

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ТА СПОСІБ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ВИДІЛЕННЮ РОЗПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ ЧЕРЕЗ ВЕРТИКАЛЬНИЙ ЗАЗОР МІЖ ДВОМА ГОРИЗОНТАЛЬНО РОЗТАШОВАНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

1

2

(21) 95018069

(22) 24.01.95

(24) 12.11.99

(31) 08/236.366

(32) 29.04.94

(33) US

(46) 12.11.99. Бюл. № 7

(56) Заявка Японії № 60-106651,
кл. B 22 D 11/06, 1985.

(72) Колесніченко Анатолій Ф.

(73) ІНЛЕНД СТІЛ КОМПАНІ (А.ДЕЛАВЕР
КОРПОРЕЙШН) (US)

(57) 1. Устройство для предотвращения выделения расплавленного металла через вертикальный зазор между двумя горизонтально расположенными элементами, содержащее средство для генерации магнитного поля, отличающееся тем, что оно снабжено вторым средством для генерации магнитного поля, причем оба средства выполнены с возможностью генерации вертикального магнитного поля, распространяющегося через вертикальный зазор.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что первое средство для генерации магнитного поля содержит первый магнитный сердечник и расположенную на нем первую электропроводную катушку, при этом магнитный сердечник содержит верхний и нижний магнитные полюса, раздвинутые между собой и расположенные вблизи края расплавленного металла.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что второе средство для генерации магнитного поля содержит второй магнитный сердечник и расположенную на нем вторую электропроводную катушку, при этом магнитный сердечник содержит верхний и нижний магнитные полюса, раздвинутые между собой и распо-

ложенные вблизи края расплавленного металла.

4. Устройство по пп.2 и 3, отличающееся тем, что первый и второй магнитные сердечники выполнены связанными по магнитному потоку.

5. Устройство по п.3, отличающееся тем, что на второй магнитный сердечник установлена третья электропроводная катушка.

6. Устройство по пп.3 и 5, отличающееся тем, что оно снабжено первым и вторым источниками тока для питания второй и третьей катушек переменными токами различной частоты.

7. Устройство по пп.3 и 5, отличающееся тем, что третья катушка расположена около второй катушки, при этом второй сердечник разделен на части второй и третьей катушками.

8. Устройство по п.2, отличающееся тем, что оно снабжено источником постоянного тока, соединенным с первой катушкой.

9. Устройство по п.2, отличающееся тем, что оно снабжено источником переменного тока, соединенным с первой катушкой.

10. Устройство по п.3, отличающееся тем, что оно снабжено источником постоянного тока, соединенным со второй катушкой.

11. Устройство по п.3, отличающееся тем, что оно снабжено источником переменного тока, соединенным со второй катушкой.

12. Устройство по п.5, отличающееся тем, что оно снабжено источником переменного тока, соединенным с третьей катушкой.

13. Устройство по п.3, отличающееся тем, что вторая катушка сое-

динена с источником переменного тока с частотами от 1 до 150 Гц.

14. Устройство по п.5, отличающееся тем, что третья катушка соединена с источником переменного тока с частотами от 150 до 5000 Гц.

15. Устройство по п.1, отличающееся тем, что второе средство для генерации магнитного поля включает в себя электропроводную катушку, расположенную на ферромагнитном сердечнике, расположенном внутри, по крайней мере, одного из горизонтально расположенных элементов.

16. Устройство по пп.1 и 3, отличающееся тем, что горизонтально расположенные элементы снабжены продольными приводами, а вторая катушка расположена вблизи боковой стороны расплавленного металла между продольными приводами.

17. Устройство по пп.1 и 15, отличающееся тем, что горизонтально расположенные элементы содержат полые концевые части, а второе средство для генерации магнитного поля расположено внутри полой концевой части, по крайней мере, одного из горизонтально расположенных элементов.

18. Устройство по п.15, отличающееся тем, что оно снабжено источником постоянного тока, соединенным с катушкой второго средства для генерации магнитного поля.

19. Устройство по п.15, отличающееся тем, что оно снабжено источником переменного тока, соединенным с катушкой второго средства для генерации магнитного поля.

20. Устройство по пп.1 и 15, отличающееся тем, что второе средство для генерации магнитного поля расположено внутри горизонтально расположенного элемента вдоль его оси, а катушка второго средства для генерации магнитного поля расположена на ферромагнитной внутренней поверхности горизонтально расположенного элемента.

21. Устройство по п.20, отличающееся тем, что оно снабжено источником переменного тока, соединенным с катушкой второго средства для генерации магнитного поля.

22. Устройство по п.17, отличающееся тем, что второе средство для генерации магнитного поля содержит вертикально ориентированную часть ферромагнитного сердечника, расположенную внутри полой концевой части горизонтально расположенного элемента соосно с

первым магнитным сердечником и на некотором расстоянии от него, причем второе электромагнитное средство выполнено с возможностью создания магнитного поля внутри горизонтально расположенного элемента с направлением магнитного поля между магнитными полюсами первого средства для генерации магнитного поля для концентрации магнитного поля у боковой стороны расплавленного металла.

23. Устройство по п.17, отличающееся тем, что второе средство для генерации магнитного поля содержит электропроводную катушку, расположенную на ферромагнитном сердечнике, причем катушка расположена вблизи внутренней поверхности полой концевой части горизонтально расположенного элемента, вблизи края расплавленного металла.

24. Устройство по п.23, отличающееся тем, что часть горизонтально расположенного элемента, внутри которого расположено второе средство для генерации магнитного поля, выполнена из электропроводного металла.

25. Устройство по п.24, отличающееся тем, что часть ферромагнитного сердечника, расположенная внутри полой части горизонтально расположенного элемента, связана по магнитному потоку с первым средством для генерации магнитного поля.

26. Устройство по п.24, отличающееся тем, что на внешней стороне горизонтально расположенного элемента установлен электропроводный патрубок, при этом патрубок электрически изолирован от внутренней части горизонтально расположенного элемента, причем материал, из которого выполнен патрубок, имеет электропроводность значительно больше, чем электропроводность расплавленного металла, при этом переменный ток, поступающий к второму электромагнитному средству, индуцирует переменный ток в патрубке, который течет вдоль оси патрубка, поперек края расплавленного металла к патрубку, расположенному на втором горизонтально расположенном элементе по оси вдоль противоположного патрубка к противоположному краю расплавленного металла и обратно через противоположный край расплавленного металла, полностью замыкая петлю тока через края расплавленного металла и формируя вертикальные магнитные поля у этих краев.

27. Устройство по п.1, отличающееся тем, что первое средство для

генерации магнитного поля выполнено с возможностью генерации первого вертикального магнитного поля и индуцирования тока во втором средстве для генерации магнитного поля для генерации второго вертикального магнитного поля.

28. Устройство по п.1, отличающееся тем, что оно снабжено проводником, а горизонтально расположенные элементы содержат первый и второй электропроводные валы с первым и вторым удлиненными приводами, причем проводник соединен с первым и вторым приводами, а первое и второе средства для генерации магнитного поля выполнены с возможностью индуцирования переменного тока через первый привод, второй привод и поперек боковой стороны расплавленного металла.

29. Устройство по п.28, отличающееся тем, что оно снабжено выпрямителем, соединенным с приводом, для пропускания положительных значений переменного тока.

30. Устройство по п.1 и 29, отличающееся тем, что первое и второе средства для генерации магнитного поля совместно с выпрямителем выполнены с возможностью создания тока через край расплавленного металла, вдоль электропроводной внешней части первого вала, через расплавленный металл в области, удаленной от края расплавленного металла, и через электропроводную внешнюю часть второго вала.

31. Устройство по п.1, отличающееся тем, что оно снабжено третьей катушкой, расположенной на третьем сердечнике, для генерации третьего, в основном вертикального магнитного поля для индуцирования горизонтального тока, проходящего через край расплавленного металла в зазоре и через два горизонтально расположенных элемента, а первое средство для генерации магнитного поля включает в себя первый магнитный сердечник и первую электропроводную катушку, расположенную на первом магнитном сердечнике, причем первый магнитный сердечник включает в себя пару расположенных по вертикали, раздвинутых с зазором магнитных полюсов для генерации первого, в основном вертикального магнитного поля, для его распространения через открытую сторону зазора к свободному краю расплавленного металла, при этом магнитные полюса достаточно приближены к свободному краю расплавленного металла, при этом генерированное вертикальное магнитное поле соз-

дает давление удержания около свободного края расплавленного металла в зазоре, второе средство для генерации магнитного поля включает в себя вторую электропроводную катушку, расположенную на втором магнитном сердечнике, расположенном вблизи края расплавленного металла, для создания при помощи тока, текущего через вторую катушку, второго вертикального магнитного поля у края расплавленного металла.

32. Устройство по п.31, отличающееся тем, что вторая катушка расположена вблизи края расплавленного металла и отделена от него частью одного из горизонтально расположенных элементов, при этом ток, текущий через вторую катушку, формирует второе вертикальное магнитное поле у края расплавленного металла.

33. Устройство по п.31, отличающееся тем, что второй сердечник вертикально центрирован относительно первого сердечника и удален от него, при этом часть магнитного поля, генерируемая вторым средством для генерирования магнитного поля, направлена между магнитными полюсами первого средства для генерирования магнитного поля для концентрации первого магнитного поля у края расплавленного металла.

34. Устройство по п.31, отличающееся тем, что первый магнитный сердечник выполнен Е-образной формы, причем три колена Е-формы направлены вниз, а первая катушка расположена между тремя коленами Е-образного первого сердечника и часть Е-образного сердечника расположена соосно по вертикали с вторым сердечником.

35. Устройство по п.31, отличающееся тем, что третья катушка расположена на части ферромагнитного сердечника, расположенного в одном из горизонтально расположенных элементов.

36. Устройство по п.1, отличающееся тем, что оно снабжено источником постоянного тока и источником переменного тока, причем источник постоянного тока соединен с первым средством для генерации магнитного поля для генерации первого, в основном вертикального магнитного поля, распространяющегося через открытую сторону зазора к расплавленному металлу, для создания удерживающего давления около свободного края расплавленного металла в зазоре, а источник переменного тока соединен с вторым средством для генерации магнитного поля для индуцирования гори-

зонтального тока, текущего через или около края расплавленного металла, при этом результирующее магнитное давление у свободного края расплавленного металла достаточно для предотвращения выделения расплавленного металла через зазор.

37. Устройство по п.36, отличающееся тем, что оно снабжено источником тока, третьим средством для генерации магнитного поля с третьей электропроводной катушкой, расположенной на третьем сердечнике, причем третье средство для генерации магнитного поля установлено вблизи края расплавленного металла, источник тока соединен с третьей катушкой для генерации третьего вертикального магнитного поля около края расплавленного металла для стабилизации и формирования края расплавленного металла.

38. Устройство по п.36, отличающееся тем, что оно снабжено электропроводным средством для электрического соединения приводов горизонтально расположенных элементов для протекания через них тока, индуцированного вторым средством для генерации магнитного поля, и его протекания через электропроводное средство и край расплавленного металла.

39. Устройство по п.38, отличающееся тем, что оно снабжено выпрямляющим средством для выпрямления индуцированного горизонтального тока, генерированного вторым средством для генерации магнитного поля.

40. Устройство по п.24, отличающееся тем, что концевые части горизонтально расположенных элементов выполнены из немагнитного материала, при этом часть второго вертикального магнитного поля проникает в концевые части горизонтально расположенных элементов, контактируя краями расплавленного металла.

41. Устройство по п.40, отличающееся тем, что концевые части содержат медные патрубки, расположенные поверх ферромагнитной части горизонтально расположенных элементов.

42. Устройство по п.23, отличающееся тем, что сердечник второго средства для генерации магнитного поля выполнен С-образной формы по контуру внешней поверхности полый концевой части горизонтально расположенного элемента для образования первого, в основном вертикального магнитного поля, и дополнительно включает в себя интегральную часть второго сердечника, центрирован-

ного с частью первого сердечника, при этом часть второго сердечника отделена от первого сердечника промежуточной полый концевой частью горизонтально расположенного элемента.

43. Устройство по п.36, отличающееся тем, что первое средство для генерации магнитного поля содержит первую катушку, расположенную непосредственно над краем расплавленного металла, а второе средство для генерации магнитного поля содержит вторую катушку, расположенную у края расплавленного металла.

44. Устройство по п.36, отличающееся тем, что первое средство для генерации магнитного поля содержит два раздвинутых, вытянутых по вертикали, связанных по магнитному потоку кромок магнитного полюса, удаленных по вертикали от кромки верхнего полюса первого средства для генерации магнитного поля, при этом кромки полюса расположены у фронта и удалены на небольшое расстояние от края расплавленного металла.

45. Устройство по п.28, отличающееся тем, что оно снабжено ферромагнитным ярмом, окружающим приводы и связанным по магнитному потоку с первым магнитным сердечником первого средства для генерации магнитного поля, посредством чего ферромагнитное ярмо связано по магнитному потоку с верхней и нижней частями первого магнитного сердечника.

46. Устройство по п.1, отличающееся тем, что первое средство для генерации магнитного поля снабжено Е-образным первым магнитным сердечником с коленами Е-формы, направленными вниз и расположенными около первой электропроводной катушки, при этом центральное колено Е-формы образует кромку верхнего полюса, второе средство для генерации магнитного поля снабжено второй катушкой и вторым магнитным сердечником, соединенным с первым магнитным сердечником, причем второй сердечник выполнен С-образной формы, вторая катушка расположена вокруг базовой части С-образной формы, верхнее колено С-образной формы образует кромку верхнего полюса, которая горизонтально центрирована с кромкой верхнего полюса первого магнитного сердечника.

47. Устройство для предотвращения выделения расплавленного металла через вертикальный зазор между двумя горизонтально расположенными элементами, включающее первый магнитный сер-

дечник и первую электропроводную катушку, отличающиеся тем, что первый магнитный сердечник выполнен из ферромагнитных частей горизонтально расположенного элемента, первая катушка расположена внутри горизонтально расположенного элемента и расположена на первом сердечнике, часть внешней поверхности горизонтально расположенных элементов выполнена электропроводной из материала с электропроводностью большей, чем электропроводность расплавленного металла.

48. Устройство по п.47, отличающееся тем, что часть внешней поверхности каждого горизонтально расположенного элемента электрически изолирована от первого магнитного сердечника.

49. Устройство по п.47, отличающееся тем, что оно снабжено источником питания и средством регулировки тока, причем катушка содержит несколько обмоток, расположенных внутри горизонтально расположенного элемента и подсоединенных к источнику питания через средство регулировки тока.

50. Устройство по п.47, отличающееся тем, что средство регулировки тока содержит независимый источник питания и несколько конденсаторов, каждый из которых подсоединен между полюсом источника питания и обмоткой.

51. Устройство для предотвращения выделения расплавленного металла через вертикальный зазор между двумя горизонтально расположенными элементами, содержащее средство для генерации магнитного поля, отличающееся тем, что оно снабжено средством для наведения индуцированного переменного тока в горизонтально расположенных элементах, причем средство для генерации магнитного поля выполнено с возможностью генерации вертикального магнитного поля.

52. Устройство по п.51, отличающееся тем, что оно снабжено источником переменного тока, средство для наведения индуцированного переменного тока содержит электропроводную катушку, горизонтально расположенные элементы содержат электропроводную внешнюю часть, выполненную из материала с более высокой проводимостью, чем расплавленный металл, и ферромагнитную часть, расположенную внутри элементов, причем внешняя часть электрически изолирована от ферромагнитной части, катушка расположена на ферромагнитной

части и соединена с источником переменного тока для индуцирования противоположно направленных токов в электропроводных внешних частях горизонтально расположенных элементов и протекания тока между электропроводными внешними частями горизонтально расположенных элементов поперек расплавленного металла, около его свободного края для создания вертикального магнитного поля около края расплавленного металла.

53. Устройство по п.52, отличающееся тем, что электропроводные внешние части содержат медные патрубки, расположенные поверх горизонтально расположенных элементов.

54. Устройство по п.51, отличающееся тем, что оно снабжено электромагнитным средством стабилизации края расплавленного металла, расположенным на некотором расстоянии в окрестности свободного края расплавленного металла, для генерации стабилизирующего расплавленный металл, в основном вертикального магнитного поля, распространяющегося через открытую сторону зазора по направлению к расплавленному металлу для стабилизации расплавленного металла у свободного края расплавленного металла.

55. Устройство по п.54, отличающееся тем, что электромагнитное средство стабилизации края расплавленного металла содержит магнитный стабилизирующий сердечник и электропроводную стабилизирующую катушку, расположенную на сердечнике, при этом электромагнитное средство стабилизации края расплавленного металла выполнено с возможностью генерации, в основном вертикального магнитного поля посредством тока, проходящего через катушку, для стабилизации расплавленного металла у свободного края.

56. Устройство по п.55, отличающееся тем, что оно снабжено электромагнитным средством для концентрации магнитного поля за счет генерации третьего, в основном вертикального магнитного поля, которое состоит из ферромагнитного концентрирующего сердечника с расположенной на нем электропроводной концентрирующей катушкой, причем часть концентрирующей катушки вертикально центрирована с частью стабилизирующей катушки, при этом кромки верхних полюсов стабилизирующего и концентрирующего сердечников расположены в одной горизонтальной плоскости, кромки нижних полюсов стабилизирующе-

го и концентрирующего сердечников расположены в другой горизонтальной плоскости, удаленной по вертикали на некоторое расстояние от кромок верхних полюсов, при этом кромки полюсов центрированы со свободным краем расплавленного металла, а кромки полюсов концентрирующего сердечника расположены выше и ниже края расплавленного металла и строго центрированы, кромки полюсов стабилизирующего сердечника расположены выше и ниже края расплавленного металла на некотором расстоянии по горизонтали его фронта, в направлении от свободного края расплавленного металла.

57. Устройство по п.56, отличающееся тем, что оно снабжено регулирующим средством, соединенным с катушкой, расположенным внутри горизонтально расположенных элементов для регулирования тока, поступающего в стабилизирующую катушку в зависимости от изменения расстояния зазора между свободным краем и стабилизирующей катушкой.

58. Устройство по п.57, отличающееся тем, что оно снабжено коллектором, соединенным с источником переменного тока, а регулирующее средство содержит несколько конденсаторов, соединенных последовательно в электрический контур с катушкой и расположенных внутри горизонтально расположенных элементов, при этом коллектор установлен на горизонтально расположенных элементах, катушка и подключенные к ней конденсаторы составляют колебательный RLC-контур, который совместно с электромагнитным средством стабилизации выполнен с возможностью стабилизации расстояния между стабилизирующей катушкой и краем расплавленного металла.

59. Устройство по п.55, отличающееся тем, что стабилизирующая катушка содержит внешнюю секцию, расположенную вблизи расплава и соединенную с источником переменного тока, и внутреннюю, примыкающую секцию, которая электрически изолирована от внешней секции, при этом внутренняя секция катушки соединена с независимым источником постоянного или переменного тока для дополнительной концентрации вертикального магнитного поля у края расплавленного металла.

60. Устройство по п.59, отличающееся тем, что оно снабжено первым источником переменного тока, соединенным с внешней секцией катушки, и вто-

рым источником переменного тока, соединенным с внутренней секцией катушки, при этом первый и второй источники переменного тока выполнены разночастотными.

61. Устройство по п.60, отличающееся тем, что первый источник переменного тока выполнен с частотой колебаний в диапазоне приблизительно 150 - приблизительно 5000 Гц, а второй источник переменного тока выполнен с частотой колебаний в диапазоне 1 - приблизительно 150 Гц.

62. Способ предотвращения выделения расплава металла через вертикальный зазор между двумя горизонтально расположенными элементами, включающий генерирование магнитного поля, отличающийся тем, что устанавливают два раздвинутых по вертикали, согласованных магнитных полюса вблизи открытой стороны зазора, генерируют в окрестности открытой стороны зазора первое вертикальное магнитное поле, распространяющееся через открытую сторону зазора по направлению к свободному краю расплавленного металла от двух раздвинутых магнитных полюсов, генерируют первое вертикальное магнитное поле в достаточной близости к открытой стороне зазора с интенсивностью, достаточной для создания магнитного удерживающего давления расплавленного металла в зазоре, генерируют второе вертикальное магнитное поле у края расплавленного металла с магнитным эффектом от двух вертикальных магнитных полей, у края расплавленного металла достаточным для предотвращения выделения расплавленного металла через открытую сторону зазора.

63. Способ по п.62, отличающийся тем, что устанавливают первую электропроводную катушку на первый магнитный сердечник, примыкающий к открытой стороне зазора, для генерации первого вертикального магнитного поля, причем магнитные полюса устанавливают достаточно близко к расплавленному металлу для удержания расплавленного металла, подают электрический ток на первую катушку для генерации первого вертикального магнитного поля.

64. Способ по п.63, отличающийся тем, что в качестве электрического тока используют постоянный ток.

65. Способ по п.63, отличающийся тем, что в качестве электрического тока используют переменный ток.

66. Способ по пп.62 и 63, отличающийся тем, что второе вертикальное магнитное поле генерируют за счет пропускания электрического тока через вторую катушку, установленную на второй сердечник, причем на одну из катушек подают постоянный ток, а на другую катушку подают переменный ток.

67. Способ по п.66, отличающийся тем, что на одну из катушек подают выпрямленный переменный ток.

68. Способ по п.62, отличающийся тем, что второе вертикальное магнитное поле генерируют электрическим током, протекающим через вторую электропроводную катушку, установленную на втором магнитном сердечнике, при этом вторую катушку устанавливают вблизи края расплавленного металла, за счет чего второе вертикальное магнитное поле стабилизирует край расплавленного металла.

69. Способ по п.68, отличающийся тем, что вторую электропроводную катушку устанавливают между расплавленным металлом и удлиненными приводами горизонтально расположенных элементов.

70. Способ по п.68, отличающийся тем, что второе вертикальное магнитное поле генерируют электромагнитными средствами, установленными внутри полый части горизонтально расположенных элементов, за счет чего второе вертикальное магнитное поле проникает в поверхность полых концевых частей, контактируя с краем расплавленного металла.

71. Способ по п.66, отличающийся тем, что через первую и вторую катушки пропускают постоянный электрический ток.

72. Способ по п.62, отличающийся тем, что изготавливают внешние поверхности горизонтально расположенных элементов из материала с электрической проводимостью больше, чем электрическая проводимость расплавленного металла, для протекания индуцированного тока в продольном и горизонтальном направлениях через внешние поверхности горизонтально расположенных элементов и далее поперек через край расплавленного металла к удаленной части внешней поверхности другого элемента.

73. Способ по п.72, отличающийся тем, что часть внешней поверхности каждого горизонтально расположенного элемента электрически изолируют от проводящей катушки.

74. Способ по п.68, отличающийся тем, что электропроводную

катушку выполняют из нескольких обмоток, подсоединяют обмотки к источнику тока для прохождения тока через обмотки внутри горизонтально расположенных элементов, регулируют ток, поступающий к обращенной в сторону расплава катушке, в зависимости от изменения индукции магнитного поля у края расплавленного металла.

75. Способ по п.72, отличающийся тем, что соединяют в контур конденсаторы последовательно с обмотками одной из катушек для создания колебательного RLC-контра, чувствительного по току к изменению индукции.

76. Способ по п.75, отличающийся тем, что изменяют частоты переменного тока, подаваемого к обмоткам катушек.

77. Способ по п.63, отличающийся тем, что первую проводящую катушку устанавливают у края расплавленного металла и между парой удлиненных приводов, каждый из которых является частью одного из горизонтально расположенных элементов, соединяют удлиненные приводы электрическим проводником для образования контура электрического тока, проходящего через электрический проводник поперек края расплавленного металла, посредством направления электрического тока в катушку второго средства для генерирования магнитного поля для индуцирования тока через край расплавленного металла и через электрический проводник для образования второго вертикального магнитного поля.

78. Способ для предотвращения выделения расплава металла через вертикальный зазор между двумя горизонтально расположенными элементами, включающий установку двух магнитных сердечников с расположенными на них электропроводными катушками около вертикальных зазоров, отличающийся тем, что устанавливают два вертикально расположенных и удаленных друг от друга магнитных полюса первого магнитного сердечника вблизи первого вертикального зазора для генерирования первого, в основном вертикального магнитного поля, для его распространения через открытую сторону первого зазора по направлению к расплавленному металлу, при этом магнитные полюса первого сердечника устанавливают в достаточно близкой окрестности к открытой стороне первого зазора для генерирования магнитного поля, достаточного для создания удерживающего

давления у края расплавленного металла в зазоре, второй магнитный сердечник с расположенной на нем катушкой устанавливают около того же вертикального зазора для генерирования второго вертикального магнитного поля для формирования и концентрации первого вертикального магнитного поля у края расплавленного металла, формируют горизонтальный ток через край расплавленного металла в

зазоре и через два горизонтально расположенных элемента для генерирования третьего, в основном вертикального магнитного поля, для создания дополнительного удерживающего давления у края расплавленного металла в первом зазоре и ограничения и формирования первого вертикального магнитного поля, в основном у края расплавленного металла в первом зазоре.

Изобретение относится к металлургии, а именно к непрерывной разливке металлов между вальками-кристаллизаторами и предназначено для предотвращения выделения расплавленного металла через открытую боковую сторону вертикально вытянутого зазора между двумя раздвинутыми по горизонтали элементами конструкции, где находится расплавленный металл.

Примером области применения данного изобретения является устройство для непрерывного литья расплавленного металла непосредственно в полосу, например, в стальную полосу. Такое устройство обычно содержит пару раздвинутых по горизонтали валов, вращающихся в противоположных направлениях относительно соответствующих горизонтальных осей. Эти два вала определяют горизонтальные границы вытянутого по вертикали зазора между ними для подачи расплавленного металла. Зазор, ограниченный этими валами, сужается вниз. Валы охлаждаются и, в свою очередь, охлаждают расплавленный металл при его опускании через зазор.

Этот зазор имеет раздвинутые по горизонтали, открытые противоположные края, которые примыкают к концам валов. Расплавленный металл не удерживается валами на открытых краях зазора.

Для предотвращения выделения расплавленного металла через открытые края зазора используют механические перемишки и изоляции.

Механические перемишки имеют недостатки из-за того, что перемишка находится в физическом контакте как с вращающимися валами, так и с расплавленным металлом. В результате этого перемишка подвержена износу, утечкам и разрушению, что может привести к застыва-

нию расплавленного металла и большим температурным градиентам. Более того, контакт между механической перемишкой и твердеющим металлом может привести к неоднородности вдоль ребер металлической полосы при литье таким способом, таким образом сводя на нет преимущества непрерывного литья по сравнению с обычным методом проката металлической полосы из более толстого твердого образца.

Преимущества при непрерывном литье металлической полосы и недостатки, возникающие при использовании механических перемишек или изоляции, более детально описаны в Патентах США № 4936374, кл. 164-503, 1987 [1]; № 4974661, кл. 164-503, 1988 [2]; № 5197534, кл. В 22 D 27/02, 1993 [3]; № 5251685, кл. В 22 D 27/02, 1993 [4], на каждый из которых таким образом сделана общая ссылка.

Для устранения недостатков, присущих использованию механических перемишек или изоляции, были предприняты усилия по удержанию расплавленного металла на открытой боковой стороне зазора между валами при помощи электромагнита, имеющего сердечник, окруженный проводящей обмоткой, через которую пропускается переменный электрический ток, и имеющего пару магнитных полюсов, расположенных около открытого края зазора. Магнит питается переменным током, идущим через обмотку, и образует переменное магнитное поле, направленное поперек открытого края зазора между полюсами магнита. Магнитное поле может быть ориентировано либо горизонтально, либо вертикально, в зависимости от ориентации магнитных полюсов. Примеры магнитов, которые создают горизонтальное поле, описаны в вышеупомянутых патентах [1], [3], [4], а примеры

магнитов, которые создают вертикальное магнитное поле, описаны в патенте [2].

Переменное магнитное поле индуцирует вихревые токи в расплавленном металле вблизи открытого края зазора, создавая силу отталкивания, которая отодвигает расплавленный металл от открытого края зазора.

Сила статического давления выдавливает расплавленный металл наружу через открытый край щели между валами. Она возрастает с увеличением глубины расплавленного металла, и магнитное давление, создаваемое магнитным полем, должно быть достаточным для равновесия с максимальным давлением наружу, которое зависит от расплавленного металла.

Немагнитные электропроводные тепловые экраны могут быть помещены между боковой стороной расплавленного металла и магнитными полюсами на открытой стороне щели для защиты электромагнитной катушки от перегрева и профилирования плотности магнитного потока.

Максимальное магнитное давление P_{max} на боковую сторону расплавленного металла на открытом конце щели между валами, создаваемое электромагнитом, должно быть, по крайней мере, равно полному напору статического давления расплавленного металла (расплава), содержащегося между валами:

$$P_{\text{max}} = \rho gh, \quad (1)$$

где ρ — плотность жидкого металла;

g — ускорение свободного падения;

h — глубина расплавленной массы от верхнего расплавленного уровня до конца у точки затвердевания, на зажиме

Магнитное давление P связано с электромагнитной силой, f , которая представляет собой продукт индуцированного тока j и магнитной индукции или плотности потока магнитной индукции B :

$$f = j \times B. \quad (2)$$

В опытном образце аналога, использующем горизонтально ориентированное электромагнитное поле, достигается магнитное удержание боковой стороны расплавленного металла на открытом конце щели при помощи цепи потока низкого магнитного сопротивления вблизи края каждого вала (ободочная часть валов). Устройство аналога содержит электромагнит для создания переменного магнитного поля, которое воздействует на боковую сторону расплавленного металла, содержащегося между валами, посредством низкого магнитного сопротивления ободочной части валов. Для эффективного использования магнитного поля каждый маг-

нитный полюс должен быть вытянут вдоль оси по отношению к валам и как можно ближе к концу соответствующего вала, вблизи ободочной части с низким магнитным сопротивлением, отделяясь от нее малым радиальным воздушным зазором. Для эффективного функционирования линия потока с низким магнитным сопротивлением ободочной части вала обычно делается из материала с высокой магнитной проницаемостью.

Другая практическая возможность для горизонтального удержания расплавленного металла на открытом конце зазора между парой элементов конструкции, например, валами, состоит в том, чтобы поместить около открытого края зазора катушку, через которую пропускается переменный ток. Это приводит к тому, что катушка генерирует магнитное поле, которое индуцирует вихревые токи в расплавленном металле около открытого края зазора, создавая силу отталкивания, аналогичную описанной выше в связи с магнитным полем, генерированным электромагнитом. Опытные образцы устройств этого типа описаны в Патенте США № 4020890, кл. 164-49, 1975 [5] и патенте [3], на которые таким образом сделана общая ссылка.

Ближайшим аналогом данного изобретения является способ управления потоком металла в установке непрерывного литья (Заявка Японии № 60-106651, кл. В 22 D 11/06, 1985). На чертеже и в описании указанного способа приведено устройство для его реализации.

В известном способе жидкий металл подается в полость кристаллизатора, ограниченную с двух сторон в горизонтальной плоскости цилиндрическими поверхностями двух валков-кристаллизаторов, вращающихся в противоположные стороны. В вертикальной плоскости со стороны торцов валков кристаллизаторов генерируют электромагнитное поле, создаваемое обмотками индукторов-электродвигателей бегущего поля. Электромагнитные силы действуют в направлении, параллельном осям валков-кристаллизаторов.

Реализация известного способа предусматривает установку двух магнитных сердечников с расположенными на них электропроводными катушками: около вертикальных зазоров, которые являются средством для генерации магнитного поля.

Недостатком известного технического решения является недостаточная эффективность предотвращения выделения расплавленного металла через вертикальные

зазоры между валами-кристаллизаторами.

Недостатки и изъяны при практической реализации аналогов, описанных выше, исчезают при использовании устройства и способа в соответствии с данным изобретением.

На основе способа магнитного удержания и устройства в соответствии с настоящим изобретением создается вблизи открытой боковой стороны зазора между валами, первичное вертикальное магнитное поле (а) при помощи постоянного тока (П.Т.) или переменного тока (ПМ.Т.), проходящего через первичную катушку, окружающую сердечник основного электромагнита и/или (б) при помощи П.Т. или ПМ.Т. токов, идущих через стабилизирующие катушки, окружающие различные части сердечника основного электромагнита. Появляются одно или более дополнительные вертикальные магнитные поля, генерированные одно или более дополнительными катушками или индуцированными линиями тока, которые служат для концентрации и формирования основного магнитного поля. Как первичное магнитное поле, так и одно или более дополнительных или вторичных вертикальных магнитных полей простираются через открытую грань зазора и расплавленный металл в зазоре. Комбинация магнитных полей и соответствующих индуцированных горизонтальных токов, генерированных в соответствии с настоящим изобретением, позволяет обеспечить достаточную электромагнитную силу по всей глубине расплавленного металла, действующую на боковую сторону расплава, для удержания расплавленного металла в вертикальном зазоре между валами. Эти магнитные поля в комбинации достаточны для электромагнитного удержания и стабилизации расплавленного металла внутри зазора между валами.

Как будет объяснено более детально далее, устройства и способы настоящего изобретения действуют существенно отлично в каждом из двух различных опытных образцах - на основе постоянного тока П.С. и переменного тока - где основное вертикальное магнитное поле образуется при помощи постоянного тока или переменного тока, идущего через первичные катушки основного электромагнита. Для того, чтобы достигнуть ясности в понимании существа дела, каждый вариант П.Т. и ПМ.Т. будут описаны отдельно.

В соответствии с П.Т.- вариантом данного изобретения первичное вертикальное магнитное поле генерируется П.Т.-

первичной катушкой, окружающей часть магнитного сердечника основного электромагнита и часть сердечника включает пару вертикально раздвинутых магнитных противоположных полюсов, причем раздвинутые полюсные наконечники находятся вблизи открытой стороны зазора. Соответственно лицевые поверхности магнитных полюсов расположены около открытой стороны зазора. В П.Т.-варианте, постоянный ток идет через П.Т.-первичную катушку для генерации первичного П.Т., вертикального магнитного поля между полюсными наконечниками. Поле распространяется между лицевыми поверхностями магнитных полюсов; оно примыкает по вертикали к открытой грани зазора и действует в расплавленном металле. Кроме этого первичного П.Т. вертикального магнитного поля в зазоре действуют дополнительные вертикальные магнитные поля, генерированные другими катушками. Комбинированный эффект этих полей создает вихревые токи в расплавленном металле у края, осуществляя полное поверхностное удержание порции расплавленного металла, а также представляет собой средство для концентрации и формирования магнитной силы у края, и стабилизации расплавленного металла.

Средство для магнитной концентрации состоит из валов, (а) самих по себе, например, имеющих медные патрубки, которые направляют магнитное поле через расплавленный металл, благодаря их форме; и/или (б) одну или более вторичных катушек, которые индуцируют переменный ток в порции жидкого металла в грани удержания. Этот индуцированный ток может быть выпрямлен диодом, соединенным между осями валов, проходя через боковую сторону расплавленного металла и через патрубки валов.

Таким образом, в П.Т.-варианте вторичное стабилизированное вертикальное магнитное поле, генерированное вторичными ПМ.Т.-катушками, локализуется вблизи порции жидкости на открытой стороне зазора, создавая полупериодный, выпрямленный, индуцированный горизонтальный ток I_x , который течет между осями валов через диод, расположенный в проводнике, соединенном с осями валов для того, чтобы образовать замкнутую электрическую цепь через обе оси и через края валов и порцию расплавленного металла с боковой стороны. В этом П.Т.-варианте, и как объясняется более детально ниже в подробном описании ПМ.Т.-

варианта, индуцированный переменный ток течет через патрубки валов и боковые стороны расплавленного металла для создания замкнутой электрической цепи. Вторичное магнитное поле при П.Т.-варианте распространяется, в основном, по вертикали в зазоре удержания расплавленного металла и в самом расплавленном металле, и взаимодействуя с основным вертикальным магнитным полем для концентрации и/или формирования первичного вертикального магнитного поля и стабилизации порции жидкого металла.

Основное поле также может быть усилено при помощи одного или более вторичных вертикальных магнитных полей, генерированных дополнительными вторичными катушками, расположенными внутри полых краев валов, как описано более детально ниже, где валы и/или катушки валов усиливают и/или формируют вертикальное магнитное поле, в основном, по направлению к боковой стороне расплавленного металла, в пределах зазора, между и выше внешних граней валов, против боковой стороны. Эти дополнительные вторичные катушки с магнитным сердечником расположены внутри полых частей валов с края, примыкая к концу зазора. Эти дополнительные вторичные катушки могут питаться от П.Т.-источника или низкой, например 1–60 Гц, частоты, ПМ.Т. источника. Так как магнитные поля, которые генерируются этими катушками, проходят через полые части валов, вблизи зазора, то частота переменного электрического тока, проходящего через помещенные в валы катушки, может быть выбрана различной и в оптимальном частотном диапазоне. Выбор этой частоты следует осуществлять для достижения основных целей (а) оптимизировать проникновение поля семейства вертикальных магнитных полей в боковую грань порции расплавленного металла и в ободочную часть и боковые стенки валов; и (b) минимизировать нагрев вихревыми токами этих ободов и боковых стенок валов.

В соответствии с ПМ.Т.-вариантом данного изобретения электромагнит содержит обмотки в пределах части ферромагнитного тела, расположенного вдоль самих валов, электрически изолирован от внешних медных патрубков валов. Основной электромагнит ПМ.Т.-варианта конструкции может представлять собой катушечные обмотки в пределах валов, или быть аналогичным электромагниту П.Т.-варианта конструкции, который питается от источника переменного тока. В любом

случае, один из этих электромагнитов усиливает и формирует вертикальное магнитное поле, созданное другим электромагнитом. Переменный ток, проходя через обмотки катушек в части тела валов, индуцирует горизонтальный ток через расплавленный металл и медные патрубки валов, по всей длине патрубков валов, контактирующих с расплавленным металлом, индуцированный горизонтальный ток далее проходит поперек боковой стенки расплавленного металла, для того, чтобы обеспечить возможность создания соответствующего ПМ.Т.-вертикального магнитного поля, локализованного на свободной боковой стороне расплавленного металла.

В ПМ.Т.-варианте конструкции рост, концентрация и формирование первичного ПМ.Т.-вертикального магнитного поля достигается (1) включением конденсаторов в электрическую цепь обмоток катушек внутри валов для создания резонансных колебаний в RLC-цепи; и/или (2) за счет вторичной ПМ.Т.-катушки – которая может быть первичной П.Т.-катушкой П.Т.-варианта конструкции, но питаемой переменным током; и/или (3) – за счет катушки стабилизации П.Т.-варианта конструкции, расположенной вблизи боковой стороны расплавленного металла и питаемой переменным током.

Любой из этих вторичных источников ПМ.Т.-вертикального магнитного поля служит для концентрации и формирования первичного вертикального ПМ.Т.-магнитного поля около боковой стороны расплавленного металла. ПМ.Т.-вертикальные магнитные поля комбинируются и направляются в концентрированном и сформированном виде внутрь боковой стороны расплавленного металла для боковой стабилизации и создания достаточной магнитной силы для предотвращения утечек расплавленного металла через открытый край зазора между валами.

Важная особенность обоих вариантов данного изобретения состоит в том, что один или более электрических контуров (а) расположены вблизи боковой стороны расплавленного металла, или расположены внутри ферромагнитной части валов, индуцируют горизонтальные токи (1) через оси валов и вдоль ребер боковых сторон расплавленного металла или (2) поперек медных патрубков валов по всей длине контакта валов с расплавленным металлом и далее через боковую сторону расплавленного металла. Электромагнитный контур (а) обоих вариантов конструк-

ции создают вертикальные магнитные поля, которые влияют на концентрацию и/или формирование поля магнитного давления у боковой стороны расплавленного металла. Комбинация магнитных полей обеспечивает концентрированное и требуемой конфигурации магнитное давление в направлении, обычно ограниченном открытым краем зазора, и под действием этого давления расплавленный металл удаляется от открытого края зазора без существенной диссипации магнитного поля.

В соответствии с этим одной из задач данного изобретения является обеспечение устройства и способа генерации семейства взаимодействующих вертикальных магнитных полей вблизи открытого края зазора между двумя раздвинутыми элементами конструкции, например, валами. Эти поля распространяются в зазоре, до расплавленного металла в зазоре, удерживая расплавленный металл между раздвинутыми элементами без применения механических изоляций зазора.

Другой задачей данного изобретения является обеспечение устройства электромагнитного удержания расплавленного металла и способа при генерации первичного вертикального магнитного поля постоянным или переменным электрическими токами, идущими через первичные магнитные обмотки катушек, причем П.Т.- и ПМ.Т.-варианты могут иметь различные воплощения. Плотность потока первичного вертикального магнитного поля сконцентрирована и локализована внутри пространства зазора между валами посредством включения согласованного вертикального магнитного поля через свободную грань расплавленного металла. Согласованное поле непосредственно связано с (а) выпрямленным, индуцированным ПМ.Т.-током, текущим горизонтально через обода вала, оси валов и боковую сторону расплавленного металла (П.Т.-вариант конструкции), или ПМ.Т.-током, (b) текущим через первичные обмотки катушек в ферромагнитной части валов, и индуцирующем горизонтальный ток в медных патрубках валов через боковую сторону расплавленного металла (ПМ.Т.-вариант конструкции), и через конденсаторы, включенные в электрический контур.

Другой задачей данного изобретения является создание электромагнитного устройства и способа для удержания расплавленного металла внутри зазора между двумя валами, где электромагнитное устройство и способ могут использоваться большей частью в П.Т.-модели или ПМ.Т.-

модели, и где переменный ток может поступать различной частоты к различным секциям катушек при обоих вариантах действий.

Следующей задачей данного изобретения является разработка электромагнитного устройства постоянного тока и способа удержания расплавленного металла, используя П.Т. и выпрямленный ПМ.Т. токи через первичную и вторичную обмотки электромагнита. ПМ.Т.-полученный горизонтальный ток во вторичной обмотке индуцирует горизонтальный ток во вторичном электрическом контуре, то есть становится выпрямленным П.Т.-током. Изменяя частоту переменного тока во вторичном электрическом контуре, общее электромагнитное давление P_m , действующее на расплавленный металл, может быть уникальным образом контролируемо одним или более параметрами тока, такими, как, например, индукция.

Кроме того, другой задачей данного изобретения является разработка электромагнитного устройства и способа удержания расплавленного металла при помощи переменного электрического тока, текущего (а) через катушки одного электромагнита, включая обмотки катушек, расположенных внутри ферромагнитной части валов для создания ПМ.Т.-вертикального магнитного поля и (b) через одну или более вторичных катушек, расположенных вблизи боковой стороны расплавленного металла. ПМ.Т.-ток, текущий через обмотки катушек внутри валов, создает ПМ.Т.-вертикальное магнитное поле и, посредством включения конденсаторов в электрический контур, состоящий из обмоток катушек и осей валов, для оптимизации тока, а также расположением обмоток внутри валов, ПМ.Т.-вертикальное магнитное поле контролируется и формируется у боковой стороны расплавленного металла.

Другой задачей данного изобретения является обеспечение третичного ПМ.Т. и П.Т. вертикального магнитного поля за счет электромагнита, имеющего ближайшую действующую катушку вблизи свободной грани расплавленного металла. Ближайшая действующая катушка расположена вблизи конца зазора между валами для удержания расплавленного металла, при этом поверхность упомянутой ближайшей действующей катушки, обращенная к расплавленному металлу, окрашена в черный цвет для поглощения тепла, испускаемого объемом расплавленного металла (джоу-лево тепло в результате прохождения вих-

ревых токов через боковую свободную грань расплавленного металла).

Следующей задачей данного изобретения является разработка устройства и способа для удержания расплавленного металла между двумя раздвинутыми валами, при этом валы включают в себя внутренние обмотки для получения ПМ.Т. тока. Обмотки электрически изолированы от внешней среды, сделаны из неферромагнитного материала, например медные, патрубки валов. Ток, который течет через обмотки валов, индуцирует горизонтальный ПМ.Т. ток через патрубки валов, который течет поперек свободных граней расплавленного металла к противоположному патрубку вала. Взаимодействие между вертикальными магнитными полями создает концентрированное вертикальное электромагнитное поле на свободной грани расплавленного металла.

Указанные задачи решаются благодаря тому, что устройство для предотвращения выделения расплавленного металла через вертикальный зазор между двумя горизонтально расположенными элементами, содержащее средство для генерации магнитного поля, согласно изобретению снабжено вторым средством для генерации магнитного поля, причем оба средства выполнены с возможностью генерации вертикального магнитного поля, распространяющегося через вертикальный зазор.

Первое средство для генерации магнитного поля содержит первый магнитный сердечник и расположенную на нем первую электропроводящую катушку, при этом магнитный сердечник содержит верхний и нижний магнитные полюса, раздвинутые между собой и расположенные вблизи края расплавленного металла.

Второе средство для генерации магнитного поля содержит второй магнитный сердечник и расположенную на нем вторую электропроводящую катушку, при этом магнитный сердечник содержит верхний и нижний магнитные полюса, раздвинутые между собой и расположенные вблизи края расплавленного металла.

Первый и второй магнитные сердечники выполнены связанными по магнитному потоку.

На второй магнитный сердечник установлена третья электропроводящая катушка.

Кроме того, устройство снабжено первым и вторым источниками питания для питания второй и третьей катушек переменными токами различной частоты.

Третья катушка расположена около второй катушки, при этом второй сердечник разделен на части второй и третьей катушками.

5 Указанная задача решается также тем, что устройство снабжено источником постоянного тока, соединенным с первой катушкой.

10 Кроме того, оно снабжено источником переменного тока, соединенным с первой катушкой.

Устройство снабжено источником постоянного тока, соединенным со второй катушкой.

15 Устройство снабжено источником переменного тока, соединенным со второй катушкой.

Устройство снабжено источником переменного тока, соединенным с третьей катушкой.

20 Согласно изобретению вторая катушка соединена с источником переменного тока с частотами от 1 до 150 Гц.

25 Третья катушка соединена с источником переменного тока с частотами от 150 до 5000 Гц.

Второе средство для генерации магнитного поля включает в себя электропроводящую катушку, расположенную на ферромагнитном сердечнике, расположенном внутри, по крайней мере, одного из горизонтально расположенных элементов.

30 Для решения указанной задачи горизонтально расположенные элементы снабжены продольными приводами, а вторая катушка расположена вблизи боковой стороны расплавленного металла между продольными приводами.

40 Кроме того, горизонтально расположенные элементы содержат полые концевые части, а второе средство для генерации магнитного поля расположено внутри полой концевой части, по крайней мере, одного из горизонтально расположенных элементов.

45 Устройство снабжено источником постоянного тока, соединенным с катушкой второго средства для генерации магнитного поля.

50 Устройство снабжено источником переменного тока, соединенным с катушкой второго средства для генерации магнитного поля.

55 Указанная задача решается также и тем, что второе средство для генерации магнитного поля расположено внутри горизонтально расположенного элемента вдоль его оси, а катушка второго средства для генерации магнитного поля расположена на ферромагнитной внутренней по-

верхности горизонтально расположенного элемента.

Кроме того, снабжено источником переменного тока, соединенным с катушкой второго средства для генерации магнитного поля.

Второе средство для генерации магнитного поля содержит вертикально ориентированную часть ферромагнитного сердечника, расположенную внутри полой кольцевой части горизонтально расположенного элемента соосно с первым магнитным сердечником и на некотором расстоянии от него, причем второе электромагнитное средство выполнено с возможностью создания магнитного поля внутри горизонтально расположенного элемента с направлением магнитного поля между магнитными полюсами первого средства для генерации магнитного поля для концентрации магнитного поля у боковой стороны расплавленного металла.

Второе средство для генерации магнитного поля содержит электропроводную катушку, расположенную на ферромагнитном сердечнике, причем катушка расположена в части внутренней поверхности полой кольцевой части горизонтально расположенного элемента, вблизи края расплавленного металла.

Часть горизонтально расположенного элемента, внутри которого расположено второе средство для генерации магнитного поля, выполнена из электропроводного металла.

Часть ферромагнитного сердечника, расположенная внутри полой части горизонтально расположенного элемента, связана по магнитному потоку с первым средством для генерации магнитного поля.

Указанная задача решается также тем, что на внешней стороне горизонтально расположенного элемента установлен электропроводный патрубок, при этом патрубок электрически изолирован от внутренней части горизонтально расположенного элемента, причем материал, из которого выполнен патрубок, имеет электропроводность значительно больше, чем электропроводность расплавленного металла, при этом переменный ток, поступающий к второму электромагнитному средству, индуцирует переменный ток в патрубке, который течет вдоль оси патрубка, поперек края расплавленного металла к патрубку, расположенному на втором горизонтально расположенном элементе по оси вдоль противоположного патрубка к противоположному краю расплавленного металла и обратно через проти-

воположный край расплавленного металла, полностью замыкая петлю тока через края расплавленного металла и формируя вертикальные магнитные поля у этих краев.

Кроме того, первое средство для генерации магнитного поля выполнено с возможностью генерации первого вертикального магнитного поля и индуцирования тока во втором средстве для генерации магнитного поля. Устройство снабжено проводником, а горизонтально расположенные элементы содержат первый и второй электропроводные валы с первым и вторым удлиненными приводами, причем проводник соединен с первым и вторым приводами, а первое и второе средства для генерации магнитного поля выполнены с возможностью индуцирования переменного тока через первый привод, второй привод и поперек боковой стороны расплавленного металла.

Для решения указанной задачи устройство снабжено выпрямителем, соединенным с приводом, для пропускания положительных значений переменного тока.

Первое и второе средства для генерации магнитного поля совместно с выпрямителем выполнены с возможностью создания тока через край расплавленного металла, вдоль электропроводной внешней части первого вала, через расплавленный металл в области, удаленной от края расплавленного металла, и через электропроводную внешнюю часть второго вала.

Указанная задача решается также тем, что устройство снабжено третьей катушкой, расположенной на третьем сердечнике, для генерации третьего, в основном вертикального магнитного поля для индуцирования горизонтального тока, проходящего через край расплавленного металла в зазоре и через два горизонтально расположенных элемента, а первое средство для генерации магнитного поля включает в себя первый магнитный сердечник и первую электропроводную катушку, расположенную на первом магнитном сердечнике, причем первый магнитный сердечник включает в себя пару расположенных по вертикали, раздвинутых с зазором магнитных полюсов для генерации первого, в основном вертикального магнитного поля, для его распространения через открытую сторону зазора к свободному краю расплавленного металла, при этом магнитные полюса достаточно приближены к свободному краю расплавленного металла, при этом генерирован-

ное вертикальное магнитное поле создает давление удержания около свободного края расплавленного металла в зазоре, второе средство для генерации магнитного поля включает в себя вторую электропроводную катушку, расположенную на втором магнитном сердечнике, расположенном вблизи края расплавленного металла, для создания при помощи тока, текущего через вторую катушку, второго вертикального магнитного поля у края расплавленного металла.

Вторая катушка расположена вблизи края расплавленного металла и отделена от него частью одного из горизонтально расположенных элементов, при этом ток, текущий через вторую катушку, формирует второе вертикальное магнитное поле у края расплавленного металла.

Для решения указанной задачи второй сердечник вертикально центрирован относительно первого сердечника и удален от него, при этом часть магнитного поля, генерированная вторым средством для генерирования магнитного поля, направлена между магнитными полюсами первого средства для генерирования магнитного поля для концентрации первого магнитного поля у края расплавленного металла.

Кроме того, первый магнитный сердечник выполнен Е-образной формы, причем три колена Е-формы направлены вниз, а первая катушка расположена между тремя коленами Е-образного сердечника и часть Е-образного сердечника расположена соосно по вертикали с вторым сердечником.

Третья катушка расположена на части ферромагнитного сердечника, расположенного в одном из горизонтально расположенных элементов.

Указанная задача решается также тем, что устройство снабжено источником постоянного тока и источником переменного тока, причем источник постоянного тока соединен с первым средством для генерации магнитного поля для генерации первого, в основном вертикального магнитного поля, распространяющегося через открытую сторону зазора к расплавленному металлу, для создания удерживающего давления около свободного края расплавленного металла в зазоре, а источник переменного тока соединен с вторым средством для генерации магнитного поля для индуцирования горизонтального тока, текущего через или около края расплавленного металла, при этом результирующее магнитное давление у свободно-

го края расплавленного металла достаточно для предотвращения выделения расплавленного металла через зазор.

Устройство снабжено источником тока, третьим средством для генерации магнитного поля с третьей электропроводной катушкой, расположенной на третьем сердечнике, причем третье средство для генерации магнитного поля установлено вблизи края расплавленного металла, источник тока соединен с третьей катушкой для генерации третьего вертикального магнитного поля около края расплавленного металла для стабилизации и формирования края расплавленного металла.

Кроме того, устройство снабжено электропроводным средством для электрического соединения приводов горизонтально расположенных элементов для протекания через них тока, индуцированного вторым средством для генерации магнитного поля, и его протекания через электропроводное средство и край расплавленного металла.

Задача решается также и тем, что устройство снабжено выпрямляющим средством для выпрямления индуцированного горизонтального тока, генерированного вторым средством для генерации магнитного поля.

Концевые части горизонтально расположенных элементов выполнены из магнитного материала, при этом часть второго вертикального магнитного поля проникает в концевые части горизонтально расположенных элементов, контактируя краями расплавленного металла.

Концевые части содержат медные патрубki, расположенные поверх ферромагнитной части горизонтально расположенных элементов.

Сердечник второго средства для генерации магнитного поля выполнен С-образной формы по контуру внутренней поверхности полый концевой части горизонтально расположенного элемента для образования первого, в основном вертикального магнитного поля, и дополнительно включает в себя интегральную часть второго сердечника, центрированного с частью первого сердечника, при этом часть второго сердечника отделена от первого сердечника промежуточной полый концевой частью горизонтально расположенного элемента.

Первое средство для генерации магнитного поля содержит первую катушку, расположенную непосредственно над краем расплавленного металла, а второе средство для генерации магнитного поля

содержит вторую катушку, расположенную у края расплавленного металла.

Первое средство для генерации магнитного поля содержит два раздвинутых, вытянутых по вертикали, связанных по магнитному потоку кромок магнитного полюса, удаленных по вертикали от кромки верхнего полюса первого средства для генерации магнитного поля, при этом кромки полюса расположены у фронта и удалены на небольшое расстояние от края расплавленного металла.

Кроме того, устройство снабжено ферромагнитным ярмом, окружающим приводы и связанным по магнитному потоку с первым магнитным сердечником первого средства для генерации магнитного поля, посредством чего ферромагнитное ярмо связано по магнитному потоку с верхней и нижней частями первого магнитного сердечника.

Первое средство для генерации магнитного поля снабжено Е-образным первым магнитным сердечником с коленами Е-формы, направленными вниз и расположенными около первой электропроводной катушки, при этом центральное колено Е-формы образует кромку верхнего полюса, второе средство для генерации магнитного поля снабжено второй катушкой и вторым магнитным сердечником, соединенным с первым магнитным сердечником, причем второй сердечник выполнен С-образной формы, вторая катушка расположена вокруг базовой части С-образной формы, верхнее колено С-образной формы образует кромку верхнего полюса, которая горизонтально центрирована с кромкой верхнего полюса первого магнитного сердечника.

Для решения указанных задач, в устройстве для предотвращения выделения расплавленного металла через вертикальный зазор между двумя горизонтально расположенными элементами, включающими первый магнитный сердечник и первую электропроводную катушку, согласно изобретению, первый магнитный сердечник выполнен из ферромагнитных частей горизонтально расположенного элемента, первая катушка расположена внутри горизонтально расположенного элемента и расположена на первом сердечнике, часть внешней поверхности горизонтально расположенных элементов выполнена электропроводной из материала с электропроводностью большей, чем электропроводность расплавленного металла.

Часть внешней поверхности каждого горизонтально расположенного элемента

электрически изолирована от первого магнитного сердечника.

Кроме того, устройство снабжено источником питания и средством регулирования тока, причем катушка содержит несколько обмоток, расположенных внутри горизонтально расположенного элемента и подсоединенных к источнику питания через средство регулирования тока.

Средство регулирования тока содержит независимый источник питания и несколько конденсаторов, каждый из которых подсоединен между полюсом источника питания и обмоткой.

Согласно изобретению, устройство для предотвращения выделения расплавленного металла через вертикальный зазор между двумя горизонтально расположенными элементами, содержащее средство для генерации магнитного поля, для решения указанных задач снабжено средством для наведения индуцированного переменного тока в горизонтально расположенных элементах, причем средство для генерации магнитного поля выполнено с возможностью генерации вертикального магнитного поля.

Устройство снабжено источником переменного тока, средство для наведения индуцированного переменного тока содержит электропроводную катушку, горизонтально расположенные элементы содержат электропроводную внешнюю часть, выполненную из материала с более высокой проводимостью, чем расплавленный металл, и ферромагнитную часть, расположенную внутри элементов, причем внешняя часть электрически изолирована от ферромагнитной части, катушка расположена на ферромагнитной части и соединена с источником переменного тока для индуцирования противоположно направленных токов в электропроводных внешних частях горизонтально расположенных элементов и протекания тока между электропроводными внешними частями горизонтально расположенных элементов поперек расплавленного металла, около его свободного края для создания вертикального магнитного поля около края расплавленного металла.

Кроме того, в устройстве электропроводные внешние части содержат медные патрубки, расположенные поверх горизонтально расположенных элементов.

Устройство снабжено электромагнитным средством стабилизации края расплавленного металла, расположенным на некотором расстоянии в окрестности свободного края расплавленного металла, для ге-

нерации стабилизирующего расплавленный металл в основном вертикального магнитного поля, распространяющегося через открытую сторону зазора по направлению к расплавленному металлу для стабилизации расплавленного металла у свободного края расплавленного металла.

Для решения указанной задачи в устройстве электромагнитное средство стабилизации края расплавленного металла содержит магнитный стабилизирующий сердечник и электропроводную стабилизирующую катушку, расположенную на сердечнике, при этом электромагнитное средство стабилизации края расплавленного металла выполнено с возможностью генерации в основном вертикального магнитного поля посредством тока, проходящего через катушку, для стабилизации расплавленного металла у свободного края.

Кроме того, устройство снабжено электромагнитным средством для концентрации магнитного поля за счет генерации третьего, в основном вертикального магнитного поля, которое состоит из ферромагнитного концентрирующего сердечника с расположенной на нем электропроводной концентрирующей катушкой, причем часть концентрирующей катушки вертикально центрирована с частью стабилизирующей катушки, при этом кромки верхних полюсов стабилизирующего и концентрирующего сердечников расположены в одной горизонтальной плоскости, кромки нижних полюсов стабилизирующего и концентрирующего сердечников расположены в другой горизонтальной плоскости, удаленной по вертикали на некоторое расстояние от кромок верхних полюсов, при этом кромки полюсов центрированы со свободным краем расплавленного металла, а кромки полюсов концентрирующего сердечника расположены выше и ниже края расплавленного металла и строго центрированы, кромки полюсов стабилизирующего сердечника расположены выше и ниже края расплавленного металла на некотором расстоянии по горизонтали его фронта, в направлении от свободного края расплавленного металла.

Для решения указанной задачи устройство снабжено регулирующим средством, соединенным с катушкой, расположенным внутри горизонтально расположенных элементов для регулирования тока, поступающего в стабилизирующую катушку в зависимости от изменения расстояния зазора между свободным краем и стабилизирующей катушкой.

Устройство, кроме того, снабжено коллектором, соединенным с источником переменного тока, а регулирующее средство содержит несколько конденсаторов, соединенных последовательно в электрический контур с катушкой и расположенных внутри горизонтально расположенных элементов, при этом коллектор установлен на горизонтально расположенных элементах, катушка и подключенные к ней конденсаторы составляют колебательный RLC-контур, который совместно с электромагнитным средством стабилизации выполнен с возможностью стабилизации расстояния между стабилизирующей катушкой и краем расплавленного металла.

Стабилизирующая катушка содержит внешнюю секцию, расположенную вблизи расплава и соединенную с источником переменного тока, и внутреннюю, примыкающую секцию, которая электрически изолирована от внешней секции, при этом внутренняя секция катушки соединена с независимым источником постоянного или переменного тока для дополнительной концентрации вертикального магнитного поля у края расплавленного металла.

Устройство снабжено первым источником переменного тока, соединенным с внешней секцией катушки, и вторым источником переменного тока, соединенным с внутренней секцией катушки, при этом первый и второй источники переменного тока, выполнены разночастотными.

Первый источник переменного тока выполнен с частотой колебаний в диапазоне приблизительно 150 – приблизительно 5000 Гц, а второй источник переменного тока выполнен с частотой колебаний в диапазоне 1 – приблизительно 150 Гц.

Указанные задачи решаются также благодаря способу предотвращения выделения расплава металла через вертикальный зазор между двумя горизонтально расположенными элементами, включающему генерирование магнитного поля, в котором согласно изобретению устанавливают два раздвинутых по вертикали согласованных магнитных полюса вблизи открытой стороны зазора, генерируют в окрестности открытой стороны зазора первое вертикальное магнитное поле, распространяющееся через открытую сторону зазора по направлению к свободному краю расплавленного металла от двух раздвинутых магнитных полюсов, генерируют первое вертикальное магнитное поле в достаточной близости к открытой стороне зазора с интенсивностью, достаточной для создания магнитного удержи-

вающего давления расплавленного металла в зазоре, генерируют второе вертикальное магнитное поле у края расплавленного металла с магнитным эффектом от двух вертикальных магнитных полей, у края расплавленного металла достаточным для предотвращения выделения расплавленного металла через открытую сторону зазора.

Согласно заявленному способу, устанавливают первую электропроводную катушку на первый магнитный сердечник, примыкающий к открытой стороне зазора, для генерации первого вертикального магнитного поля, причем магнитные полюса устанавливают достаточно близко к расплавленному металлу для удержания расплавленного металла, подают электрический ток на первую катушку для генерации первого вертикального магнитного поля.

В качестве электрического тока используют постоянный ток или переменный ток.

Второе вертикальное магнитное поле генерируют за счет пропуска электрического тока через вторую катушку, установленную на втором сердечнике, причем на одну из катушек подают постоянный ток, а на другую катушку подают переменный ток.

На одну из катушек подают выпрямленный переменный ток.

Согласно изобретению, второе вертикальное магнитное поле генерируют электрическим током, протекающим через вторую электропроводную катушку, установленную на втором магнитном сердечнике, при этом вторую катушку устанавливают вблизи края расплавленного металла, за счет чего второе вертикальное магнитное поле стабилизирует край расплавленного металла.

Указанные задачи решаются также благодаря тому, что вторую электропроводную катушку устанавливают между расплавленным металлом и удлиненными приводами горизонтально расположенных элементов.

Второе вертикальное магнитное поле генерируют электромагнитными средствами, установленными внутри полый части горизонтально расположенных элементов, за счет чего второе вертикальное магнитное поле проникает в поверхность полых концевых частей, контактируя с краем расплавленного металла.

Указанные задачи решаются также и тем, что через первую и вторую катушки пропускают постоянный электрический ток.

Кроме того, изготавливают внешние поверхности горизонтально расположенных элементов из материала с электрической проводимостью больше, чем электрическая проводимость расплавленного металла, для протекания индуцированного тока в продольном и горизонтальном направлениях через внешние поверхности горизонтально расположенных элементов и далее поперек через край расплавленного металла к удаленной части внешней поверхности другого элемента.

Часть внешней поверхности каждого горизонтально расположенного элемента электрически изолируют от проводящей катушки.

Согласно изобретению, электропроводную катушку выполняют из нескольких обмоток, подсоединяют обмотки к источнику тока для прохождения тока через обмотки внутри горизонтально расположенных элементов, регулируют ток, поступающий к обращенной в сторону расплава катушке, в зависимости от изменения индукции магнитного поля у края расплавленного металла.

Кроме того, соединяют контуры в конденсаторы последовательно с обмотками одной из катушек для создания колебательного RLC-контура, чувствительного по току к изменению индукции.

Изменяют частоты переменного тока, подаваемого к обмоткам катушек.

Первую проводящую катушку устанавливают у края расплавленного металла и между парой удлиненных приводов, каждый из которых является частью одного из горизонтально расположенных элементов, соединяют удлиненные приводы электрическим проводником для образования контура электрического тока, проходящего через электрический проводник поперек края расплавленного металла, посредством направления электрического тока в катушку второго средства для генерирования магнитного поля для индуцирования тока через край расплавленного металла и через электрический проводник для образования второго вертикального магнитного поля.

Указанные задачи решаются также благодаря тому, что в способе для предотвращения выделения расплава металла через вертикальный зазор между двумя горизонтально расположенными элементами, включающем установку двух магнитных сердечников с расположенными на них электропроводными катушками около вертикальных зазоров, согласно изобретению, устанавливают два вертикально

расположенных и удаленных друг от друга магнитных полюса первого магнитного сердечника вблизи первого вертикального зазора для генерирования первого, в основном вертикального магнитного поля, для его распространения через открытую сторону первого зазора по направлению к расплавленному металлу, при этом магнитные полюса первого сердечника устанавливают в достаточно близкой окрестности к открытой стороне первого зазора для генерирования магнитного поля, достаточного для создания удерживающего давления у края расплавленного металла в зазоре, второй магнитный сердечник с расположенной на нем катушкой устанавливают около того же вертикального зазора для генерирования второго вертикального магнитного поля для формирования и концентрации первого вертикального магнитного поля у края расплавленного металла, формируют горизонтальный ток через край расплавленного металла в зазоре и через два горизонтально расположенных элемента для генерирования третьего, в основном вертикального магнитного поля, для создания дополнительного удерживающего давления у края расплавленного металла в первом зазоре и ограничения и формирования первого вертикального магнитного поля, в основном у края расплавленного металла в первом зазоре.

На фиг.1 представлен частично нарушенный перспективный обзор, где показан П.Т.-вариант конструкции устройства электромагнитного удержания расплавленного металла в соответствии с данным изобретением, применительно паре валов при непрерывном литье полосы; на фиг.2 – устройство, изображенное на фиг.1, вид сверху (видны линии поперечного сечения А-А); на фиг.3 – устройство, изображенное на фиг.1, вид сверху (видны линии поперечного сечения В-В); на фиг.4 – вид сзади устройства и валов, изображенных на фиг.1; на фиг.5 – сечение А-А на фиг.2; на фиг.6 – вид сверху, частично невидимый, части устройства вдоль линии С-С на фиг.4; на фиг.7 – части устройства, показанного на фиг.6, изображены контуры первичного (I_1) и вторичного (I_2) токов стабилизирующих катушек 12; на фиг.8 – перспективный обзор первичной катушки 11, стабилизирующих катушек 12 и центральной части сердечника устройства, изображенного на фиг.1; на фиг.9 – вертикальный обзор поперечного сечения части устройства, использованного в ПМ.Т.-варианте создания верти-

кального магнитного поля данного изобретения, взят вдоль линии В-В на фиг.3; на фиг.10 – вертикальный обзор поперечного сечения, частично невидимый, ПМ.Т. магнитной системы с обмотками катушек, сгруппированными на валу, взят вдоль линии D-D на фиг.4; на фиг.11 – увеличенный, частично невидимый, вид части вала, применяемого в ПМ.Т.-варианте конструкции данного изобретения; на фиг.12 – фрагментарный горизонтальный разрез, частично по вертикали и частично невидимый, где показано схематическое представление различных магнитных и электрических контуров тока; на фиг.13 – концевой обзор поперечного сечения в соответствии с ПМ.Т.-вариантом конструкции данного изобретения и разрез диаграммы проводки катушек внутри валов; на фиг.14 – схематично колебательный контур (RLC); на фиг.15 – график, где показана работа катушек стабилизации.

На чертежах (фиг.1-8) показан П.Т.-вариант конструкции устройства магнитного удержания и способ, реализованный при работе заявляемого устройства, связанные с парой валов при непрерывном литье полосы. Следует понимать, что в процессе удержания расплавленного металла на одном конце пары валов, имеет место удержание расплавленного металла между парой противоположно вращающихся валов на обоих концах первой пары валов.

На фиг.1 показана пара валов 1 и 2, которые параллельны и примыкают друг к другу и включают приводы валов 3 и 4, имеющие оси 5 и 6, которые лежат в горизонтальной плоскости.

Расплавленный металл 7, в объеме высотой "h" (фиг.13) содержится между валами выше точки, где валы максимально сближаются (точка захвата). Валы 1, 2 отделены зазором друг от друга, имеющем размер "d" в точке захвата (фиг.5). Противоположное вращение валов 1 и 2 в направлениях, показанных стрелками 8 и 9 (фиг.4) и сила тяжести заставляют расплавленный металл 7 опускаться вниз. Металл затвердевает на каждой поверхности валов, образуя два тонких листа в то время, когда он выходит из зазора в точке захвата между валами. Эти два твердеющих листа будут соединены вблизи самой узкой части зазора точки захвата, имея толщину "d", промежуток между валами. Жидкое ядро, содержащееся между сходящимися твердеющими листами, от верхнего уровня расплавленного металла до точки χ захвата, где валы имеют наи-

большее сближение друг к другу, создает лобовое давление, которое прямо пропорционально глубине объема расплавленного металла "h".

Валы 1, 2 сделаны из материала, имеющего соответствующую теплопроводность, например, из меди или сплава на основе меди, нержавеющей стали и подобных материалов; они охлаждаются изнутри водой, как будет описано детально далее.

Теперь обратимся конкретно к фиг. 1-6, где изображен основной П.Т.-электромагнит 10, который включает в себя ферромагнитный сердечник, например, из железа, и множество независимо действующих катушек. Эти катушки связаны с электромагнитом 10, состоящим из первичных П.Т.-катушек 11 и стабилизирующих катушек 12. Ток от отдельного источника питания создает токи через катушки 11 и 12, создавая вертикальное магнитное поле поперек боковой стороны расплавленного металла, которое достаточно для удержания и стабилизации боковой стороны. В выбранном варианте П.Т.-конструкции, включающем третью позицию катушек 13 (фиг. 1 и 5), второй электромагнит расположен внутри концов валов, обеспечивая концентрацию и конфигурацию поля основного П.Т.-электромагнита 10. Три различных вертикальных магнитных поля сконцентрированы и стабилизированы на свободной грани расплавленного металла (боковая сторона) между валами 1 и 2, что будет более детально рассмотрено далее. Катушки 13 используются только в П.Т.-варианте конструкции данного изобретения.

Сердечник основного П.Т.-электромагнита, частично невидимый, показан на фиг. 1 для представления катушек 11 и 12. Как лучше видно на фиг. 1, 5, 8 катушка 11 расположена выше и между верхней частью валов 1 и 2. Катушка 12 (фиг. 1, 4, 6, 7, 8) - вблизи боковой грани удержания расплавленного металла в контакте с валом. Катушка 13 (фиг. 1-6) расположена внутри полых концевых долей валов 1 и 2 и тесно примыкает к внутренней поверхности медных патрубков - окружающих валы и содержащих ободы валов 14 и 15. Как показано на фиг. 1, катушка 13 находится большей частью внутри полый части вала 1 выше края 16, и примыкая к приводу вала 3. Следует иметь в виду, что другая катушка 13, идентичной конфигурации катушки 13, показанной на фиг. 1, расположена внутри полый концевой доли 17 вала 2, соответствуя полый концевой

доли 16 вала 1. Катушка 13 может быть образована из множества отдельных катушек, каждая из которых подключена к независимому источнику питания, следуя контуру сердечника 18, показанному на фиг. 1-6. Как изображено на фиг. 1-6, катушки 13 находятся вблизи центральной вертикальной плоскости 19 (фиг. 5) расплавленного металла, который проходит через точку захвата до катушек 13 у верхней поверхности расплавленного металла. Следовательно, магнитное давление будет больше около точки захвата, где максимальная глубина расплавленного металла требует и максимального давления удержания. Аналогично, по желанию, катушки 13, которые расположены вблизи от точки захвата, могут быть подключены к отдельному источнику питания для усиления вертикального магнитного поля около нижней части объема расплавленного металла по сравнению с давлением на верхней поверхности объема расплавленного металла.

Основной П.Т. электромагнит 10, наилучшим образом показанный на фиг. 1-8, включает в себя катушки 11 и 12, каждая из которых окружает различные доли центрального сердечника магнита. Магнитный сердечник сделан из ферромагнитного материала, например, железа, и сформирован из модулей, основные части которых обозначены числами 20 и 21. Секция магнитного сердечника 20, обычно в виде буквы Е, имеет три ответвления буквы "Е", направленных вниз, при этом внешние ответвления охватывают валы, а центральное - расположено над объемом расплавленного металла 7. Секция сердечника 20 расположена сверху валов 1 и 2, над полыми концевыми частями 16 и 17 валов 1 и 2. Секция сердечника 20 расположена поперек, между и выше осей валов 5 и 6, при этом самые крайние ребра внешних колен Е-образной секции 20 расположены около наивысшей точки окружности валов.

Секция магнитного сердечника 21 обычно выполнена в С-образной форме и соединена поперек с Е-образной секцией сердечника 20 ее центрального колеса, таким образом, что только внешняя часть колена 22 С-образной секции сердечника 21 соединена с центральным коленом Е-образной секции сердечника 20. Катушка 11 проходит через оба зазора между направленными вниз коленами Е-образной секции сердечника 20 и вокруг связующей доли верхнего колена 22 С-образной секции сердечника 21. Катушка 11 прохо-

дит между направленной вниз основной частью 23 секции сердечника 21 и частью соединительного колена 22 секции сердечника 21. Катушка стабилизации 12 центрирована вокруг базовой части 23 секции сердечника 21, примыкая к ней, и внутренней частью обращена к боковой стороне удержания. Катушка стабилизации 12 расположена по вертикали под частью катушки 11, которая проходит вблизи части колена 22 С-образного сердечника. Обычно U-образной формы ярмо 24 помещено для зажима вокруг приводов валов 3 и 4 и связи по магнитному потоку с секцией магнитного сердечника 20 посредством верхней части сердечника 25 и нижней части сердечника 26 и парой нижних полюсов электромагнита 27 и имеется разворот вверх кромки полюсов 28, и проходит под расплавленным металлом 7 у боковой стороны удержания. Приводы 3 и 4 расположены около основания и внутри U-образного ярма 24, как наилучшим образом видно на фиг.4.

Е-образная секция сердечника 20, лучше всего видная на фиг.8, целиком соединена с ярмом 24 на верхнем и нижнем плечах 29 и 30. Обычно L-образной формы ферромагнитная структура 31 (фиг.8) включает в себя вертикальную опорную штангу 32, расположенную перпендикулярно вверх от горизонтальной части нижнего колена 26, соединена по магнитному потоку с верхней частью основного электромагнита 10 посредством ярма 24. Часть 26 нижнего колена L-образной структуры 31 включает в себя пару раздвинутых нижних полюсов электромагнита 27, распространяющихся вертикально вверх от конца 33 части колеса 26. Нижние полюса 27 включают в себя направленную вверх облицовку, кромки 28 нижних полюсов электромагнита, установленных на части колена 26, вытянутых вверх и примыкая к зазору между валами.

Е-образная секция сердечника 20 состоит из самой нижней стенки сердечника 34, образованной нижней стенкой центрального колена Е-образной секции сердечника 20, которая служит в виде кромки верхнего полюса электромагнита. Кромка полюса 34 выравнена вертикально вверх и удалена от кромок 28 нижнего электромагнитного полюса (фиг.1 и 8), при этом грань плавления расположена между ними. С-образная секция сердечника 21 включает в себя кромку 35 верхнего электромагнитного полюса, образованную нижней стенкой части колена 22. Кромки верхнего электромагнитного полюса 34 и 35

расположены в одной горизонтальной плоскости, и удалены по вертикали от кромок 28 нижнего полюса. Кромка 34 верхнего полюса находится выше боковой стороны расплавленного металла, при этом боковая сторона расположена вертикально между кромками полюсов 34 и 28. Кромка 35 верхнего полюса расположена выше боковой стороны расплавленного металла, и удалена по горизонтали от фронта боковой стороны, так что вертикальное поле, созданное между кромками полюсов 35 и 28, стабилизирует боковую сторону расплавленного металла. Предпочтительно, чтобы кромки 34 и 35 верхнего полюса были расположены выше верхнего уровня расплавленного металла и часть кромки 28 нижнего полюса располагалась точно внизу точки захвата, так чтобы вертикальное магнитное поле между кромками, выравненных в линию, полюсов 34, 35 и 28 находилось у фронта боковой стороны расплавленного металла для ее удержания.

Вторичные П.Т. катушки 13 установлены внутри полых концевых частей 16 и 17 валов 1 и 2 для охвата части штифтов сердечника С-образной формы, обозначенной позицией 18 (фиг.1, 6, 8). Часть штифтов сердечника включает в себя цельную вертикальную часть сердечника 36 в вертикальном направлении с самой низкой концевой стенкой 37 одного из внешних штифтов 38 Е-образной части сердечника 20, расположенной выше вала 1. Аналогичная часть штифтов С-образного сердечника имеет аналогичную цельную часть сердечника 36, окруженную идентичными катушками 13, также находящиеся внутри полых концевых частей 17 вала 2. На противоположном конце части штифтов сердечника 18 включают цельные части нижней доли сердечника 39 (фиг.5) в линии с магнитными полюсами 27, завершая магнитный контур, который включает части сердечника 31, 32, 20 и 21.

Устройство, описанное выше и показанное на фиг.1-8, действует в соответствии с вариантом конструкции на основе постоянного тока (П.Т.) данного изобретения для создания концентрации плотности магнитного потока около боковой стороны удержания, внутри областей ребер валов и зазора между валами 1 и 2 и для стабилизации боковой стороны расплавленного металла. В соответствии с этим П.Т.-вариантом конструкции устройства и способа данного изобретения, первичная П.Т.-катушка питается постоянным током, поступающим от источника постоян-

ного тока (не показан) для создания вертикального магнитного поля, распространяющегося между верхними кромками полюса электромагнита 34 и 35 и кромками нижнего полюса электромагнита 28, при-
5 мыкая и охватывая боковую сторону расплавленного металла.

В соответствии с важной особенностью этого П.Т.-варианта конструкции устройства и способа данного изобретения это первичное П.Т. вертикальное магнитное поле концентрируется и формируется в области ребер валов и боковой стороны посредством вторичного магнитного поля, которое создается током, текущим через вторичные катушки 13, подключенные к
10 отдельному источнику питания. Объем расплавленного металла, удерживаемый двумя магнитными полями, стабилизируется вертикальными магнитными полями, создаваемых в результате того, что контролируемое поле тока обеспечивается за счет эффекта окрестности питания, по крайней мере, внешней (расплавленный металл - окрестность) секции 40 катушек
20 стабилизации 12 источником переменного тока, что будет объяснено детально далее. Внутренняя секция катушки стабилизации 12 одновременно может питаться постоянным или током низкой частоты для дальнейшего усиления эффектов первичного поля около боковой стороны.

Следует иметь в виду, что катушка 12 разделена на две примыкающие друг к другу секции 40 и 41, как показано на
фиг.1, но не показано как таковое на всех рисунках для простоты и ясности показа контуров полей тока и магнитного поля с других точек обзора.

В соответствии с этим П.Т. вариантом конструкции данного изобретения, переменный ток (I_1) поступает, по крайней мере, во внешнюю (вблизи точки плавления) секцию 40 катушек 12, как показано на
фиг.7. Переменный ток I_1 проходит через внешнюю секцию 40 катушек 12, индуцирует ток через привод 3 и через проводник 42 и полупроводниковый выпрямитель 43, связанный по току с другим приводом 4. Как хорошо видно на фиг.7, из привода 4 индуцированный ток I_2 течет через корпус вала, патрубок вала и далее через боковую сторону расплавленного металла, возвращаясь на привод 3 для образования замкнутого электрического контура с валами 1 и 2 и расплавленным металлом 7. Замкнутый контур фиг.(1-7) завершается скользящими контактами 44, соприкасающимися с внешними поверхностями приводов 3 и 4. Постоянный ток мо-
50

жет поступать во внутреннюю секцию 41 катушек 12 для создания дополнительной плотности вертикального поля, распространяющегося между кромками противоположных полюсов 34, 35 и 28 тем же самым образом, что и вертикальное поле, произведенное подачей энергии в первичные П.Т. катушки 11. В качестве альтернативы переменный ток низкой частоты, например, 1-60 Гц, может быть использован в катушке 12 для достижения аналогичного эффекта.

Если зазор "а" между боковой стороной расплавленного металла и прилегающей катушкой 12 уменьшается, то индуктивность катушки 12 изменяется и ток через катушку 12 увеличивается, что в свою очередь приводит к увеличению размера зазора "а", как показано на фиг.14. В результате, если расплавленный металл приближается к секции прилегающей катушки 40, например, ввиду неустойчивости расплавленного металла, то наступает резонанс вследствие изменения взаимной индукции. Это изменение индуктивности приводит к увеличению тока внутри катушки 12, таким образом, обеспечивая автоматическое увеличение плотности потока у боковой стороны расплавленного металла и, следовательно, приводя к увеличению зазора "а", уменьшая способность расплавленного металла к движению.

В соответствии с этим П.Т. способом удержания расплавленного металла, магнитное давление Р, которое действует на боковую свободную поверхность расплавленного металла, создается взаимодействием (а) вертикально направленным П.Т.-магнитным полем В (у), созданным возбужденными первичными П.Т.-катушками 11 и вторичными П.Т. или ПМ.Т.-катушками 13, где поле (я) генерированы током I_2 , горизонтально направленным внутри
40 ребра расплавленного металла, и которое получается в результате того, что переменный ток поступает в прилегающую расплавленную область 40 и/или внутреннюю секцию 41 катушек 12 в соответствии со следующим уравнением:
50

$$P_m = \phi \int_0^{Z_0} j_x \cdot B(y) \cdot dz \quad (3)$$

где Z_0 представляет собой расстояние в осевом направлении валов, на котором происходит взаимодействие магнитного поля В(у) и тока I_2 . Типичные значения плотностей тока и магнитной индукции в П.Т.-
55

варианте лежат в диапазонах от 1,5 до 3,0 А/мм² и не менее 0,7 Т – соответственно.

Электромагнитная сила, \vec{F} , также распределена в осевом направлении валов от грани плавления до определенного расстояния Z_0 , где на расплав действуют как ток, так и магнитная индукция. Эффект влияния тока и магнитной индукции должен удовлетворять условию:

$$(\vec{j} \times \vec{B})_z = \frac{\rho \vec{g} h}{Z_0} \quad (4)$$

Например, магнитная индукция или плотность потока B должна примерно равняться 0,3 Тесла (Т), если она связана с плотностью тока величиной 2 А/мм² в объеме жидкой стали глубиной 400 мм и рабочей зоной вдоль оси вала Z_0 – около 500 мм. Для практической реализации, однако, ввиду потерь магнитного поля и других факторов, плотность потока магнитной индукции B должна быть, по крайней мере, равна 0,7 Т. Создание плотности магнитного потока на таком уровне внутри пространства относительно большого зазора валов несомненно представляет собой проблему.

Изменением частоты переменного тока, поступающего во внешнюю вблизи расплава секцию катушки 40 в пределах диапазона от 150 Гц до 5000 Гц, например, от 600 Гц до 800 Гц, в П.Т.-варианте конструкции данного изобретения, пространственный диапазон взаимодействия между вертикальным полем $B(y)$ и обусловленным индуцированным током внутри расплава, положение и стабильность поверхности объема расплавленного металла относительно внешней поверхности катушек 12 можно контролировать. Следовательно электромагнитное давление P_m также можно контролировать в соответствии с уравнением:

$$P_m = \int_0^Z U_2 B(y) dz \quad (5)$$

Эта возможность контроля распределения индуцированного тока I_2 и, следовательно, магнитной силы, действующей на боковую сторону расплавленного металла очень важна и представляет собой уникальное преимущество устройства и способа данного изобретения.

Для достижения необходимого удержания расплавленного металла прикладываемое внешнее электромагнитное поле должно быть достаточным, чтобы удержать

расплавленный металл выше и между валами 1, 2. Однако применение вышеупомянутых магнитных полей также может вызвать перемешивание внутри расплавленного металла. Следовательно, магнитный поток, необходимый для удержания боковой стороны расплавленного металла, представляет собой только часть общего магнитного потока, требуемого системой. Количество магнитного потока, необходимого для удержания и перемешивания, пропорционально коэффициенту ϕ в уравнении (3).

Коэффициент ϕ всегда меньше 1, и, например, значение $\phi = 0,76$ представляет собой теоретический расчет магнитного давления P_m , адекватного для магнитной стабилизации типичного объема жидкой стали глубиной 0,4 м, $Z_0 = 0,05$ м, плотность индуцированного тока созданного около 2,0 А/мм², а плотность магнитного потока – 0,7 Т.

Вертикальные магнитные поля генерируются различными источниками питания, и индуцированные токи и их контуры в различных формах П.Т.-варианта конструкции данного изобретения показаны в табл. 1 и 2.

В П.Т.-варианте конструкции один из электромагнитов, состоящий из катушки, например, (40, 12 или 13) и соответствующего сердечника, следует подключить к переменному току для стабилизации расплавленного металла у свободного края боковой стороны объема расплавленного металла. В ПМ.Т. варианте конструкции, описанном более детально далее, единственная катушка (например, 11, 13, 40, 12 или 45), питаемая переменным током, может удерживать и стабилизировать боковую сторону свободной поверхности расплавленного металла.

В случае ПМ.Т. варианта конструкции данного изобретения, при использовании переменного магнитного поля, магнитное давление P_m выражается в виде:

$$P_m = \frac{B^2(y)}{2\mu_0} \quad (6)$$

где μ_0 – абсолютная магнитная проницаемость.

Характерные уровни плотности магнитного потока $B(y)$ не должны быть меньше 0,7 Т, а коэффициент ϕ в уравнении (3) должен быть не менее 0,76.

В соответствии с выбранной характеристикой ПМ.Т. варианта конструкции настоящего изобретения, множество значений частот переменного тока, используемых для генерации переменного магнит-

ного поля $B(y)$ может быть использовано для оптимизации магнитного поля непосредственно на фронте боковой стороны расплавленного металла. Эти токи генерируют два типа электромагнитных сил внутри объема расплавленного металла. Первая (концентрирования и формирования) сила уравнивает гидростатическое давление, которое действует по оси наружу на расплавленный металл в зависимости от его глубины.

Эта сила создается, в основном, за счет эффектов тока, идущего через катушки 11 и 13. Вторая (стабилизации) сила подавляет неустойчивости (например, турбулентность) в пределах свободной поверхности боковой грани расплавленного металла. Эта сила создается, в основном, за счет эффектов тока, проходящего через части катушек 40 и 41 катушки 12.

В соответствии с выбранной характеристикой ПМ.Т.-варианта конструкции представленного изобретения два различных диапазона частот переменного тока могут быть получены через различные ПМ.Т.-катушки или через различные секции одной и той же ПМ.Т.-катушки для оптимизации обоих типов электромагнитных сил. Диапазон частот, например, от 1 до 150 Гц, используется для ПМ.Т.-катушки 11 для создания первичного ПМ.Т.-вертикального магнитного поля у боковой стороны расплавленного металла, как показано в ПМ.Т.-вариантах конструкции представленного изобретения (фиг.9-14). Тот же самый диапазон частот переменного тока используется для ПМ.Т.-обмоток катушек 45, находящихся внутри части ферромагнитного ствола 46 валов (фиг.9-13), что дает возможность для концентрирования и формирования ПМ.Т. вертикального магнитного поля. Часть ферромагнитного ствола 46 валов изолирована электрически от медных патрубков изоляционным материалом 47 (фиг.11). Обмотки катушки 45 внутри валов 1, 2 создают горизонтальный ток через патрубки валов из меди 48 и свободный край боковой стороны расплавленного металла. Горизонтальный аксиальный ток проходит через медные патрубки валов, имеющие относительно более значительную электропроводность по сравнению с контактирующим расплавленным металлом, так что ток течет через расплавленный металл только в поперечном направлении к боковой стороне удержания.

Более высокочастотное вторичное ПМ.Т. вертикальное магнитное поле, создаваемое секцией 40 катушек 12, приле-

гающей с расплаву, и низкочастотное, например, 1-60 Гц, для секции катушки 41, стабилизируют боковую сторону расплавленного металла аналогичным образом, как описано в связи с функционированием катушки 12 в П.Т.-варианте конструкции способа и устройства представленного изобретения.

В соответствии с ПМ.Т.-вариантом конструкции представленного изобретения, внешние поверхности валов 1 и 2 включают в себя электропроводные, например медные, патрубки 48 (фиг.11) с множеством продольных пазов 49 на своих внутренних поверхностях, или другие средства для охлаждения, которые обеспечивают проток воды для охлаждения. Медные патрубки 48 и ферромагнитная (то есть железная) часть тела вала 46 электрически изолирована одна от другой соответствующим непроводящим материалом, например, теплоотойким полимером 47. Обмотки 45 функционируют аналогичным образом обмоткам генератора или мотора посредством выводов на электрические коллекторы 50 и 51, установленных на приводах 3 и 4, соответственно (фиг.10 и 12). Коллекторы 50 и 51, показанные на фиг.10 и 12, вращаются с приводами 3 и 4.

ПМ.Т.-катушки 11 установлены на частях сердечника 20 и 21, примыкая и сверху ребер валов, создавая вертикальное магнитное поле у боковой стороны расплавленного металла, посредством вертикального магнитного поля, распространяющегося между кромками полюсов 34, 35 и 28. ПМ.Т.-катушка 11 и ПМ.Т.-обмотки катушек 45 ПМ.Т. электромагнитного контура, возбужденного низкочастотным (например, от 1 Гц до 150 Гц) переменным током, поступающим от одного или более ПМ.Т.-источников тока. В выбранном варианте конструкции ПМ.Т.-способа секция катушки 40 вблизи расплава питается высокочастотным (например, от 150 Гц до 5000 Гц) переменным током, а внутренняя секция катушки 12 питается П.Т. или низкочастотным (например, от 1 Гц до 150 Гц) переменным током.

ПМ.Т.-система удержания действует следующим образом.

Вертикальное ПМ.Т.-магнитное поле $B(y)$ создается ПМ.Т.-катушками 11 и/или посредством обмоток ПМ.Т.-катушек 45 концентрации и конфигурации, расположенных вокруг внутренней периферии части ферромагнитного ствола 46 валов 1, 2 (фиг.10-12). Электрический контур, который содержит обмотки катушек 45, так-

же действует как концентратор и формообразователь магнитного поля, концентрируя и формируя вертикальное магнитное поле от катушек 11, по аналогии с функцией концентрации и конфигурации катушек 13 в П.Т.-варианте конструкции представленного изобретения. Каждое в отдельности, или группами, множество обмоток 45 связано со своими собственными отдельными контактами 52 (фиг.13) вращающихся коллекторов 50 и 51, показанных на фиг.10 и 12. Коллекторы, в свою очередь, соединены с ПМ.Т.-источником питания (фиг.13). Каждый контур обмоток катушек 45 внутри валов соединен с конденсатором С (53) последовательно. Эти конденсаторы 53 образуют замкнутый электрический контур с катушками 45, вращающимися электрическими контактами 55 (аналогичными электрическим контактам 44 на фиг.1 при П.Т.-варианте конструкции). Таким образом, контур каждой катушки создает резонансный RLC контур напряжения, который действует для автоматической регулировки тока, поступающего на катушки 45. Следует иметь в виду, что обмотки катушек 45 могут быть соединены с конденсатором С и параллельно для создания резонанса тока в колебательном RLC контуре.

Катушка 12 для обеспечения вышеописанной функции должна быть расположена по возможности ближе к краю объема расплавленного металла. В выбранном варианте конструкции, следовательно, катушку 12 нужно защитить от радиальных потоков тепла от расплавленного металла. Охлаждение водой и теплоизоляция могут быть объединены при проектировании катушки для решения этой проблемы. Ввиду радиального теплообмена от расплавленного металла к катушке стабилизации 12, катушка должна быть в состоянии адсорбировать практически все джоулево тепло, которое испускается на боковой стороне объема расплавленного металла 7, за счет действия вихревых токов. В соответствии с выбранным вариантом конструкции представленного изобретения количество тепла, которое способна поглотить ПМ.Т. катушка стабилизации, увеличивается при окраске

в черный цвет внешней поверхности секции катушки 12 а в контакте с расплавом. Эта дополнительная возможность для внешнего поглощения тепла от объема расплавленного металла создает другое важное отличие выбранного варианта конструкции представленного изобретения.

В соответствии с другим важным и отличным от этого преимуществом способа и устройства представленного изобретения контроль плотности индукционного тока внутри объема расплавленного металла достигается, например, как показано на фиг.12 изменением частоты тока j_1 , поступающего в обмотки катушек 45 ПМ.Т. контура. ПМ.Т.-вертикальное магнитное поле, созданное ПМ.Т.-обмотками катушек 45, индуцирует токи внутри медных патрубков 48 (фиг.12) и поперек боковой стороны расплавленного металла 7. Из-за того, что медь имеет более высокую проводимость, чем расплавленный металл, токи текут, в основном, через медь — медь, и ток, в действительности, не течет поперек расплавленного металла, за исключением окрестности боковых сторон. В результате этого, ток j_2 , хотя и индуцируется по всей длине медных патрубков 48 и всего объема расплавленного металла 7, но замыкает петлю электрического контура, главным образом, у боковой стороны расплавленного металла, выходя из медного патрубка и пересекая в поперечном направлении боковую сторону по пути к другому медному патрубку, прилегающая к боковой стороне удержания. В результате этого эффекта обеспечивается концентрация магнитных сил внутри зоны боковой стороны и, следовательно, магнитное давление, созданное этими силами, направлено внутрь, у боковой стороны, по направлению к объему расплавленного металла.

Вертикальные магнитные поля, генерированные различными источниками питания, и индуцированные токи и их контуры при различных формах ПМ.Т.-варианта конструкции представленного изобретения показаны в табл. 3 и 4.

Различные электромагнитные системы для обоих П.Т. и ПМ.Т.-вариантах конструкции сгруппированы в табл. 5.

Магнитные поля и контуры магнитных полей – П.Т.-вариант конструкции

Т а б л и ц а 1

Катуш- ка	Ток через катушку	Сердечник один, набор	Функция	Магнит. поля	Контуры магнитных полей
11	I_1 :П.Т.	20, 21	Первичное вертикальное магнитное поле	B_1	Поперек С-образного сердечника 21, поперек кромок полюсов 35 и 28
12	I_2 : П.Т. или ПМ.Т. напр. 1–150 Гц	21, 32	Стабилизация объема расплава	B_2 B_2 ярмо	Через С-образный сердечник 21 и поперек кромок полюсов 35 и 28 Через и поперек промежутка частей ярма 29 и 30
40	I_3 :ПМ.Т. напр., 150–5000 Гц	21, 32	Формирование и/или концентрация первичного вертикального магнитного поля и стабилизация объема расплава	B_3 B_3 ярмо	Через С-образный сердечник 21 и поперек кромок полюсов 35 и 28 Через и поперек промежутка между частями ярма 29 и 30
13	I_4 :П.Т., или напр. ПМ.Т. 1–150 Гц	20, 18	Формирование и/или концентрация первичного вертикального магнит- ного поля	B_4	Сердечник 20 через кромки верхнего полюса 34 к кромкам нижнего полюса 28, через нижние полюсы 27, через сердечник 18, через патрубок вала и обратно к сердечнику 20

51

26724

52

Т а б л и ц а 2

Контуры тока и индуцированного тока - П.Т.-вариант конструкции

Катушка	Магнитное поле генерируется	Индукцированный ток на основе магн. поля	Контур индуцированного тока
Если ПМ. Т. 41	$B_2; B_3$ ярмо	J_2, J_2 ярмо	Положительная часть ПМ.Т. периода: Через привод 6, выпрямитель 43 и проводник 42, привод 5, поперек боковой стороны расплавленного металла и обратно к приводу 6 Отрицательная часть ПМ.Т. периода: Вдоль оси поперек первого патрубка вала, через боковую сторону расплавленного металла, вдоль оси поперек противоположного патрубка вала, на некотором расстоянии от боковой стороны и поперек объема расплавленного металла к первому патрубку вала
Если ПМ. Т.	$B_2; B_3$ ярмо	J_2, J_2 ярмо	Положительная часть ПМ.Т. периода: Через привод 6, выпрямитель 43 и проводник 42, привод 5, поперек боковой стороны расплавленного металла и обратно к приводу 6 Отрицательная часть ПМ.Т. периода: Вдоль оси первого патрубка вала, через боковую сторону расплавленного металла, вдоль оси поперек противоположного патрубка вала на расстоянии от боковой стороны и поперек объема расплавленного металла к первому патрубку вала
13	B_4	J_4 ярмо	Положительная часть ПМ.Т. периода: Через привод 6, выпрямитель 43 и проводник 42, привод 5, поперек боковой стороны расплавленного металла и обратно к приводу 6 Отрицательная часть ПМ.Т. периода: Вдоль оси поперек первого патрубка вала, через боковую сторону расплавленного металла, вдоль оси поперек противоположного патрубка вала на некотором расстоянии от боковой стороны, и поперек объема расплавленного металла к патрубку первого вала

53

26724

54

Т а б л и ц а 3

Магнитные поля и контуры магнитных полей – ПМ.Т.- вариант конструкции

Катушка	Ток через катушку	Сердечник и один, набор	Функция	Магнитные поля	Контуры магнитных полей
11	I_1 :ПМ.Т. напр., 1–150 Гц	20, 21	Первичное вертикальное магнитное поле	B_1	Поперек С-образного сердечника 21, пересекает кромки полюсов 35 и 28
12	I_2 :ПМ.Т. напр., 1–150 Гц	21, 32	Стабилизирует объем расплава	B_2	Через С-образный сердечник 21 и поперек кромки полюсов 35 и 28
				B_2 ярмо	Через, и поперек промежутка между частями ярма 29 и 30
40	I_3 :ПМ.Т. напр., 150–5000 Гц	21, 32	Формирует и/или концентрирует вертикальное магнитное поле и стабилизирует объем расплава	B_3	Через С-образный сердечник 21 и пересекает кромки полюсов 35 и 28
				B_3 ярмо	Через и пересекает промежуток между частями ярма 29 и 30
45	I_5 :ПМ.Т. напр., 1–150 Гц	Ферромагнит- ный ствол вала	Формирует и/или концентрирует первичное вертикальное магнитное поле	B_5	Через ферромагнитную часть 46 валов, поперек патрубка 48 вала, вертикально через жидкий объем 7, и обратно в ферромагнитную часть 46 валов позади катушки 45

55

26724

56

Т а б л и ц а 4

Индуктированные токи и контуры токов – ПМ.Т.-вариант конструкции

Катушка W/ПМ.Т.	Генерированное магнитное поле	Индуктированный ток на основе магн. поля	Контур индуктированного тока
11	B_1	J_1	<p>Положительная часть ПМ.Т.- периода: Через привод 6, выпрямитель 43 и проводник 42 привод 5, поперек боковой стороны расплавленного металла и обратно к приводу 6</p> <p>Отрицательная часть ПМ.Т.-периода : Вдоль оси поперек патрубка первого вала, через боковую сторону расплавленного металла, вдоль оси поперек патрубка противоположного вала на некотором расстоянии от боковой стороны и пересекает объем расплавленного металла по направлению к патрубку первого вала</p>
41	B_2, B_2 ярмо	J_2, J_3 ярмо	<p>Положительная часть ПМ.Т.-периода: Через привод 6, выпрямитель 43 и проводник 42, привод 5, поперек боковой стороны расплавленного металла и обратно к приводу 6</p> <p>Отрицательная часть ПМ.Т.-периода: Вдоль оси поперек патрубка первого вала, через боковую сторону расплавленного металла, вдоль оси поперек патрубка противоположного вала на расстоянии от боковой стороны и поперек объема расплавленного металла к патрубку первого вала</p>
40	B_3, B_3 ярмо	J_2, J_3 ярмо	<p>Положительная часть ПМ.Т.-периода: Через привод 6, выпрямитель 43 и проводник 42, привод 5, поперек боковой стороны расплавленного металла и обратно к приводу 6</p> <p>Отрицательная часть ПМ.Т.-периода: Вдоль оси поперек патрубка первого вала, через боковую сторону расплавленного металла, вдоль оси поперек патрубка противоположного вала на расстоянии от боковой стороны и поперек объема расплавленного металла к патрубку первого вала</p>

57

26724

58

Продолжение табл. 4

Катушка W/ПМ.Т.	Генерированное магнитное поле	Индукцированный ток на основе магн. поля	Контур индуцированного тока
45	B_s	J_s	Вдоль оси поперек первого патрубка, через боковую сторону расплавленного металла к противоположному патрубку, вдоль оси поперек противоположного патрубка, обратно к первому патрубку
11 и/или 12 и/или 40 и/или 13	B'_s	J'_s	От источника питания по направлению к выходу катушки 45 внутри вала. Ток (J'_s) в катушках 45 индуцируется магнитными полями B_1 , B_2 , ярма, B_3 , B_3 ярма, и/или B_4 , которое генерирует токи I_1 , I_2 , I_2 ярма и/или I_4 , который индуцирует ток I_s в катушках питания 45
11 и/или 12 и/или 40	B''_s	J''_s	От источника питания по направлению к выходу катушки 45 внутри вала. Ток (J''_s) в катушках 45 индуцируется магнитными полями B_1 , B_2 , B_2 ярма, B_3 и/или B_3 ярма, которое генерирует токи I_1 , I_2 , I_2 ярма и/или I_3 ярма, индуцирующий ток J''_s катушек питания 45

59

26724

60

Т а б л и ц а 5

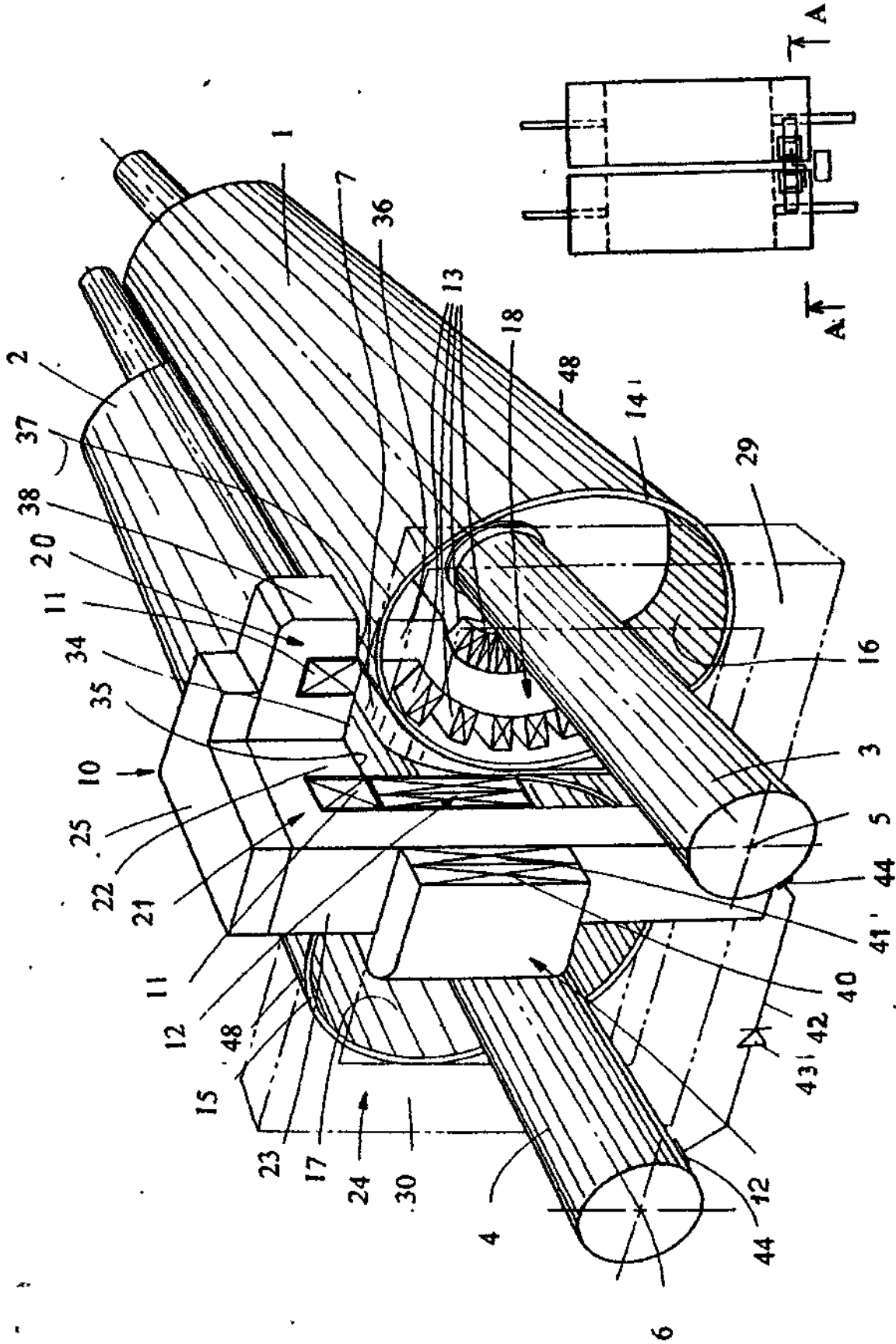
П.Т. и ПМ.Т.-электромагнитные системы

Касистема	Катушка (и)	Сердечник	Напряжение источника	Ток на входе	Результирующее магнит. поле	Индуктированный ток	
1	11	20, 21, 32	PSV_1	I_1	B_1	J_1	П.Т. или ПМ.Т.
2	41	20, 21, 32	PSV_2	I_2	B_2	J_2	П.Т. или ПМ.Т.
2 ярмо	12, если ПМ.Т.	29, 30	PSV_2	I_2	B_2 ярмо	J_2 ярмо	ПМ.Т.
3	40	20, 21, 32	PSV_3	I_3	B_3	J_3	ПМ.Т.
3 ярмо	40, если ПМ.Т.	29, 30	PSV_3	I_3	B_3 ярмо	J_3 ярмо	ПМ.Т.
4	13	18	PSV_4	I_4	B_4	J_4	П.Т. или ПМ.Т.
5	45	Корпус вала	PSV_5	I_5	B_5	J_5	ПМ.Т.
5'	45	Корпус вала 20, 21, 32 18	PSV_1 PSV_2 PSV_3 PSV_4	I_1 I_2 I_3 I_4	B_1 B_2 B_3 и/или B_4 индуцирует: J_5' в результате поле B_5'	J_5'	П.Т. или ПМ.Т.
5''	45	20, 21, 32 18 или другие	PSV_1 PSV_2 PSV_3	I_1 I_2 I_3	B_1 B_2 и/или B_3 индуцирует: J_5'' в результате поле B_5''	J_5''	П.Т. или ПМ.Т.

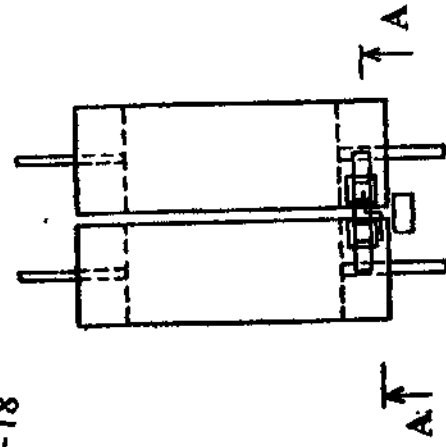
61

26724

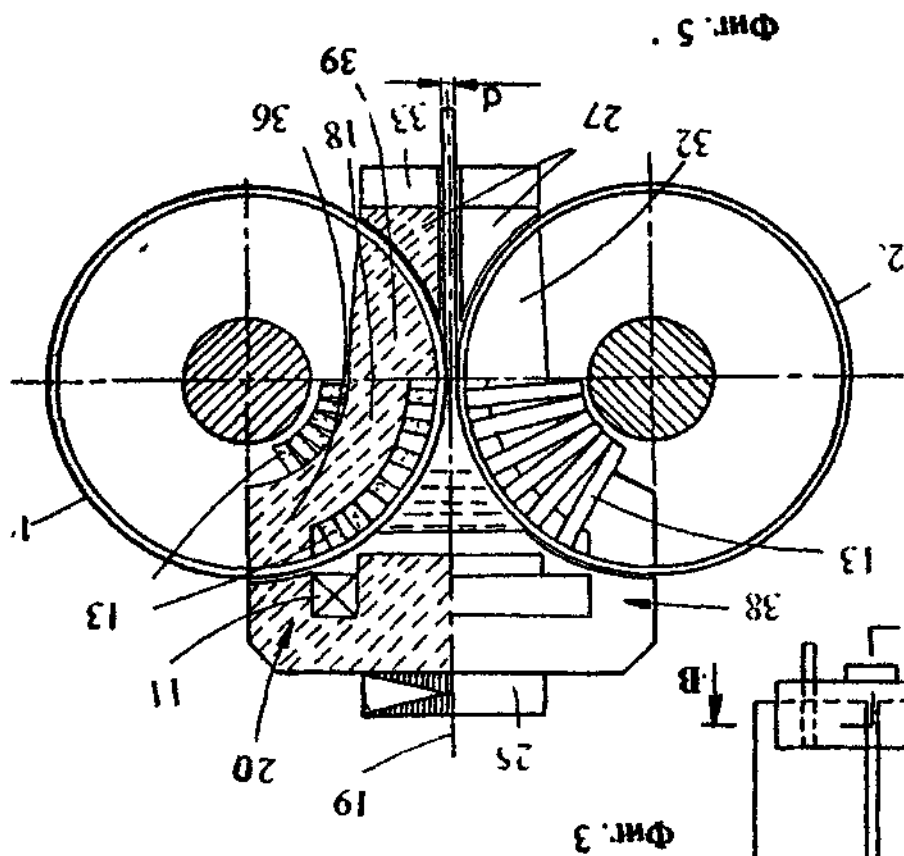
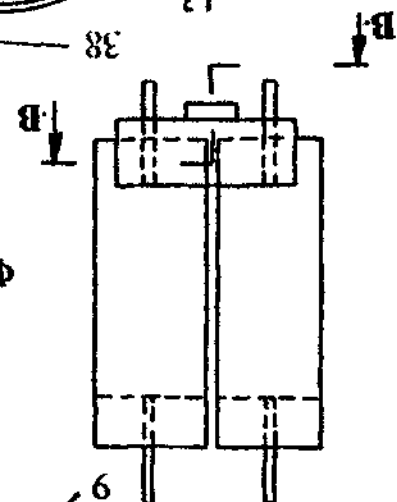
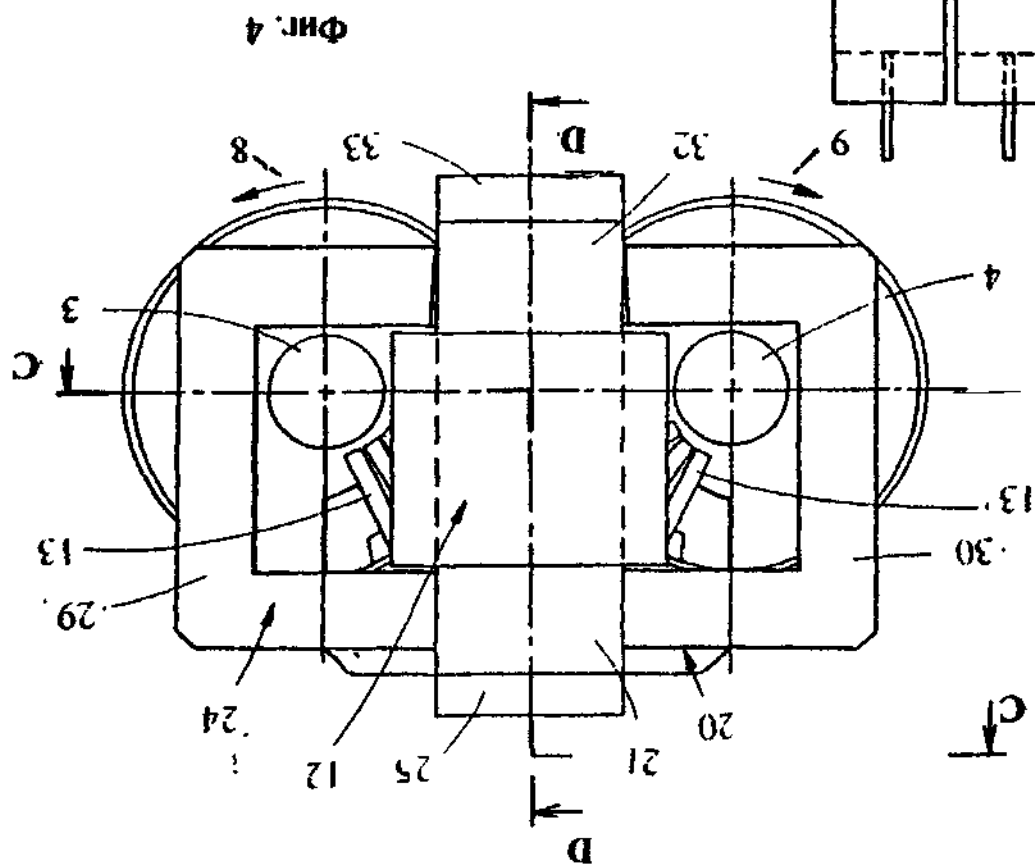
62

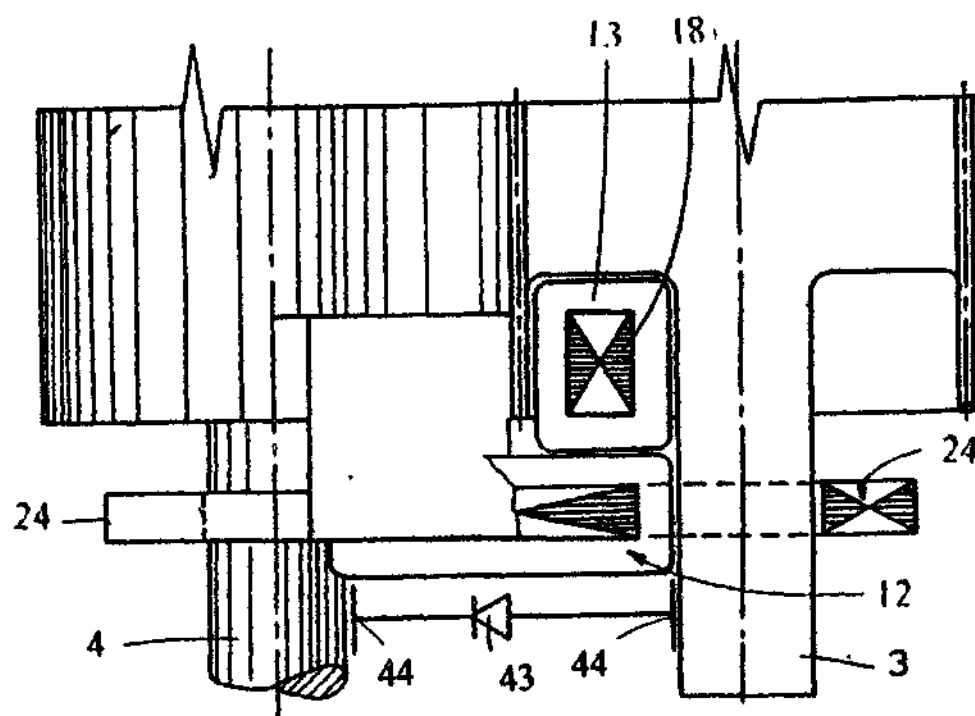


Фиг. 1

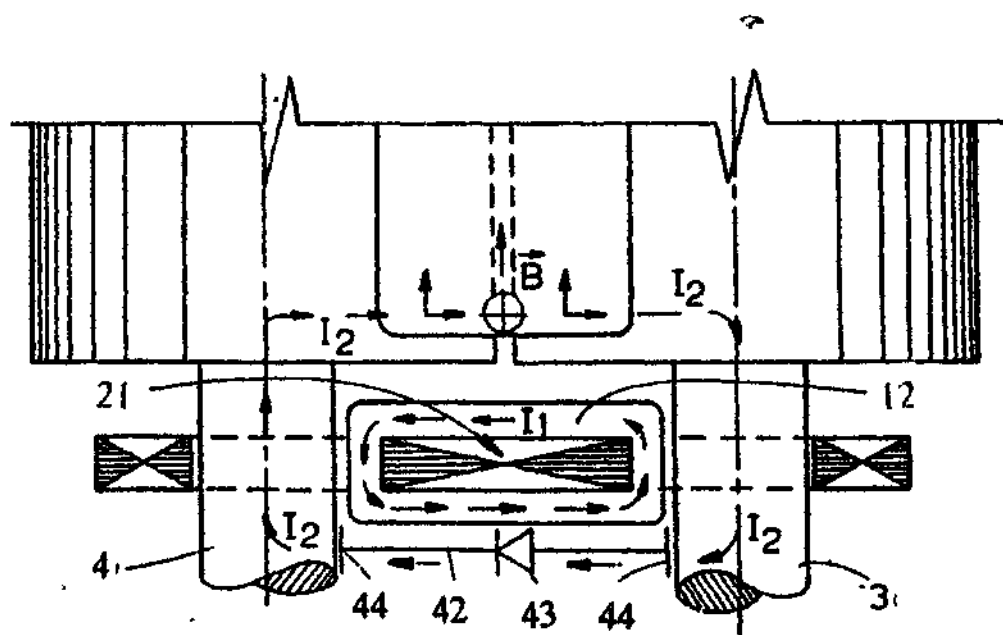


Фиг. 2

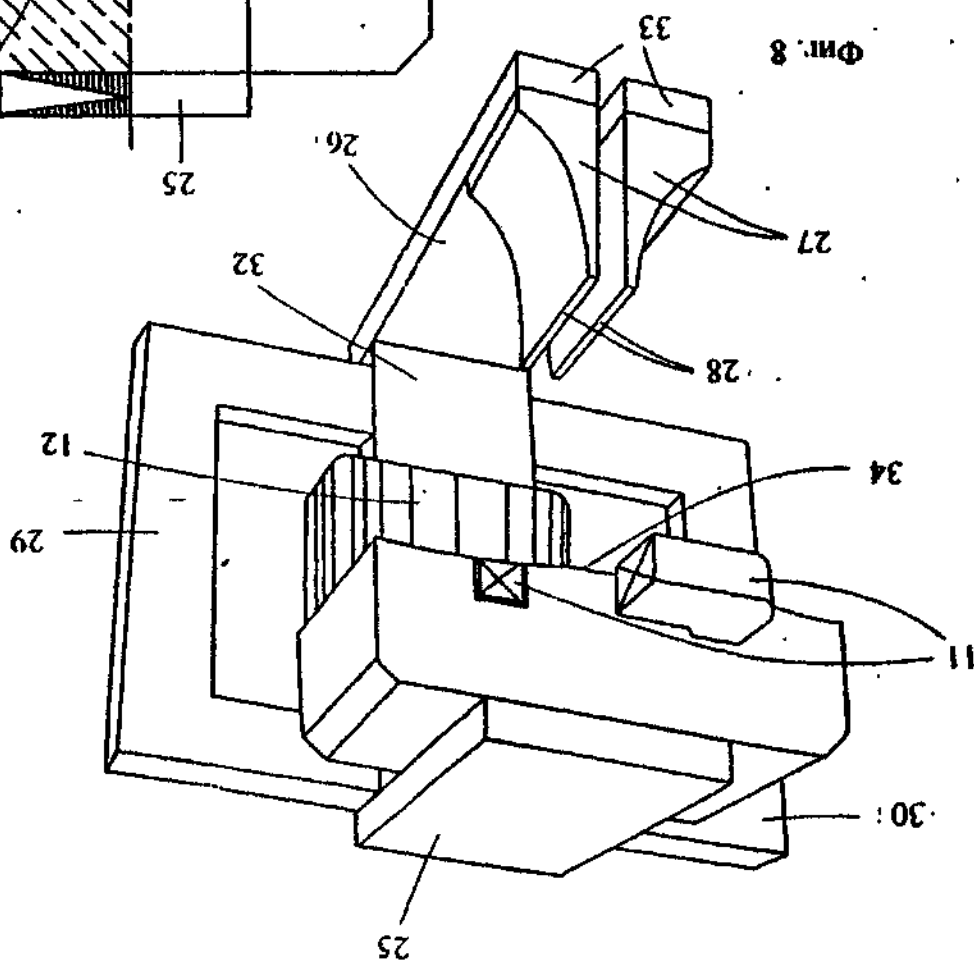
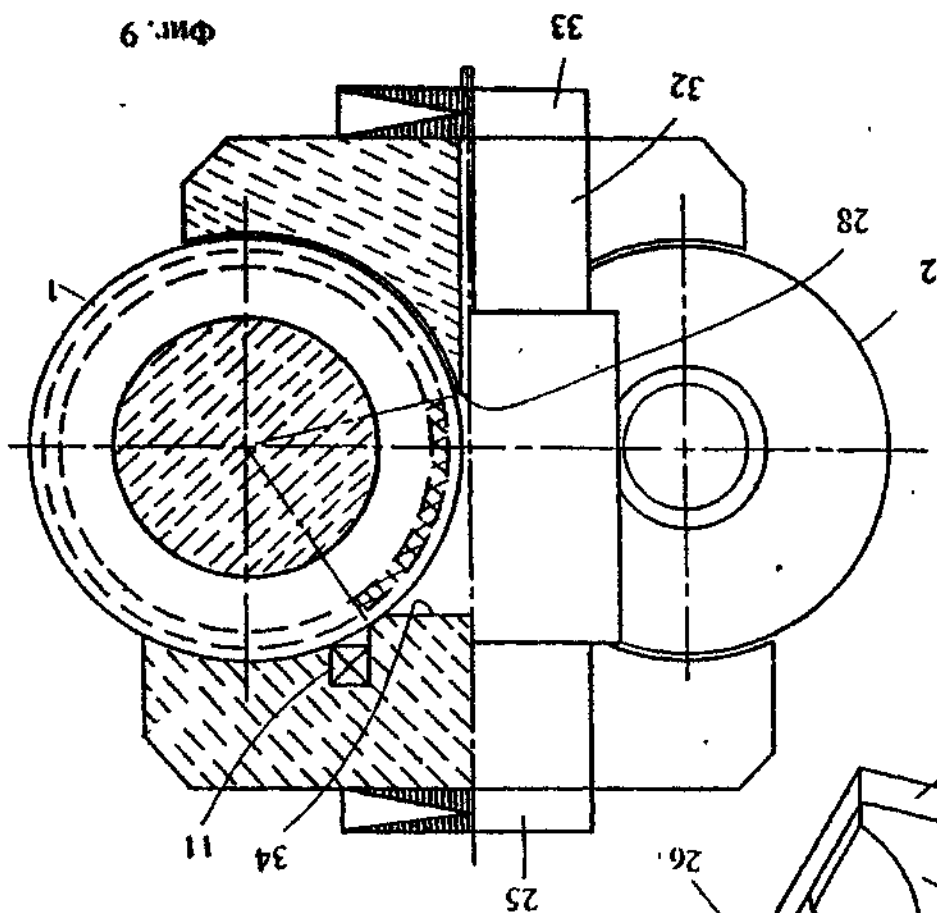


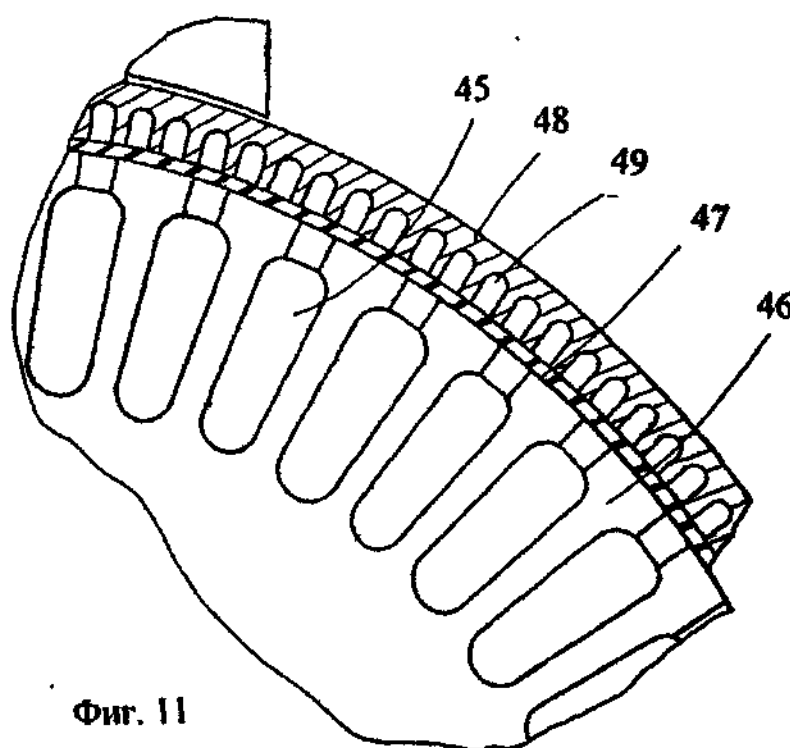
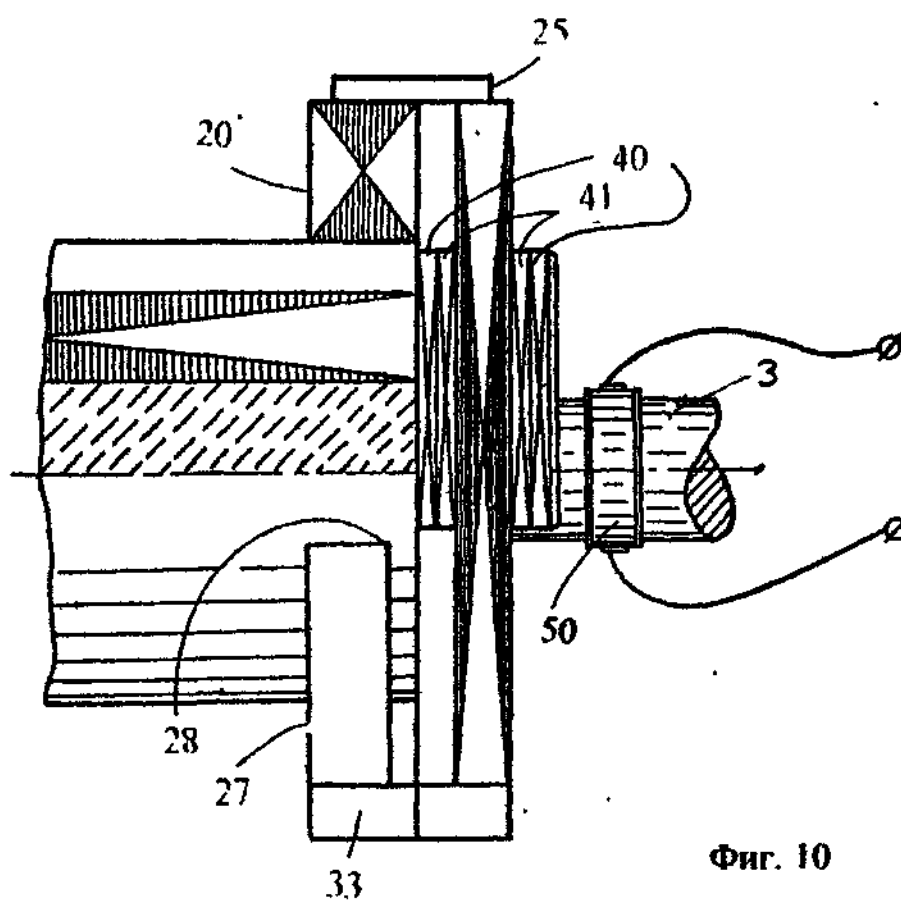


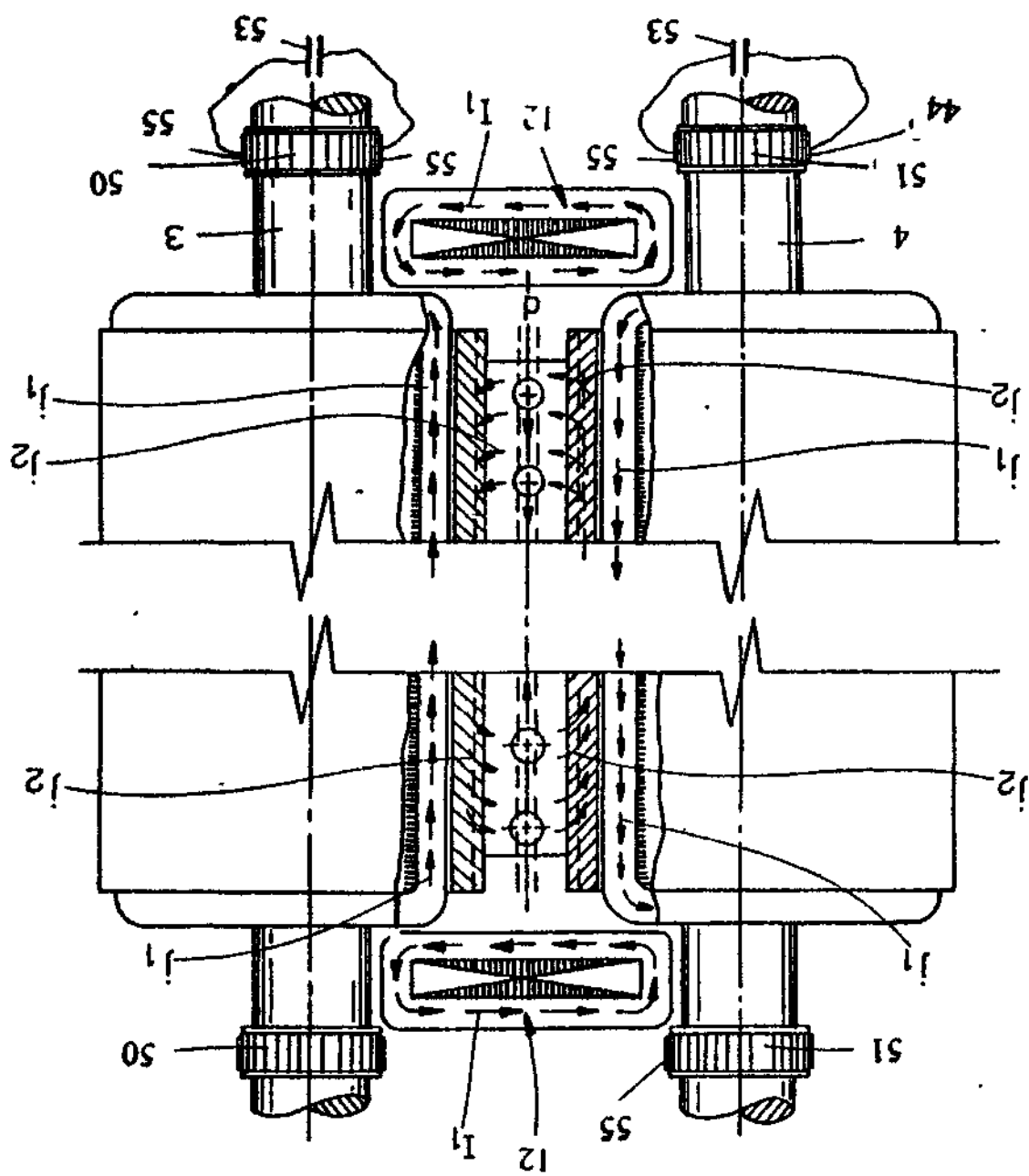
Фиг. 6



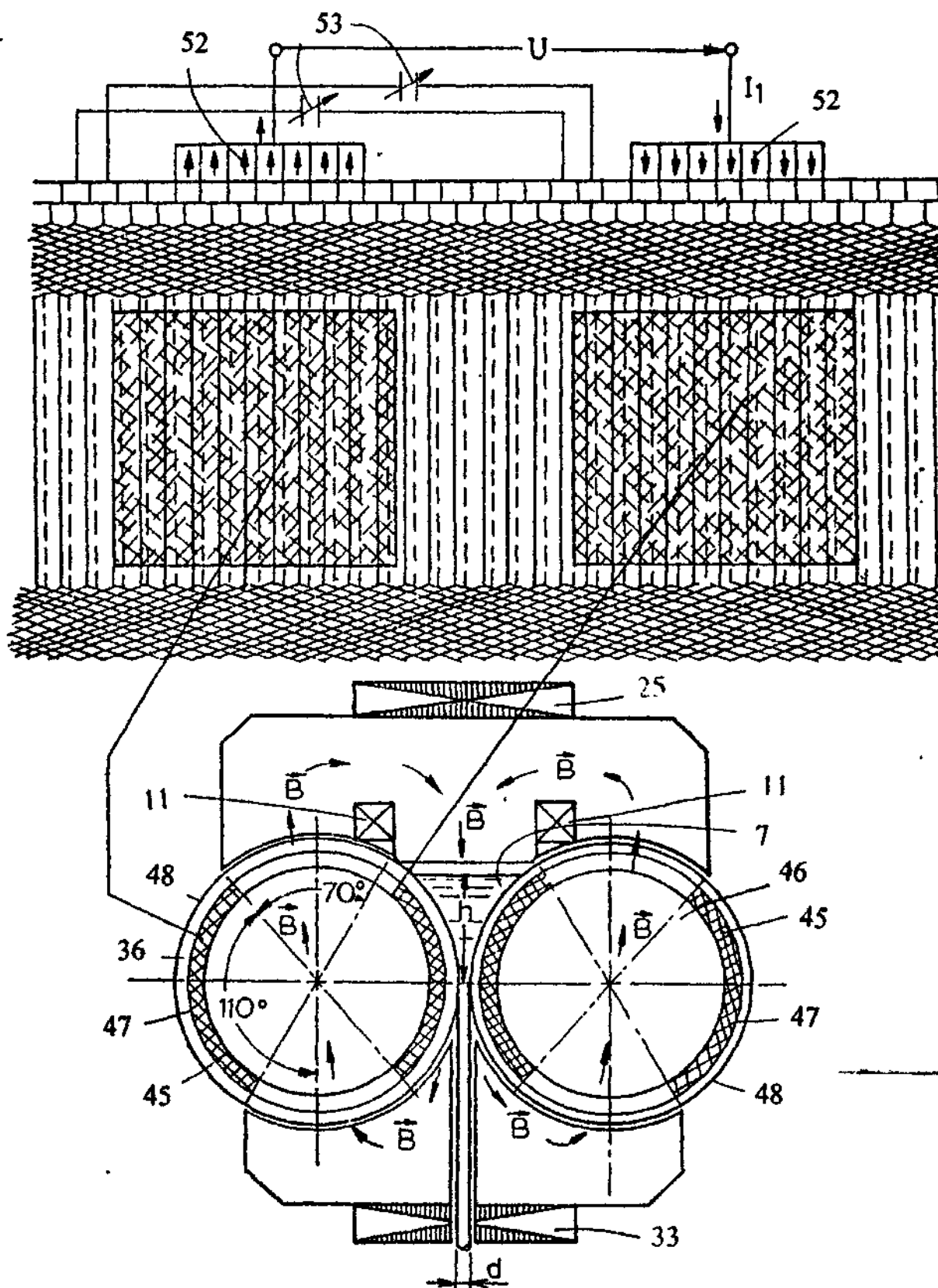
Фиг. 7



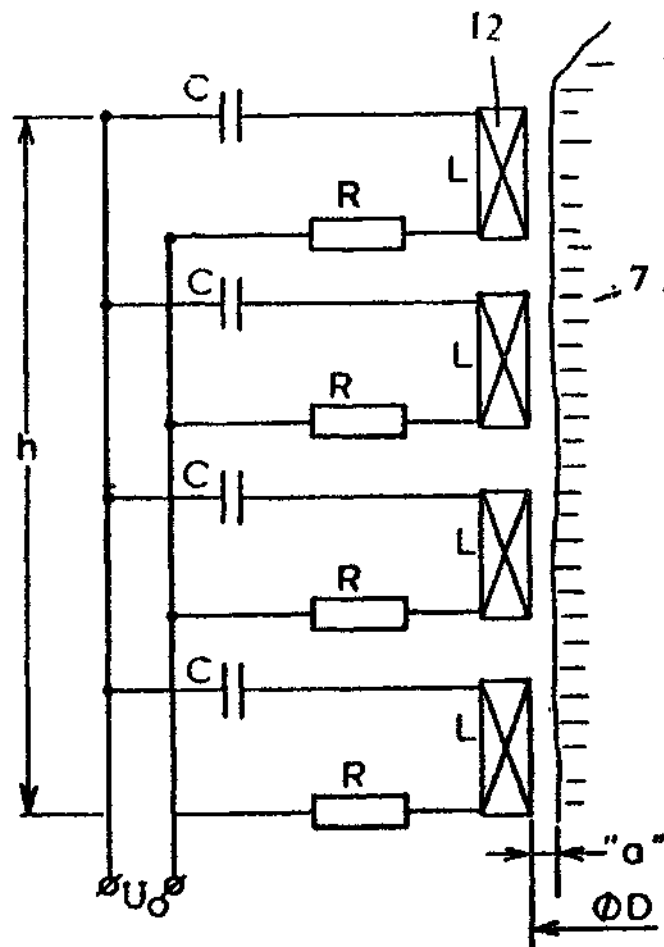




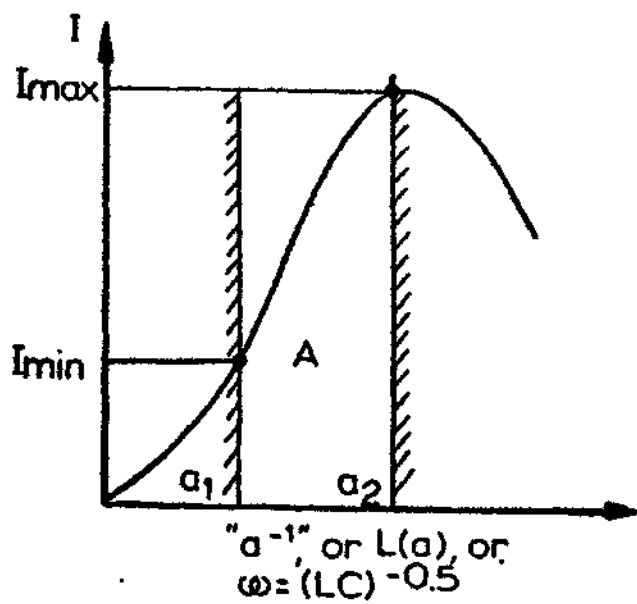
26724



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15

Упорядник

Техред М. Келемеш

Коректор О.Обручар

Замовлення 526

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101

