



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 75640

(13) C2

(51) МПК

C21B 9/12 (2006.01)

F27B 1/26 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД(54) СИСТЕМА ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ КИСНЮ-ПАЛИВА (ВАРІАНТИ), ПІЧ, СПОСІБ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ,  
СПОСІБ ВИДОБУВАННЯ АЛЮМІНІЮ

1

(21) 2003109179

(22) 22.03.2002

(24) 15.05.2006

(86) PCT/US02/08701, 22.03.2002

(31) 09/843,679

(32) 27.04.2001

(33) US

(46) 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.

(72) Гросс Дітріх М., US

(73) ДЖУПІТЕР ОКСІДЖЕН КОРП., US

(56) US 6398547 B1, 04.06.2002

EP 0962540 A1, 09.09.1998

(57) 1. Система для спалювання кисню-палива, яка включає піч, яка має принаймні одну камеру згоряння і виконану таким чином, щоб практично запобігати проникненню повітря, джерело кисню для подачі кисню, що має чистоту не менше 85 відсотків, джерело палива на основі вуглецю для подачі палива на основі вуглецю, засоби подачі кисню та палива на основі вуглецю у піч у стехіометричному співвідношенні між ними, засоби обмеження надлишку кисню або палива на основі вуглецю до кількості, меншої за 5 відсотків понад стехіометричне співвідношення, і засоби контролю згоряння палива на основі вуглецю для створення температури полум'я, що перевищує 4500°F, і створення потоку вихлопного газу з печі, який має температуру не більше 1100°F.

2. Система для спалювання кисню-палива за п. 1, яка відрізняється тим, що паливом на основі вуглецю є газ.

3. Система для спалювання кисню-палива за п. 2, яка відрізняється тим, що газ є природним газом.

4. Система для спалювання кисню-палива за п. 1, яка відрізняється тим, що включає криогенну установку для вироблення кисню.

5. Система для спалювання кисню-палива за п. 1, яка відрізняється тим, що паливом на основі вуглецю є тверде паливо.

6. Система для спалювання кисню-палива за п. 1, яка відрізняється тим, що паливом на основі вуглецю є рідке паливо.

7. Система для спалювання кисню-палива, яка включає піч, яка має регульоване середовище, піч, яка практично не має підсмоктування з навколишнього середовища, і є виконаною таким чином,

2

щоб практично запобігати проникненню повітря, джерело окиснювача для подачі кисню, що має задану чистоту, джерело палива на основі вуглецю для подачі палива на основі вуглецю, засоби подачі кисню та палива на основі вуглецю у піч у стехіометричному співвідношенні між ними, засоби обмеження надлишку кисню або палива на основі вуглецю до кількості, меншої за 5 відсотків понад стехіометричне співвідношення, і засоби контролю згоряння палива на основі вуглецю для створення температури полум'я, що перевищує 4500°F, і створення потоку вихлопного газу з печі, що має газоподібні сполуки з практично нульовим вмістом азоту, які є продуктами згоряння, з окиснювача.

8. Система для спалювання кисню-палива за п. 7, яка відрізняється тим, що паливом на основі вуглецю є газ.

9. Система для спалювання кисню-палива за п. 8, яка відрізняється тим, що газ є природним газом.

10. Система для спалювання кисню-палива за п. 7, яка відрізняється тим, що включає установку для вироблення кисню.

11. Система для спалювання кисню-палива за п. 7, яка відрізняється тим, що паливом на основі вуглецю є тверде паливо, і тим, що будь-які азотовмісні газоподібні сполуки, які є продуктами згоряння, утворюються з твердого палива.

12. Система для спалювання кисню-палива за п. 7, яка відрізняється тим, що паливом на основі вуглецю є рідке паливо, і тим, що будь-які азотовмісні газоподібні сполуки, які є продуктами згоряння, утворюються з рідкого палива.

13. Система для спалювання кисню-палива за п. 7, яка відрізняється тим, що регульоване середовище практично не має азоту.

14. Піч, яка включає зону згоряння, камеру згоряння, джерело палива на основі вуглецю для подачі палива на основі вуглецю у зону згоряння через камеру згоряння, джерело окиснювача для подачі кисню заданої чистоти у піч для згоряння з паливом на основі вуглецю, засіб контролю згоряння кисню та палива на основі вуглецю для створення температури полум'я, що перевищує 3000°F, і створення потоку вихлопного газу з печі, який має температуру не більше 1100°F, яка відрізняється

(13) C2

(11) 75640

(19) UA

тим, що піч виконано таким чином, щоб практично запобігати проникненню повітря.

15. Піч за п. 14, яка **відрізняється** тим, що включає джерело повітря для подачі повітря, що містить кисень, у зону згоряння для згоряння з паливом на основі вуглецю та кисню заданої чистоти.

16. Піч за п. 14, яка **відрізняється** тим, що включає паливний трубопровід для подачі палива на основі вуглецю у камеру згоряння, і кисень заданої чистоти подають у піч через паливний трубопровід.

17. Піч за п. 14, яка **відрізняється** тим, що кисень заданої чистоти подають у піч окремо від палива на основі вуглецю.

18. Піч за п. 14, яка **відрізняється** тим, що чисто-та кисню становить принаймні 85 відсотків.

19. Система для спалювання кисню-палива, яка включає піч, яка має принаймні одну камеру згоряння, і виконану таким чином, щоб практично запобігати проникненню повітря, джерело кисню для подачі кисню з заданою чистотою, що перевищує 21 відсоток, джерело палива на основі вуглецю для подачі палива на основі вуглецю, засоби подачі кисню та палива на основі вуглецю у піч у контрольованому співвідношенні між ними, і засоби контролю згоряння палива на основі вуглецю для створення температури полум'я, що перевищує 3000°F.

20. Система для спалювання кисню-палива за п. 19, яка **відрізняється** тим, що включає засоби створення температури полум'я, яка перевищує 4500°F.

21. Система для спалювання кисню-палива за п. 19, яка **відрізняється** тим, що засіб контролю створює потік вихлопного газу з печі, що має температуру, яка не перевищує 1100°F.

22. Система для спалювання кисню-палива за п. 19, яка **відрізняється** тим, що потік вихлопного газу з печі виявляє зниження принаймні на 20 відсотків азотовмісних газоподібних сполук, які є продуктами згоряння, відносно кількості окиснювача в навколишньому повітрі.

23. Спосіб спалювання, який включає етапи забезпечення печі, яка має принаймні одну камеру згоряння, і виконаної таким чином, щоб практично запобігати проникненню повітря, подачі кисню, що має чистоту не менше 85 відсотків, подачі палива на основі вуглецю, подачі кисню та палива на основі вуглецю у піч у стехіометричному співвідношенні між ними, обмеження надлишку кисню або палива на основі вуглецю до кількості, меншої за 5 відсотків понад стехіометричне співвідношення, і контролювання згоряння палива на основі вуглецю для створення температури полум'я, що перевищує 4500°F, і створення потоку вихлопного газу з печі, який має температуру не більше 1100°F.

24. Спосіб спалювання за п. 23, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі палива на основі вуглецю у піч з інтенсивністю, яка залежить від інтенсивності подачі кисню.

25. Спосіб спалювання за п. 23, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі кисню у піч з інтенсивністю, яка залежить від інтенсивності подачі палива на основі вуглецю.

26. Спосіб спалювання за п. 23, який **відрізняється** тим, що включає етап контролювання принайм-

ні одного джерела палива та джерела кисню для підтримання однієї або кількох температур у печі на рівні однієї або кількох потрібних температур або нижче.

27. Спосіб спалювання за п. 26, який **відрізняється** тим, що в основі однієї або кількох потрібних температур частково лежить теплопередача, на яку впливає геометрія печі.

28. Спосіб спалювання, який включає етапи забезпечення печі, яка має регульоване середовище і яка практично не має підсмоктування з навколишнього середовища, і виконаної таким чином, щоб практично запобігати проникненню повітря, подачі кисню, що має задану чистоту, подачі палива на основі вуглецю, подачі кисню та палива на основі вуглецю у піч у стехіометричному співвідношенні між ними, обмеження надлишку кисню або палива на основі вуглецю до кількості, меншої за 5 відсотків понад стехіометричне співвідношення, і контролювання згоряння палива на основі вуглецю для створення температури полум'я, що перевищує 4500°F, і створення потоку вихлопного газу з печі, що має газоподібні сполуки з практично нульовим вмістом азоту, які є продуктами згоряння, з окиснювача.

29. Спосіб спалювання за п. 28, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі палива на основі вуглецю у піч з інтенсивністю, яка залежить від інтенсивності подачі кисню.

30. Спосіб спалювання за п. 28, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі кисню у піч з інтенсивністю, яка залежить від інтенсивності подачі палива на основі вуглецю.

31. Спосіб спалювання за п. 28, який **відрізняється** тим, що включає етап контролювання принаймні одного джерела палива та джерела кисню для підтримання однієї або кількох температур у печі на рівні однієї або кількох потрібних температур або нижче.

32. Спосіб спалювання за п. 31, який **відрізняється** тим, що в основі однієї або кількох потрібних температур частково лежить теплопередача, на яку впливає геометрія печі.

33. Спосіб експлуатації печі, який включає етапи забезпечення печі, яка має зону згоряння і має камеру згоряння і яка виконана таким чином, щоб практично запобігати проникненню повітря, подачі палива на основі вуглецю у зону згоряння через камеру згоряння, подачі кисню заданої чистоти у піч для згоряння з паливом на основі вуглецю, і контролювання згоряння кисню та палива на основі вуглецю для створення температури полум'я, що перевищує 3000°F, і створення потоку вихлопного газу з печі, який має температуру не більше 1100°F.

34. Спосіб експлуатації печі за п. 33, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі палива на основі вуглецю у піч з інтенсивністю, яка залежить від інтенсивності подачі кисню.

35. Спосіб експлуатації печі за п. 33, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі кисню у піч з інтенсивністю, яка залежить від інтенсивності подачі палива на основі вуглецю.

36. Спосіб експлуатації печі за п. 33, який **відрізняється** тим, що включає етап контролювання одного або кількох джерел палива та джерела

кисню для підтримання однієї або кількох температур у печі на рівні потрібної температури або нижче.

37. Спосіб експлуатації печі за п. 36, який **відрізняється** тим, що в основі однієї або кількох потрібних температур частково лежить теплопередача, на яку впливає геометрія печі.

38. Спосіб спалювання, який включає етапи забезпечення печі, яка має принаймні одну камеру згоряння, і виконану таким чином, щоб практично запобігати проникненню повітря, подачі кисню з заданою чистотою, що перевищує 21 відсоток, подачі палива на основі вуглецю, подачі кисню та палива на основі вуглецю у піч у контрольованому співвідношенні між ними і контролювання згоряння палива на основі вуглецю для створення температури полум'я, що перевищує 3000°F.

39. Спосіб спалювання за п. 38, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі палива на основі вуглецю у піч з інтенсивністю, яка залежить від інтенсивності подачі кисню.

40. Спосіб спалювання за п. 38, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі кисню у піч з інтенсивністю, яка залежить від інтенсивності подачі палива на основі вуглецю.

41. Спосіб спалювання за п. 38, який **відрізняється** тим, що включає етап контролювання одного або кількох джерел палива та джерела кисню для підтримання однієї або кількох температур у печі на рівні однієї або кількох потрібних температур або нижче.

42. Спосіб спалювання за п. 41, який **відрізняється** тим, що в основі однієї або кількох потрібних температур частково лежить теплопередача, на яку впливає геометрія печі.

43. Спосіб видобування алюмінію з алюмінію, змішаного з неалюмінієвими матеріалами, який включає етапи подачі алюмінію, змішаного з неалюмінієвими матеріалами, у плавильну піч, виконану таким чином, щоб практично запобігати проникненню повітря, подачі кисню заданої чистоти яка перевищує 21 відсоток, у піч, подачі палива на основі вуглецю у піч, спалювання кисню та палива на основі вуглецю у печі, причому кисень та паливо на основі вуглецю спалюють у печі, в якій кисень із джерела кисню та паливо на основі вуглецю подають у піч у стехіометричному співвідношенні між ними для обмеження надлишку кисню або палива на основі вуглецю до кількості, меншої за 5 відсотків понад стехіометричне співвідношення, згоряння палива на основі вуглецю забезпечує температуру полум'я, що перевищує 4500°F, і потік вихлопного газу з печі має температуру, що не перевищує 1100°F, розплавлення алюмінію у печі, видалення забрудненого домішками алюмінію з печі і вивантаження практично чистого розплавленого алюмінію із печі.

44. Спосіб видобування алюмінію за п. 43, який **відрізняється** тим, що включає етап утилізації відхідного тепла із печі.

45. Спосіб видобування алюмінію за п. 43, який **відрізняється** тим, що включає етап видобування алюмінію з забрудненого домішками алюмінію та завантаження видобутого алюмінію у піч.

46. Спосіб видобування алюмінію за п. 44, який **відрізняється** тим, що включає етап перетворення відхідного тепла на електрику.

47. Спосіб видобування алюмінію за п. 43, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі палива на основі вуглецю у плавильну піч з інтенсивністю, яка залежить від інтенсивності подачі кисню.

48. Спосіб видобування алюмінію за п. 43, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі кисню у плавильну піч з інтенсивністю, яка залежить від інтенсивності подачі палива на основі вуглецю.

49. Спосіб видобування алюмінію за п. 43, який **відрізняється** тим, що включає етап контролювання принаймні однієї подачі палива на основі вуглецю та подачі кисню для підтримання однієї або кількох температур у печі на рівні однієї або кількох потрібних температур або нижче.

50. Спосіб видобування алюмінію за п. 49, який **відрізняється** тим, що в основі однієї або кількох потрібних температур частково лежить теплопередача, на яку впливає геометрія плавильної печі.

51. Безсольовий спосіб відокремлення алюмінію від зашлакованого алюмінію, який включає етапи введення зашлакованого алюмінію у піч, виконану таким чином, щоб практично запобігати проникненню повітря, яка має систему для спалювання кисню-палива для спалювання палива на основі вуглецю з киснем заданої чистоти, яка перевищує 21 відсоток, для створення температури полум'я 5000°F, і практично не має надлишкового кисню, розплавлення зашлакованого алюмінію у печі, знімання верхньої частини розплавленого зашлакованого алюмінію з утвореним сильно зашлакованим продуктом, пресування сильно зашлакованого продукту у механічному пресі для відокремлення алюмінію від сильно зашлакованого продукту для одержання концентрованого сильно зашлакованого продукту.

52. Безсольовий спосіб відокремлення алюмінію від зашлакованого алюмінію за п. 51, який **відрізняється** тим, що включає етап повернення концентрованого сильно зашлакованого продукту у піч.

53. Безсольовий спосіб відокремлення алюмінію від зашлакованого алюмінію за п. 51, який **відрізняється** тим, що включає поміщення зашлакованого алюмінію у піч під прямим накидом факела.

54. Безсольовий спосіб відокремлення алюмінію за п. 51, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі палива на основі вуглецю у піч з інтенсивністю, яка залежить від інтенсивності подачі кисню.

55. Безсольовий спосіб відокремлення алюмінію за п. 51, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі кисню у піч з інтенсивністю, яка залежить від інтенсивності подачі палива на основі вуглецю.

56. Безсольовий спосіб відокремлення алюмінію за п. 51, який **відрізняється** тим, що включає етап контролювання принаймні одного джерела палива на основі вуглецю та джерела кисню для підтримання однієї або кількох температур у печі на рівні однієї або кількох потрібних температур або нижче.

57. Безсольовий спосіб відокремлення алюмінію за п. 56, який **відрізняється** тим, що в основі однієї або кількох потрібних температур частково лежить теплопередача, на яку впливає геометрія печі.

58. Піч для видобування алюмінію з алюмінію, змішаного з неалюмінієвими матеріалами, яка включає зону згоряння, зону накопичення розплавленого алюмінію, камеру згоряння, джерело палива на основі вуглецю для подачі палива на основі вуглецю у зону згоряння через камеру згоряння, джерело окиснювача для подачі кисню заданої чистоти у піч для згоряння з паливом на основі вуглецю, засіб контролю згоряння кисню та паливо на основі вуглецю для створення температури полум'я, що перевищує 3000°F і створення потоку вихлопного газу з печі, який має температуру не більше 1100°F, причому піч виконано таким чином, щоб практично запобігати проникненню повітря.

59. Піч для видобування алюмінію за п. 58, яка **відрізняється** тим, що включає джерело повітря для подачі повітря, що містить кисень, у зону згоряння для згоряння газу з паливом на основі вуглецю та кисню заданої чистоти.

60. Піч для видобування алюмінію за п. 58, яка **відрізняється** тим, що включає паливний трубопровід для подачі палива на основі вуглецю у камеру згоряння, і в якій кисень заданої чистоти подають у піч через паливний трубопровід.

61. Піч для видобування алюмінію за п. 58, яка **відрізняється** тим, що кисень заданої чистоти подають у піч окремо від палива на основі вуглецю.

62. Піч для видобування алюмінію за п. 58, яка **відрізняється** тим, що чистота кисню становить принаймні 85 відсотків.

63. Спалювач відходів, який включає зону згоряння, камеру згоряння, джерело палива для подачі палива, джерело окиснювача для подачі кисню

заданої чистоти і джерело відходів, причому відходи подають у зону згоряння, причому паливо та кисень спалюють у камері згоряння для утворення полум'я для спалення відходів, і полум'я має температуру, яка перевищує 4500°F.

64. Спалювач відходів за п. 63, який **відрізняється** тим, що окиснювач має концентрацію кисню не менше 85 відсотків.

65. Спалювач відходів за п. 63, який **відрізняється** тим, що включає нагнітач кисню для нагнітання кисню у зону згоряння.

66. Спалювач відходів за п. 63, який **відрізняється** тим, що сміттеспалювач виконано таким чином, щоб практично запобігати проникненню повітря.

67. Спосіб спалення відходів, який включає етапи забезпечення спалювача відходів, що має зону згоряння, камеру згоряння, джерело палива та джерело окиснювача, подачі палива у камеру згоряння, подачі кисню заданої чистоти у камеру згоряння, забезпечення подачі відходів у зону згоряння і контролювання згоряння кисню та палива для спалення відходів, причому контролювання згоряння здійснюють таким чином, щоб паливо та кисень згоряли у камері згоряння для утворення полум'я для спалення відходів, і полум'я має температуру, яка перевищує 4500°F.

68. Спосіб спалення відходів за п. 67, який **відрізняється** тим, що включає етап подачі кисню у камеру згоряння з концентрацією кисню не менше 85 відсотків.

69. Спосіб спалення відходів за п. 67, який **відрізняється** тим, що включає етап нагнітання кисню у зону згоряння окремо від етапу подачі кисню заданої чистоти у камеру згоряння.

Даний винахід стосується системи для спалювання на кисні-паливі. Точніше, даний винахід стосується системи спалювання кисню-палива, в якій знижується вироблення парникових газів і знижується витрата викопного палива.

Системи згоряння на кисні-паливі є відомими, однак їх застосування є досить обмеженим. Системи згоряння кисню-палива, як правило, застосовують у випадках, коли вимагаються дуже високі температури полум'я. Наприклад, ці системи застосовують у виробництві скла для досягнення температур, необхідних для розтоплення діоксиду кремнію до температури розплавлення. Існує загальна думка, що конструктивні та матеріальні обмеження диктують верхню межу температур, який можуть піддаватися більшість промислових систем. Для цього системи для спалювання на повітрі-паливі або опалювані повітрям застосовують в енергетичних котлах, печах та ін. у більшості випадків промислового застосування, включаючи виробництво, вироблення електроенергії та інші процеси.

Зокрема, системи для спалювання на повітрі-паливі або системи електричного опалення застосовують скрізь у виробництві сталі та алюмінію, а також в енергетичній промисловості та інших галу-

зях промисловості, які залежать від палива на основі вуглецю. У системах на повітрі-паливі у піч подають повітря, яке складається приблизно на 79% з азоту та 21% кисню, разом з паливом. Повітряно-паливну суміш запалюють, створюючи безперервне полум'я. Полум'я переносить енергію у формі тепла від паливно-повітряної суміші в піч.

У виробництві сталі та алюмінію печі на повітрі-паливі та електричні печі застосовують як первинне джерело тепла для розплавлення металів. Стосовно печей на повітрі-паливі у традиційній практиці прийнято, що енергетичні вимоги, врівноважені відносно температурних обмежень технологічного обладнання, вимагають або значною мірою виправдовують застосування цих типів систем для спалювання. Що ж стосується застосування електричних печей в алюмінієвій промисловості, то здоровий глузд також виправдовує цей тип джерела енергії для досягнення температур, необхідних для обробки алюмінію.

Одним з недоліків застосування систем для спалювання на повітрі-паливі є те, що ці системи виробляють NOx та інші парникові гази, такі як діоксид вуглецю, діоксид сірки та ін., що є характерним результатом процесу згоряння. NOx та інші парникові гази значною мірою сприяють забруд-

ненню навколишнього середовища, включаючи, крім іншого, кислотні дощі. Необхідним є зниження викидів NOx та інших парникових газів, і в результаті регулюючих обмежень викиди значною мірою зменшуються. Для цього на цих системах для спалювання повинні встановлюватися різні пристрої з метою обмеження та/або зниження рівня вироблення NOx та інших парникових газів.

Ще одним недоліком печей на повітрі-паливі є те, що велика частина енергії, що вивільнюється у процесі згоряння, поглинається або використовується для нагрівання газоподібного азоту, присутнього в повітрі, яке подають у піч. Ця енергія по суті марнується, бо нагрітий азот, як правило, просто виходить у вигляді вихлопу з джерела тепла, наприклад, печі. З цією метою велика частина витрат енергії спрямовується у навколишнє середовище через трубу для відхідного газу чи інший подібний пристрій. Інші недоліки відомих систем для спалювання з подачею повітря зрозумілі спеціалістам у даній галузі.

Електричні печі так само мають свої недоліки. Наприклад, характерною для цих систем також є необхідність у постійному, практично безперервному джерелі електроенергії. Оскільки для функціонування електричних печей вимагається велика кількість електроенергії, ці електричні печі, як правило, необхідно розміщувати неподалік від електростанцій та/або великих ліній електропередач. Крім того, електричні печі вимагають регулярного обслуговування для забезпечення функціонування цих печей з оптимальною або наближеною до оптимальної ефективністю. До того ж, характерною для застосування електричних печей є неефективність перетворення палива на електроенергію (більшість великих електростанцій, що працюють на викопному паливі і на яких використовують парові турбіни, працюють з ефективністю, меншою за 40 відсотків, зазвичай, меншою за 30 відсотків). Крім того, ці великі станції, що працюють на викопному паливі, виробляють надзвичайно велику кількість NOx та інших парникових газів.

Наприклад, у галузі обробки алюмінію, точніше, у галузі утилізації алюмінієвого брухту, згідно з традиційною практикою, температура полум'я в печах має підтримуватися на рівні приблизно від 2500°F до 3000°F. Вважається, що цей діапазон дозволяє досягти балансу між енергією, необхідною для забезпечення достатньої кількості тепла для розплавлення алюмінієвого брухту та підтримання достатньої температури металу у розплаві на рівні приблизно 1450°F. У нині відомих печах застосовують конструкцію, в якій температура полум'я, як правило, не перевищує 3000°F, що забезпечує підтримання міцності конструкції цих печей. Тобто, вважається, що підвищення цих меж температури може послабити несучий каркас печі, що може призвести до катастрофічних наслідків. Крім того, температура шахти для традиційних печей зазвичай становить приблизно 1600°F. Таким чином, перепад температур між полум'ям та вихлопом становить лише близько 1400°F. В результаті енергія для процесу згоряння використовується неефективно.

Також вважається, що втрата тепла та потенційна шкода для обладнання від печей, у яких те-

мпература полум'я перевищує 3000°F, значно переважає будь-яку ефективність експлуатації, яка може бути досягнута при більш високих температурах полум'я. Таким чином, традиційна точка зору повністю підтримує застосування печей на повітрі-паливі, в яких верхня межа температури полум'я становить приблизно 3000°F (за стехіометрією полум'я), що забезпечує цілісність печі і зменшує втрату енергії.

Відповідно, існує потреба у системі для спалювання, що забезпечує переваги зниження забруднення навколишнього середовища (через NOx та інші парникові гази) і водночас забезпечує ефективне використання енергії. Бажано, щоб така система для спалювання могла широко застосовуватися в різних галузях промисловості, від електростанцій/енергосистем загального користування до підприємств хімічного збагачення, металургії та металообробки і т. ін. Така система для спалювання може бути застосована, наприклад, у галузі обробки металів, наприклад, алюмінію, в якій система для спалювання забезпечує підвищення ефективності енергії та зниження забруднення. Також існує потреба, зокрема, у галузі обробки алюмінієвого брухту, у технологічному обладнанні (зокрема, печах), сконструйованому і сконфігурованому таким чином, щоб витримувати підвищену температуру полум'я, пов'язану з такою ефективною системою для спалювання, і збільшувати ефективність енергії та знижувати забруднення.

Система для спалювання на кисні-паливі охоплює піч, яка має регульоване середовище й охоплює принаймні одну камеру згоряння. Система для спалювання включає джерело кисню для подачі кисню, що має задану чистоту, та джерело палива на основі вуглецю для подачі палива на основі вуглецю. Дана система для спалювання кисню-палива збільшує ефективність спожитого палива (тобто, вимагає менше палива), не виробляє NOx (крім того, що виробляється паливом) і виробляє значно менше інших парникових газів.

Кисень та паливо на основі вуглецю подають у піч у стехіометричному співвідношенні між ними для обмеження надлишку кисню або палива на основі вуглецю до кількості, меншої за 5 відсотків понад стехіометричне співвідношення. Згоряння палива на основі вуглецю забезпечує температуру полум'я, що перевищує приблизно 4500°F, та потік вихлопного газу з печі, який має температуру не більше приблизно 1100°F.

Система для спалювання в оптимальному варіанті включає систему контролю для регулювання подачі палива на основі вуглецю і для регулювання подачі кисню у піч. У системі контролю, подачу палива здійснюють після подачі кисню у піч. Подачу кисню та палива регулюють за заданою температурою розплавленого алюмінію. За цієї конструкції, температура розплавленого алюмінію повідомляється через датчик.

Паливом на основі вуглецю може бути будь-який тип палива. В одному варіанті втілення паливом є газ, такий як природний газ, метан і т. ін. В альтернативному варіанті паливом є тверде паливо, таке як вугілля або вугільний пил. У ще одному альтернативному варіанті паливом є рідке паливо, таке як нафтове паливо, включаючи відпрацьовані

олії.

В одному з прикладів застосування систему для спалювання застосовують у системі утилізації алюмінієвого брухту для видобування алюмінію з брухту. Така система включає піч для вміщення розплавленого алюмінію заданої температури, з принаймні однією камерою згоряння. Система для утилізації включає джерело кисню для подачі кисню у піч через систему для спалювання. Для досягнення максимальної ефективності джерело кисню має чистоту кисню не менше приблизно 85 відсотків.

Джерело палива на основі вуглецю забезпечує паливо на основі вуглецю. Кисень та паливо на основі вуглецю подають у піч у стехіометричному співвідношенні між ними для обмеження надлишку кисню або палива на основі вуглецю до кількості, меншої за 5 відсотків понад стехіометричне співвідношення. Згоряння палива на основі вуглецю забезпечує температуру полум'я, що перевищує приблизно 4500°F, та потік вихлопного газу з печі, який має температуру не більше приблизно 1100°F.

У такій системі для утилізації згоряння кисню та палива дає енергію, яка використовується для видобування алюмінію з брухту, на рівні приблизно 1083 BTU на фунт видобутого алюмінію. Паливом може бути газ, такий як природний газ, або ж це може бути тверде паливо чи рідке паливо.

У системі для утилізації тепло від печі може бути регенероване в системі утилізації відхідного тепла. Регенероване тепло може бути перетворене на електроенергію.

У системі, якій віддають найбільшу перевагу, система для спалювання включає систему забезпечення киснем. Одна така система розділяє повітря на кисень та азот, наприклад, система криогенного розділення. Інші системи передбачають мембранне відокремлення і т. ін. Кисень також може забезпечуватися шляхом розділення води на кисень та водень. У таких системах кисень може зберігатися для використання в разі потреби. Відомі й інші системи для вироблення/відокремлення кисню.

Взагалі, система для спалювання на кисні-паливі може бути застосована для будь-якої печі, яка має регульоване середовище. Тобто, для будь-якої печі, яка практично не має підсмоктування з навколишнього середовища. Така система для спалювання включає джерело кисню для подачі кисню, що має задану чистоту, та джерело палива на основі вуглецю для подачі палива на основі вуглецю.

Кисень із джерела кисню та палива на основі вуглецю подають у піч у стехіометричному співвідношенні між ними для обмеження надлишку кисню або палива на основі вуглецю до кількості, меншої за 5 відсотків понад стехіометричне співвідношення. У такій печі потік вихлопного газу з печі має газоподібні сполуки, які є продуктами згоряння, з практично нульовим вмістом азоту. Тобто, завдяки тому, що з паливом не надходить азот, якщо азот не міститься в паливі, вихлопний газ практично не містить азотовмісних продуктів згоряння (тобто, NOx) і має значно знижений рівень інших парникових газів.

У цій системі для спалювання може застосовуватися будь-яке паливо на основі вуглецю, включаючи газ, такий як природний газ або метан, будь-яке тверде паливо, таке як вугілля або вугільний пил, або будь-яке рідке паливо, таке як олія, включаючи відпрацьовані олії та очищені нафтопродукти. У такій системі для спалювання будь-які азотовмісні газоподібні сполуки, які є продуктами згоряння, утворюються з азоту, що міститься у паливі.

Спосіб видобування алюмінію з брухту включає подачу алюмінієвого брухту у плавильну піч і спалювання кисню та палива на основі вуглецю в печі. При спалюванні кисню та палива кисень та паливо подають у піч у стехіометричному співвідношенні між ними для обмеження надлишку кисню або палива на основі вуглецю до кількості, меншої за 5 відсотків понад стехіометричне співвідношення. Згоряння забезпечує температуру полум'я, що перевищує приблизно 4500°F, та потік вихлопного газу з печі, який має температуру не більше приблизно 1100°F.

Алюміній зріджується у печі, забруднений домішками алюміній видаляють із печі і практично чистий розплавлений алюміній вивантажують із печі. Спосіб може включати етап видобування алюмінію з забрудненого домішками алюмінію, тобто, шлаку, та завантаження видобутого алюмінію в піч.

Спосіб може включати утилізацію відхідного тепла з печі. Утилізоване відхідне тепло може бути перетворене на електрику.

Піч для видобування алюмінію з алюмінієвого брухту включає ванну для вміщення розплавленого алюмінію заданої температури та принаймні одну камеру згоряння. Джерело кисню забезпечує кисень, який має чистоту не менше приблизно 85 відсотків, а джерело палива на основі вуглецю забезпечує паливо, таке як природний газ, вугілля, олію і т. ін.

Кисень із джерела кисню та палива подають у піч у стехіометричному співвідношенні між ними для обмеження надлишку кисню або палива до кількості, меншої за 5 відсотків понад стехіометричне співвідношення. Згоряння палива забезпечує температуру полум'я, що перевищує приблизно 4500°F, а потік вихлопного газу з печі має температуру, що не перевищує приблизно 1100°F.

В одному варіанті втілення піч утворюється зі сталевих плити, сталевих поперечин та вогнетривких матеріалів. Стінки печі виконано таким чином, що вони мають каркас зі сталевих поперечин та плити, принаймні один шар подрібнюваного ізолюючого матеріалу, принаймні один шар вогнетривкої цегли та принаймні один шар литого вогнетривкого матеріалу. Під печі виконано таким чином, що він має каркас зі сталевих поперечин і плити та принаймні два шари вогнетривкого матеріалу, причому принаймні один із шарів є литим вогнетривким матеріалом.

Описано також безсолієвий спосіб відокремлення алюмінію від зашлакованого алюмінію, який включає етапи поміщення зашлакованого алюмінію в піч. Піч має систему для спалювання кисню-палива, що забезпечує температуру полум'я близько 5000°F і практично не має надлишкового кисню. Зашлакований алюміній розплавляється в пе-

чі.

Верхню частину розплавленого зашлакованого алюмінію знімають для одержання сильно зашлакованого продукту. Сильно зашлакований продукт пресують у механічному пресі для відокремлення алюмінію від сильно зашлакованого продукту для одержання концентрованого сильно зашлакованого продукту. Спосіб може включати етап повернення концентрованого сильно зашлакованого продукту у піч. Поміщення зашлакованого алюмінію в піч здійснюють під прямим накидом факела для відокремлення оксидів від шлаку.

Ці та інші особливості та переваги даного винаходу стануть зрозумілими після ознайомлення з представленим нижче детальним описом, у зв'язку з формулою винаходу, що додається.

Вигоди та переваги даного винаходу буде легше зрозуміти спеціалістам у відповідній галузі після ознайомлення з представленим нижче детальним описом та супровідними фігурами, серед яких:

Фіг.1 є загальною блок-схемою прикладу процесу утилізації алюмінієвого брухту, який включає плавильну піч із системою для спалювання на кисні-паливі, в якій знижується вироблення парникового газу та споживання палива, що втілює принципи даного винаходу;

Фіг.2 є загальною блок-схемою операції обробки шлаку, яка є продовженням процесу, представленого на Фіг.1, і включає відновлювальну піч, яка має систему для спалювання на кисні-паливі, що втілює принципи даного винаходу;

Фіг.3 є прикладом послідовності подачі природного газу та послідовності подачі кисню для застосування в системі для спалювання на кисні-паливі;

Фіг.4 є загальною схемою установки, на якій показано подачу кисню з криогенної установки та спрямування в печі, а також показано приклад установки для утилізації відхідного тепла;

Фіг.5 є схематичним зображенням алюмінієво-плавильної печі для застосування з системою для спалювання на кисні-паливі згідно з принципами даного винаходу;

Фіг.6 є боковою проекцією печі з Фіг.5;

Фіг.7 є фронтальною проекцією плавильної печі з Фіг.6;

Фіг.8 і 9 є частковими поперечними перерізами бокової стінки та поду печі, відповідно;

Фіг.10 показує монтаж камери згоряння для застосування з системою для спалювання на кисні-паливі;

Фіг.11 є схематичними зображеннями прикладу системи контролю для застосування із системою для спалювання на кисні-паливі згідно з данним винаходом;

Фіг.12 є схематичним зображенням прикладу передньої стінки енергетичного котла або печі, на якому показано камеру згоряння та установку подачі повітря, а також показано включення до неї системи для спалювання кисню-палива, що втілює принципи даного винаходу; і

Фіг.13 є схематичним зображенням спалювача відходів, де показано включення до нього системи для спалювання кисню-палива, що втілює принципи даного винаходу.

Хоча даний винахід передбачає втілення в різних формах, на фігурах показано і нижче описано оптимальний варіант втілення. Однак слід розуміти, що представлене розкриття має розглядатися як приклад винаходу, і не обмежує обсягу винаходу конкретним показаним варіантом втілення. Також слід розуміти, що назва цього розділу опису, тобто, "Детальний опис винаходу", стосується вимог Патентного відомства США і не передбачає й не означає обмеження описаного авторами предмета.

У системі для спалювання кисню-палива застосовують практично чистий кисень у комбінації з паливом для вироблення тепла шляхом утворення полум'я (тобто, згоряння) ефективним способом, який не має негативного впливу на навколишнє середовище. Кисень, який забезпечується окиснювачем, застосовують у концентраціях від приблизно 85 відсотків до приблизно 99+ відсотків, однак в оптимальному варіанті концентрація кисню (тобто, чистота джерела кисню) має бути якомога вищою. У такій системі кисень високої чистоти разом з джерелом палива у стехіометричних співвідношеннях подають у камеру згоряння печі. Кисень та паливо запалюють для вивільнення енергії, що міститься у паливі. З точки зору даного опису посилення на піч має широке тлумачення і передбачає будь-який промисловий або комерційний тепловий генератор який спалює викопне паливо (на основі вуглецю). В оптимальній системі концентрація або чистота кисню має бути якомога вищою для зниження вироблення парникового газу.

Передбачається можливість застосування практично будь-якого джерела палива. Наприклад, у даній заявці, як буде детальніше описано нижче, кисень подають разом з природним газом для спалювання у піч. До інших передбачених джерел палива належать олії, включаючи очищені нафтопродукти, а також відпрацьовані олії, деревина, вугілля, вугільний пил, відходи (сміття) і т. ін. Спеціалістам стане зрозумілою можливість застосування численних джерел палива у представленій системі кисню-палива.

Представлена система відрізняється від традиційних процесів двома основними принципами. По-перше, у традиційних процесах згоряння для спалювання використовують повітря (як окиснювач для постачання кисню), а не практично чистий кисень. Кисневий компонент повітря (приблизно 21 відсоток) використовують для спалювання, а решту компонентів (здебільшого азот) нагрівають у печі і виводять із неї з вихлопом. По-друге, у представленому процесі кисень використовують у стехіометричному співвідношенні з паливом. Тобто, кисень подають лише у достатньому співвідношенні з паливом для забезпечення повного згоряння палива. Таким чином, у систему для спалювання не подають "зайвого" кисню.

Застосування представленної системи для спалювання дозволяє досягти багатьох переваг та вигод. Було помічено, як описано нижче, що споживання палива для вироблення еквівалентної кількості енергії або тепла знижується у деяких випадках на 70 відсотків. Важливо, що це може забезпечити величезне зниження виникаючого в

результаті забруднення. Також у деяких випадках викиди  $\text{NO}_x$  можуть бути знижені практично до нуля, а викиди інших парникових газів знижені приблизно на 70 відсотків порівняно з традиційними повітряно-паливними системами для спалювання.

Приклад процесу утилізації алюмінієвого брухту

В одному конкретному варіанті застосування систему для спалювання на кисні-паливі застосовують в установці для утилізації алюмінієвого брухту 10. Виробничий процес для прикладу установки показано на Фіг.1-2. Алюмінієвий брухт, який має загальне позначення 12, подають у плавильну піч 14 і зріджують. Установа 10 може включати кілька печей, які функціонують паралельно 14, одну з яких показано. Зріджений або розплавлений алюміній виймають із плавильної печі 14 і подають у меншу накопичувальну піч або накопичувач 16. Накопичувальна піч 16 також є піччю, яка працює на кисні-паливі. Розплавлений алюміній у разі необхідності виймають із плавильної печі 14 для підтримання певного заданого рівня у накопичувальній печі 16. В результаті діставання з плавильної печі 14 може бути безперервним або може відбуватися "партиями", залежно від потреби.

У накопичувальній печі 16 хлор та азот (у формі газу), позначені як 18 та 20, відповідно, подають у накопичувальну піч 16 для полегшення видалення забруднювачів з розплавленого алюмінію. Хлор та азот функціонують як газоподібний флюс для витягування забруднювачів з алюмінію. Цю процедуру також здійснюють у плавильних печах 14 для кращого очищення жирного та брудного брухту. Інші передбачені флюси включають газоподібний гексафторид аргону. Накопичувач 16 активно нагрівається і функціонує при температурі розплавленого металу приблизно  $1300^\circ\text{F}$ . Температура повітря у накопичувачі 16 є трохи вищою.

Розплавлений алюміній після цього фільтрують. На даний час застосовують фільтр для частинок мішкового типу 22. Хоча відомі й інші типи фільтрів, які можуть бути застосовані. Фільтрований розплавлений алюміній після цього пропускають через дегазатор 24.

У дегазаторі у розплавлений алюміній 24 подають флюс, такий як інертний газ (також застосовують азот, як позначено номером 26). Розплавлений алюміній перемішують, наприклад, механічною мішалкою 28 і флюс 26 барботують через розплавлений алюміній для видалення з алюмінію забруднень (наприклад, оксидів).

Розплавлений алюміній після цього подають у розташовану далі розливальну машину 30. У розливальній машині 30 алюміній відливають у безперервну пластину. Товщина відлитого матеріалу може бути будь-якою, від 0,010 дюйма до 0,750 дюйма або більше. Алюміній після цього скручують у рулон, як показано під номером 32, для застосування або подальшої обробки. У представленому способі алюміній проходить від розливальної машини 30 через пару машин для гарячої прокатки 34, у яких плиту прокатують до остаточної товщини, як правило, приблизно 0,082 дюйма (82міл), а потім скручують для утворення

рулону 32. Спеціалістам стане зрозумілою можливість надання різних кінцевих форм та процесів обробки, які можуть здійснюватися з металом. Усі ці форми та процеси обробки охоплюються обсягом та сутністю даного винаходу.

Плавильна піч 14, як зазначено вище, є піччю, що працює на кисні-паливі. У неї подають паливо на основі вуглецю, таке як природний газ, у стехіометричному співвідношенні з киснем. У цьому полягає відмінність від нині відомих печей, у яких застосовують суміші палива та повітря. З сумішами палива/повітря для підтримання процесу згоряння у піч подають азот, а також кисень. Це призводить до утворення небажаних відхідних газів  $\text{NO}_x$ . Крім того, азот також поглинає енергію з розплавленого алюмінію, таким чином, знижуючи загальну ефективність процесу. Тобто, через те, що відсоток азоту в повітрі є настільки великим, велика кількість енергії йде на нагрівання азоту, а не алюмінію.

Співвідношення кисню/природного газу у представлених плавильній та накопичувальній печах 14, 16 становить приблизно 2,36:1. Це співвідношення може бути різним, залежно від чистоти джерела кисню та характеру палива. Наприклад, за ідеальних умов 100-відсотково чистого кисню теоретично розраховане співвідношення становитиме 2,056:1. Однак джерело кисню може мати до приблизно 15 відсотків некисневих складових, і природний газ не завжди є на 100 відсотків чистим. Спеціалістам стане зрозуміло, що співвідношення можуть злегка варіюватися, але основа для розрахунку співвідношень, які є стехіометричними співвідношеннями палива та кисню, є незмінною.

Це співвідношення кисню та палива дає багато переваг. По-перше, ця стехіометрія забезпечує повне згоряння палива, таким чином, забезпечуючи зменшення викидів монооксиду вуглецю,  $\text{NO}_x$  та інших шкідливих відхідних газів (взагалі інших парникових газів). Крім того, регульовані пропорції кисню також знижують кількість оксидів, присутніх у розплавленому алюмінії. Це, у свою чергу, забезпечує вищу якість кінцевого алюмінієвого продукту і вимагає меншої обробки для видалення цих небажаних оксидних забруднювачів.

Важливо зазначити, що точне регулювання співвідношення кисню з паливом гарантує повне згоряння палива. У цьому полягає основна відмінність, наприклад, від електростанцій, що працюють на викопному паливі (наприклад, комунальних електростанціях), на яких борються з LOI (втрата на прожарювання). Як правило, LOI дорівнює неповному згорянню палива. З іншого боку, у представленому способі практично чистий кисень, у чітко контрольованому стехіометричному співвідношенні з паливом, мінімізує, а можливо, і усуває ці втрати. Крім того, у представленому способі, єдиним теоретично можливим  $\text{NO}_x$  є  $\text{NO}_x$ , присутній у паливі, а не той, який інакше утворювався б в результаті згоряння з використанням повітря. Таким чином,  $\text{NO}_x$ , якщо повністю і не усувається, то знижується до незначної кількості порівняно з традиційними системами для спалювання.

Оксиди в алюмінії мають два основних джерела походження. По-перше, від процесу згоряння; по-друге, від оксидів, які містяться в алюмінії. Це,



зокрема стосується низькосортного брухту або первинного металу. Представлений процес враховує обидва ці джерела оксидів і зменшує або усуває їх вплив на кінцевий алюмінієвий продукт. По-перше, представлений процес зменшує кількість оксидів, які можуть утворюватися в результаті подачі кисню для згоряння палива. Цього досягають шляхом чіткого контролювання кисню, який подають лише у кількості, необхідній для стехіометричного співвідношення для повного згоряння палива.

Представлений процес враховує друге джерело оксидів (що містяться в алюмінії) і видаляє ці оксиди шляхом дегазації та фільтрування. Це дає подвійну перевагу. По-перше, утворюється менше побічного продукту у формі шлаку D; по-друге, значно підвищується якість кінцевого продукту.

Також було виявлено, що застосування суміші паливо/кисень (а не суміші паливо/повітря) в результаті забезпечує вищу температуру полум'я у плавильній печі. При застосуванні кисню-палива досягали температури полум'я у печі близько 5000°F. Цей показник є вищим приблизно на 1500°F-2000°F, ніж в інших, нині відомих печах. Також було помічено, що застосування кисню-палива, разом з цією підвищеною температурою полум'я, в результаті забезпечує надзвичайно високоефективний процес. В одному вимірюванні ефективності вимірюють енергію, яка вимагається (у BTU) на фунт (lb) обробленого алюмінію. У відомому процесі необхідна енергія становить приблизно 3620BTU/lb обробленого продукту. У представленому процесі та пристрої енергетичні вимоги є значно меншими: приблизно 1083BTU/lb обробленого металу. Також слід зазначити, що, хоча "паливом", яке згадувалося вище по відношенню до представленого способу, є природний газ, може застосовуватися будь-яке паливо на органічній основі, таке як олія (включаючи відпрацьовану олію), вугілля, вугільний пил і т. ін.

Для розуміння термодинаміки процесу слід зазначити, що теоретична кількість енергії, яка вимагається для розплавлення фунта алюмінію, становить 504BTU. Однак через те, що процес характеризується неефективністю у конкретних показниках, фактична кількість енергії, яка вимагається, становить приблизно 3620BTU/lb при застосуванні системи для спалювання, що працює на повітрі-паливі. Такими неефективними показниками є, наприклад, фактичний період обробки, який є меншим за фактичний час "паління" печі, та інші зміни у подальшому процесі, такі як збільшення або зменшення ширини розливальної машини. Крім того, інші "втрати", такі як втрати у трубах (тепло) та втрата тепла через стінки печі, також сприяють цим перепадам енергії.

До того ж, показник 1083BTU/lb є середнім значенням необхідної енергії, навіть з врахуванням цих "втрат". Було виявлено, що при здійсненні процесу з високою ефективністю, тобто, при майже безперервній обробці алюмінію, на відміні від "паління" печі без обробки, "середня" потреба в енергії може бути знижена до приблизно 750BTU/lb-900BTU/lb.

Плавильна піч

Представлену плавильну піч 14 побудовано здебільшого зі сталевих та вогнетривких матеріа-

лів. На Фіг.5-9 показано, що каркас печі 42 має зовнішні розміри приблизно 20 футів у ширину на 40 футів у довжину на 12 футів у висоту. Сталева конструкція каркасу 42 утворюється з плит та поперечин. Плити та поперечини позначено номерами 44 та 46 відповідно для структури каркасу печі 42, якщо спеціально не вказано іншого. Під 48 виготовлено зі сталевих плит 44 однодюймової товщини, звареної з окремих елементів. Кожен зварний шов проходить над поперечиною 46 для забезпечення цілісності каркасу печі 42.

Додаткові поперечини 46 передбачено для підтримки поду печі 48. Кожна поперечина 46 має фланець 8-дюймової ширини через кожні 18 дюймів на центрі. Усі поперечини 46 (за винятком з'єднувальних поперечин, які є повністю привареними роликівим швом) приєднано стебковим зварюванням до дна плити 50. Завдяки цьому допускається "збільшення" сталі через теплове розширення під час нагрівання.

Поперечини 46 забезпечують підтримку та жорсткість дна печі 52. Поперечини 46 підтримують жорсткість печі 14 для зменшення згинання під час установлення вогнетриву та довготривалого використання. Поперечини 46 також забезпечують підтримку для того, щоб під час експлуатації печі 14 звести до мінімуму механічне навантаження на вогнетривкі матеріали. Поперечини 46 також піднімають дно печі 52 над подом, на якому закріплено піч 14. Це дозволяє відводити тепло, яке утворюється під піччю 14.

Бокові стінки печі 54 так само виконано у вигляді конструкції зі сталевих плит та поперечин. Стінки мають дві ділянки: над лінією металу і під лінією металу. Це розрізнення проводиться як з точки зору міцності, так і з точки зору теплоти згоряння.

Під лінією металу плита має товщину  $\frac{3}{4}$  дюйма. Над лінією металу плита має товщину  $\frac{5}{8}$  дюйма. У представленій печі перші вісім футів вважаються такими, що перебувають (з точки зору конструкції) під лінією металу, а верхні чотири фути вважаються такими, що перебувають (з точки зору конструкції) над лінією металу.

Поперечини 46 застосовують для підтримання бокових стінок 54 печі 14. Поперечини 46 установлені на 18-дюймових осевих лініях, які проходять вертикально уздовж печі 14. Горизонтальні поперечини 46 укладено на 18-дюймових центрах під лінією металу та 24-дюймових центрах над лінією металу. Хоча лінія металу у печі 14 змінюється, вона, з точки зору конструкції, відповідає найвищому рівневі металу, який може бути у печі 14 під час нормальної експлуатації. Якщо враховувати додаткові чинники, то лінія металу, наприклад, може проходити на дев'ять дюймів вище лінії максимального наповнення печі 14.

Дах 56 печі 14 виконано у вигляді підвісної конструкції з вогнетривкого матеріалу. Поперечини 46 установлені на 18-дюймових центрах по ширині печі 14. Додаткові поперечини 46 є привареними до поперечин, які проходять по всій ширині, і ці додаткові поперечини є орієнтованими уздовж довжини печі 14. На поперечинах закріплено фіксатори, на яких закріплюють збірні вогнетривкі блоки.

Піч 14 має дві основні заслінки 58 на стороні печі 54. Заслінки 58 застосовують під час роботи для знімання шлаку або очищення основної термокамери печі або ванни 60 та для завантаження основної камери печі 60. Шлак D (забруднювач, який утворюється на поверхні розплавленого алюмінію) накопичується всередині печі 14 і має вичищатися принаймні раз на день для підтримання інтенсивності теплопередачі. Шлак D видаляють шляхом відкривання заслінок 58 та знімання шлаку з поверхні басейна розплавленого металу.

Хоча під час типової експлуатації метал або брухт поміщують у завантажувальний приймач 62, а після цього розплавляють і переносять у термокамеру 60 печі, деякі типи брукху, такі як охолодь або виливанці, краще безпосередньо поміщати в основну термокамеру 60. Заслінки 58 відкривають для такого типу завантаження у термокамеру 60.

Заслінки 60 виконано зі сталі та вогнетривкого матеріалу. Заслінки 60 підвішені за допомогою системи механічних блоків (не показано) і захищені запобіжними ланцюгами для запобігання їх падінню донизу у разі несправності системи блоків. Для маніпулювання заслінками застосовують лебідки з приводом. Заслінки 60 звисають зі спільної траверси, яка підтримується боковою стороною 54 печі 14.

Головний завантажувальний приймач 62 розміщено на передній стороні 64 печі 14. Приймач 62 є відокремленим від термокамери печі 60 і розділяється на дві зони: завантажувальну зону 66 та зону циркуляційного насоса 68. Циркуляційний насос 70 прокачує метал з гарячого резервуара розплавленого алюмінію у головній камері 60 до зони завантаження брукху 62.

Передбачено три отвори, позначені як 72, 74 та 76, між камерами 60, 66 та 68. Перший отвір 72 передбачено у перегородці між головною камерою 60 та насосним резервуаром 68. Другий отвір 74 передбачено у перегородці між насосним резервуаром 68 та зоною завантаження брукху 66. Третій отвір 76 передбачено у перегородці між завантажувальним приймачем 66 та головною термокамерою 60.

Усі отвори 72, 74 та 76 розташовуються приблизно на один фут нижче фізичної або фактичної лінії металу печі 14. Отвори 72, 74 та 76 розташовуються під лінією металу для підтримання тепла всередині головної камери 60 і для запобігання потоку оксидів між розділеними зонами печі 14 та підтримання герметичності печі (тобто, підтримання регульованого середовища у печі 14). Насос 70 розташований у підвищеній зоні для запобігання надмірному накопиченню відходів, каміння та шлаку у насосі 70 та навколо нього.

Витяжний ковпак 78 розташований над завантажувальною камерою 66. Ковпак 78 виконано зі сталі і закріплено на поперечинах 46, подібних до тих, із яких виконано бокові стінки 54. Поперечини 46 є розташованими на плиті, яка вкриває бокову стінку приймача, значною мірою перекриваючи її. Ковпак 78 вентилює основну камеру печі 60 через трубу 80 (див. Фіг.4). Труба 80 відводить газу з печі 14 і може бути перекрита для підтримання тиску у печі 14.

Вихлопні газу виходять із печі 14 і йдуть до

тканинного фільтра 82 (Фіг.4). Тканинний фільтр 82 застосовують насамперед для збирання неспаленого вуглецю від фарб, олій, розчинників і т. ін., зазвичай присутніх при обробці алюмінієвого брукху.

Піч 14 включає чотири камери згоряння кисню-палива 84. Камери згоряння 84 установлено на боковій стінці 54 печі 14, навпроти заслінок 58. Камери згоряння 84 оточує сталева конструкція, що дозволяє закріплювати камери згоряння 84 і підтримувати жорсткість оточуючої стінки.

Піч 14 викладено вогнетривкими матеріалами. Під 48 виконано з двох різних вогнетривких матеріалів. Перший матеріал 86 є литою плитою, приблизно у шість дюймів завтовшки, з литого вогнетриву підвищеної міцності, такого як AP Green KS-4, який утворює основу поду. Матеріал поду 88 виливають на основу поду 86 у вигляді моноліту, який має товщину приблизно від тринадцяти до чотирнадцяти дюймів. Матеріалом поду 88 є вогнетрив AP Green 70AR. Він на 70 відсотків складається з глинозему, стійкого до алюмінію литого вогнетриву.

Стінки 54, 64 та 65 виконано з двох шарів ізоляції 90, за якими йде литий або монолітний 70 AR, зв'язаний фосфатом на 85 відсотків глиноземний (MONO P85) пластичний ущільнювальний вогнетрив 92. Вміст глинозему в цьому матеріалі становить 85 відсотків. Захисна ізоляція 90 являє собою ізолюючий щит, приблизно у два дюйми завтовшки, у бокових стінках 54 печі і приблизно у три дюйми завтовшки на передній стороні та задніх стінках 64, 65 печі. Різницю у товщині ізоляції 90 передбачено на випадок теплового розширення печі 14. Стінки печі 54, 64 та 65 збільшуються приблизно на % дюйма на лінійний фут. Таким чином, піч 14 збільшується (по всій 40-футовій довжині) приблизно на 5 дюймів. Завдяки існуванню шестидюймової захисної ізоляції 90 (і передня, і задня сторони мають по три дюйми), ізоляція 90 роздавлюється і допускає збільшення стінок печі 54, 64 та 65 без пошкодження каркасу печі 42.

Ізолююча цегла 94 міститься між щитом подрібненої ізоляції 90 та литим вогнетривом 92. Дах 56 виконано з глиноземного на 70 відсотків литого вогнетриву. Матеріал заливають у шість секцій даху. Раму кожної заслінки 58 виконано з глиноземного на 70 відсотків вогнетриву AR.

Піч 14 має два комплекти вибивальних блоків (не показано). Перший комплект розташований на дні 52 печі, і вони служать як зливні блоки. Другий комплект блоків розташований за шістнадцять дюймів від поду печі і служить як комплект блоків для переміщення. Блоки для переміщення передбачено з зовнішнього боку печі для полегшення їх заміни. Формують внутрішню частину печі, блоки встановлюють на зовнішньому боці і вставляють за допомогою штовхача.

У печі передбачено два нахили (не показано), по одному біля кожної з основних заслінок 58 для завантаження. Нахили застосовують для видалення або знімання шлаку D з розплавленого металу і для забезпечення зісковзування алюмінієвого брукху у піч. Нахили виконано з двох матеріалів. Основою є низькосортна стійка до алюмінію цегла, укладена таким чином, що утворює нахил. Цеглу

вкривають литим вогнетривким матеріалом (приблизно 18-дюймової товщини), таким як 70AR. Нахил починається від краю порогу і входить у піч.

Стінка 96, яка розділяє основну камеру печі 60 та завантажувальний приймач 62, має товщину приблизно 22 дюйми і утворюється з матеріалу 70AR. Стінку 96 відливають як суцільну монолітну структуру.

Піч 14 може функціонувати у кількох режимах, від холостого до вміщення і підтримання розплавленого алюмінію. На піку функціонування піч 14 заповнюють приблизно на 80 - 90 відсотків. Розплавлений метал має температуру приблизно 1400°F, а температура повітря у печі становить приблизно 1800°F. Температура труби (вихлопу) становить приблизно 1000°F. Температуру повітря вимірюють за допомогою термопари 98 на верхній боковій стінці 54 печі 14. Температуру металу вимірюють біля основи циркуляційного насоса 70.

Брухт завантажують або вводять у піч через завантажувальний приймач 62 порціями приблизно по 3000 фунтів. Зрозуміло, що розмір або маса брухту, який вводять, можуть бути різними, залежно від розміру та потужності печі 14.

Розплавлений метал з головної камери 60 закачують до партії холодного металу циркуляційним насосом 70. Розплавлений метал передає тепло, завдяки його теплопровідності, партії холодного металу. Ця партія металу швидко нагрівається і розплавляється.

Первинний режим теплопередачі до завантаженого алюмінію зумовлюється теплопровідністю. Велике теплове навантаження, яке забезпечує повна піч, підвищує ефективність цього способу теплопередачі. Коли піч працює на 80-90 відсотків своєї потужності, вона містить приблизно 220000 фунтів розплавленого алюмінію приблизно при 1400°F. Коли брухт завантажують у піч 14, ванна діє як теплове навантаження і забезпечує необхідну енергію для теплопередачі до завантаженого металу. Це відбувається незалежно від розмірів та потужності печі, які пристосовують до представленої системи для спалювання кисню-палива. Циркуляційний насос 70 сприяє розплавленню брухту, постачаючи гарячий розплавлений метал у завантажувальний приймач 62 із основної камери печі 60. Крім того, через циркуляцію розплавленого металу термічна стратифікація по всій печі 14 підтримується на низькому рівні.

Було виявлено, що завдяки закачуванню або циркуляції розплавленого металу перепад температур між верхньою частиною та дном печі 14 (перепад висоти приблизно 42 дюйми) становить лише кілька градусів за Фаренгейтом. Таким чином, піч 14 діє як стійке теплове навантаження для забезпечення відповідного джерела тепла для здійснення теплопередачі до партії завантаженого металу.

Тепло надходить у піч 14 із камер згорання 84. Вважається, що основним способом теплопередачі до печі 14 є випромінювання та, певною мірою, конвективна теплопередача. Оскільки полум'я має високу температуру, система для спалювання кисню-палива забезпечує ефективну випромінювальну теплопередачу. Конфігурація печі 14 також призначена для підвищення швидкості теплопередачі

шляхом максимального збільшення площі поверхні металу, через яку відбувається теплопередача від полум'я до металу.

Крім того, вогнетривкі матеріали над лінією металу виготовляють із матеріалу з високим вмістом глинозему. Ці матеріали відбивають тепло від камери згорання назад до розплавленого металу. В цьому полягає відмінність від традиційних конструкцій печей, які не відбивають тепло назад у басейн розплавленого металу, а дозволяють теплу витікати з печі.

Наприклад, у традиційних печах застосовують вогнетриви, які мають нижчий вміст глинозему і вищий показник ізоляції на верхніх бокових стінках. У представленій конструкції застосовують вогнетриви з більш високим вмістом глинозему для відбивання більшої кількості випромінювального тепла від камери згорання 84 у ванну 60. У цьому також полягає відмінність від традиційної конструкції печі. У традиційних печах для міцності у нижніх бокових стінках (визначених як такі, що перебувають під лінією металу) застосовують вогнетриви з більш високим вмістом глинозему. На відміну від них, у представленій конструкції застосовують литий вогнетрив з нижчим вмістом глинозему, який є більш досконалим і має вищий показник ізоляції. Певною мірою представлена конструкція повністю суперечить традиційному застосуванню вогнетривів.

До того ж, завдяки тому, що у піч 14 не подають азоту (крім азоту, що міститься у паливі), об'єм гарячих газів (наприклад, вихлопу), що проходять через піч 14, є дуже низьким. Вигідним є те, що це збільшує час перебування газів у печі 14, забезпечуючи додаткову можливість для теплопередачі до розплавленого металу. Конвекційна теплопередача, хоч і є відносно низькою, є ефективнішою, ніж у традиційних печах. Завдяки тому, що гарячі гази у представленій печі 14 досягають температури 5000°F і мають відносно довгий час перебування, велика кількість тепло видаляється ще до вихлопу.

Представлена піч 14 функціонує зі споживанням енергії, необхідної для розплавлення приблизно 1083BTU на фунт. Максимальна кількість тепла, яке підводиться у піч 14, становить приблизно 40 мільйонів BTU (40MMBTU) на годину, зазвичай кількість підведеного тепла становить приблизно від 10 до 12MMBTU на годину. Кількість підведеного тепла, звичайно, залежить від брухту, який подають розплавленню, та вимог щодо продуктивності. Піч може виплавляти до 40000 фунтів на годину.

#### Система для спалювання

Система для спалювання, позначена на Фіг.3 загальним номером 100, є двокомпонентною установкою для спалювання, яка функціонує на паливі, такому як природний газ, нафтове паливо, відпрацьована олія, вугілля (порошкоподібного, пилоподібного та зрідженого) та кисні. Систему сконструйовано як дві повні системи для спалювання для полегшення обслуговування, а також для збереження енергії під час періодів низького завантаження. На Фіг.3 показано одну послідовність спалювання кисню 102 та один приклад послідовності спалювання природного газу 104.

Система для спалювання 100 контролюється системою контролю (показаною на Фіг.11, що має загальне позначення 120), яка включає центральний процесор ("CPU") 106, який стежить за всіма вхідними даними щодо температури металу, температури повітря, витрати палива та кисню і забезпечує операторський інтерфейс. Кожна послідовність згоряння може керуватися окремо або послідовно, залежно від умов та вимог експлуатації.

Головною вхідною змінною процесу, яку використовують для контролю системи для спалювання 100, є температура ванни металу, виміряна термопарою 108. Альтернативними вхідними змінними процесу є сигнали від одного з кількох датчиків температури повітря 98, 110. Контрольна схема включає вхідні дані від термопар (тип K) у верхній стінці печі, вихлопній трубі та даху печі, які разом позначено як вхідні дані 112. Первинна термопара 108, яка розташовується у ванні розплавленого металу є 60. Термопари для повітря 112 є вкритими глиноземом або подібними матеріалами для захисту вимірювального елемента від впливу атмосфери. Термопара для ванни 108 є захищеною від розплавленого металу керамічною оболонкою, стійкою до тепла та корозійних умов, наявних у розплавленому металі. Термопару для ванни 108 виконано таким чином, що сигнал системи камери згоряння спрацьовує лише тоді, коли температура ванни металу знижується нижче заданого рівня.

Термопару труби або термопару даху 116 призначено для захисту від перегріву. Ця термопара 116 є сполученою зі схемою перегріву, яка вимірює послідовності згоряння 102, 104 для захисту структури вогнетриву та печі 14 у разі досягнення верхньої межі перегріву.

Термопару верхньої стінки 98 застосовують насамперед для контролю температури повітря у печі 14. Її також застосовують для експлуатації печі 14 за відсутності термопар для розплавленої ванни 108. Термопару верхньої стінки 112 також застосовують як вхідну змінну процесу, коли метал спочатку завантажують у піч 14 або коли рівень розплавленого металу знижується нижче розташування термопар для розплавленої ванни 108.

Оператор повністю контролює окремі задані значення температури. Пульт керування 118 включає індикатори температури для всіх термопар 92, 108, 110, 112, 114, 116. Оператор може регулювати контрольну точку кожної термопар до досягнення граничних значень. Межі робочих контрольних точок можуть бути внутрішньо встановлені у CPU, щоб можна було встановити будь-який потрібний діапазон температури.

Система контролю системи для спалювання 120 складається з двох частин. Перша частина 122 включає провідні захисні пристрої, такі як реле, кінцеві вимикачі і т. ін, як стане зрозуміло спеціалістам. До них належать усі перемикачі газового тиску, ізолюючі та запірні клапани та автомати контролю полум'я. Друга частина 124 системи контролю 120 відповідає за спостереження та функції автоматичного контролю, які виконуються CPU 106.

Газові послідовності 104 є парними, таким чином, щоб одна послідовність могла бути в роботі,

а інша перебувала в неробочому стані, наприклад, у періоди обслуговування або низького навантаження. Кожна газова послідовність 104 має відповідні розміри з огляду на вимоги щодо витрати кисню. Кожна газова послідовність 104 починається з кульового запірного клапана 130. Система трубопроводів 132 спрямовує газ через сітчастий фільтр 134 для видалення будь-якого сміття, присутнього у лінії. Газова керуюча лінія 136 відходить від системи трубопроводів 132 після сітчастого фільтра 134.

Регулятор протитиску 138 застосовують для зниження магістрального тиску. На даний час тиск кисню встановлюють приблизно на 18 фунтів на квадратний дюйм (psig). Запірний клапан 140 та запобіжні клапани 142 розташовано в лінії. Диференціальний манометр-витратомір 144 розташовано після запобіжних клапанів 142. Витратомір 144 вимірює температуру та диференціальний тиск газу, коли він протікає через отвір 146. Представлений витратомір 144 являє собою модель диференціального манометра-витратоміра Rosemount 3095.

Через ці вимірювання визначають витрату і сигнал передають на систему контролю 120. Контрольний клапан 148 розташовано на лінії за витратоміром 144. У представленому варіанті розташування застосовують модулюючий контрольний клапан, який приймає вихідний сигнал від системи контролю 120. Клапан 148 передає сигнал на систему контролю 120, зокрема, CPU 106, вказуючи фактичну позицію клапана 148.

Газова послідовність 104 після цього розходиться на дві окремі лінії 104a,b, кожна з яких має клапан 150a,b. Клапани 150a,b застосовують для врівноваження кожної камери згоряння 84 таким чином, щоб потік газу розподілявся рівномірно.

Послідовність спалювання кисню 102 є подібною до газової послідовності 104, за винятком того, що розміри лінії та компоненти є більшими, забезпечуючи місце для більшої витрати кисню. Приклад послідовності спалювання кисню 102 показано на Фіг.3, на якій компоненти, що відповідають компонентам паливної послідовності 104, позначено номерами 200-ї серії.

На Фіг.10 показано, що камери згоряння 84 мають досить просту конструкцію. Кожна з чотирьох камер згоряння 84 включає головний впускний патрубок 152, який входить у піч 14. Впуск для газового палива 154 входить у головний впуск 152 з зовнішнього боку стінки печі 54. Кисень вводять у головний впускний патрубок 152 і змішують з паливним газом. Запальник (не показано) проходить крізь центральний отвір 156 у головний впуск 152. Запальник забезпечує іскру для запалення суміші палива/кисню.

Систему для спалювання 100 легко приводять у дію шляхом поєднання керованого оператором запуску та автоматичного контролю за допомогою CPU 106. Живлення підключають до засобу керування системою, який вмикає CPU 106 та провідні захисні пристрої 122 системи контролю 120. CPU 106 забезпечує сполучення з контрольними клапанами, термопарами та реле, які є частиною провідних захисних пристроїв 122. Перемикачі тиску газу та кисню передбачають два режими: високого

та низького тиску (hi/low). Позиція низького тиску означає нормально замкнений сигнал, а позиція високого тиску означає нормально розімкнений сигнал. CPU 106 визначає наявність належного сигналу і дозволяє продовження програми. Якщо розпізнається неправильний сигнал, вмикається звукова та візуальна сигналізація. Контрольна схема також відстежує, чи перебувають контрольні клапани для газу та кисню 148, 248 у позиції "low-fire". Якщо контрольні клапани 148, 248 перебувають у належній позиції, передається сигнал, який дозволяє системі контролю 120 продовжити процедуру запуску. Сигнал перегріву також має бути скинутий, щоб система 120 могла продовжити процедуру запуску.

Якщо всі умови щодо запуску виконано, запускається цикл продування азотом. Продування азотом застосовують для очищення печі 14 від будь-яких спалимих газів, які можуть залишатись у печі 14. Час продування азотом задають таким чином, щоб об'єм азоту, який пропускають через піч 14, приблизно у 2,5 рази перевищував об'єм печі 14.

Після завершення продування запускають одну або обидві послідовності спалювання. Контрольний перемикач запускає дві камери згоряння або всі камери згоряння 84. Регулятор полум'я розмикає контрольні соленоїди. Контрольні соленоїди є нормально замкненими, однак після запуску соленоїди розмикаються, і газ та кисень протікають через контрольний вузол.

У кінці контрольного вузла газу змішуються і запалюються іскрою, яка утворюється контролером полум'я. Після запалення детектор полум'я 126 виявляє наявність або відсутність полум'я і передає сигнал до системи контролю 120. Відразу після виявлення полум'я система контролю 120 відкриває головні запірні клапани для газу та кисню.

Головні запірні клапани палива та кисню 140, 240 працюють незалежно. Запобіжні клапани 142, 242 виконано таким чином, що коли газовий клапан 140 не відкривається, запобіжні клапани 142, 242 також не відкриваються. Коли головний газовий клапан 140 відкривається, газовий кисневий запобіжні клапани 142, 242 також відкриваються. Коли відкрито всі головні клапани, спрацьовує контрольне реле, а також індикаторна лампа для кожної газової послідовності на пульті керування 118. Контрольний таймер залишається увімкненим протягом заданого періоду часу, приблизно 30 секунд. Після закінчення заданого періоду часу контрольна схема знеструмлюється, і нормально замкнені соленоїдні клапани також знеструмлюються, вимикаючи контрольні вузли та контрольну індикаторну лампу для послідовності кожної камери згоряння.

Детектори полум'я 126 постійно стежать за полум'ям. У разі зникнення індикації полум'я на CPU 106 передається аварійний сигнал, і контрольна схема вимикає запірні клапани для газу та кисню 140, 240 та запірні клапани 142, 242.

Щойно контрольні схеми знеструмлюються, система контролю 120 приймає на себе автоматичну роботу печі. Коли система 120 встановлена на "low fire", контрольні клапани для кисню 248 три-

маються у закритій позиції незалежно від процесу та значень контрольної точки. Діапазон контрольних клапанів для газу 148 не обмежується, оскільки потік газу іде після потоку кисню. Система контролю 120 підтримує газ у заданому співвідношенні.

При роботі в автоматичному режимі система контролю 120 реагує на відхилення від показників процесу та значень контрольних точок. Температура печі контролюється і узгоджується з контрольною точкою для температури. Коли температура процесу відхиляється від контрольної точки для температури, подається сигнал помилки, і систему контролю 120 передає сигнал на контрольний клапан для кисню 248. Контрольний клапан для газу 148 також контролюється системою контролю 120; змінна контрольної точки відстежує (стехіометрично корельовану) витрату кисню, встановлену витратоміром кисню. Систему контролю 120 виконано таким чином, щоб обмежувати контрольні клапани 148, 248, які, в свою чергу, обмежують вихідну потужність камери згоряння 84.

Система для спалювання 100, зокрема, система контролю 120 може бути сформована відповідно до конкретних вимог застосування та будь-якій галузі промисловості, що стосується палива на основі вуглецю. Наприклад, у представленій установці для обробки алюмінієвого брухту 10 передбачено три можливості застосування системи для спалювання на кисні-паливі 100. По-перше для розплавлення алюмінію у високопродуктивному виробничому середовищі (тобто, у плавильній печі 14). По-друге, система 100 присутня у накопичувальній печі 16 насамперед для стійкості температури та змішування сплавів розплавленого алюмінію. Третя можливість застосування стосується шлакоплавильної печі 166, в якій високу температуру камери згоряння застосовують для відокремлення фрагментів металу (алюмінію, який може бути видобутий для виробництва) від шлаку D (побічного продукту плавлення) шляхом термічного удару. У кожному випадку застосування камери згоряння встановлено для збереження енергії та з екологічних міркувань.

Варіанти представленої системи для спалювання 100 відрізняються за тепловою потужністю (вимірюваною як максимальний показник MMBTU на годину), розміром та орієнтацією камер згоряння 84, а також температурою, за якої ці печі 14, 16, 166 мають працювати. Спеціалістам стане зрозуміло, що механічні розбіжності (наприклад, розміри ліній і т. ін.) потрібні для пристосування для цих різних потреб, і що різним може бути спеціальне програмування системи контролю 120 та CPU 106.

Представлена система для спалювання 100 забезпечує багато переваг над відомими нині застосовуваними системами для спалювання. Наприклад, на практиці було продемонстровано, що застосування представленої системи для спалювання 100 дає значне заощадження енергії. Камери згоряння кисню-палива 84 працюють при значно вищих температурах, ніж традиційні печі. Таким чином, помітно збільшується кількість тепла, яке використовують для плавлення (в інших випадках промислового застосування це збільшення тепла використовують, наприклад, для вироблення пари, спалення відходів і т. ін.). Це забезпечує зменшен-

ня кількості палива, яке вимагається для функціонування печей 14, 16, 166. При практичному втіленні даного винаходу було помічено, що середня (розрахована) кількість вхідного тепла, яке вимагається на фунт виплавленого алюмінію, зменшується з приблизно 3620 BTU на фунт (у традиційній печі) до приблизно 1083 BTU на фунт у плавильній печі 14. Це зменшення становить приблизно 70 відсотків. Крім того, кількість палива, необхідна для підтримання температури у накопичувальній печі 16, становить приблизно половину порівняно з традиційною пічю.

Вважається, що заощадження палива зумовлюється трьома основними чинниками. По-перше, збільшення кількості тепла в системі для спалювання 100 дозволяє повністю спалювати все паливо без зайвого кисню. По-друге, теорія свідчить, що система для спалювання 100 функціонує у зоні випромінювальної (або радіантної) теплопередачі з невеликою кількістю провідної теплопередачі.

Систему 100 сконструйовано таким чином, що вона дає можливість скористатися перевагами радіантної теплопередачі у печах 14, 16, 166 для ефективної передачі тепла до ванн металу. Потретье, оскільки у процесі згоряння відсутній азот, кількість газу, що протікає через печі 14, 16, 166, є низькою. Таким чином, збільшення часу перебування гарячих газів дозволяє вивільнювати більшу частину енергії (у формі тепла) до вихлопу з печей 14, 16, 166.

Як правило, об'єм вихлопного газу становить частку від об'єму традиційних печей. Оскільки у печі, яка працює на кисні-паливі, приблизно на 80 відсотків менше газів, (здебільшого азотного компонента повітря), ефективність згоряння значно підвищується. У традиційних печах азотний компонент повітря поглинає багато енергії (також у формі тепла) з розплаву. У представленій системі для спалювання 100 кисень (а не повітря) та паливо подають у печі 14, 16, 166 і спалюють у стехіометричному співвідношенні. Це здійснюють без надлишкового кисню. Таким чином, енергія не поглинається матеріалами, не пов'язаними зі згорянням, наприклад, надлишковим киснем та азотом).

Представлена система для спалювання 100 також забезпечує підвищення продуктивності. У разі її встановлення у складі плавильної печі збільшуються обсяги виплавлення та продуктивність печі. Це також зумовлюється швидкою і ефективною теплопередачею у печі 14. Коли у піч 14 надходить нова порція металу, система для спалювання 100 швидко реагує, забезпечуючи тепло для розплавлення порції металу та для підтримання тепла (температури) розплавленого металу у басейні 60 на рівні контрольної точки температури. Було виявлено, що алюміній дуже ефективно забирає тепло від випромінювального джерела тепла.

Можливо, найважливішим є зниження впливу представлені системи для спалювання 100 на навколишнє середовище порівняно з нині відомими і застосовуваними системами для спалювання. У представленій системі 100 не використовують азот (з повітря) у процесі згоряння. Як правило, NOx виробляється у печі як продукт реакції нагрітого повітря, яке надходить із системи для спалю-

вання. Однак через те, що в цій представленій системі 100 застосовують кисень, а не повітря, будь-який NOx, що виробляється представленою системою для спалювання, зумовлюється лише кількістю атомарного азоту, присутнього у паливі (тобто, азоту, що міститься у паливі). Завдяки тому, що кількість азоту, що міститься у паливі, є надзвичайно низькою (порівняно з тією, що вноситься з повітрям у традиційних печах), рівень NOx у представленій системі для спалювання є значно нижчим за будь-які промислові стандарти та урядові обмеження. Крім зменшення вироблення NOx, також значно знижується вироблення інших парникових газів, таких як монооксид вуглецю.

Крім зменшення впливу на навколишнє середовище, представлена система для спалювання кисню-палива зберігає енергію, оскільки дозволяє виробляти значно більше алюмінію зі значно меншою подачею палива (будь-якого палива на основі вуглецю, включаючи вугілля, вугільний пил, природний газ або нафтопродукти). В результаті обробки зі зменшенням застосування палива досягають збереження паливних ресурсів. Значно менше палива застосовують як у сукупності, так і на фунт виробленого алюмінію. Це зменшує витрати на обробку (наприклад, паливо), а також витрати на викопне паливо.

#### Подача кисню

Як стане зрозуміло спеціалістам, вимоги щодо кисню для представлені системи для спалювання 100 можуть бути досить високими. З цією метою, хоча кисень можна купувати, доставляти і зберігати для застосування у системі, більш бажано мати виробництво кисню поблизу від системи для спалювання кисню-палива або в її складі, на зразок установки для обробки алюмінієвого брухту.

На Фіг.4 показано кріогенну установку 180 для застосування з представленою системою для спалювання 100. Наведена для прикладу кріогенна установка 180 виробляє 105 тонн на день кисню щонайменше 95-відсоткової чистоти та 60 000 стандартних кубічних футів на годину азоту, що має менше 0,1 мільйонної частини кисню. Установка 180 включає триступінчастий компресор 182 потужністю у 1850 кінських сил. Стиснуте повітря під тиском 71psig надходить в очисник/розширювач 184. Повітря виходить із розширювача 184 під тиском 6,9psig при температурі -264°F і надходить до кріогенної дистиляційної колони 186. У колоні 186 повітря розділяють (дистилюють) на газоподібний азот, рідкий азот, газоподібний кисень та рідкий кисень. Газоподібний кисень, що має загальне позначення 188, подають безпосередньо у систему для спалювання 100, а рідкий кисень, що має загальне позначення 190, зберігають, наприклад у цистернах 191 для подальшого застосування у системі для спалювання 100. Тиск кисню з кріогенної установки 180 може бути нижчим, ніж вимагається для системи для спалювання 100. Для цього між вивантаженням кисню з колони 186 та подачею у систему для спалювання 100 розташовано нагнітач кисню 192 для підвищення тиску до рівня, необхідного для системи для спалювання 100.

Газоподібний азот, що має загальне позначення 194, подають у розташовану далі систему

відпалу/зняття напруження (не показано) в установці 10. Ці системи, в яких застосовують азот для обробки алюмінію для зняття напружень у металі та відпалювання металу, відомі спеціалістам у даній галузі. Крім того, азот 194 застосовують і в агрегатах з дегазації 24. Установа 10 також включає резервні засоби подачі кисню та азоту 191, 196 відповідно у рідкій формі у разі, наприклад, технічного обслуговування або в інших ситуаціях, коли криогенна установка 180 не може забезпечувати потреби установки. Резервні системи 191, 196 виконано таким чином, що вони автоматично постачають кисень та/або азот у разі потреби, наприклад, коли криогенна установка 180 працює в автономному режимі. Надлишковий азот можна зберігати, поміщати у балони і продавати. Системи на зразок цих серійно випускаються різними виробниками, наприклад, Praxair, Inc. of Danbury, Connecticut.

#### Утилізація тепла

У системі для обробки алюмінію 10 також використовують відхідне тепло від різних процесів. Зокрема, установка для обробки 10 може включати систему утилізації відхідного тепла, що має загальне позначення 200 на Фіг.4. Позначений номером 202 вихлопний газ з плавильної печі 14 та накопичувальної печі 16 спрямовується в один бік теплообмінника 204 утилізованого відхідного тепла. Оскільки вихлопний газ 202 має температуру приблизно 1000°F, можна видобути значну кількість енергії. Крім того, енергію можна видобувати з вихлопу над головною ванною 60 печі.

Вихлопний газ 202 спрямовується до теплообмінника відхідного тепла 204. Робоча рідина, позначена номером 206, наприклад, пентан, протікає через інший бік теплообмінника 204 під тиском. Передбачається, що пластинчастий теплообмінник або ластинчасто-трубчастий теплообмінник є найбільш придатним для такого застосування. Спеціалістам стане зрозумілою можливість використання різних типів робочих рідин у представленій системі утилізації відхідного тепла, а також застосування різних типів теплообмінних систем з цими типами робочих рідин. Усі ці системи охоплюються обсягом та сутністю даного винаходу.

Нагріта рідина 206 після цього спрямовується до випарника 208, де цій рідині 206 дають перетворитися на пару. Пара 206 спрямовується до турбоагрегату 210 для вироблення електрики. Пара після цього конденсується у конденсаторі 212 і повертається до теплообмінника 204. Передбачається, що достатню кількість енергії для вироблення приблизно від 1,5 до 2,0 мегават енергії у формі електрики можна видобути з вихлопного газу 202 у вищеписаній установці для обробки брухту 10.

Хоча у такій системі для утилізації відхідного тепла або енергії 200 можуть застосовуватися різні робочі рідини 206, у представленому варіанті системи як робочу рідину 206 застосовують пентан. Така система на органічній основі забезпечує численні переваги, наприклад, над системами на основі пари. Передбачається, що робоча рідина на пентановій основі 206 в установці для стандартного циклу Ренкіна легше допускає зміни у подачі пари, ніж система на основі пари. Через те, що

вихідна кількість тепла з печей (плавильної 14 та накопичувальної 16) залежить більше від вироблення металу, ніж від електричних потреб, споживання енергії системою для утилізації 200 може варіюватися і є головною характеристикою для вироблення енергії. Рідина 206, така як пентан, забезпечує більшу гнучкість, ніж вимагається для такої системи для утилізації 200.

Як стане зрозуміло спеціалістам, вироблена електроенергія може застосовуватися для забезпечення певної кількості енергії, необхідної для установки для обробки брухту 10, включаючи криогенну установку 180. Енергія для функціонування установки 10 може бути забезпечена системою для спалювання на кисні-паливі, яку застосовують в установці для вироблення електроенергії (з застосуванням печі або камери згорання), з метою вироблення пари для парового турбоагрегату. У такій установці, якщо кількість виробленої енергії перевищує потреби установки 10, надлишок енергії може спрямовуватися, наприклад, на місцеві потреби в електроенергії.

#### Обробка шлаку

На Фіг.2 показано, що забруднювачі або шлак D з плавильної печі 14 піддають подальшій обробці, окремо від утилізації алюмінію у процесі утилізації шлаку, що має загальне позначення 164. Шлак D видаляють, наприклад, шляхом знімання з верхньої частини басейну розплавленого алюмінію 60 у плавильній печі 14. Шлак D пресують у сітчастому резервуарі 168 механічними засобами. Шляхом пресування алюмінію A виштовхують зі шлаку D через отвори 170 у резервуарі 168. Алюмінію A, який виштовхують зі шлаку D, утилізують і повертають до плавильної печі 14.

Багатий на оксиди шлак подають у відновлювальну піч 166 для повторного нагрівання. Відновлювальна піч 166 має конструкцію, подібну до плавильної печі 14 в тому, що в ній застосовують принцип системи для спалювання кисню-палива 100. Однак у процесі експлуатації відновлювальна піч 166 "струшує" зашлакований матеріал через застосування прямого накиду факела при температурі близько 5000°F для вивільнення алюмінію зі шлаку D. Температура розплавленої ванни 172 у відновлювальній печі 166 також є значно вищою, приблизно 1450°F-1500°F, при температурі повітря у печі приблизно 2000°F-2200°F. Крім того, процес "струшування" здійснюють у високовідновленій атмосфері практично без надлишкового кисню у печі 166 (на відміну від традиційних печей, які працюють з надлишковим рівнем кисню приблизно у 3-5 відсотків).

У відновлювальній печі 166 шлак так само знімають і знятий шлак пресують. Видобутий алюмінію A переносять у плавильну піч 14. Шлак D2, що залишився, після цього спрямовують на обробку до окремої технологічної установки для шлаку для подальшого видобування алюмінію. Було виявлено, що представлений процес, включаючи процес утилізації шлаку, забезпечує значне збільшення видобутого металу. Шлак D2, який зрештою відправляють на подальшу обробку, становить лише частку від первісної кількості шлаку D, таким чином, знижуючи витрати на обробку і збільшуючи видобуток алюмінію.

Важливим є те, що представлений процес утилізації шлаку 164 здійснюють без застосування солей або будь-яких інших додатків. Замість них застосовують термічний удар для виділення металів з оксидів. У відомих процесах утилізації застосовують солі для відокремлення оксидів від металу. Через те, що солі залишаються в оксидах, які, в свою чергу, видаляються, зрештою й солі так само видаляються. Ці солі можуть бути шкідливими для навколишнього середовища і/або токсичними. Таким чином, представлений процес 164 є сприятливим для навколишнього середовища в тому, що він усуває потребу в цих солях, а отже, необхідність їх видалення.

Стосовно загальної схеми обробки 164 також було виявлено, що представлені етапи утилізації (наприклад, подвійне пресування з проміжним перегріванням) в результаті забезпечують швидкість видобування алюмінію, значно кращу, ніж у відомих процесах, залежно від якості брухту. Досягають багатовідсоткового збільшення кількості металу, видобутого зі шлаку D.

Інші приклади застосування системи для спалювання

Як обговорювалося вище, застосування кисню в усіх безперервних процесах напевно забезпечує підвищення ефективності. Наприклад, в енергетичних установках збільшують температуру полум'я або в енергетичних котлах знижують LOI шляхом включення кисню до композиції для спалювання (замість повітря). Це підвищує ефективність функціонування. Зазвичай спалювання будь-якого палива на основі вуглецю активізують через введення кисню. Переваги є як економічними, так і екологічними. На даний час у жодній галузі промисловості, за винятком виробництва скла, не застосовують технологію кисню-палива. У виробництві скла цю технологію застосовують не для досягнення ефективності, а через те, що для процесу вироблення скла вимагається висока температура плавлення.

Незважаючи на це, застосування систем спалювання кисню-палива в усіх промислових та енергетичних галузях забезпечує зниження споживання палива з таким самим виробленням енергії або тепла. Зниження споживання палива, разом з ефективним використанням палива (тобто, ефективним згоряння) забезпечує значне зниження, практично до нуля, викидів NOx та значне зниження викидів інших парникових газів.

Оскільки для вироблення кисню можуть застосовуватися різні види промислового палива, такі як вугілля, природний газ, різні олії (пічна та відпрацьована олія), деревина та інші утилізовані відходи, разом з різними способами, діючими і запропонованими, спеціалістам стане зрозумілою величезний, з огляду на промислове застосування, потенціал представленої системи для спалювання. Вибір палива здійснюють з врахуванням доступності, економічних чинників та екологічних міркувань. Таким чином, спеціально не вказується жоден з видів палива; фактично, у представленій системі можуть бути застосовані всі види палива на основі вуглецю. Крім того, існує багато прийнятних технологій одержання кисню високого рівня чистоти. До таких технологій належать криогеніка,

мембранні системи, абсорбційні пристрої, гідроліз і т. ін. Усі ці приклади застосування палива та джерела кисню охоплюються обсягом даного винаходу. Спеціалістам стане зрозуміло інші одержані гази, такі як водень та азот, можна зберігати, поміщати у балони і продавати.

Як детально обговорювалося вище, одним з прикладів застосування представленого способу спалювання є обробка або утилізація алюмінієвого брухту. Іншими прикладами застосування, як обговорюватиметься нижче, є промислові енергетичні котли та сміттєспалювачі. Ці приклади зосереджено на гнучкості та застосовності цієї технології для широкого промислового використання.

Взагалі, застосування спалювання кисню-палива порівняно з існуючими або традиційними системами на повітрі-паливі дає значні переваги у багатьох галузях. По-перше, можливість працювати на точному стехіометричному рівні без перешкод азоту в системі згоряння. Це забезпечує більшу ефективність використання палива при значному зниженні рівня NOx при згорянні. Для досягнення однакового рівня вироблення енергії вимагається значно менше палива, що, в свою чергу, зменшує загальні експлуатаційні витрати. При використанні меншої кількості палива для забезпечення однакового вироблення енергії в результаті забезпечується природне зниження викидів. Економія палива та зменшення викидів являють собою лише дві з багатьох переваг, що забезпечуються представленою системою.

Парогенератори для вироблення електрики, наприклад, промисловими енергетичними котлами, є різними, але все одно в основі залежать від їх систем спалювання для вироблення пари з метою обертання турбоагрегату. Паливо, яке застосовують, є різним, залежно від конструкції парогенераторів. Втім, усі енергетичні котли вимагають окиснювача. При застосуванні представленої системи для спалювання кисню-палива використовують високоочищений кисень як єдиний окиснювач в усьому енергетичному котлі або застосовують як додаток до повітря, що забезпечує кисень для спалювання.

Переваги, якими можна користуватися в інших галузях промисловості, стосуються і енергетики. Наприклад, застосування кисню у зоні згоряння підвищує температуру полум'я, при цьому ефективно знижуючи LOI (втрату на прожарювання) завдяки забезпеченню легко доступного кисню для згоряння. Шляхом підвищення температури полум'я можна досягти більших обсягів вироблення пари при однаковій кількості спаленого палива. І навпаки, однакового вироблення або вихідної кількості енергії досягають з меншою кількістю спаленого палива. Температура полум'я залежить від концентрації кисню, який забезпечується для згоряння. Без додавання кисню або збагачення киснем (тобто, з чистим повітрям для згоряння) температура полум'я становить приблизно 3000°F. Як було обговорено вище, при застосуванні чистого кисню як окиснювача температура полум'я становить від приблизно 4500°F до приблизно 5000°F. Очікувану температуру полум'я для різних ступенів додавання кисню інтерполюють (лінійно) між цими температурами.



Кисень також застосовують у поєднанні з системами гострого дуття або камерами згоряння з низьким NOx для зниження NOx та інших парникових газів з одночасним забезпеченням стійкого полум'я при стехіометрії. Типові камери згоряння з низьким NOx часто збільшують LOI. Ці вимагає від операторів спалення більшої кількості палива. Додавання збагаченого кисню до процесу згоряння дає можливість повного згоряння палива зі стехіометрією без наявності додаткового азоту (через введення додаткового повітря) для утворення NOx.

Передбачається, що енергетичні котли мають бути розташовані навколо систем для спалювання на кисні-паливі, що дозволяє повністю скористатися перевагами цих систем. Також передбачено, що модернізація або модифікація існуючого обладнання також забезпечить багато з цих переваг як для оператора (наприклад, щодо ефективності), так і для навколишнього середовища.

Наприклад, на Фіг.12 схематично показано енергетичний котел або піч на вугільному паливі 300. Камеру дуття 302 утворено на стінці 304 печі 300. Камера згоряння 306, через яку вугілля вводять у піч 300, проходить через камеру дуття 302. Вугілля переносять у піч 300 за допомогою трубопроводу для вугілля 308. Первинне повітря (як показано під номером 310) подають для перенесення вугілля (з пультівизатора, не показано) через трубопровід 308 та камеру згоряння 306 у піч 300. Третинне повітря (як показано під номером 312) подають у трубопровід для вугілля 308 для забезпечення напівного перенесення вугілля у камеру згоряння 306.

Вторинне повітря (як показано під номером 314) подають із камери дуття 302 безпосередньо у піч 300 крізь решітки 316 у стінці печі 304. Вторинне 314 повітря є первинним джерелом повітря для процесу згоряння. В одній загальноновизнаній і загальновідомій системі для регулювання NOx системи гострого дуття (як показано під номером 318) нагнітає повітря (from the камера дуття 302), у піч 300 через полум'я F. В основі гострого дуття повітря лежить подвійна мета. По-перше, забезпечення достатньої кількості кисню для повного згоряння палива. По-друге, зниження температури полум'я, а отже, зменшення вироблення NOx.

Передбачається, що представлена система для спалювання зможе замінити існуючі системи для спалювання, або повністю, або, в альтернативному варіанті, застосовуватиметься для забезпечення додаткового кисню для повітря, яке застосовують для спалювання. Зокрема, передбачається, що високоочищений кисень може застосовуватися замість будь-якого з первинного 310, вторинного 314 та третинного повітря 312, або всіх разом, які застосовують у цих відомих системах для спалювання. Спеціалістам стануть зрозумілими переваги, які можна отримати, застосовуючи представлену систему для спалювання кисню-палива (або, як у певних випадках, систему додавання кисню) в енергетичних котлах або печах, у яких застосовують інше викопне паливо, таке як нафта або газ.

Застосування представленої системи для спалювання також передбачається для застосування

у зв'язку з промисловими спалювачами відходів. Типові спалювачі відходів функціонують на основі резонансного часу, температури та надлишкового кисню. Система кисню-палива забезпечує більшу ефективність функціонування.

Резонансний час залежить від фізичного розміру нагрітої камери або труби і швидкості та об'єму газів, що проходять через камеру або трубу. Оскільки азот беруть із суміші, резонансний час, природно, збільшується, бо об'єм газу, який застосовують у процесі згоряння, є меншим (приблизно на 80 відсотків). Якщо сміттєспалювач спеціально передбачає систему спалювання кисню-палива, цей сміттєспалювач вимагає значно менших капітальних витрат завдяки зменшенню необхідного розміру.

Типові температури полум'я систем спалювання кисню-палива є значно вищими, ніж у системах на повітрі-паливі. Таким чином, для ефективності спалення зрештою вимагається менше вхідного тепла від палива, що в результаті дає зниження експлуатаційних витрат. Однією з переваг системи для спалювання кисню-палива є досягнення контролю над рівнем надлишкового кисню. У разі традиційних сміттєспалювачів надлишковий кисень вимагається для спалення летких органічних вуглів (VOC) та неспаленого вуглецю. Цей надлишковий кисень подають шляхом нагнітання повітря у камеру або трубу, в якій кисень (із повітря) застосовують для повного спалення VOC та неспаленого вуглецю. Хоча повітря забезпечує необхідний надлишковий кисень, воно також дозволяє азотові проникати у камеру. Надлишок азоту, який надходить у камеру (для забезпечення надлишкового кисню) призводить до збільшення вироблення NOx. Крім того, надлишок повітря взагалі призводить до утворення інших парникових газів, а також охолоджує камеру. Це небажане охолодження вимагає додаткового тепла з системи для спалювання для подолання цього охолоджувального впливу.

На Фіг.13 схематично показано типову промисловою піч 400. Відходи (як показано під номером 402) вводять у трубу 404. У камеру згоряння 406 подають повітря (як показано під номером 408) та паливо (як показано під номером 410) для утворення полум'я F для запалення відходів 402. Над полум'ям F розташовують вимірювач монооксиду вуглецю (CO) 412 для визначення рівня CO у вихлопному газі. Якщо рівень CO є надто високим, у камеру згоряння 406 подають додаткове повітря. Повітря також може подаватися у трубу з місця 414 поза межами камери згоряння 406 для забезпечення додаткового повітря.

Існує багато недоліків цього способу функціонування. Як обговорювалося вище, двома ключовими чинниками у спаленні відходів є час та температура. Тобто, підвищення температура та подовження резонансного часу сприяють спаленню відходів. Однак додавання повітря (для зниження рівня CO) збільшує швидкість потоку через трубу 404, таким чином, зменшуючи резонансний час. Крім того, хоча збільшення потоку повітря зменшує температуру полум'я (що, в свою чергу, зменшує вироблення NOx), воно також вводить більшу кількість азоту, що сприяє збільшенню ви-

роблення NOx і викликає охолодження (і зменшення вироблення NOx). До того ж, через ефект охолодження повітря знижується ефективність процесу спалення.

У представлений системі для спалювання кисню-палива, з іншого боку, застосовують високоочищений кисень, який дозволяє спалювати неспалений матеріал без утворення NOx та інших парникових газів і без охолоджувального впливу. Таким чином, представлена система кисню-палива забезпечує кілька переваг над традиційними сміттєспалювальними системами. Оскільки первинне призначення сміттєспалювача полягає у спаленні VOC та інших забруднювачів до того, як вони досягають атмосфери, представлена система для спалювання дозволяє зменшити потребу у паливі і, таким чином, в результаті зменшує утворення NOx та інших парникових газів, а також зменшує об'єм димових газів в цілому.

Крім того, витрати на встановлення (наприклад, капітальні) та експлуатацію сміттєспалювачів, у яких застосовують системи для спалювання на кисні-паливі, значною мірою знижуються. Капітальні витрати на сміттєспалювач знижуються, оскільки очікується, що об'єм газів, які проходять через систему, буде набагато меншим. Як зазначалося вище, оскільки пропускну здатність для газу є набагато меншою, загальний розмір сміттєспалювача може бути значно зменшений порівняно з традиційними системами при тому самому резонансному часі. Таким чином, сміттєспалювач фізично може бути меншим і при цьому може переробляти такі самі обсяги відходів, а необхідних систем забезпечення і допоміжного обладнання та систем так само вимагається менше.

Крім того, системи спалювання кисню-палива в цілому є значно ефективнішими за традиційні сміттєспалювальні системи і вимагають лише частки необхідної для споживання енергії. Система також є цілком придатною для застосування у сміттєспалювачах, у яких паливом є неспалений вуглець або VOC. Так само, оскільки у полум'ї не міститься азоту, утворення NOx залишається мінімальним і зумовлюється лише NOx, що утворюється з азоту, що міститься у паливі.

Описані вище галузі промисловості є лише окремими прикладами галузей промисловості, в яких може бути вигідним застосування представленої системи для спалювання кисню-палива. Спеціалістам стане зрозуміло можливість застосування цієї системи у хімічній та нафтохімічній галузях, в енергетичній промисловості, виробництві пластмас, транспорті і т. ін.

Спалювання кисню-палива: вигоди та переваги

Вигоди та переваги спалювання кисню-палива стануть зрозумілими спеціалістам. Однак у прикладі обладнання для обробки алюмінієвого брухту, в якому застосовують піч на повітрі-паливі, прис-

тосовану для природного газу, було виявлено, що енергія, яка вимагається для обробки або розплавлення одного фунта алюмінієвого брухту (визначена за кубічними футами використаного природного газу), становить 3620BTU (представлено як 3620BTU/lb). Тобто, для розплавлення кожного фунта алюмінію вимагається приблизно 3,45 стандартних кубічних футів (SCF) природного газу. Енергетична потреба у 3620BTU ґрунтується на кожному SCF природного газу, що має тепловміст 1050BTU.

На відміну від неї, при застосуванні представленої системи для спалювання на кисні-паливі було виявлено, що потрібно лише 1,03SCF природного газу (або 1083BTU) для розплавлення кожного фунта алюмінію. Таким чином, представлена система для спалювання кисню-палива використовувала 1083BTU/3620BTU або 29,9 відсотка палива, що вимагається для печі на повітрі-паливі. Це означає зниження споживання палива на 1,0 мінус 0,299, або приблизно на 70 відсотків.

Подібне, хоч і не таке вражаюче, зниження споживання палива спостерігали і в системі для спалювання на кисні-паливі, в якій як паливо використовували відпрацьовану олію. Було виявлено, що тепловміст відпрацьованої олії, необхідний для розплавлення кожного фунта алюмінію, становить 1218BTU. Таким чином, зниження, яке спостерігали з відпрацьованою олією, становило 1218/3620 або 33,6 відсотка, що в результаті знижувало споживання палива приблизно на 66 відсотків. Таким чином, навіть не враховуючи зниження вироблення забруднювачів, представлена система для спалювання кисню-палива продемонструвала зниження споживання палива приблизно на 70 відсотків та 66 відсотків при використанні природного газу та відпрацьованої олії відповідно, порівняно з піччю, що працює на повітрі та природному газі.

Нижче у Таблиці показано порівняння утворення забруднювачів при застосуванні повітряної (на газовому паливі, позначеному як "ПОВІТРЯ-ГАЗ") системи для спалювання, кисневої (на газі, позначеному як "КИСЕНЬ-ГАЗ") системи для спалювання та ще однієї кисневої (на відпрацьованій олії, позначеній як "КИСЕНЬ-ОЛІЯ") системи для спалювання. Представлено дані для таких забруднювачів, як монооксид вуглецю (CO), газоподібні азотні сполуки (NOx), тверді частинки розміром до 10 мікронів (PM10), загальна кількість твердих частинок (PT), сірковмісні газоподібні сполуки (SOx) та леткі органічні вуглецеві сполуки (VOC).

Дані показано у двох формах, тобто, у тонах за рік (TPY) та у фунтах на мільйон використаних BTU (lbs/MMBTU). Дані у дужках після даних для КИСНЮ-ГАЗУ та КИСНЮ-ОЛІЇ представляють зниження забруднювачів порівняно з газовою системою для спалювання на повітрі-паливі.

## Аналіз димового газу для систем для спалювання на ПОВІТРІ-ГАЗІ, КИСНІ-ГАЗІ ТА КИСНІ-ОЛІЇ

Забруднювач	ПОВІТРЯ-ГАЗ		КИСЕНЬ-ГАЗ		КИСЕНЬ-ОЛІЯ	
	TPY	lb/MMBTU	TPY	lb/MMBTU	TPY	lb/MMBTU
CO	4,88	2.0E-2	1,51	6.0E-3(68,9)	1,32	5.0E-3(73,0)
NOx	24,38	1.E-1	0	0(100,0)	10,04	0,041(58,8)
PM10	0,028	1.0E-4	0,0023	9.4E-6(92)	0,146	6.0E-4(-410)
PT	0,028	1.0E-4	0,0023	9.4E-6(92)	0,169	6.9E-4(-490)
SOx	0,146	6.0E-4	4.5E-2	1.9E-4(69)	1,39	5.7E-3(-848)
VOC	0,582	2.4E-3	4.0E-1	1.6E-3(31)	3,33	1.4E-2(-471)

Значення для PM10, PT, SOx та VOC у кисневій системі для спалювання на відпрацьованій олії демонструють зростання (як негативне зниження). Частково це зумовлюється відсутністю процесів "післяспалювальної" обробки, які застосовують у прикладі системи для спалювання. Передбачається, що у належних "післяспалювальних" процесах мають бути задіяні пиловловлювальні камери (для твердих частинок) та газоочисники (для сірковмісних газів), і вони мають забезпечувати зниження кількості викидів щонайменше приблизно на 98,99 відсотків і на 95 відсотків відповідно. Значення, отримані в Таблиці, ґрунтувалися на зниженні споживання палива і визначалися згідно з прийнятими Управлінням з охорони навколишнього середовища Сполучених Штатів (USEPA) критеріями, як визначено у таблицях USEPA AP42 (з якими можна ознайомитися на веб-сайті USEPA).

Слід зазначити, що наведені вище значення ґрунтуються на показниках контролю навколишнього середовища у печі, в якій застосовують систему для спалювання на кисні-паливі. Тобто, показані вище показники, які вказують на зниження забруднювачів у системах для спалювання типу КИСЕНЬ-ГАЗ та КИСЕНЬ-ОЛІЯ, вимагають, щоб у печі, в якій встановлено системи для спалювання, обмежувалося підсмоктування знехтуваної кількості повітря (тобто, азоту в атмосфері для спалювання).

Таким чином, як стане зрозуміло спеціалістам,

застосування високоочищеного кисню (або високозбагаченого киснем повітря) та будь-якого палива на основі вуглецю можна легко пристосувати до багатьох існуючих промислових систем. Передбачається, що застосування такої системи у стандартних та традиційних промислових потужностях забезпечить численні вигоди і переваги порівняно з відомими нині застосовуваними системами на повітрі паливі та на гострому дутті. Хоча багато існуючих стаціонарних установок можуть вимагати перепроєктування та модифікацій для включення представлених систем для спалювання кисню-палива з метою підвищення ефективності та продуктивності, передбачається, що переваги, отримані в результаті таких змін у проекті та конструкції, такі як зниження експлуатаційних витрат, наприклад, зниження витрат на паливо, зниження капітальних витрат та зменшення викидів, значно переважають витрати на ці зміни.

У даному описі вжиті в однині терміни охоплюють як однину, так і множину. Так само і будь-яке посилення на множину у відповідному разі охоплює й однину.

З вищенаведеного можна помітити можливість численних змін та модифікацій без відхилення від сутності та обсягу нових концепцій даного винаходу. Слід розуміти, що не передбачається жодних обмежень щодо пояснених конкретних варіантів втілення. Формула, що додається, охоплює всі подібні зміни, які охоплюються обсягом її пунктів.

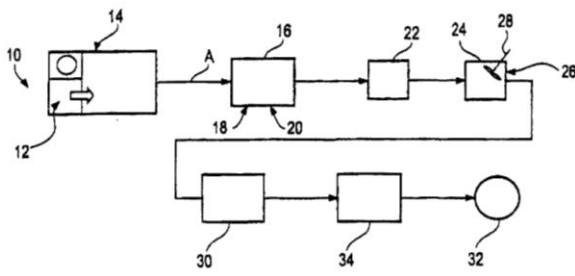


FIG. 1

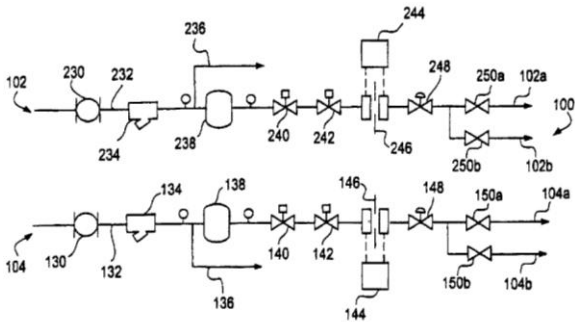


FIG. 5

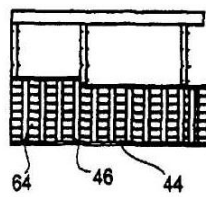
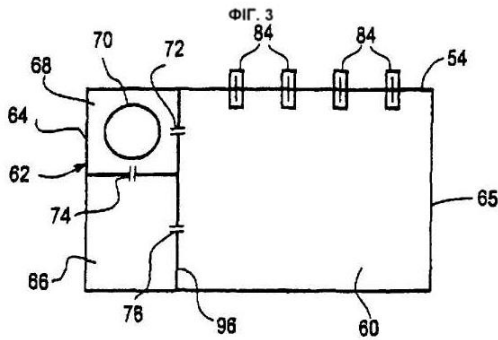


FIG. 7

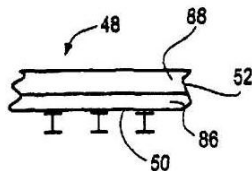


FIG. 9

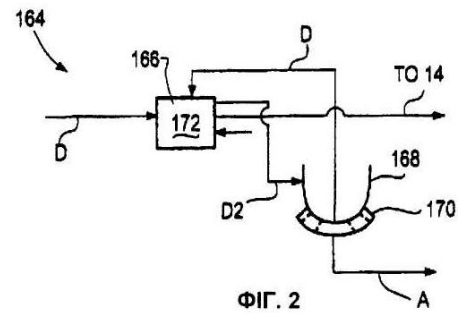


FIG. 2

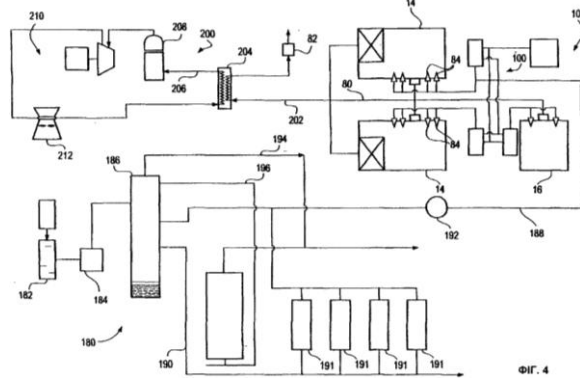


FIG. 4

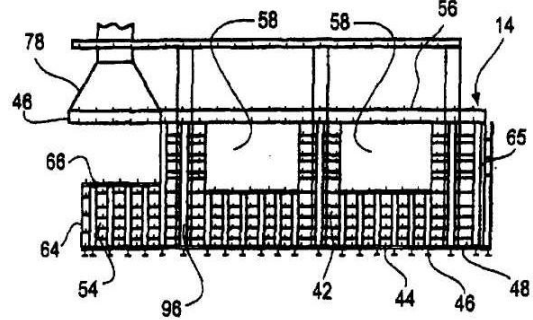


FIG. 6

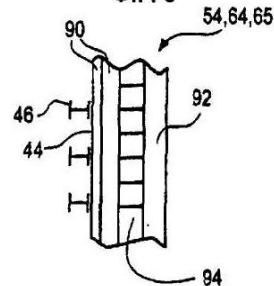


FIG. 8

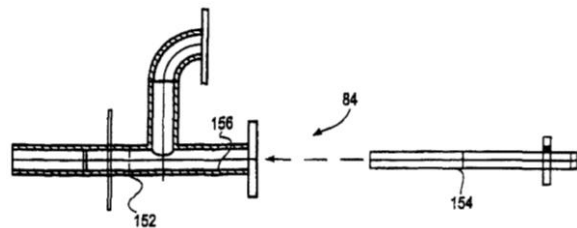
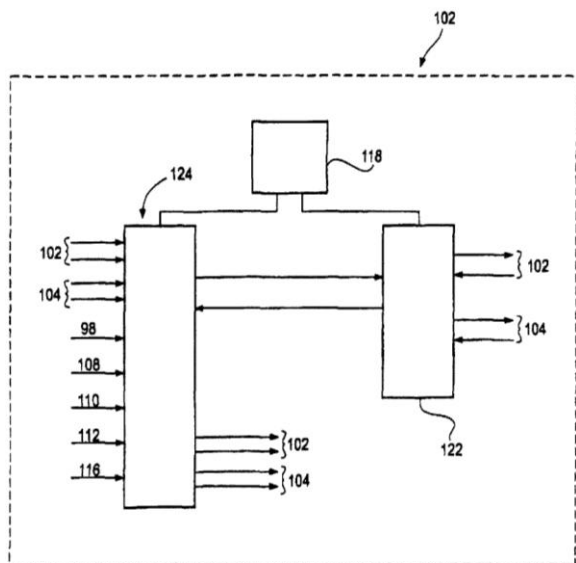
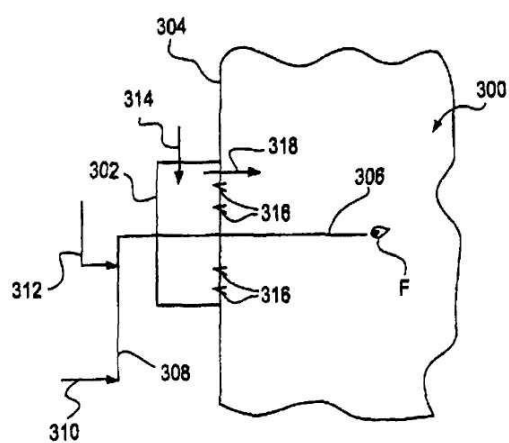


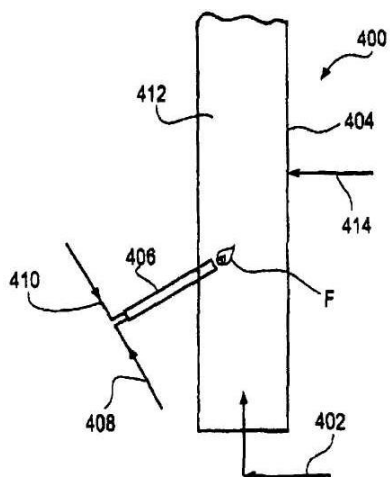
FIG. 10



ФІГ. 11



ФІГ. 12



ФІГ. 13