбирають пробу металу для визначення його хімічного складу. Визначають кількість необхідних домішок для коректування хімічного складу металу. Після цього видають плавку в ківш, який подають на ділянку рафінування під зонд витяжки газів, що відходять. На ківш установлюють водоохолоджувану футеровану кришку, у якій у водоохолоджуваних футерованих фурмах установлені плазмотрони з можливістю фіксованого повздовжнього переміщення. Частина плазмотронів призначена для верхньої продувки металу в ковші, а інші - для нижньої продувки. Це пов'язане з тим, що по висоті ковша після випуску плавки є значна нерівномірність по температурі з більш холодними шарами металу в нижній частині ковша, і для усереднення металу по хімічному складу й температурі обробку металу високотемпературними плазовими струменями проводять на двох рівнях, створюючи при цьому нейтральну атмосферу за рахунок застосування інертного газу, наприклад, азоту, у якості плазмоутворюючого. Установлюють струм і робочу витрату нейтрального газу в плазмотронах верхньої продувки, виводять їх на робочий режим і переміщують до поверхні шлаків. Високотемпературними плазовими струменями руйнують поверхню шлаків, при цьому плазмотрони занурюють на глибину, при якій вихідне сопло кожного плазмотрона уведено на межу поверхні поділу шлак-метал. Продовжуючи верхню продувку, у присоплову зону плазмотронів, вводять коригувальні домішки. Запускають плазмотрони для нижньої продувки, переміщують їх у розплав на глибину 0,9 висоти металу в ковші, потім повертають до позначки 0,5 з наступним їхнім реверсуванням у зазначених межах до кінця обробки. Газ, проходячи через шар рідкого металу, барботує ванну, що сприяє інтенсивному перемішуванню розплаву. Збільшення інтенсивності перемішування є, у свою чергу, основною умовою прискорення процесу видалення неметалічних включень із металу. При необхідності вводять алюміній для розкислення сталі разом з робочим інертним газом. У ковші відбувається вирівнювання хімічного складу й температури металу (сталі) по висоті ковша тому, що при серійному розливанні сталі необхідна хімічна однорідність металу. Після закінчення обробки

металу проводять розливання металу. Процесом управляють шляхом регулювання потужності нагрівання, витратою плазмоутворюючого газу, введенням присадок, а також контролем складу й температури металу.

#### Приклад

У процесі обробки сталь із хімічним складом, мас. %: C=0,18-0,20; Si=0,12-0,14; Mn=0,41-0,43; S=0,045-0,048; P=0,042-0,044 випускають із мартенівської печі в 250-т ківш. Температура сталі в ковші становить 1595°C. На ківш установлюють футеровану водоохолоджувану кришку, у якій у фурмах вмонтовано шість плазмотронів потужністю 500кВт. Три плазмотрони служать для верхньої продувки, а три - для нижньої продувки. Установлюють струм і робочу витрату нейтрального газу - азоту в плазмотронах верхньої продувки, виводять їх на робочий режим. Досилають плазмотрони на межу поверхні поділу шлак - метал. Питома витрата азоту, віднесена до ємності ковша становить  $0,0288\text{м}^3/(\text{т}\cdot\text{хв})$ . Обробку розплаву здійснювали протягом 5 хв. Потім у ківш через лійку в кришці вводили знесіркуючі домішки й запускали три плазмотрони нижньої продувки. Плазмотрони переміщали вертикально в реверсивному режимі від 0,9 висоти металу до 0,5. Рівень заглиблення плазмотронів визначали по мітках, виконаних на зовнішньому корпусі над кришкою ковша. Потім у ківш за допомогою трайбапарата вводили порошок дріт з наповненням алюмінію. Витрата алюмінієвого дроту до обсягу ковша склала 0,001кг/кг, а маса витраченого алюмінієвого дроту склала 250кг. Термін роботи плазмотронів нижнього рівня склав 10 хв. Питома витрата азоту, віднесена до ємності ковша при спільній продувці склала  $0,1152\text{м}^3/(\text{т}\cdot\text{хв})$ . Витрату азоту в плазмотронах контролювали ротаметрами. Обсяг витраченого азоту склав  $324\text{м}^3$ . Загальний термін обробки 15хв. Витрата електроенергії становила 625кВт·ч. Після закінчення обробки сталь мала наступний хімічний склад, мас. %: C=0,18-0,21; Si=0,13-0,14; Mn=0,41-0,43; S=0,025-0,028; P=0,022-0,025.

Як видно із приклада, запропонований спосіб обробки розплаву дозволяє інтенсифікувати масообмін між газоплазмовим потоком і розплавом, більш ефективно проводити рафінування металу, домогтися однорідності хімічного складу металу в оброблюваному обсязі, скоротити теплові втрати на обробку.