

Винахід відноситься до металургії, зокрема до технології рафінування залізовуглецевих розплавів від розчиненої міді.

Залежність властивостей сталі від вмісту домішок кольорових металів і ступінь їх впливу на окремі службові характеристики металопродукції дуже різні. З усіх домішок кольорових металів в сталі найбільш несприятливою за умовами видалення являється мідь. Постійно накопичуючись в сталі, мідь погіршує умови холодного і гарячого деформування, підвищує схильність металу до злому і розтріскуванню.

Класичні способи рафінування мало придатні для видалення міді з залізовуглецевих розплавів. Для видалення розчиненої міді з залізовуглецевих розплавів в масовому виробництві можуть бути використані: фільтрація розплаву, випар домішки при витримці розплаву в вакуумі, обробка розплаву шлаками.

Метод фільтрації дозволяє досягти досить високого ступеню видалення міді з розплаву (до 70%). Однак висока вартість фільтрів, необхідність частої їх заміни, низька продуктивність обмежують застосування цього процесу.

При видаленні міді із сталі шляхом випару досягається ступінь рафінування близько 30% і вище. Основною проблемою при реалізації даного процесу є необхідність тривалої витримки розплаву при високій температурі у глибокому вакуумі в ході обробки, а також значні втрати конденсату (до 1%).

Рафінування розплаву шлаками відрізняється відносною простотою реалізації. Для витягу міді з залізовуглецевих розплавів може бути використана підвищена спорідненість міді до сірки в порівнянні з залізом. Сульфідизація міді може бути здійснена за допомогою елементарної сірки або сульфиду заліза з різними добавками (Самборский М., Алешников А., Костецкий Ю., Троянский А., «Удаление меди из железоуглеродистых расплавов», Тезисы докладов научной конференции молодых специалистов «-98», г. Мариуполь, 1998, с.10-11.)

Так, відомий спосіб рафінування залізовуглецевих розплавів від міді шляхом їх обробки шлаками на основі сульфідів металів (Зигало И.Н., Баптизманский В.И., Вяткин Ю.Ф. и др., «Медь в стали и проблемы ее удаления». Сталь, №7, 1991, с.18-22). Відповідно до зазначеного способу метал плавлять, на поверхню залізовуглецевого розплаву завантажують матеріали, які утворюють сульфідний шлак, витримують розплав під сульфідним шлаком, після чого розділяють розплав і сульфідний шлак.

При високих температурах мідь має більш високу спорідненість до сірки ніж залізо і тому переходить до шлаку за реакцією:



Сульфідний шлак, що знаходиться у контакті з залізовуглецевим розплавом, забезпечує надходження сірки до розплаву і одночасно поглинає (розчиняє) сульфід міді, який утворюється по реакції (1).

Загальними ознаками рішення, що заявляється, і аналога являються плавлення металу, наведення сульфідного шлаку на поверхні розплаву, витримку розплаву під сульфідним шлаком, наступне розділення розплаву і сульфідного шлаку.

Збільшити вилучення міді з залізовуглецевого розплаву в указаному способі можна лише за рахунок збільшення кількості шлаку, тобто за рахунок додаткових витрат матеріалів, які утворюють шлак. Крім того, рафінування залізовуглецевих розплавів від міді таким способом призводить до значного зростання концентрації сірки в розплаві завдяки її переходу із шлаку в розплав.

Як прототип вибраний спосіб рафінування залізовуглецевих розплавів від міді, в якому метал, що містить домішки міді, розплавляють у плавильному агрегаті і наводять на поверхні розплаву сульфідний шлак, який утворений з сульфідів заліза і алюмінію. Після того, як надлишкова мідь перейде з розплаву до шлаку, розплав і шлак розділяють (Copper Removal from Carbon-Saturated Molten Iron with  $\text{Al}_3\text{S}_2\text{-Pe8 Flux/ R-Shimpo, Y.Fukaya, T.Ishikawa, O.Ogawa. - Metallurgical and Materials Transactions B. -№12. - V.28B. - 1997. — P.1029-1037}$ ). При необхідності збільшення ступеню рафінування від міді в способі-прототипі пропонується проводити рафінування сульфідним шлаком у декілька стадій з розділенням розплаву і шлаку на кожній стадії і передачею шлаку з наступної стадії на попередню. При цьому забезпечується більш раціональне використання шлаку.

Загальними ознаками рішення, що заявляється, і аналога являються плавлення металу, наведення сульфідного шлаку на поверхні розплаву, витримку розплаву під сульфідним шлаком, наступне розділення розплаву і сульфідного шлаку.

Спосіб, який вибраний як прототип, забезпечує видалення міді з залізовуглецевих розплавів завдяки фізико-хімічній взаємодії сульфідного шлаку і розплаву. В процесі витримки розплаву під сульфідним флюсом мідь переходить до шлаку за реакцією (1). Необхідний рівень концентрації сірки в металевому розплаві підтримується реакцією:



Розділення сульфідного шлаку та розплаву після закінчення вилучення надлишкової міді з розплаву запобігає зворотному переходу міді у розплав під час здійснення подальших технологічних заходів по доведенню металу до заданого хімічного складу.

Кількість міді, що може бути видалена з розплаву до шлаку залежить від хімічного складу шлаку і його кількості. При використанні шлаку оптимального складу збільшити вилучення міді з залізовуглецевого розплаву можна лише за рахунок збільшення кількості шлаку, тобто за рахунок додаткових витрат матеріалів, які утворюють шлак.

Крім того, здійснення розглянутого способу рафінування залізовуглецевих розплавів від міді призводить до значного зростання концентрації сірки в розплаві завдяки її переходу зі шлаку по реакції (2). Підвищена, у порівнянні зі звичайною, концентрація сірки в металевому розплаві потрібна для створення сприятливих фізико-хімічних умов для протікання реакції (1) у бік утворення сульфиду міді. Але з точки зору загальної якості металу надмірне зростання концентрації сірки є небажаним, так як призводить до підвищення витрат часу і матеріалів на десульфуріацію металу.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу видалення міді з залізовуглецевого розплаву з метою збільшення ступеню видалення міді та зниження кінцевої концентрації сірки в залізовуглецевому розплаві

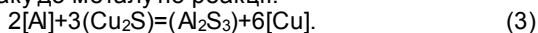
без зростання витрат речовин, що утворюють сульфідний шлак.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі видалення міді з залізовуглецевого розплаву, який включає плавлення металу, наведення сульфідного шлаку на поверхні розплаву, витримку розплаву під сульфідним шлаком, наступне розділення розплаву і сульфідного шлаку, відповідно з винаходом, після розділення розплаву і сульфідного шлаку в розплав присаджують алюміній з наступним розділенням розплаву і шлаку, що утворився.

Зазначені ознаки складають сутність винаходу.

Причинно-наслідковий зв'язок ознак, що складають сутність винаходу, з технічним результатом (збільшення ступеню видалення міді та зниження кінцевої концентрації сірки в залізовуглецевому розплаві без зростання витрат речовин, що утворюють сульфідний шлак) виражається в наступному.

Вище відзначалось, що при рафінуванні залізовуглецевих розплавів від міді актуальним є збільшення ступеню видалення міді з розплаву без збільшення витрат матеріалів, що утворюють сульфідний шлак, та зменшення вмісту сірки в розплаві перед початком здійснення подальших технологічних заходів по доведенню металу до заданого хімічного складу. Авторами експериментально доведено, що присаджування алюмінію до розплаву після остаточного розділення металу і сульфідного шлаку з наступним розділенням розплаву і шлаку, що утворився, призводить до збільшення ступеню видалення міді без зростання витрат речовин, що утворюють сульфідний шлак, та зниженню кінцевої концентрації сірки в залізовуглецевому розплаві. При цьому експериментально доведено, що алюміній треба присаджувати в розплав після остаточного розділення розплаву і сульфідного шлаку. Якщо присаджувати алюміній в розплав до остаточного розділення металу і шлаку, то це приведе до зменшення ступеню видалення міді з розплаву та додаткових витрат матеріалів, що утворюють шлак. Присаджений алюміній розподіляється між металом і шлаком та порушує фізико-хімічну рівновагу між ними, що призводить до втрати оптимального для видалення міді складу шлаку, що в свою чергу спричиняє зменшення коефіцієнту розподілу міді між металом і шлаком і відповідно знижує ступінь видалення міді. У цьому випадку для підтримання необхідного ступеню видалення міді з розплаву треба буде використовувати додаткову кількість шлаку і відповідно матеріалів, що його утворюють. Крім того, алюміній може безпосередньо відновлювати мідь зі шлаку до металу по реакції:



Це також зменшить ступінь видалення міді під час реалізації способу. Якщо не розділяти розплав і шлак, що утворився після присаджування алюмінію, це призведе до зменшення ступеню видалення міді з розплаву, так як під час подальших дій по доведенню металу до заданого хімічного складу (десульфуріація, зневуглецювання, легування та інше) мідь, що перейшла до цього шлаку повернеться до розплаву і відповідно зменшить досягнутий ступінь видалення міді. Компенсувати це потрібно буде додатковими витратами матеріалів на етапі рафінування розплаву від міді.

Таким чином, ознаки, що включають розплавлення металу у плавильному агрегаті, взаємодію розплаву з сульфідним шлаком, розділення розплаву і шлаку, з присаджуванням в розплав алюмінію після остаточного розділення розплаву і сульфідного шлаку з наступним розділенням розплаву і шлаку, що утворився, знаходяться у причинно-слідчому зв'язку з технічним результатом, що досягається (збільшення ступеню видалення міді та зниження кінцевої концентрації сірки в залізовуглецевому розплаві без зростання витрат речовин, що утворюють сульфідний шлак).

Нижче приведений докладний опис способу, що заявляється.

Металеву шихту, що містить надлишкову кількість міді, плавлять в плавильному агрегаті (наприклад, в індукційній печі), щоб отримати залізовуглецевий розплав. Після цього на поверхні розплаву наводять сульфідний шлак. Під час взаємодії сульфідного шлаку з розплавом останній насичується сіркою і створюються необхідні фізико-хімічні умови для протікання реакції (1) (у відсутності сульфідного шлаку реакція не іде). Після необхідної витримки розплаву під сульфідним шлаком їх розділяють. Операція скачування шлаку з поверхні металу добре відома металургам і зазвичай здійснюється шляхом механічного згрібання шлаку з поверхні розплаву. З метою підвищення ступеня вилучення міді з розплаву можуть мати місце проміжні операції оновлення шлаку (розділення металу і шлаку), тобто кількаразове повне або часткове скачування шлаку і наведення свіжого шлаку. Таким способом досягається підвищення кратності шлаку при рафінуванні. Після остаточного (кінцевого) розділення металу і шлаку в розплав присаджують алюміній. Це призводить до утворення в об'ємі розплаву, який насичений сіркою після взаємодії з сульфідним шлаком, часток сульфідної фази на основі сульфідів алюмінію і заліза. Крапельки сульфідів, що утворилися, поглинають частку міді з розплаву, що забезпечує додаткове зменшення концентрації міді в ньому. Крім того, утворення сульфідних включень в розплаві відбувається за рахунок сірки розплаву і таким чином спричиняє одночасне зниження концентрації сірки в розплаві. Сульфідні включення поступово спливають вгору і утворюють на поверхні розплаву сульфідний шлак. Між цим шлаком і розплавом встановлюється нова фізико-хімічна рівновага при меншому рівні концентрації сірки і міді в розплаві порівняно з тими, що були до присаджування алюмінію. Далі розплав і шлак знову розділяють (наприклад, шляхом механічного скачування шлаку гребком).

У таблиці наведені конкретні приклади реалізації способу.

Таблиця

Концентрація сірки і міді в розплаві у контрольні моменти плавки, %

№	Після розплавлення		Після розділення сульфідного шлаку і розплаву		Після присаджування алюмінію і розділення розплаву і шлаку, що утворився	
	[S]	[Cu]	[S]	[Cu]	[S]	[Cu]

1	0,26	1,6	0,75	0,81	0,28	0,72
2	0,10	1,4	0,67	0,89	0,31	0,75
3	0,19	1,0	0,82	0,63	0,29	0,56
4	0,10	0,53	0,84	0,37	0,26	0,29

Чавун розплавляли у індукційній плавильній печі ємністю 200 кг. Після розплавлення шихти і утворення залізовуглецевого розплаву відбирали пробу металу на хімічний аналіз. Після цього на поверхні розплаву наводили сульфідний шлак і після того, як відбулася взаємодія шлаку і розплаву їх розділяли. Знову брали пробу на хімічний аналіз. На цьому етапі плавки ми здобули результати, які забезпечує спосіб, що був вибраний за прототип. Далі в метал присаджували алюміній і дочекавшись закінчення утворення нового шлаку на дзеркалі розплаву, знову розділяли шлак і розплав. Очистивши дзеркало металу від шлаку знову взяли пробу на хімічний аналіз. Результати цього аналізу відповідають реалізації способу, що заявляється.

Результати хімічного аналізу проб, що представлені в таблиці наочно показують, що після здійснення дій, які відповідають способу видалення міді з залізовуглецевих розплавів, що заявляється, отримані менші значення концентрації сірки і міді в розплаві. Тобто при тій же самій витраті матеріалів, що утворюють шлак, було досягнуто більший ступінь видалення міді і меншу кінцеву концентрацію сірки в розплаві.