



УКРАЇНА

(19) UA (11) 60489 (13) A

(51) 7 C21D9/70

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ НАГРІВАННЯ ЗЛИВКІВ У НАГРІВАЛЬНОМУ КОЛОДЯЗІ

1

2

(21) 2002108148

(22) 15 10 2002

(24) 15 10 2003

(46) 15 10 2003, Бюл. № 10, 2003 р.

(72) Дубина Олег Вікторович, Сокурєнко Анатолій Валентинович, Шеремет Володимир Олександрович, Омесь Микола Михайлович, Любімов Іван Михайлович, Коваленко Іван Михайлович, Ротару Іон Теодорович, Лозова Валентина Андріївна, Бабенко Михайло Антонович, Іванов Іван Іванович, Волков Володимир Пилипович

(73) КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПРИБОРО-МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ "КРИВОРІЗСТАЛЬ"

(57) Спосіб нагрівання зливків у нагрівальному колодязі, що включає підйом температури в колодязі при постійній тепловій потужності, витримку при температурі томління зі зменшенням подачі палива, зміну теплоти згоряння палива шляхом регулювання співвідношення витрат газів у газовій суміші в залежності від температури посадки зливків, який відрізняється тим, що теплоту згоряння змішаного газу знижують ступенєво у порівнянні з регламентною на 1-3 % на кожні 10°C перевищення верхньої границі оцінки температури посадки зливків 900°C

Винахід належить до області металургійної теплотехніки і може бути використаний в нагрівальних колодязях при нагріванні зливків перед обробкою тиском на металургійних заводах.

Відомий спосіб нагрівання зливків гарячого посаду, що включає нагрівання до температури томління і витримку при цій температурі, причому температуру томління зливків встановлюють за їх температурою на посаді /авторське свідоцтво СРСР №1488332 МКІС21D 9/70/.

Недоліком способу є низька якість нагрівання зливків по перетину, значна різниця температур виданих у прокат зливків, що веде до перевагання на стані до поломки валків, а також підвищений вигар металу.

Відомий також спосіб нагрівання зливків у нагрівальному колодязі, реалізований при опаленні нагрівальних колодязів природнодоменним чи коксодоменним газом. Спосіб включає підйом температури в колодязі при постійній тепловій потужності і витримку при температурі томління зі зменшенням подачі палива. При цьому в період підйому температури при зміні витрат доменного газу обернено пропорційно змінюють витрату природного газу в співвідношенні 8:1, а при подачі доменного і коксового газу - у співвідношенні 4:1 /авторське свідоцтво СРСР № 910806 МКІ 3219/70/.

Недоліком способу є низька якість нагрівання зливків і підвищена питома витрата палива, що

обумовлено довільною зміною співвідношення витрат високо- і низькокалорійного газів на спалювання без урахування теплового стану посаджених у колодязь зливків. Вплив факелу з високою калориметричною температурою горіння, що утворюється при великій частці висококалорійного газу в суміші, на поверхню зливків гарячого посаду призводить до їхнього перегріву й оплавлення, а не виправдано висока частка доменного газу в суміші при нагріванні зливків з низькою початковою температурою викликає зниження теплової потужності і тепловіддачі на метал і, як наслідок, веде до зменшення продуктивності і перевитрати палива.

Найбільш близьким за технічною сутністю й ефектом, що досягається, до заявленого способу, є спосіб нагрівання зливків у нагрівальному колодязі, що включає підйом температури в колодязі при постійній тепловій потужності, витримку при температурі томління зі зменшенням подачі палива, зміну теплоти згоряння палива шляхом регулювання співвідношення витрат газів у двохкомпонентній газовій суміші в залежності від температури посадки зливків, причому співвідношення витрат природного і доменного газів визначають із залежності

$$a = 0,3 - 0,4 / (1 - T_n / T_m),$$

де  $T_n$  - температура зливків на посаді, °C,

$T_m$  - необхідна температура нагрівання зливків, °C,

(13) A

(11) 60489

(19) UA

(Патент Російської Федерації № 2013453 МКИ 321Д 9/70)

Недопиками відомого способу є підвищений вигар металу і втрати з окалиною, великі питомі витрати палива на нагрівання зливків гарячого посаду, брак при прокатці цих зливків

Це пояснюється наступним

Область застосування залежності для вибору співвідношення витрат газів у газовій суміші за температурою посаду зливків вичерпується сумішами природного і доменного газів, і вона не може бути використана для інших сумішей. Однак, переважна більшість колодязів опалюється коксодоменним газом. Природний газ, через свою високу вартість, застосовують лише, як резервне (підживлююче) паливо

Регламентну теплоту згоряння газової суміші установлюють, виходячи з забезпечення заданої за технологією чи проектною продуктивністю колодязів. Через більш низьку, ніж у природного газу, теплоту згоряння коксового газу для забезпечення необхідної теплової потужності колодязів його частка в суміші з доменним у 1,82 рази більша, ніж природного газу. В той же час калориметрична температура горіння коксового газу вище калориметричної температури горіння і природного газу. Тому температура горіння коксодоменної суміші регламентної теплоти згоряння на 100-120°C вище, ніж у природнодоменної суміші. Це обумовлює більш інтенсивний (на 25-30%) променевий тепловий потік до поверхні зливків, розташованих поблизу факела. Такий тепловий вплив на поверхню зливків з температурою 900°C і вище на посаді приводить до їхнього швидкого перегріву й оплавлення і, як наслідок, браку при прокатці цього металу

Нагрівання садки характеризується підвищеною нерівномірністю, у міру віддалення від зони максимального тепловиділення факела тепловіддача на зливки знижується. Для забезпечення необхідних за технологією температур нагрівання цих зливків подовжують тривалість нагрівання, що веде до підвищення питомих витрат палива на нагрівання

Основним горючим компонентом коксового газу є водень, вміст якого перевищує 50%, і при його спалюванні утворюється до 25% водяного пару. Крім того, у продуктах горіння коксового газу міститься деяка кількість діоксиду сірки. Як відомо, окислення металу являє собою дифузійний процес, визначальний вплив на який справляє температура газової атмосфери і наявність у ній компонентів-окислювачів. В умовах високих температур високий окислювальний вплив на метал, окрім кисню надлишкового повітря, справляють водяні пари, а діоксид сірки збільшує вигар металу в 10 разів швидше вільного кисню. Для на зливки гарячого посаду з температурою 900°C й вище високотемпературних продуктів горіння коксодоменної суміші при наявності в їхньому складі кількостей компонентів-окислювачів призводить до різкого посилення процесу окалиноутворення і підвищеного вигару металу

Задачами, на рішення яких спрямований даний винахід, є зміна технології нагрівання зливків гарячого посаду з температурою 900°C й вище

шляхом раціонального вибору теплоти згоряння змішаного газу в залежності від їхньої температури на посаді, що дозволяє зменшити втрати металу від вигару та окалиноутворення, скоротити питому витрату палива, знизити брак при прокатці

Технічний результат досягається тим, що в способі нагрівання зливків у нагрівальному колодязі, що включає підйом температури в колодязі при постійній тепловій потужності, витримку при температурі томління зі зменшенням подачі палива, зміну теплоти згоряння палива шляхом регулювання співвідношення витрат газів у газовій суміші в залежності від температури посаду зливків, відповідно з винаходом теплоту згоряння змішаного газу знижують східчасте на 1-3% у порівнянні з регламентною при перевищенні до 10°C температури посаду зливків 900°C

Між сукупністю істотних відмінностей винаходу і технічним результатом, що досягається, існує причинно-наслідковий зв'язок, тому що саме східчасте зниження теплоти згоряння змішаного газу на 1-3 % у порівнянні з регламентною при перевищенні до 10°C температури посаду зливків 900°C і на кожні наступні 10°C підвищення температури посаду дозволило запобігти тепловому вигару на поверхню зливків з температурою посаду вище 900°C за рахунок зниження калориметричної температури горіння палива до рівнів, що забезпечують одночасно максимально припустимі швидкості нагрівання зливків при різних температурах їх на посаді та попередження перегріву й оплавлення цих зливків, зниження браку при їхній прокатці

Зі збільшенням частки низькокалорійного /доменного/ газу в змішаному паливі зниженої теплоти згоряння зросла кількість і швидкість руху продуктів згоряння в колодязі, інтенсифікувалися процеси тепломасопереносу і підвищилася рівномірність нагрівання. Через зниження градієнта температур у робочому обсязі скоротився загальний час нагрівання садки, підвищилася продуктивність колодязя і знизилася питомі витрати палива

Скорочення подачі коксового газу в суміш супроводжується зменшенням кількості водяної пари і діоксиду сірки в продуктах згоряння, що в комплексі зі зниженням їхньої температури дозволило різко знизити швидкість окалиноутворення, зменшити втрати металу з окалиною і вигаром

Сутність винаходу пояснюється графічними матеріалами, де зображена на мал. 1 залежність теплоти згоряння змішаного газу (в % від регламентної) від температури посаду зливків

Спосіб здійснюється таким чином

Перед посадом зливків у нагрівальний колодязь визначають температуру металу на посаді. За існуючою методикою визначення температури посаду зливків здійснюють за заводськими інструкціями, виходячи з часу розливання, часу стриперування і графіка просування складу з даним типом виливниць і J маркою сталі від розливки до відділення нагрівальних колодязів, чи безпосередніми вимірами температури поверхні зливків пірометром

За температури зливків на посаді нижче 900°C метал нагрівають з регламентною теплотою зго-

ряння змішаного газу. За температури посаду вище 900°C нагрів здійснюють зі зниженою теплоотою згоряння змішаного газу, якщо температура зливків на посаді до 910°C, то теплоту згоряння встановлюють на рівні 97-99% від регламентної, на кожні наступні 10°C підвищення температури посаду додатково зменшують її на 1-3%. Наприклад, для температур посаду 940-950°C величина зниження теплоти згоряння змішаного газу складає 5-15% у порівнянні з регламентною.

По таблицям і графікам технологічної інструкції відповідно до обраної теплоти згоряння знаходять необхідне співвідношення витрат газів у газовій суміші. Після посаду і закриття кришки колодязя встановлюють і підтримують необхідну теплоту згоряння палива шляхом регулювання співвідношення витрат газів у газовій суміші, виконують підйом температури до контрольної з постійною витратою змішаного газу і повітря на спалювання. Потім роблять витримку при температурі томління протягом заданого часу з поступовим зниженням подачі палива. По закінченні томління нагрітий метал видають у прокат.

Зниження теплоти згоряння змішаного газу у порівнянні з регламентною, менш, ніж на 1% на кожні 10° С перевищення верхньої границі оцінки температури посаду зливків 900° С не викликає помітного позитивного впливу на якість нагрівання, процеси тепло масообміну й окалиноутворення в колодязі в порівнянні з прототипом. Кількість оплавлених та перегрітих зливків, а також брак при прокатці залишаються на базовому рівні. Не досягається зниження вигару металу і втрат його з окалиною, а також питомих витрат палива на нагрівання.

Зі зниженням теплоти згоряння змішаного газу у порівнянні з регламентною більш ніж на 3% на кожні 10° С перевищення верхньої границі оцінки температури посаду зливків 900° С, знижується теплова потужність колодязя, через що не вдається нагріти метал за заданий за технологією час, що викликає простой стану в очікуванні нагрітого металу. Вимушене подовження періоду нагрівання зливків у колодязі веде до перевитрати палива, додаткового росту окалини і вигару металу, що супроводжується зменшенням поверхневого шару зливка, розкриттям підіркових міхурів і браком по рванинам при прокатці такого металу.

Східчастий характер зміни теплоти згоряння змішаного газу від температури зливків гарячого посаду через кожні 10°C обумовлений точністю визначення цієї температури, що досягається існуючими методами і технічними засобами, погрішності яких укладаються в діапазон 10°C.

Дослідно-промислові іспити способу виконують у відділенні нагрівальних колодязів цеху Блюмінг-2 металургійного комбінату "Криворіжсталь". У колодязях з верхнім пальником здійснюють нагрівання зливків киплячої, напівспокійної і спокійної сталі перед прокаткою на стані 1300. Кінцеву температуру і тривалість нагрівання визначають за технологічною інструкцією в залежності від марки сталі, маси і температури зливків на посаді. Опалення колодязів виконують коксодоменною

сумішшю з регламентною теплоотою згоряння 7120 кДж/м<sup>3</sup> (1700 ккал/м<sup>3</sup>).

Повітря на горіння підігрівають до 450-550°C в керамічному рекуператорі.

Після прибуття плавки з 16 зливків сталі 3трпс масою 8,5 т кожний у відділення нагрівальних колодязів за графіком просування складів визначають температуру посаду металу 930°C, знаходять необхідний % зниження теплоти згоряння відносно регламентної (2+2+2)=6% і необхідну теплоту згоряння змішаного газу.

$$7120 \cdot 100 - 6/100 = 6695 \text{ кДж/м}^3 \text{ (1600 ккал/м}^3\text{)}$$

За таблицями 1,2,3 технологічної інструкції встановлюють задане співвідношення витрат коксового і доменного газів у суміші для одержання теплоти згоряння суміші 6695 кДж/м<sup>3</sup>. Виконують посад зливків у колодязь № 5, закривають його кришку, виконують підйом температури до контрольної 1300°C при постійних витратах змішаного газу з теплоотою згоряння 6695 кДж/м<sup>3</sup> і повітря на горіння, витримку при температурі томління 1300°C з поступовим зниженням витрат газу і повітря, після чого зливки видають у прокат.

Витрату палива за період нагрівання знаходять планіметруванням діаграми щитового витратоміра змішаного газу, якість нагрівання зливків оцінюють шляхом виміру температури головної і донної частини розкатів після останнього пропуску на стані 1300 і порізу на 1250-т ножицях за допомогою оптичного пірометра, відбір проб окалини зі зливків роблять після їхньої видачі з колодязя, наявність і характер оплавлення зливків визначають візуально, фіксують кількість відпрацьованих заготовок з дефектами поверхні розкату.

Питома витрата палива на нагрівання склапа 30,4 кг у т/т, втрати металу з окалиною 1,131 кг/т, температура головної частини розкату 1220-1230°C, донної 1180-1190°C, оплавлення зливків не спостерігалось, браку при прокатці нагрітих зливків не зафіксовано.

Порівняльне нагрівання 16 зливків аналогічної плавки за базовою технологією проводять у колодязі №3 з ідентичними теплотехнічними характеристиками при регламентній теплоті згоряння змішаного газу 7120 кДж/м<sup>3</sup> (1700 ккал/м<sup>3</sup>). Питома витрата палива на нагрівання склапа 35,1 кг у т/т, втрати металу з окалиною 1,524 кг/т, температура головної частини розкату 1230-1240°C, донної - 1160-1170°C, видано в прокат з колодязя 4 зливки з дуже оплавленою головною частиною від пальникового торця, відбраковані по рванинам з прокату заготовки.

Результати нагрівання зливків з іншими температурами посаду при різному ступені зниження теплоти згоряння в порівнянні з регламентною приведені в табл. 1-3.

Порівняльний аналіз даних цих таблиць показує, що використання запропонованого способу нагрівання зливків у нагрівальному колодязі при нагріванні зливків з температурою на посаді вище 900°C у порівнянні з прототипом дозволяє одержати якісне нагрівання металу, запобігти оплавленню і перегріванню зливків, знизити питому витрату палива на 13-15%, втрати металу з окалиною на 25-26%, брак прокату на 50-55%.

Таблиця №1

Результати нагріву садки по 16 зливкам садки ЗТРнс масою 8,5 т кожний  
з температурою посаду – 900-910° С (нагрів 1-6) і 920-930° С (нагрів 7-12)

№№ нагрівів	% зниження теплоти зго- рання на 10°С температури посаду	Загальний % знижен- ня теплоти згорання	Теплота згорання змішаного газу, кДж/м	Середня темпе- ратура розкату, °С		Питома витрата палива кг п Т/т	Втрата з окалиною кг/т	Видано оп- лавлених зливків	Брак при прокатці заготовок	Примітка
				головна частина	донна частина					
1	0,9	0,9	7060	1230	1165	35,8	1,556	2	2	
2	1,0	1,0	7050	1229	1168	35,7	1,543	-	2	
3	2,0	2,0	6980	1222	1190	31,0	1,158	-	1	
4	3,0	3,0	6910	1217	1170	35,8	1,538	-	-	
5	3,1	3,1	6900	1215	1157	36,0	1,560		3	зворот на догрів 3 недокатів
6	-	-	7120	1232	1167	35,9	1,556	4	2	
7	0,9	2,7	6930	1235	1165	35,0	1,526	3	2	
8	1,0	3,0	6910	1230	1178	34,9	1,519	1	2	
9	2,0	6,0	6695	1224	1188	30,4	1,131	-	-	
10	3,0	9,0	6480	1220	1172	34,8	1,521		2	зворот на догрів 2 недокатів
11	3,1	9,3	6430	1217	1156	35,3	1,525	-	6	
12	-	-	7120	1236	1164	35,1	1,524	4	3	

Таблиця № 2

Результати нагріву садки по 12 зливків сталі Ікп масою 12,5 т кожний  
з температурою посаду 930-940° С (нагрів 1-6) вище 950° С (нагрів 7-12)

№№ нагрівів	% зниження теплоти зго- рання на 10°С температури посаду	Загальний % знижен- ня теплоти згорання	Теплота згорання змішаного газу, кДж/м	Середня темпе- ратура розкату, °С		Питома витрата палива, кг п Т/т	Втрата з окалиною, Кг/т	Видано оп- лавлених зливків	Брак при прокатці заготовок	Примітка
				головна частина	донна частина					
1	0,9	3,6	6865	1233	1165	35,7	1,508	4	3	
2	1,0	4,0	6835	1230	1178	35,5	1,489	2	3	
3	2,0	8,0	6550	1225	1197	30,9	1,123	-	1	
4	3,0	12,0	6265	1220	1175	35,4	1,502		2	
5	3,1	12,4	6235	1220	1170	35,6	1,513		4	
6	-	-	7120	1232	1162	35,7	1,509	6	4	
7	0,9	5,4	6740	1235	1160	34,2	1,476	5	2	
8	1,0	6,0	6695	1234	1170	33,7	1,410	2	2	
9	2,0	12,0	6265	1226	1195	29,7	1,097	-	-	
10	3,0	18,0	5840	1225	1170	34,0	1,405	-	-	
11	3,1	18,6	5795	1221	1160	34,8	1,481	-	4	
12	-	-	7120	1237	1165	34,3	1,475	6	3	

Таблиця №3

Результати нагріву садки по 12 зливків сталі 40Х масою 12,5 т кожний  
з температурою посаду 910-920° С (нагрів 1-6) і 940 – 950° С (нагрів 7-12)

№№ нагрівів	% зниження теплоти зго- рання на 10°С температури посаду	Загальний % знижен- ня теплоти згорання	Теплота згорання змішаного газу, кДж/м	Середня темпе- ратура розкату °С		Питома витрата палива, кг п Т/т	Втрата з окалиною, Кг/т	Видано оп- лавлених зливків	Брак при прокатці заготовок	Примітка
				головна частина	донна частина					
1	0,9	1,8	6995	1232	1164	36,4	1,541	2	2	
2	1,0	2,0	6980	1230	1173	36,1	1,482	-	2	
3	2,0	4,0	6835	1223	1189	31,5	1,149	-	2	
4	3,0	6,0	6695	1219	1171	36,2	1,503	-	-	
5	3,1	6,2	6680	1216	1157	36,8	1,544	-	-	зворот на догрівання 4 недокатів
6	-	-	7120	1234	1165	36,4	1,542	2	3	
7	0,9	4,5	6800	1235	1164	34,9	1,495	4	1	
8	1,0	5,0	6765	1232	1174	34,8	1,478	1	2	

Продовження табл №3

№№ напрівів	% зниження теплоти зго- рання на 10°C температури посаду	Загальний % знижен- ня теплоти згорання	Теплота згорання змішанного газу, кДж/м	Середня темпе- ратура розкату °С		Питома витрата палива, кг п /т	Втрата з окалиною, Кг/т	Видано оп- лавлених зливків	Брак при прокатці заготовок	Примітка
				головна частина	донна частина					
9	2,0	10,0	6410	1224	1196	30,2	1,113	-	-	
10	3,0	15,0	6050	1223	1172	34,6	1,490	-	-	
11	3,1	15,5	6015	1221	1165	35,1	1,519	-	3	
12	-	-	7120	1234	1163	35,0	1,496	5	2	

