



УКРАЇНА

(19) ІПА,,, 26914
(51)6 В 22 D 11/06C1
--- (i3) >ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ МАГНІТНОГО УТРИМАННЯ РОЗПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ

(21) 93004247

(22) 06.11.92

(24) 29.12.99

(86) PCT/US92/09774 (06.11.92)

(46) 29.12.99. Бюл. № 8

(56) Патент США № 4936374,
кл. В 22 D 11/06, 1988.

(72) Гербер Л. Ховард (US), Гесс Т. Річард (US)

(73) ІНЛЕНД СТІЛ КОМПАНІ (US)

(57) 1. Устройство для магнитного удержания расплавленного металла, предотвращающее вытекание расплавленного металла через открытую сторону вертикально идущего зазора между двумя горизонтально удаленными друг от друга элементами, между которыми находится расплавленный металл, содержащее электропроводящие катушечные средства, расположенные рядом с открытой стороной зазора, для непосредственного генерирования горизонтального магнитного поля, простирающегося через открытую сторону зазора к расплавленному металлу и прикладывающего удерживающее давление к расплавленному металлу в зазоре, отличающееся тем, что катушечные средства имеют поверхностную часть, обращенную к открытой стороне зазора, магнитные средства, связанные с катушечными средствами, содержат средства для концентрирования потока электрического тока на гоой поверхностной части катушечных средств, которая обращена к открытой стороне зазора, поверхностная часть катушечных средств включает немагнитный электрический проводник, обращенный к открытой стороне зазора, причем *немагнитный* электрический проводник содержит средства, приближенные к открытой стороне зазора для ограничения горизонтального магнитного поля открытой стороной зазора.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что открытая сторона зазора расположена в вертикальной плоскости, а проводник размещен по существу параллельно открытой стороне зазора.

3. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что катушечные средства имеют верхнюю и нижнюю часть, а вся область между верхней и нижней частями катушечных средств занята проводником.

4. Устройство по любому из пунктов 1-3, отличающееся тем, что содержит магнитные средства, взаимодействующие с катушечными средствами и содержащие средства для концентрации потока электрического тока на поверхностной части катушечных средств, обращенные к открытой стороне зазора.

5. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что магнитные средства содержат средства для генерирования магнитного поля с низким магнитным сопротивлением, простирающегося через открытую сторону зазора и имеющего траекторию, обратную траектории горизонтального магнитного поля.

6. Устройство по п. 5, отличающееся тем, что содержит электропроводящий экран, включающий средства для ограничения той части магнитного поля, которая находится снаружи поля, имеющего траекторию, обратную траектории горизонтального магнитного поля с низким магнитным сопротивлением, в пределах пространства, образованного, с одной стороны, немагнитным электрическим проводником и, с другой стороны, расплавленным металлом.

7. Устройство по п. 6, отличающееся тем, что два горизонтально установленных элемента являются вращающимися валками, имеющими парал-

CS

O

лельные оси, магнитные средства содержат вертикально установленный магнитный элемент, взаимодействующий с катушечными средствами, катушечные средства содержат многочисленные вертикально расположенные витки катушки, обернутые вокруг магнитного элемента, каждый виток катушки содержит вертикально расположенную переднюю часть, обращенную к открытой стороне зазора, и немагнитный проводник содержит большое число вертикально расположенных металлических полос, каждая из которых является проводимой и соединена с передней частью соответствующего витка катушки и обращена к открытой стороне зазора, каждая металлическая полоса имеет ширину, сужающуюся вниз вдоль вертикального размера полосы в соответствии с сужением ширины открытой стороны зазора.

8. Устройство по п. 7, отличающееся тем, что магнитный элемент имеет переднюю поверхность, обращенную к открытой стороне зазора, передняя часть каждого витка катушки расположена перед передней поверхностью магнитного элемента, каждая передняя часть витка катушки имеет две стороны, каждая из которых покрыта полосой из немагнитного материала, располагающегося между передней поверхностью магнитного элемента и металлической полосой, прикрепленной к передней части витка катушки для концентрации электрического тока, проходящего через переднюю часть, на металлической полосе.

9. Устройство по п. 8, отличающееся тем, что катушечные средства содержат трубу для циркуляции охлаждающей жидкости.

10. Устройство по п. 9, отличающееся тем, что магнитный элемент имеет заднюю поверхность и две сходящиеся вниз боковые стенки, соответствующие форме открытой стороны зазора, каждый виток катушки имеет верхнюю и нижнюю части, соединенные с передней частью витка катушки, передняя часть каждого из которых расположена перед передней поверхностью магнитного элемента, большое число витков катушки имеет заднюю часть, расположенную за задней поверхностью магнитного элемента и простирающуюся между нижней частью этого витка и верхней частью соседнего витка катушки.

11. Устройство по п. 10, отличающееся тем, что вертикальный размер каждого витка катушки отличен от

вертикального размера соседних витков катушки и соответствует вертикальному размеру той части магнитного элемента, вокруг которой намотаны витки катушки.

12. Устройство по п. 11, отличающееся тем, что каждая вертикально расположенная металлическая полоса имеет одинаковую протяженность по вертикали с передней частью катушки, к которой полоса прикреплена, каждая полоса имеет две боковые кромки, и боковые кромки соседних полос расположены с зазором относительно друг друга.

13. Устройство по п. 12, отличающееся тем, что пространство между кромками соседних полос электрически изолировано.

14. Устройство по п. 8, отличающееся тем, что магнитный элемент имеет ширину, изменяющуюся в вертикальном направлении вдоль элемента и соответствующую ширине открытой стороны зазора в той же горизонтальной плоскости.

15. Устройство по п. 8, отличающееся тем, что содержит огнеупорный элемент, расположенный между проводником и открытой стороной зазора.

16. Устройство по п. 15, отличающееся тем, что в пространстве между огнеупорным элементом и проводником расположены средства для прохождения охлаждающего газа и средства для направления охлаждающего газа через пространство.

17. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что поверхностная часть катушечных средств и электрический проводник выполнены совпадающими.

18. Устройство по п. 1 или 3, отличающееся тем, что катушечные средства содержат катушку из одного витка, каждый из удаленных друг от друга элементов имеет боковую кромку, образующую кромку открытой стороны зазора, и боковую кромочную часть, прилегающую к указанной боковой кромке, проводник имеет две горизонтально удаленные наружные кромки и наружную кромочную часть рядом с каждой наружной кромкой, горизонтальное расстояние между двумя наружными кромками на проводнике больше, чем горизонтальное расстояние между двумя боковыми кромками, образующими открытую сторону зазора в том же вертикальном местоположении вдоль указанного зазора, каждая наружная кромочная сторона на проводнике удалена от соответствующей боковой кромочной части элемента для образования

между ними узкого пространства, наружная кромочная часть на проводнике и боковая кромочная часть на элементе содержат средства, взаимодействующие друг с другом для обеспечения увеличенной плотности магнитного потока в магнитном поле в узком пространстве, по сравнению с плотностью потока магнитного поля, проходящего через открытую сторону зазора, и предотвращения вытекания расплавленного металла в бок наружу через узкое пространство.

19. Устройство по п. 18, отличающееся тем, что расплавленным металлом является расплавленная сталь, а проводник состоит из меди или медного сплава.

20. Устройство по п. 19, отличающееся тем, что катушечные средства и проводник изготовлены из меди или сплава на медной основе.

21. Устройство по п. 17, отличающееся тем, что два горизонтально удаленных друг от друга элемента являются вращающимися валками, имеющими параллельные оси, катушечные средства содержат катушку с одним витком, магнитные средства содержат вертикально расположенный плоский первый магнитный элемент, который расположен в плоскости, параллельной осям валков, и имеет две противоположные боковые поверхности, виток катушки имеет две вертикально расположенные полукатушки, каждая из которых установлена рядом с соответствующей противоположащей боковой поверхности магнитного элемента и электрически изолирована от нее, причем полукатушка имеет вертикально расположенную переднюю стенку, обращенную к открытой стороне зазора, а две передние стенки двух полукатушек образуют электрический проводник.

22. Устройство по п. 21, отличающееся тем, что каждая передняя стенка полукатушки имеет ширину, сужающуюся вниз вдоль вертикального размера ее в соответствии с сужением ширины открытой стороны зазора.

23. Устройство по п. 22, отличающееся тем, что проводник, образованный двумя передними стенками, имеет форму, соответствующую форме открытой стороны зазора.

24. Устройство по п. 22, отличающееся тем, что каждая полукатушка имеет наружную, внутреннюю и заднюю стенку, каждая из которых расположена между верхним и нижним концами катушки.

25. Устройство по п. 24, отличающееся тем, что катушка содержит средства, имеющие проводящее соединение с двумя полукатушками рядом с концом каждой из них.

26. Устройство по п. 22 или 25, отличающееся тем, что катушка имеет внутреннюю полость, образующую проход для циркулирования охлаждающей жидкости.

27. Устройство по п. 24, отличающееся тем, что магнитные средства содержат второй магнитный элемент, имеющий заднюю стенку, окружающую заднюю стенку обеих полукатушек и электрически изолированную от них, и две удаленные друг от друга боковые стенки.

28. Устройство по п. 27, отличающееся тем, что первый магнитный элемент имеет переднюю кромку, обращенную к открытой стороне зазора в таком же близком приближении к ней, как и проводник, и заднюю кромку, упирающуюся в заднюю стенку второго магнитного элемента, каждая боковая стенка второго магнитного элемента имеет передний конец, обращенный к соответствующему вращающемуся валку рядом с его периферийной боковой кромкой, первый и второй магнитные элементы содержат средства, взаимодействующие друг с другом для образования поля, имеющего траекторию, обратную траектории горизонтального магнитного поля.

29. Устройство по п. 28, отличающееся тем, что экран имеет заднюю часть, окружающую заднюю стенку второго магнитного элемента сзади и электрически изолированную от нее, и две боковые части.

30. Устройство по п. 29, отличающееся тем, что каждая боковая часть экрана имеет внутреннюю поверхность, находящуюся в близком приближении к соседней боковой стенке второго магнитного элемента и следующую за контуром соседней боковой стенки, задняя боковая часть экрана имеет внутреннюю поверхность, находящуюся в близком приближении к задней стенке второго магнитного элемента.

31. Устройство по п. 30, отличающееся тем, что экран имеет внутреннюю полость, образующую проход для циркулирования охлаждающей жидкости.

32. Устройство по п. 30, отличающееся тем, что каждая боковая стенка второго магнитного элемента находится в близком приближении к нару-

ной стенке соответствующей полукатушки и расположена за контуром наружной стенки.

33. Устройство по п. 32, отличающееся тем, что проводниковые средства, образованные двумя передними стенками, имеют форму, соответствующую форме открытой стороны зазора, каждая передняя стенка имеет соответствующую наружную кромку и наружную кромочную часть рядом с наружной кромкой.

34. Устройство по п. 28 или 29, отличающееся тем, что содержит огнеупорный элемент, покрывающий переднюю кромку первого магнитного элемента и переднюю стенку каждой полукатушки.

35. Устройство по п. 34, отличающееся тем, что огнеупорный элемент имеет две противолежащие кромки, каждая из которых упирается в соответствующую боковую стенку второго магнитного элемента.

36. Устройство по п. 35, отличающееся тем, что огнеупорный элемент имеет вертикально расположенную наружную поверхность, наружная поверхность и каждый передний конец боковой стенки второго магнитного элемента расположены в одной вертикальной плоскости.

37. Устройство по п. 21, отличающееся тем, что первый магнитный элемент имеет нижнюю часть, находящуюся по вертикали на таком же уровне, что и самая узкая часть открытой стороны зазора, нижняя часть состоит из большого числа горизонтально расположенных вертикально наложенных полос из текстурированной кремнистой стали.

38. Устройство по п. 1 или 3, отличающееся тем, что содержит проводниковые средства для увеличения магнитного давления, связанного с магнитным полем пропорционально увеличивающемуся статическому давлению расплавленного металла в зазоре.

39. Устройство по п. 1 или 3, отличающееся тем, что два горизонтально удаленных друг от друга элемента являются вращающимися валками, имеющими параллельные оси и периферийные боковые кромки, образующие открытую сторону зазора, катушечные средства содержат катушку с одним витком, имеющую две вертикально расположенные полукатушки, при этом первая из полукатушек имеет вертикально расположенную переднюю стенку, обращенную к открытой стороне зазора и образующую

электрические проводящие средства, а вторая из полукатушек установлена за полукатушкой и более удалена от открытой стороны зазора, чем первая полукатушка.

40. Устройство по п. 39, отличающееся тем, что передняя стенка первой полукатушки имеет ширину, сужающуюся книзу вдоль протяжения полукатушки по вертикали в соответствии с сужением ширины открытой стороны зазора.

41. Устройство по п. 40, отличающееся тем, что проводник, образованный передней стенкой, имеет форму, соответствующую форме открытой стороны зазора.

42. Устройство по п. 39, отличающееся тем, что первая полукатушка имеет две боковые стенки и заднюю стенку, каждая из которых расположена между верхним и нижним концами полукатушки.

43. Устройство по п. 42, отличающееся тем, что катушка содержит проводящие средства, соединяющие две полукатушки рядом с концом каждой из них.

44. Устройство по п. 42, отличающееся тем, что по крайней мере первая полукатушка имеет внутреннюю полость, образующую проход для циркулирования охлаждающей жидкости.

45. Устройство по п. 42, отличающееся тем, что магнитные средства содержат магнитный элемент, имеющий заднюю стенку, окружающую заднюю стенку первой полукатушки и электрически изолированную от нее, и две удаленные друг от друга боковые стенки, окружающие соответствующую боковую стенку первой полукатушки и электрически изолированные от нее.

46. Устройство по п. 45, отличающееся тем, что каждая боковая стенка магнитного элемента имеет передний конец, обращенный к соответствующему вращающемуся валку рядом с периферийной боковой кромкой вала.

47. Устройство по п. 6 и 46, отличающееся тем, что экран имеет заднюю часть, окружающую заднюю стенку магнитного элемента сзади и электрически изолированную от нее, и две боковые части, окружающие соответствующую боковую стенку магнитного элемента снаружи и электрически изолированные от нее.

48. Устройство по п. 47, отличающееся тем, что каждая боковая часть экрана имеет внутреннюю поверхность, которая находится в близком при-

лижении к соседней боковой стенке магнитного элемента и расположена за контуром соседней боковой стенки, а задняя часть экрана имеет внутреннюю поверхность, находящуюся в близком приближении к задней стенке магнитного элемента.

49. Устройство по п. 48, отличающееся тем, что экран имеет внутреннюю полость, образующую проход для циркулирования охлаждающей жидкости.

50. Устройство по п. 48, отличающееся тем, что каждая боковая стенка магнитного элемента находится в близком приближении к соответствующей боковой стенке первой полукатушки и соответствует форме этой боковой стенки первой полукатушки.

51. Устройство по п. 50, отличающееся тем, что проводниковые средства, образованные передней стенкой первой полукатушки, имеют форму, соответствующую форме открытой стороны зазора.

52. Устройство по п. 47, отличающееся тем, что содержит огнеупорный элемент, покрывающий переднюю стенку первой полукатушки.

53. Устройство по п. 52, отличающееся тем, что огнеупорный элемент имеет две противолежащие боковые кромки, каждая из которых упирается в соответствующую боковую стенку магнитного элемента.

54. Устройство по п. 53, отличающееся тем, что огнеупорный элемент имеет вертикально расположенную наружную поверхность, и наружная поверхность и каждый передний конец боковой стенки магнитного элемента расположены в одной вертикальной плоскости.

55. Способ магнитного удержания расплавленного металла, предотвращаю-

щий вытекание расплавленного металла через открытую сторону вертикально идущего зазора между двумя горизонтально удаленными друг от друга элементами, между которыми находится расплавленный металл, при котором располагают токопроводящую катушку рядом с открытой стороной зазора, отличающийся тем, что поверхностную часть катушки обращают к открытой стороне зазора, пропускают электрический ток через катушку для генерирования горизонтального магнитного поля, простирающегося через открытую сторону зазора к расплавленному металлу и прикладывающего удерживающее давление к расплавленному металлу в зазоре, концентрируют поток электрического тока на поверхностной части катушечных средств, обращенной к открытой стороне зазора с помощью магнитных средств, удерживают магнитное поле у открытой стороны зазора и генерируют магнитное поле с низким магнитным сопротивлением, простирающееся через открытую сторону зазора и имеющее траекторию, обратную траектории горизонтального магнитного поля.

56. Способ по п. 55, отличающийся тем, что ограничивают часть магнитного поля, которая находится с наружной стороны поля, имеющего траекторию, обратную траектории горизонтального магнитного поля с низким магнитным сопротивлением, пространством, которое образуется, с одной стороны, поверхностной частью катушки, и, с другой стороны, расплавленным металлом.

57. Способ по п. 56, отличающийся тем, что увеличивают магнитное давление, связанное с магнитным полем, в соответствии с увеличением статического давления расплавленного металла в зазоре.

Изобретение относится к литейному производству и касается устройства и способа магнитного удержания расплавленного металла и, в частности, устройства и способа для предотвращения выхода расплавленного металла через открытую сторону вертикально идущего зазора между двумя горизонтально удаленными эле-

ментами, между которыми находится расплавленный металл.

Изобретение предназначено для использования, является установка для непрерывной отливки полосы, например, стальной полосы.

Такая установка обычно содержит два горизонтально удаленных валка, предназ-

наченных для вращения в противоположные направления вокруг соответствующих горизонтальных осей. Два валка образуют горизонтально расположенный идущий в вертикальном направлении зазор между собой, предназначенный для приема расплавленного металла. Зазор, образованный валками, идет книзу на конус. Валки охлаждаются и в свою очередь охлаждают расплавленную металл по мере его опускания через зазор. Зазор имеет горизонтально удаленные, открытые противолежащие концы, находящиеся рядом с концами двух валков. Расплавленный металл не ограничивается валками на открытых концах зазора. Для предотвращения выхода расставленного металла наружу через открытые концы зазора применялись механические перемычки или уплотнения.

Недостатком механических перемычек является то, что перемычка находится в физическом контакте как с вращающимися валками, так и с расплавленным металлом. В результате этого перемычка подвержена износу, утечке и поломке и может обуславливать замерзание и большой температурный градиент в расплавленном металле. Более того, контакт между механической перемычкой и затвердевающим металлом может привести к образованию неровностей вдоль кромок отливки металлической полосы, тем самым отклоняя преимущества непрерывного литья по сравнению с обычным способом прокатки металлической полосы из толстой сплошной заготовки.

Для устранения недостатков, присущих использованию механических перемычек или уплотнений, усилия были направлены на удержание расплавленного металла на конце зазора между валками за счет использования электромагнита, сердечник которого окружен проводящей катушкой, через которую проходит переменный электрический ток, и имеющий два магнитных полюса, расположенных рядом с открытым концом зазора. Магнит возбуждается под действием переменного тока, проходящего через катушку, и он создает переменное или изменяющееся со временем магнитное поле, проходящее поперек открытого конца зазора между полюсами магнита. Магнитное поле может располагаться или горизонтально, или вертикально в зависимости от расположения полюсов магнита.

Переменное магнитное поле наводит вихревые токи в расплавленном металле рядом с открытым концом зазора, соз-

дающих силу отталкивания, которая смещает расплавленный металл в сторону от магнитного поля, создаваемого магнитом, и тем самым в сторону от открытого конца зазора.

Усилие статического давления, смещающее расплавленный металл наружу через открытый конец зазора между валками, увеличивается с увеличением глубины расплавленного металла, а магнитное давление, создаваемое переменным магнитным полем, должно быть достаточным, чтобы противодействовать максимальному направленному наружу давлению, действующему на расплавленный металл.

Другой способ удержания расплавленного металла на открытом конце зазора между двумя элементами заключается в расположении рядом с открытым концом зазора катушки, через которую проходит переменный ток. В результате этого катушка образует магнитное поле, которое наводит вихревые токи в расплавленном металле рядом с открытым концом зазора, приводящие в результате к образованию отталкивающего усилия, аналогичного описанному выше в связи с магнитным полем, создаваемым электромагнитом.

Использование катушки для непосредственного генерирования магнитного поля рядом с открытым концом зазора является более эффективным, чем применение электромагнита потому, что когда используется электромагнит, катушка применяется для возбуждения сердечника магнита, через который должен проходить магнитный поток к магнитным полюсам, возбуждающий затем магнитное поле рядом с открытым концом зазора. В результате этого имеет место так называемая * "потеря сердечника", когда катушка используется для возбуждения электромагнита, однако, потеря сердечника не является важным фактором, когда катушка используется для непосредственного возбуждения магнитного поля на открытом конце зазора.

Недостатком последнего способа является то, что катушка должна располагаться довольно близко к открытому концу зазора для создания магнитного поля, которое бы сдерживало расплавленный металл. В способе, использующем электромагнит, катушка может быть относительно удалена от открытого конца зазора. Ближе катушка располагается к расплавленной стали, где она подвергается воздействию более тяжелых температурных режимов. Другим недостатком способа, использующего катушку для непосред-

венного генерирования магнитного поля на открытом конце зазора, является то, что часть магнитного поля уходит в сторону от открытого конца зазора, тем самым снижая эффективность катушки. Эта проблема может также возникать и при использовании электромагнита.

За прототип заявляемого устройства принято устройство для магнитного удержания расплавленного металла, предотвращающее вытекание расплавленного металла через открытую сторону вертикально идущего зазора между двумя горизонтально удаленными друг от друга элементами, между которыми находится расплавленный металл, содержащее электропроводящие катушечные средства, расположенные рядом с открытой стороной зазора, для непосредственного генерирования горизонтального магнитного поля, простирающегося через открытую сторону зазора к расплавленному металлу и прикладывающего удерживающее давление к расплавленному металлу в зазоре

В качестве прототипа заявляемого способа принят способ магнитного удержания расплавленного металла, предотвращающий вытекание расплавленного металла через открытую сторону вертикально идущего зазора между двумя горизонтально удаленными друг от друга элементами, между которыми находится расплавленный металл, при котором располагают токопроводящую катушку рядом с открытой стороной зазора

Недостатком известного устройства является то, что конструкция катушки и взаимодействующих с ней удерживающих элементов из-за воздействия высоких температурных режимов не способна обеспечивать достаточно эффективное магнитное давление, способное противодействовать давлению расплавленного металла. Кроме того, в устройстве имеет место существенное рассеивание магнитного поля в сторону от открытой стороны зазора

Недостаток известного способа заключается в том, что напряженность магнитного поля на открытой стороне зазора не всегда оказывается достаточной для эффективного удержания расплава в зазоре между валками, особенно в случае увеличения статического давления. Недостатком является также значительное рассеивание магнитного поля, что повышает потери мощности и снижает производительность технологического процесса.

В основу изобретения поставлена задача повышения эффективности работы устройства для магнитного удержания

расплавленного металла путем усовершенствования конструкции катушечных средств и выбора оптимального расположения их относительно зазора, а также оснащения катушечных средств немагнитным электрическим проводником, воздействующим на величину магнитного поля, что обуславливает концентрацию потока электрического тока на части катушки, обращенной к открытой стороне зазора, и тем самым увеличивает магнитное давление на расплавленный металл в соответствии с увеличением статического давления, а также обеспечивает ограничение магнитного поля открытой стороной зазора, и т.о. снижает рассеивание магнитного потока.

В основу изобретения поставлена также задача увеличения производительности и снижения энергетических потерь в способе магнитного удержания расплавленного металла путем обеспечения оптимальной взаимосвязи между магнитными и катушечными средствами и концентрации тока на поверхностной части катушечных средств, а также создания благоприятных условий для удержания магнитного поля открытой стороной зазора, что обуславливает концентрацию потока электрического тока на части катушки, обращенной к открытой стороне зазора, и тем самым увеличивает магнитное давление на расплавленный металл в соответствии с увеличением статического давления, а также обеспечивает ограничение магнитного поля открытой стороной зазора, и т.о. снижает рассеивание магнитного потока

Поставленная задача достигается за счет того, что в устройстве для магнитного удержания расплавленного металла, предотвращающем вытекание расплавленного металла через открытую сторону вертикально идущего зазора между двумя горизонтально удаленными друг от друга элементами, между которыми находится расплавленный металл, содержащем электропроводящие катушечные средства, расположенные рядом с открытой стороной зазора, для непосредственного генерирования горизонтального магнитного поля, простирающегося через открытую сторону зазора к расплавленному металлу и прикладывающего удерживающее давление к расплавленному металлу в зазоре, согласно изобретения, катушечные средства имеют поверхностную часть, обращенную к открытой стороне зазора, магнитные средства, связанные с катушечными средствами, содержат средства для кон-

центрирования потока электрического тока на той поверхностной части катушечных средств, которая обращена к открытой стороне зазора, поверхностная часть катушечных средств включает немагнитный электрический проводник, обращенный к открытой стороне зазора, причем немагнитный электрический проводник содержит средства, приближенные к открытой стороне зазора для ограничения горизонтального магнитного поля открытой стороной зазора. При этом открытая сторона зазора расположена в вертикальной плоскости, а проводник размещен по существу параллельно открытой стороне зазора, катушечные средства имеют верхнюю и нижнюю часть, а вся область между верхней и нижней частями катушечных средств занята проводником.

Устройство также содержит магнитные средства, взаимодействующие с катушечными средствами и содержащие средства для концентрации потока электрического тока на поверхностной части катушечных средств, обращенные к открытой стороне зазора, средства для непосредственного генерирования магнитного поля с низким магнитным сопротивлением, простирающегося через открытую сторону зазора и имеющего траекторию, обратную траектории горизонтального магнитного поля

Устройство содержит электропроводящий экран, включающий средства для ограничения той части упомянутого магнитного поля, которая находится снаружи поля, имеющего траекторию, обратную траектории горизонтального магнитного поля с низким магнитным сопротивлением, по существу в пределах пространства, образованного, с одной стороны, немагнитным электрическим проводником и, с другой стороны, расплавленным металлом

Два горизонтально установленных элемента устройства являются вращающимися валками, имеющими параллельные оси, магнитные средства содержат вертикально установленный магнитный элемент, взаимодействующий с катушечными средствами, катушечные средства содержат многочисленные вертикально расположенные витки катушки, обернутые вокруг магнитного элемента, каждый виток катушки содержит вертикально расположенную переднюю часть, обращенную к открытой стороне зазора, и немагнитный проводник содержит большое число вертикально расположенных металлических полос, каждая из которых является проводимой и соединена с передней частью

соответствующего витка катушки и обращена к открытой стороне зазора, каждая металлическая полоса имеет ширину, сужающуюся вниз вдоль вертикального раз-
5 мера полосы в соответствии с сужением ширины открытой стороны зазора

При этой магнитный элемент имеет переднюю поверхность, обращенную к открытой стороне зазора, передняя часть
10 каждого витка катушки расположена перед передней поверхностью магнитного элемента, каждая передняя часть витка катушки имеет две стороны, каждая из которых покрыта полосой из магнитного
15 материала, располагающегося между передней поверхностью магнитного элемента и металлической полосой, прикрепленной к передней части витка катушки для концентрации электрического тока, про-
20 ходящего через переднюю часть, на металлической полосе, а катушечные средства содержат трубу для циркуляции охлаждающей жидкости

Кроме того, магнитный элемент имеет
25 заднюю поверхность и две сходящиеся вниз боковые стенки, соответствующие форме открытой стороны зазора, каждый виток катушки имеет верхнюю и нижнюю части, соединенные с передней частью
30 витка катушки, передняя часть каждого из которых расположена перед передней поверхностью магнитного элемента, большее число витков катушки имеет заднюю часть, расположенную за задней поверх-
35 ностью магнитного элемента и простирающуюся между нижней частью этого витка и верхней частью соседнего витка катушки

Вертикальный размер каждого витка
40 катушки отличен от вертикального размера соседних витков катушки и соответствует вертикальному размеру той части магнитного элемента, вокруг которой намотаны витки катушки, а каждая вертикаль-
45 но расположенная металлическая полоса имеет одинаковую вертикальную протяженность с передней частью катушки, к которой полоса проводяще прикреплена, каждая полоса имеет две боковые кром-
50 ки, и боковые кромки соседних полос расположены с зазором относительно друг друга, при этом пространство между кром-
55 ками соседних полос электрически изолировано Магнитный элемент имеет ширину, изменяющуюся в вертикальном направлении вдоль элемента и соответствующую ширине открытой стороны зазора в той же горизонтальной плоскости

Кроме того, устройство содержит огнеупорный элемент, расположенный между

проводником и открытой стороной зазора, и в пространстве между огнеупорным элементом и проводником расположены средства для прохождения охлаждающего газа, и средства для направления охлаждающего газа через пространство.

Поверхностная часть катушечных средств и электрический проводник выполнены совпадающими.

Катушечные средства могут содержать катушку из одного витка, каждый из удаленных друг от друга элементов имеет боковую кромку, образующую кромку открытой стороны зазора, и боковую кромочную часть, прилегающую к указанной боковой кромке, проводник имеет две горизонтально удаленные наружные кромки и наружную кромочную часть рядом с каждой наружной кромкой, горизонтальное расстояние между двумя наружными кромками на проводнике больше, чем горизонтальное расстояние между двумя боковыми кромками, образующими открытую сторону зазора в том же вертикальном местоположении вдоль указанного зазора, каждая наружная кромочная сторона на проводнике удалена от соответствующей боковой кромочной части элемента для образования между ними узкого пространства, наружная кромочная часть на проводнике и боковая кромочная часть на элементе содержат средства, взаимодействующие друг с другом для обеспечения увеличенной плотности магнитного потока в магнитном поле в узком пространстве, по сравнению с плотностью потока магнитного поля, проходящего через открытую сторону зазора, и предотвращения вытекания расплавленного металла вбок наружу через узкое пространство, причем расплавленным металлом является расплавленная сталь, а проводник состоит из меди или медного сплава.

Катушечные средства и проводник могут быть изготовлены из меди или сплава на медной основе.

Два горизонтально удаленных друг от друга элемента являются вращающимися валками, имеющими параллельные оси, катушечные средства содержат катушку с одним витком, магнитные средства содержат вертикально расположенный плоский первый магнитный элемент, который расположен в плоскости, параллельной осям валком, и имеет две противоположные боковые поверхности, виток катушки имеет две вертикально расположенные полукатушки, каждая из которых установлена рядом с соответствующей противо-

лежащей боковой поверхностью магнитного элемента и электрически изолирована от нее, причем полукатушка имеет вертикально расположенную переднюю стенку, обращенную к открытой стороне зазора, а две передние стенки двух полукатушек образуют электрический проводник, при этом каждая передняя стенка полукатушки имеет ширину, сужающуюся вниз вдоль вертикального размера ее в соответствии с сужением ширины открытой стороны зазора. Проводник, образованный двумя передними стенками, имеет форму, соответствующую форме открытой стороны зазора, а каждая полукатушка имеет наружную, внутреннюю и заднюю стенку, каждая из которых расположена между верхним и нижним концами полукатушки.

Кроме того, катушка содержит средства, имеющие проводящее соединение с двумя полукатушками рядом с концом каждой из них, причем катушка имеет внутреннюю полость, образующую проход для циркулирования охлаждающей жидкости.

Магнитные средства содержат второй магнитный элемент, имеющий заднюю стенку, окружающую заднюю стенку обеих полукатушек и электрически изолированную от них, и две удаленные друг от друга боковые стенки.

Первый магнитный элемент имеет переднюю кромку, обращенную к открытой стороне зазора в таком же близком приближении к ней, как и проводник, и заднюю кромку, упирающуюся в заднюю стенку второго магнитного элемента, каждая боковая стенка второго магнитного элемента имеет передний конец, обращенный к соответствующему вращающемуся валку рядом с его периферийной боковой кромкой, первый и второй магнитные элементы содержат средства, взаимодействующие друг с другом для образования поля, имеющего траекторию, обратную траектории горизонтального магнитного поля.

Экран имеет заднюю стеновую часть, окружающую заднюю стенку второго магнитного элемента сзади и электрически изолированную от нее, и две боковые части, причем каждая боковая часть экрана имеет внутреннюю поверхность, находящуюся в близком приближении к соседней боковой стенке второго магнитного элемента и следующую за контуром соседней боковой стенки, задняя боковая стеновая часть экрана имеет внутреннюю поверхность, находящуюся в близком приближении к задней стенке второго магнитного элемента.

Кроме того, экран имеет внутреннюю полость, образующую проход для циркулирования охлаждающей жидкости, а каждая боковая стенка второго магнитного элемента находится в близком приближении к наружной стенке соответствующей полукатушки и расположена за контуром наружной стенки.

Проводниковые средства, образованные двумя передними стенками, имеют форму, соответствующую форме открытой стороны зазора, каждая передняя стенка имеет соответствующую наружную кромку и наружную кромочную часть рядом с наружной кромкой.

Устройство также содержит огнеупорный элемент, покрывающий переднюю кромку первого магнитного элемента и переднюю стенку каждой полукатушки, при этом огнеупорный элемент имеет две противоположащие кромки, каждая из которых уперта в соответствующую боковую стенку второго магнитного элемента, и вертикально расположенную наружную поверхность, наружная поверхность и каждый передний конец боковой стенки второго магнитного элемента расположены в одной вертикальной плоскости.

Первый магнитный элемент имеет нижнюю часть, находящуюся по вертикали на таком же уровне, что и самая узкая часть открытой стороны зазора, нижняя часть состоит из большого числа горизонтально расположенных вертикально наложенных полос из текстурированной кремнистой стали.

Кроме того, устройство также содержит проводниковые средства для увеличения магнитного давления, связанного с магнитным полем пропорционально увеличивающемуся статическому давлению расплавленного металла в зазоре.

Два горизонтально удаленных друг от друга элемента являются вращающимися валками, имеющими параллельные оси и периферийные боковые кромки, образующие открытую сторону зазора, катушечные средства содержат катушку с одним витком, имеющую две вертикально расположенные полукатушки, при этом первая из полукатушек имеет вертикально расположенную переднюю стенку, обращенную к открытой стороне зазора и образующую электрические проводящие средства, а вторая из полукатушек установлена за полукатушкой и более удалена от открытой стороны зазора, чем первая полукатушка.

Передняя стенка первой полукатушки имеет ширину, сужающуюся книзу вдоль вертикального протяжения указанной по-

лукатушки в соответствии с сужением ширины открытой стороны зазора, а проводник, образованный передней стенкой, имеет форму, соответствующую форме открытой стороны зазора.

Первая полукатушка имеет две боковые стенки и заднюю стенку, каждая из которых расположена между верхним и нижним концами полукатушки, а катушка содержит проводящие средства, соединяющие две полукатушки рядом с концом каждой из них. При этом по крайней мере первая полукатушка имеет внутреннюю полость, образующую проход для циркулирования охлаждающей жидкости.

Магнитные средства содержат магнитный элемент, имеющий заднюю стенку, окружающую заднюю стенку первой полукатушки и электрически изолированную от нее, и две удаленные друг от друга боковые стенки, окружающие соответствующую боковую стенку первой полукатушки и электрически изолированные от нее, каждая боковая стенка магнитного элемента имеет передний конец, обращенный к соответствующему вращающемуся валку рядом с периферийной боковой кромкой-валка.

Экран имеет заднюю часть, окружающую заднюю стенку магнитного элемента сзади и электрически изолированную от нее, и две боковые части, окружающие соответствующую боковую стенку магнитного элемента снаружи и электрически изолированные от нее, при этом каждая боковая часть экрана имеет внутреннюю поверхность, которая находится в близком приближении к соседней боковой стенке магнитного элемента и расположена за контуром соседней боковой стенки, а задняя часть экрана имеет внутреннюю поверхность, находящуюся в близком приближении к задней стенке магнитного элемента.

Кроме того, экран имеет также внутреннюю полость, образующую проход для циркулирования охлаждающей жидкости.

Каждая боковая стенка магнитного элемента находится в близком приближении к соответствующей боковой стенке первой полукатушки и соответствует форме этой боковой стенки первой полукатушки. Проводниковые средства, образованные передней стенкой первой полукатушки, имеют форму, соответствующую форме открытой стороны зазора.

Устройство также содержит огнеупорный элемент, покрывающий переднюю стенку первой полукатушки, причем этот огнеупорный элемент имеет две противо-

лежащие боковые кромки, каждая из которых уперта в соответствующую боковую стенку магнитного элемента, а также вертикально расположенную наружную поверхность, а наружная поверхность и каждый передний конец боковой стенки магнитного элемента расположены в одной вертикальной плоскости.

Поставленная задача решается также тем, что в способе магнитного удержания расплавленного металла, предотвращающем вытекание расплавленного металла через открытую сторону вертикально идущего зазора между двумя горизонтально удаленными друг от друга элементами, между которыми находится расплавленный металл, при котором располагают токопроводящую катушку рядом с открытой *стороной* зазора, согласно изобретения, поверхностную часть катушки обращают к открытой стороне зазора, пропускают электрический ток через катушку для генерирования горизонтального магнитного поля, простирающегося через открытую сторону упомянутого зазора к расплавленному металлу и прикладывающего удерживающее давление к расплавленному металлу в зазоре, концентрируют поток электрического тока на поверхностной части катушечных средств, обращенной к открытой стороне зазора, с помощью магнитных средств, удерживают магнитное поле у открытой стороны зазора, генерируют магнитное поле с низким магнитным сопротивлением, простирающееся через открытую сторону зазора, и имеющего траекторию, обратную траектории* горизонтального магнитного поля.

При этом ограничивают часть магнитного поля, которая находится с наружной стороны поля, имеющего траекторию, обратную траектории горизонтального магнитного поля с низким магнитным сопротивлением, пространством, которое образуется, с одной стороны, поверхностной частью катушки, и, с другой стороны, расплавленным металлом, а также увеличивают магнитное давление, связанное с магнитным полем, в соответствии с увеличением статического давления расплавленного металла в зазоре.

Недостатки и пороки известных способов, описанных выше, устраняются с помощью устройства и способа настоящего изобретения.

Способ магнитного удержания и устройство настоящего изобретения используют эффект близости для непосредственного генерирования рядом с открытой стороной зазора горизонтального магнит-

ного поля, которое простирается через открытую сторону зазора к расплавленному металлу в зазоре, и магнитное поле ограничено по существу открытой стороной зазора. Горизонтальное магнитное поле непосредственно генерируется катушкой, установленной рядом с открытой стороной зазора и частью ее поверхности, обращенной к открытой стороне зазора.

Обычно переменный ток пропускается через катушку для генерирования горизонтального магнитного поля, простирающегося от обращенной части поверхности катушки через открытую сторону зазора к расплавленному металлу.

Использование эффекта близости требует того, чтобы катушка устанавливалась достаточно близко к открытой стороне зазора с тем, чтобы напряженность магнитного поля $/H/$ на открытой стороне зазора была достаточной для уравнивания давления, которое смещает расплавленный металл наружу через открытую сторону зазора. Напряженность магнитного поля, создаваемого катушкой, уменьшается с увеличением расстояния между катушкой и открытой стороной зазора, электромагнитное напряжение между двумя проводящими поверхностями (в данном случае катушкой и расплавленным металлом) прямо пропорционально квадрату напряженности магнитного поля (H^2). Катушка и взаимодействующая с ней конструкция устанавливаются довольно

близко к открытой стороне зазора для удержания расплавленного металла в зазоре, а возможность отрицательных влияний от такого близкого расположения компенсируется за счет использования конструкции, которая будет более подробно описана ниже, защищающей катушку.

Рассеяние магнитного поля в направлении в сторону от открытой стороны зазора предотвращается за счет ограничения магнитного поля, создаваемого катушкой, в основном открытой стороной зазора. Это достигается частично за счет использования немагнитного электрического проводника, находящегося в электропроводящей связи с катушкой, обращенного к открытой стороне зазора, и который находится достаточно близко к открытой стороне зазора, чтобы ограничивать магнитное поле по существу открытой стороной зазора. Катушка имеет верхнюю и нижнюю части, а проводник занимает в основном всю площадь между верхней и нижней частями катушки. Кроме того, имеется конструкция, состоящая из магнитного материала, которая кон-

центрирует поток электрического тока на части поверхности катушки, обращенной к открытой стороне зазора, и обеспечивает траекторию возврата с низким магнитным сопротивлением для непосредственно генерируемого магнитного поля, которое простирается через открытую сторону зазора.

Немагнитный проводник выполнен по форме-так, чтобы соответствовать конической форме зазора с тем, чтобы увеличить магнитное давление на расплавленный металл в соответствии с увеличением статического давления (т.е. глубины) расплавленного металла в зазоре. В некоторых вариантах проводник и часть поверхности катушки, обращенная к открытой стороне зазора, совпадают, т.е. они являются одним и тем же.

На фиг. 1 показан вариант устройства настоящего изобретения, взаимодействующего с двумя валками установки для непрерывной отливки полосы, вид в плане; на фиг. 2 - вид с торца устройства и валков, показанных на фиг. 1; на фиг. 3 - то же, вид сбоку; на фиг. 4 - перспективное изображение в разобранном виде устройства; на фиг. 5 - перспективный вид устройства со всеми его компонентами, собранными вместе; на фиг. 6 - вид с переднего торца катушки из одного витка, образующей один компонент устройства; на фиг. 7 - вид сбоку катушки, показанной на фиг. 6; на фиг. 8 - вид в плане магнитной крышки, составляющей другой компонент устройства; на фиг. 9* - вид спереди с торца магнитной крышки, представленной на фиг. 8; на фиг. 10 - вид в плане проводящего экрана, составляющего еще один компонент устройства; на фиг. 11 - то же, вид спереди; на фиг. 12 - в увеличенном масштабе вид спереди с торца устройства; на фиг. 13 - в увеличенном масштабе вид в плане устройства; на фиг. 14 - вид в увеличенном масштабе, фрагментально, в сечении А-А на фиг. 12, показывающий магнитное поле, генерируемое устройством возле верха зазора между валками; на фиг. 15 - сечение В-В на фиг. 12, показывающий магнитное поле, генерируемое устройством у основания зазора; на фиг. 16 - вид спереди с торца другого варианта устройства; на фиг. 17 - сечение С-С на фиг. 16; на фиг. 18 - сечение D-D на фиг. 16; на фиг. 19 - вид спереди с торца одного компонента варианта, показанного на фиг. 16; на фиг. 20 - вид в плане компонента, показанного на фиг. 19; на фиг. 21 - вид спереди с торца другого

компонента варианта с фиг. 16; на фиг. 22 - вид в плане компонента с фиг. 21; на фиг. 23 - вид в сечении, выполненном по линии D-D на фиг. 16; на фиг. 24 - 5 перспективный вид варианта с фиг. 1 во взаимодействии с шинами и охлаждающими трубопроводами; на фиг. 25 - перспективное изображение в разобранном виде другого варианта устройства настоящего изобретения; на фиг. 26 - перспективный вид устройства со своими компонентами, собранными вместе.

Обратимся к фиг. 1-3, 12 и 13, на которых показано устройство магнитного 15 удержания 1, выполненное в соответствии с настоящим изобретением. Устройство 1 использует эффект близости для предотвращения выхода расплавленного металла через открытую сторону 2 вертикально идущего зазора 3, образованного между двумя 20 горизонтально удаленными друг от друга металлическими валками 4, 5 установками для непрерывного литья полосы. Валки 4 и 5 вращаются в соответствующих противоположных направлениях вокруг соответствующих осей 6 и 7. Расплавленный металл обычно находится в зазоре 3. Валки 4 и 5 охлаждаются обычным способом, который здесь не описывается, и по мере 25 его прохождения вертикально вниз через зазор 3 расплавленный металл охлаждается и затвердевает в металлическую полосу 8 (фиг. 12), опускающуюся вниз из узкой части зазора 3. Однако для устройства 1 расплавленный металл в зазоре 3 будет вытекать через открытую сторону 2 последнего. Хотя на чертежах показаны только одна открытая 30 сторона зазора 3 и одно устройство 1, однако, Должно быть понятно, что имеются одна открытая сторона на каждом открытом конце зазора 3 и устройство 1 на каждом открытом конце.

Устройство 1 содержит проводящую 45 ток катушку 9, установленную рядом с открытой стороной 2 зазора 3 и имеющую поверхностную часть, обращенную к открытой стороне 2. Переменный ток проходит через катушку 9, как будет описано 50 ниже, и она непосредственно генерирует горизонтальное магнитное поле, которое из-за близости катушки 9 к открытой-стороне 2 простирается от обращенной стороны катушки через открытую сторону 2 зазора 3 к расплавленному металлу в зазоре. Катушка 9 достаточно близко расположена к открытой стороне 2, в результате чего непосредственно генерируемое 55 горизонтальное магнитное поле имеет напряженность, достаточную для приложения

удерживающего давления к расплавленному металлу в зазоре 3. Устройство 1 содержит конструкцию, которая будет описана более подробно ниже, для предотвращения рассеяния магнитного поля в направлении в сторону от открытой стороны 2 зазора 3. Эта конструкция ограничивает магнитное поле, генерируемое катушкой, по существу открытой стороной 2 зазора.

Как показано на фиг. 4-5, катушка 9 содержит один виток, обращенный к открытой стороне 2 зазора 3. Катушка 9 содержит две полукатушки 10 и 11, разделенные узким вертикальным пространством и проводящие соединения рядом с концом каждой из них с помощью соединительного элемента 12, расположенного в основании катушки 9. Каждая полукатушка 10 и 11 установлена вертикально и имеет соответствующую вертикально расположенную переднюю стенку 13, 14, обращенную к открытой стороне 2 зазора 3. Две передние стенки 13, 14 вместе образуют немагнитный электрический проводник, который находится в электропроводящей связи с катушкой 9 и обращен к открытой стороне 2 зазора 3 и достаточно приближен к открытой стороне 2, чтобы ограничивать магнитный поток, генерируемый катушкой 9 в основном открытой стороной 2. Как показано на фиг. 6, проводник, образованный передними стенками 13, 14, занимает по существу всю зону между верхней и нижней частями 15, 16 катушки 9, за исключением узкого вертикального пространства 17.

Каждая передняя стенка 13, 14 полукатушек 10, 11 имеет ширину, которая сужается вниз вдоль вертикального размера полукатушки в соответствии и сужением ширины открытой стороны 2 зазора 3 (фиг. 4, 6 и 12). Другими словами, проводник, образованный передними стенками 13, 14, имеет форму, соответствующую по существу идущей на конус форме открытой стороны 2 зазора 3. Плотность тока и интенсивность магнитного поля на передней стенке 13, 14 определяются общим током на стенке, деленным на ширину стенки. Когда ширина уменьшается, то плотность тока и интенсивность магнитного поля увеличиваются. Следовательно, когда ток заданной величины проходит через катушку 9, то плотность тока на передних стенках 13, 14 увеличивается в нижнем направлении при уменьшении ширины передних стенок. Статическое давление, создаваемое расплавленным металлом в зазоре 3, увеличивается с уве-

личением глубины. Однако, увеличивающаяся плотность тока обуславливает увеличенную напряженность магнитного поля и повышенное магнитное давление. В результате этого форма проводника, образованного передними стенками 13, 14, обуславливает увеличение магнитного давления, связанного с магнитным полем, генерируемым катушкой 9, тем самым компенсируя повышенное статическое давление, создаваемое расплавленным металлом в зазоре 3,

Проводник, образованный передними стенками 13, 14, показан на чертежах, как имеющий дугообразную, идущую на конус сужающуюся вниз форму. Может использоваться также треугольная или линейная сужающаяся вниз форма.

Каждая полукатушка 10, 11 имеет в дополнение к соответствующим передним стенкам 13, 14 соответствующие наружные стенки 18, 19, соответствующие внутренние стенки 20, 21 и соответствующие задние стенки 22, 23 (фиг. 14).

С катушкой 9 взаимодействуют два элемента, состоящие из магнитного материала, для концентрации тока, проходящего через катушку 9 в передних стенках 13, 14 ее, и создания обратной траектории с низким магнитным сопротивлением для магнитного поля, создаваемого катушкой 9 и проходящего через открытую сторону 2 зазора 3. Имеется вертикально установленный по существу плоский первый магнитный элемент 24 (фиг. 14-15), который располагается в плоскости, параллельной оси валков 4, 5 и имеет две противолежащие боковые поверхности 25, 26 (фиг. 15). Каждая вертикально установленная полукатушка 10, 11 расположена рядом с соответствующей противолежащей боковой поверхностью 25, 26 первого магнитного элемента 24 и электрически изолирована от них с помощью тонкого слоя электроизоляционного материала (не показан). Первый магнитный элемент 24 имеет переднюю кромку 27, обращенную к открытой стороне 2 зазора 3 по существу в таком же близком приближении к ней, как и передние стенки 13, 14 полукатушек 10, 11. Первый магнитный элемент 24 имеет также заднюю кромку 28, по существу упирающуюся в заднюю стенку 29 второго магнитного элемента 30.

Второй магнитный элемент 30 частично окружает катушку 9. В частности, второй магнитный элемент 30 имеет заднюю стенку 29, закрывающую задние стенки 22, 23 двух полукатушек 10, 11 и элект-

рически изолированную от них с помощью тонкого слоя из электроизолирующего материала (не показан). Второй магнитный элемент 30 также имеет удаленные друг от друга боковые стенки 31, 32, каждая из которых окружает и близко следует контуру соответствующих наружных стенок 18, 19 соответствующих полукатушек 10, 11 и электрически изолирована от них с помощью тонкого слоя из электроизолирующего материала (не показан). Каждая боковая стенка 31, 32 второго магнитного элемента 30 имеет передний конец 33, 34 (фиг. 4-5), обращенный к соответствующим вращающимся валкам 4, 5 рядом с периферийной боковой кромкой 8, 35 вала (фиг. 12-13).

Первый 24 и второй 30 магнитные элементы содержат конструкции, которые взаимодействуют для создания магнитного поля с траекторией, обратной траектории горизонтального магнитного поля с нижним магнитным сопротивлением для непосредственно генерируемого магнитного поля с помощью катушки 9, простирающегося через открытую сторону 2 зазора 3.

В дополнение к компонентам, описанным выше, устройство 1 содержит также экран 26, изготовленный из немагнитного проводящего материала, экран 26 частично закрывает второй магнитный элемент 30 способом, описываемым ниже, и предотвращает образование магнитного поля снаружи и за вторым магнитным элементом 30. Другими словами, экран 35 ограничивает часть непосредственно генерируемого магнитного поля, которая находится вне обратной траектории с низшим магнитным сопротивлением, по существу пространством, образованным с одной стороны передними стенками 13, 14 катушки и, с другой стороны, расплавленным металлом в зазоре 3.

Экран 36 содержит заднюю часть 37, окружающую заднюю стенку 28 второго магнитного элемента 30 сзади и электрически изолированную от нее с помощью тонкого слоя изолирующего материала (не показан). Экран 36 также включает две боковые части 38, 39, каждая из которых окружена соответствующей боковой стенкой 31, 32 второго магнитного элемента 30 и снаружи электрически изолирована от нее с помощью тонкого слоя из электроизолирующего материала (не показан).

Каждая боковая часть 38, 39 экрана 36 имеет внутреннюю поверхность, которая близко располагается от соседних боковых стенок 31, 32 второго магнитного

элемента 30 и следует за контуром соседней боковой стенки. Задняя часть 37 имеет внутреннюю поверхность, близко расположенную относительно задней стенки 29 второго магнитного элемента 30.

Экран 36 имеет внутреннюю полость 40, 41 на фиг. 11, образующую проход, через который охлаждающая жидкость может циркулировать через впускное и выпускное отверстия (не показаны).

Как показано на фиг. 4-5 и 14-15, устройство 1 содержит также огнеупорный элемент 42, покрывающий переднюю кромку 27 первого магнитного элемента 24 и передние стенки 13, 14 полукатушек 10, 11. Огнеупорный элемент 42 имеет две противоположные боковые кромки 43, 44, каждая из которых упирается в соответствующую боковую стенку 31, 32 второго магнитного элемента 30. Огнеупорный элемент 42 имеет также вертикально расположенную наружную поверхность 45, которая располагается по существу в той же плоскости, что и передние кромки 33, 34 боковых стенок 31, 32 второго магнитного элемента 30.

Огнеупорный элемент 42 покрывает ту часть передних стенок 13, 14 катушки, которая в противном случае была бы открыта для расплавленного металла в зазоре 3. В представленном варианте огнеупорный элемент 42 не покрывает передние концы 33, 34 боковых стенок 31, 32 второго магнитного элемента 30.

Как отмечалось выше, первый магнитный элемент 24 электрически изолирован от двух полукатушек 10, 11, а второй магнитный элемент 30 электрически изолирован от полукатушек 13, 14 и экрана 36. В качестве изолирующих средств можно использовать имеющиеся в продаже электроизоляционные ленты, которые обертываются вокруг магнитных элементов 24 и 30. Лента должна быть температуростойкой изолирующей пленкой, способной выдерживать температуры до 177°C при максимальной толщине порядка 0,127 мм.

Катушка 9 состоит из высокопроводимого материала например, меди или медных сплавов. Каждая полукатушка 10, 11 имеет внутреннюю полость, образующую проход, через который охлаждающая жидкость может циркулировать и это будет более подробно описано ниже. Как показано на фиг. 12, первый магнитный элемент имеет нижнюю часть 46, находящуюся по существу на том же вертикальном уровне, что и самая узкая часть открытой стороны зазора 3. Нижняя часть

зазора 46 состоит из большого числа горизонтально расположенных вертикально уложенных полос текстурированной кремнистой стали, обычного магнитного материала. Верхняя часть первого магнитного элемента 24 может состоять из такого же материала, хотя слоистые полосы из кремнистой стали не обязательно должны располагаться горизонтально, а могут устанавливаться вертикально.

Горизонтально расположенные полосы из кремнистой стали используются на нижней части 46 первого магнитного элемента, так они создают меньшие потери сердечника, чем это делают вертикально установленные полосы. Ни феррит, ни порошковое железо не должны использоваться для нижней части 46 магнитного элемента 24, так как уровни насыщения этих двух материалов значительно меньше, чем уровни насыщения структурированной кремнистой стали. Однако, феррит и порошкообразное железо могут использоваться на самой верхней части магнитного элемента, где магнитная индукция и результирующая магнитная индукция, которые увеличиваются с увеличением глубины расплавленного металла, являются относительно низкими и могут взаимодействовать с материалами, имеющими относительно низкие уровни насыщения. Там, где глубина расплавленного металла является максимальной, то магнитная индукция и результирующая плотность потока являются максимальными и требуют использования материала, имеющего относительно высокий уровень насыщения, в частности, структурированной кремнистой стали.

Второй магнитный элемент 30 может состоять из любого материала, использовавшегося до сих пор в качестве магнитного материала для электромагнитов. В дополнение к слоистым полосам из кремнистой стали второй магнитный элемент 30 может состоять из прессованного ферритного порошка или прессованного железного порошка. Если на втором магнитном элементе 30 используются слоистые полосы из кремнистой стали, то слоистости могут располагаться или горизонтально, или вертикально, при этом последнее является более предпочтительнее.

Огнеупорный элемент 42 состоит из керамического материала, например, азотистого бора или материала, известного, как "Duraboard" TM 3000 или 3300, окиси алюминия с низкой плотностью, изготавливаемого фирмой Carborundum Corporation, Керамический материал, из

которого изготовлен огнеупорный элемент 42, должен обладать достаточной температурной стойкостью для защиты катушки 9, если произойдет неисправность с электромагнитом, которая повлечет за собой прекращение действия магнитного поля. В таком случае, конечно, расплавленный металл в зазоре 3 будет стремиться наружу через открытую сторону 2 зазора 3 к катушке 9, за собой огнеупорный элемент 42 защитит катушку 9, если это произойдет. Огнеупорный элемент 42 зажат между передними концами 33, 34 второго магнитного элемента 30 и приклеен к передним стенкам 13, 14 полукатушек 10, 11, используя для этих целей высокотемпературный эпоксидный клей, например. Валки 4, 3 предпочтительно изготавливаются из обладающего высокой проводимостью сплава на медной основе, состоящего главным образом из бескислородной меди и который может содержать небольшие количества серебра {0,07-0,12 весовых процентов) и фосфора (порядка 0,02 весовых %) для сопротивления царапанию.

Для размещения катушки 9 как можно ближе к открытому концу 2 зазора 3, устройство 1 предпочтительно почти упирается в концы валков 4, 5, в результате чего между последними и устройством 1 остается очень небольшой зазор.

Устройство 1 удерживается в требуемом позиционном отношении с валками 4, 5 с помощью конструкции, показанной на фиг. 24, которая также выполняет функции шин для пропуска электрического тока к катушке 9 и трубопроводов для циркулирования охлаждающей жидкости в катушку 9 и из нее.

Как показано на фиг. 24, над катушкой 9 установлены два металлических проводящих элемента 47, 48, соединенных электрически и конструктивно с полукатушками 10, 11 соответственно. На конце каждого элемента 47, 48, удаленном от катушки 9, расположен соответствующий фланец 49, 50, который механически соединен с несущей конструкцией (не показана) и электрически соединен с источником переменного тока (не показан). Элемент 47, механически и электрически соединяющийся с полукатушкой 10, является проводящей металлической пластиной 51, располагающейся сверху на полукатушке 10. Для механического соединения пластины 51 с полукатушкой 10 используются обычные механические крепления. Пластина, аналогичная пластине 51, соединяет элемент 51 с полукатушкой 11. Эта пласт-

тина не показана на фиг. 24, но она горизонтально удалена в сторону от пластины 51 / соединяющей элемент 47 с полукатушкой ТО. Элементы 47, 48 также горизонтально удалены друг от друга. Элементы 47, 48 и пластина 51 могут изготавливаться из того же материала, что и катушка 9.

Ток проходит через элемент 47 и пластину 51 к полукатушке 10, затем через соединяющий элемент 52 и полукатушку 11 к их пластине (не показана) сверху на полукатушке 11 и затем через элемент 48. Соединяющий элемент 52 на фиг. 24 расположен ниже катушки 9, а не сзади нее, как в случае с соединяющим элементом 12 на фиг. 4-7.

Элемент 48 является зеркальным отражением элемента 47, а полукатушка 11 является зеркальным отражением полукатушки 10. Поэтому, последующее обсуждение будет проводиться в отношении элемента 47, однако, элемент 48 имеет аналогичные признаки, поскольку они являются зеркальным отражением признаков элемента 47.

Рядом с элементом 47 расположен впускной трубопровод 53, сообщающийся с верхней частью распределителя 54, удаленной от нижней части 55 распределителя с помощью горизонтально расположенной внутренней перегородки, не показанной на фиг. 24. Верхняя часть 54 распределителя сообщается с вертикальным трубопроводом 56, который сообщается с впускным отверстием 57 наверху полукатушки (фиг. 8). Впускное отверстие 57 сообщается с наклонным впускным каналом 58, по которому подается охлаждающая жидкость. Наклонный направляющий элемент 59 внутри катушки направляет поступающую жидкость сначала вдоль стороны внутренней полости полукатушки, а затем вдоль ее стороны. Охлаждающая жидкость циркулирует через полукатушку и удаляется из нее через вертикальный выпускной канал, сообщающийся с выпускным отверстием 60, соединенным с частью 55 распределителя, который в свою очередь сообщается с выпускным трубопроводом 61, расположенным вдоль стенок элемента 47. Хотя на фиг. 6 элементы 57-61 показаны во взаимодействии с полукатушкой 14, однако, аналогичные элементы будут у полукатушки 13, как зеркальное отражение.

Охлаждающая жидкость поступает во впускной трубопровод 53 на элемент 47 через впускной патрубок 62, соединенный с источником охлаждающей жидкости (не

показан), а удаляется из выпускного трубопровода 61 через выпускной патрубок 63. Охлаждающие жидкости, циркулирующие через катушку, могут быть, например, очень чистой с низкой проводимостью охлаждающей водой.

Охлаждающая жидкость, циркулирующая через соединяющий элемент 12 катушки 9 (фиг. 2-7), отделена от охлаждающей жидкости, циркулирующей через каждую полукатушку 10, 11. Охлаждающая жидкость подается в и удаляется из соединяющего элемента 12 через впускной и выпускной трубопроводы 64, 65 соответственно (фиг. 1 и 3). Аналогично, охлаждающая жидкость, циркулирующая через соединяющий элемент 52, изолирована от охлаждающей жидкости, циркулирующей через каждую полукатушку 10, 11. В варианте, показанном на фиг. 24, охлаждающая жидкость подается в соединяющий элемент 52 через впуск 66, а удаляется из соединяющего элемента 67 через выпускное отверстие (не показано) на противоположной стороне соединяющего элемента 52 от впуска 66.

В варианте на фиг. 24 ток поступает и покидает полукатушки 10, 11 через элементы 47, 48, установленные сверху катушки 9. В альтернативном варианте шины могут устанавливаться в основание каждой полукатушки 10, 11, а не наверху. В таком альтернативном варианте соединяющий элемент 12 или 52 будет располагаться наверху катушки, а не внизу.

Как отмечалось выше, боковые части 38, 39 экрана 36 имеют внутреннюю поверхность, соответствующую и близко следующей за наружной поверхностью боковых стенок 31, 32 второго магнитного элемента 30 (фиг. 5). Охлаждающая жидкость циркулирует через полую внутреннюю полость 40, 41 экрана 36 (фиг. 11) для охлаждения экрана и участия охлаждения второго магнитного элемента 30.

Хотя боковые части 38, 39 экрана 36 показаны с вертикальными наружными поверхностями (фиг. 4, 11), однако, эти наружные поверхности могут быть изогнуты внутрь сверху до низу так же, как это сделано с внутренними поверхностями боковых частей 38, 39. В таком случае форма экрана 36 будет напоминать форму второго магнитного элемента 30 (фиг. 4, 5). Однако, безразлично какой вариант используется для экрана 36, важно только то, чтобы внутренние поверхности боковых частей 38, 39 соответствовали и плотно следовали за наружными поверхностями боковых стенок 31, 32 второго

магнитного элемента 30, и чтобы внутренняя поверхность боковых стенок 31, 32 второго магнитного элемента 30, и чтобы внутренние поверхности боковых стенок 31, 32 второго магнитного элемента 30 соответствовали и плотно следовали за наружными поверхностями наружных стенок 18, 19 полукатушек 10, 11.

Обратимся теперь к фиг. 14 и 15, на которых показано магнитное поле, генерируемое катушкой в верхней и нижней областях, обозначенных линиями сечения 68 и 69 соответственно на фиг. 12. Магнитное поле входит в магнитные элементы, например, 24 и 30, и покидает их под прямыми углами к поверхности материала. Магнитное поле в основном параллельно или касательно к поверхности, состоящей из немагнитного проводящего материала, например, передней стенке катушки 9 и валкам 4, 5. Расплавленный металл, удерживаемый в зазоре 3, обозначен позицией 70 на фиг. 14 и 15, а наружная граница расплавленного металла 70 на открытой стороне 2 зазора 3 обозначена позицией 71 на фиг. 14.

Как отмечалось выше, каждый валок 4, 5 имеет периферийную боковую кромку 8, 9, образующую кромку 2 зазора 1. Рядом с каждой боковой кромкой расположена боковая кромочная часть, например, боковая часть 72 рядом с периферийной боковой кромкой. Аналогично, каждая передняя стенка 13, 14 на полукатушке 10, 11 имеет соответствующую наружную кромку 73, каждая из которых горизонтально удалена от другой, и имеется также наружная кромочная часть 74, 75, расположенная рядом с каждой наружной кромкой 73, 76 соответственно.

Как показано на фиг. 12, горизонтальное пространство между наружными кромками 73, 76 на передних стенках 13, 14 полукатушки больше, чем горизонтальное расстояние между двумя периферийными боковыми кромками 8, 35, образующими открытую сторону 2 зазора 3 и одновременно вертикально расположенные вдоль зазора 3. Как показано на фиг. 14-15, каждая наружная кромочная часть 74, 75 на соответствующей передней стенке 13, 14 катушки удалена в осевом направлении в сторону от соответствующей боковой кромочной части, например, 72 на валке 5, для образования узкого пространства 77 между ними.

Как показано на фиг. 14 и 15, наружная кромочная часть 74 на передней стенке 13 полукатушки 10 и боковая кромочная часть 72 валка 5 взаимодействуют

для обеспечения повышенной магнитной индукции в магнитном поле в пространстве 77 по сравнению с магнитной индукцией магнитного поля, проходящего через открытую сторону 2 зазора 3. Причина этого будет рассмотрена ниже. Возросшая магнитная индукция увеличивает магнитное давление в пространстве 77 по сравнению с магнитным давлением на открытой стороне 3 зазора 3, тем самым предотвращая вытекание расплавленного металла вбок наружу через пространство 77. Глубина проникновения магнитного поля в немагнитный проводник, например, расплавленный металл 70 или переднюю стенку 13 полукатушки 10 или валок 5 является обратно пропорциональной корню квадрату из произведения магнитной проницаемости и проводимости проводящего материала. Медь или медные сплавы, из которых состоят передняя стенка 13 полукатушки и валок 5, гораздо меньше проницаемы для магнитного поля, чем расплавленная сталь. В результате магнитное поле и магнитная индукция больше концентрируются в пространстве 77 между периферийной кромочной частью 72 валка 5 и наружной кромочной частью 74 передней стенки 13 полукатушки, чем между передней стенкой 13 и наружной границей 71 на расплавленном металле 70, когда расплавленным металлом является сталь.

Магнитное давление, создаваемое магнитным полем, пропорционально квадрату магнитной индукции, которая, в свою очередь, определяется площадью поперечного сечения магнитного потока. Поскольку магнитное поле сжимается в пространстве 77, то площадь поперечного сечения магнитного потока в пространстве 77 меньше, чем площадь поперечного сечения потока в пространстве между катушкой 9 и расплавленным металлом. В результате этого плотность магнитного потока в пространстве 77 увеличивается по сравнению с плотностью магнитного потока между катушкой 9 и расплавленным металлом 70, тем самым увеличивая магнитное давление в пространстве 77 по сравнению с магнитным давлением между катушкой 9 и расплавленным металлом 70.

Глубина проникновения магнитного поля также обратно пропорциональна угловой частоте переменного тока. При частоте в 3000 Гц относительные проникновения магнитного поля в расплавленную сталь и медь составляет порядка $10,9 \sqrt{1,2 \text{ мм}}$ соответственно. Обычно рабочая

частота катушки 90 составляет 3000 Гц. Если частота слишком низкая, чем приведенная, то в расплавленном металле могут создаваться вспомогательные рециркулирующие потоки, что является нежелательным. Чем выше частота, тем большее количество тепла выделяется катушкой, а это, в свою очередь, требует повышенного охлаждения. Используемая частота не может быть больше, чем имеющаяся производительность охлаждения.

Магнитное давление прямо против передней кромки 27 первого магнитного элемента 47 меньше, чем магнитное давление в других местах вдоль открытой стороны 2 зазора 3 из-за направленности магнитного поля в противоположную сторону от передней кромки 47 (фиг. 14). В результате этого граница 71 расплавленного металла выступает дальше наружу в сторону катушки 9 вместе непосредственно против первого магнитного элемента 24.

Чем меньше ширина первого магнитного элемента 24, тем меньшее растягивание магнитного поля будет происходить непосредственно перед первым магнитным элементом 24, создавая меньшее понижение магнитного давления там. Если первый магнитный элемент 24 является относительно широким, то расплавленный металл 70 может касаться огнеупорного элемента 42 впереди первого магнитного элемента 24, возможно вызывая затвердевание расплавленного металла там. Если первый магнитный элемент 24 является относительно узким, то магнитное поле будет достаточно концентрироваться перед первым магнитным элементом 24 для предотвращения контактирования расплавленного металла с огнеупорным элементом 42 в этом месте. Первый огнеупорный элемент 24 может быть такой же узкий, как 0,508 мм и такой же широкий, как разделение между валками 4, 5 в самой узкой части зазора 3 (2,54 - 6,35 мм).

На фиг. 15, показывающем магнитное поле по существу в самой узкой части зазора 3, магнитное поле прямо перед первым магнитным элементом 24 будет достаточно высоким, чтобы предотвратить контактирование расплавленной стали с огнеупорным элементом 42 в этом месте. Повышенное магнитное давление на вертикальной проекции, показанной на фиг. 15, обусловлено меньшей длиной линий магнитной индукции на этой проекции и более близким расположением к передней кромке 27 первого магнитного эле-

мента 24 пространства 77, в котором магнитное поле сужается для увеличения плотности его потока.

Первый магнитный элемент 24 не обязательно должен иметь одинаковую ширину вдоль своего вертикального размера. Однако, если ширина первого магнитного элемента 24 изменяется, то минимальная ширина должна быть в его основании.

На фиг. 16-23 позицией 78 (фиг. 16 - 17 и 23) обозначено в целом устройство, выполненное в соответствии с другим вариантом изобретения.

Устройство 78 содержит токопроводящую катушку 79, имеющую большое число вертикально расположенных витков 80, которые обернуты в круг вертикально установленного магнитного элемента 81.

Каждый виток 80 катушки содержит вертикально расположенную переднюю часть 82, обращенную к открытой стороне 2 зазора 3. Переменный ток проходит через катушку 79 и это непосредственно генерирует горизонтальное магнитное поле, которое из-за близости катушки 79 к открытой стороне 2, вынуждает магнитное поле простираться, от передних частей 82 витков 80 катушки через открытую сторону 2 зазора 3 к расплавленному металлу в зазоре и с достаточным усилием прикладывать к нему удерживающее давление.

За исключением витка 80 катушки, расположенного дальше влево, как показано на фиг. 23, каждый виток 80 катушки имеет верхнюю часть 83, соединенную с передней частью 82 этого витка, нижнюю часть 84, соединенную с низом передней части 82 витка катушки, и заднюю часть 85, соединяющую нижнюю часть 84 витка 80 катушки с верхней частью 83 соседнего витка 89 катушки (фиг. 17). Виток катушки, находящийся дальше налево, как показано на фиг. 23, не содержит задней части. Вместо этого нижняя часть 84 этого витка катушки сообщается с другой конструкцией, которая будет описана ниже.

Катушка 79 состоит из полый медной трубки, через которую циркулирует охлаждающая жидкость. Охлаждающая жидкость поступает в катушку 79 через впускной трубопровод 86, соединенный с верхней частью 83 витка 80, расположенного дальше направо, как показано на фиг. 23. Из катушки 79 охлаждающая жидкость выходит через выпускной трубопровод 87, соединенный с нижней частью 84 витка 80 катушки, расположенного дальше влево

на фиг. 23. Две шины 99, 89 электрически соединены соответственно с впускным 86 и выпускным 87 трубопроводами для прохождения переменного электрического тока через катушку 79.

Устройство 78 содержит конструкцию для предотвращения рассеяния магнитного поля в сторону от открытой стороны 2 зазора 3. Эта конструкция ограничивает магнитное поле, генерируемое катушкой 79 по существу открытой стороной 2 зазора. Как показано на фиг. 16 - 18 и 23, к каждой передней части 82 соответствующего витка 80 катушки проводящей прикреплена вертикально расположенная металлическая полоса 90, изготовленная, например из меди, и образующая немагнитный проводник, которая обращена к открытой стороне 2 зазора 3.

Как показано на фиг. 16, каждая металлическая полоса 90 имеет ширину, сужающуюся вниз вдоль вертикального ее размера в соответствии с сужением ширины открытой стороны 2 зазора 3, в результате чего, когда ток проходит через катушку 79 и полосы 90, то плотность тока в полосе увеличивается с уменьшением ширины полосы. Как отмечалось выше, статическое давление, создаваемое расплавленным металлом в зазоре 2, увеличивается с увеличением глубины. Однако, поскольку увеличенная плотность тока создает увеличенное магнитное давление, то форма проводника, образованного полосами 90, влечет за собой увеличение магнитного давления в соответствии с увеличением статического давления, создаваемого расплавленным металлом в зазоре 3.

Немагнитный проводник, образованный полосами 90 и расположенный между катушкой 79 и открытой стороной зазора, достаточно приближен к открытой стороне 2, чтобы ограничивать магнитное поле, генерируемое катушкой 79, в основном открытой стороной зазора. Как показано на фиг. 16 и 17, проводник, образованный полосой 90, занимает по существу всю зону перед катушкой между верхней и нижней частями 83 и 84 каждого витка 80 катушки.

Магнитный элемент 81 состоит из магнитного материала и взаимодействует с катушкой 79, чтобы совместно с ней создать обратную траекторию с низким магнитным сопротивлением для непосредственно генерированного магнитного поля, созданного катушкой 79 и простирающегося через открытую сторону 2 зазора 3. Как показано на фиг. 16 и 23, магнитный элемент 81 имеет переднюю поверхность

91, обращенную к открытой стороне 2 зазора 3. Каждая передняя часть 82 каждого витка 80 катушки расположена перед передней поверхностью 91 магнитного элемента 81. Каждая передняя часть 82 витка 80 катушки имеет две стороны 92, 93, каждая из которых закрыта полосою из магнитного материала 94, 95 соответственно (фиг. 18). Каждая полоса из магнитного материала 94, 95 располагается между передней поверхностью 91 магнитного элемента 81 и металлической полосой 90, прикрепленной к передней части 82 для концентрации электрического тока, проходящего через переднюю часть 82 витков, на металлической полосе 90. Между передней поверхностью 91 магнитного элемента 81 и передней частью * 82 витка 80 катушки расположена тонкая изоляционная пленка. Аналогично, тонкая пленка электроизоляционного материала расположена между каждой стороной 92, 93 передней части 82 и соответствующей магнитной полосой 94, 95 закрывающей стороны 92, 93 соответственно. Полосы 90 располагаются по существу в упор бок-о-бок разделенные тонкой пленкой из электроизоляционного материала. Последний, описанный в предшествовавшем параграфе, является таким же, который используется в устройстве 1, показанном на фиг. 1-15, для разделения катушки 9 от магнитных элементов 24 и 30.

Магнитный элемент 81 и магнитные полосы 94 могут состоять из того же магнитного материала, что и магнитные элементы 24 и 30 устройства 1.

Как показано на фиг. 18-20, магнитный элемент 81 в дополнение к передней поверхности 91 содержит заднюю поверхность 96 и две дугообразные сходящиеся вниз боковые стенки 97, 98, которые образуют форму элемента 81 в основном форме открытой стороне 2 зазора 3.

Магнитный элемент 81 имеет вырезанные части 99 (фиг. 19), расположенные рядом с каждой боковой стенкой 97, 98 и через которые проходят нижние части 84 витков 80 катушки. Верхние уасти 83 каждого витка 80 катушки простираются поверх магнитного элемента 81 (фиг. 17). Как показано на фиг. 17, передняя часть 82 каждого витка 80 катушки расположена перед передней поверхностью 91 магнитного элемента 81, а каждая задняя часть 85 витка катушки расположена за задней поверхностью 96 магнитного элемента 81 и простирается между нижней частью 84 этого витка из верхней части 83 соседнего витка 80 катушки.

Каждый виток 80 катушки имеет вертикальный размер, отличающийся от вертикального размера соседнего витка 80 катушки и по существу соответствующий размеру той части магнитного элемента 81, вокруг которой обернут виток. Каждая вертикально расположенная металлическая полоса 90 имеет по существу одинаковую вертикальную протяженность с передней частью 82 катушки, к которой проводяще крепится полоса 90. Каждая полоса 90 имеет две боковые кромки, а боковые кромки соседних полос 90 образуют с ними пространство, которое является незначительным (фиг. 16) и в котором располагается пленка из электроизоляционного материала для предотвращения электрического замыкания между соседними полосами.

Магнитный элемент 81 имеет ширину, которая изменяется в вертикальном направлении вдоль элемента 81, и соответствует по существу ширине открытой стороны 2-зазора 3 в той же горизонтальной плоскости. Магнитный элемент 81 окружен экраном 100, изготовленным из проводящего материала, например, меди (фиг. 13 - 17 и 23). Как показано на фиг. 21 - 23 экран содержит заднюю стенку 101 и две боковые стенки 102, 103. Задняя стенка 101 имеет вырез 104 для обеспечения прохождения через заднюю стенку 101 нижних частей 64 витков 80 катушки. Задняя стенка 101 экрана 100 плотно окружает заднюю поверхность 96 магнитного элемента 81 и отделена от него тонкой пленкой из электроизоляционного материала. Каждая боковая стенка 102, 103 экрана 100 имеет соответствующую сходящуюся вниз внутреннюю поверхность 105, 106, которая близко окружает соответствующую сходящуюся вниз боковую стенку 97, 98 магнитного элемента 81 и отделена от нее тонкой пленкой из электроизоляционного материала.

Экран 100 выполняет по существу ту же функцию в устройстве 78, что экран 36 в устройстве 1 на фиг. 1 - 15.

Как показано на фиг. 23, боковые стенки 97, 98 магнитного элемента 81 имеют передние кромки 107, 108 соответственно. Между этими боковыми стенками на их передних концах установлен огнеупорный элемент 109, выполняющий ту же функцию в устройстве 78, что и огнеупорный элемент 42 в устройстве 1, а именно, защищает катушку 79 и полосы 90 от расплавленного металла в зазоре 3, при этом огнеупорный элемент 42 рас-

положен между полосами 90 и открытой стороной 2 зазора 3.

Однако, дополнительно в устройстве 78 между огнеупорным элементом 109 и полосами 90 имеется пространство 110. Последнее содержит среду, через которую может пропускаться охлаждающий газ, например, от воздушного ножа 111, установленного для направления охлаждающего газа через пространство 110 (фиг. 17). Магнитное поле, генерируемое устройством 78, простирается горизонтально через открытую сторону 2 зазора 3 между передними концами 112, 113 боковых стенок 97, 98 на магнитном элементе 81. Имеется пространство 114 между концом 112 боковой стенки 97 и соседней периферийной боковой кромкой 8 валка 4, а также имеется аналогичное пространство 114 между концом 113 боковой стенки 98 и периферийной боковой кромкой 3 валка 5. Магнитное поле сжимается в пространствах 114, тем самым увеличивая плотность магнитного потока и магнитное давление в них по сравнению с теми, что существуют на открытой стороне 2 зазора 3. Это усиливает сопротивление выходу расплавленного металла через пространство 114.

На фиг. 25 - 26 позицией 115 обозначено устройство в целом, выполненное в соответствии с настоящим изобретением. Устройство 115 установлено рядом с открытой стороной 2 зазора 3, аналогично расположению устройства 1, при этом устройство 115 использует эффект близости для приложения удерживающего давления к расплавленному металлу в зазоре, аналогичному тому, как описано в отношении устройства 1, за исключением некоторых различий, рассматриваемых ниже.

Устройство 115 содержит катушку 115 с одним витком, из которой по существу состоят две полукатушки, содержащие переднюю полукатушку 117, нижний конец которой соединен с помощью закорачивающего элемента 118 с задней полукатушкой 119, выполняющей также роль экрана, как будет описано ниже.

Переменный ток движется от шины (не показана) вниз через переднюю полукатушку 117, затем через замыкающий накоротко элемент 118 к задней полукатушке 119, вверх через последнюю (служащую в качестве обратной траектории для тока) и затем из катушки 116 через другую шину (не показана), соединенную с полукатушкой 119.

Передняя полукатушка 117 имеет переднюю стенку 120, образующую перед-

ную поверхностную часть катушки 116, боковых стенок 121, 122 и задней стенки 123. Магнитный элемент плотно окружает заднюю стенку 123 полукатушки и боковые стенки 121, 122, аналогично тому, как магнитный элемент 30 (фиг. 4 - 5) окружает соответствующие стенки на катушке 9. Тонкий изоляционный слой (не показан) разделяет магнитный элемент 124 от стенок 121, 122, 123 полукатушки.

Конструкция, описанная в предыдущем параграфе, концентрирует ток, проходящий вниз через полукатушку 117, на ее передней поверхностной части 120.

Экран, образованный задней полукатушкой 119, имеет заднюю часть 125 и боковые части 126, 127, которые плотно окружают заднюю стенку 128 и боковые стенки 129, 130 на магнитном элементе 129. Тонкий изоляционный слой (не показан) отделяет части экрана от стенок магнитного элемента.

Катушка 116 непосредственно генерирует магнитное поле, которое располагается горизонтально и по существу равномерно через всю горизонтальную ширину передней поверхностной части 120 полукатушки 117 и через открытую сторону 2 зазора 3. Передняя поверхностная часть 120 является немагнитным электрическим проводником, обращенным к открытой стороне 2 зазора и расположенным достаточно близко к открытой стороне 2, чтобы ограничивать магнитное поле в основном открытой стороной зазора.

Магнитный элемент 124 генерирует магнитное поле с траекторией, обратной траектории горизонтального магнитного поля с низким магнитным сопротивлением для непосредственно генерируемого магнитного поля, которое простирается через открытую сторону зазора. Экран 119 ограничивает ту часть непосредственно генерируемого магнитного поля, которая находится снаружи поля с траекторией, обратной траектории горизонтального магнитного поля с низким магнитным сопротивлением, в основном пространством, образованным с одной стороны передней поверхностной частью 120 полукатушки 117, и с другой стороны расплавленным металлом в зазоре 3.

Огнеупорный элемент 131 взаимодействует с другими компонентами устройства 115 также, как огнеупорный элемент 42 взаимодействует с компонентами устройства 1. Огнеупорный элемент 115

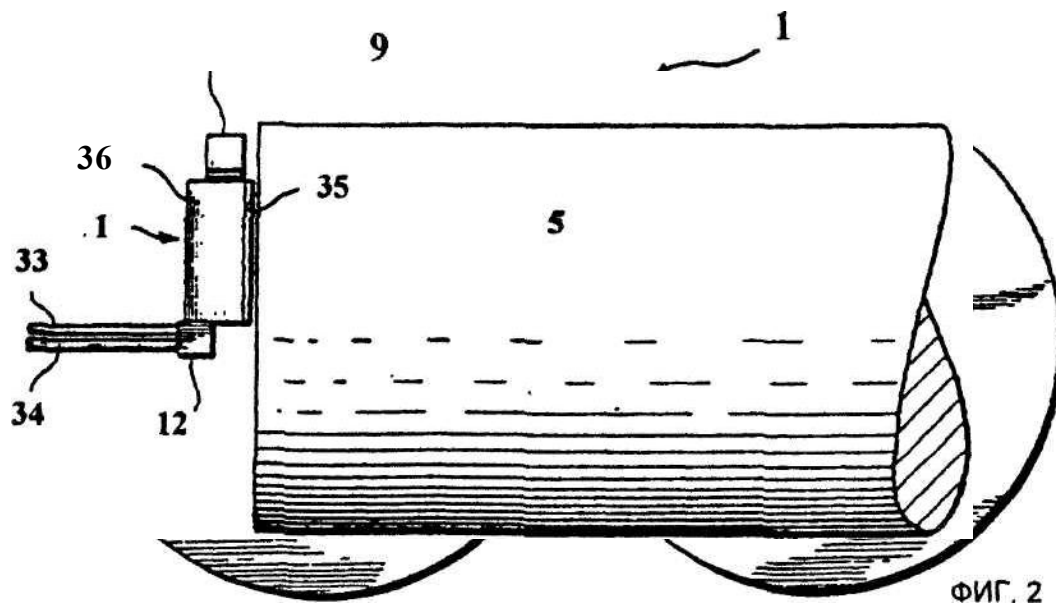
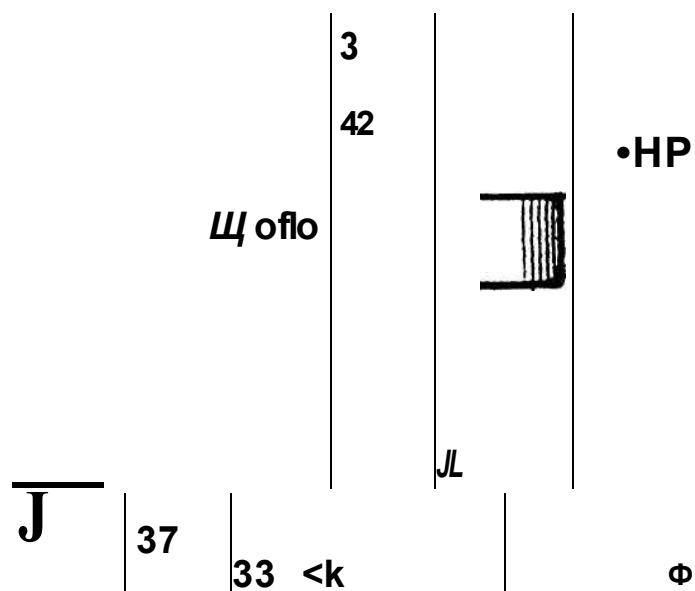
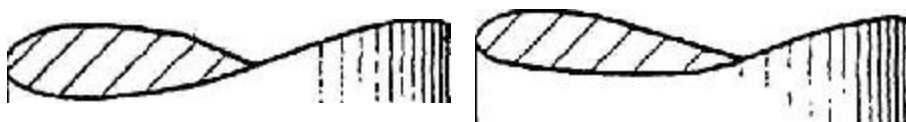
функционирует также как огнеупорный элемент 42.

Принципиальное отличие устройства 115 от устройства 1 состоит в том, что в устройстве 115 отсутствует зазор в горизонтальном магнитном поле, генерируемым устройством 1, образующийся в результате установки первого магнитного элемента 24 между полукатушками 10 и 11 (фиг. 14). Устройство 115 обеспечивает, магнитное поле, которое простирается полностью через переднюю поверхностную часть 120 катушки 116 и которое имеет более равномерную горизонтальную составляющую, чем магнитное поле, образованное устройством 1. Благодаря такой однородности магнитное поле будет стремиться проникнуть дальше в зазор 3, хотя устройство 115 требует вдвое больший поток тока, чем устройство 1*.

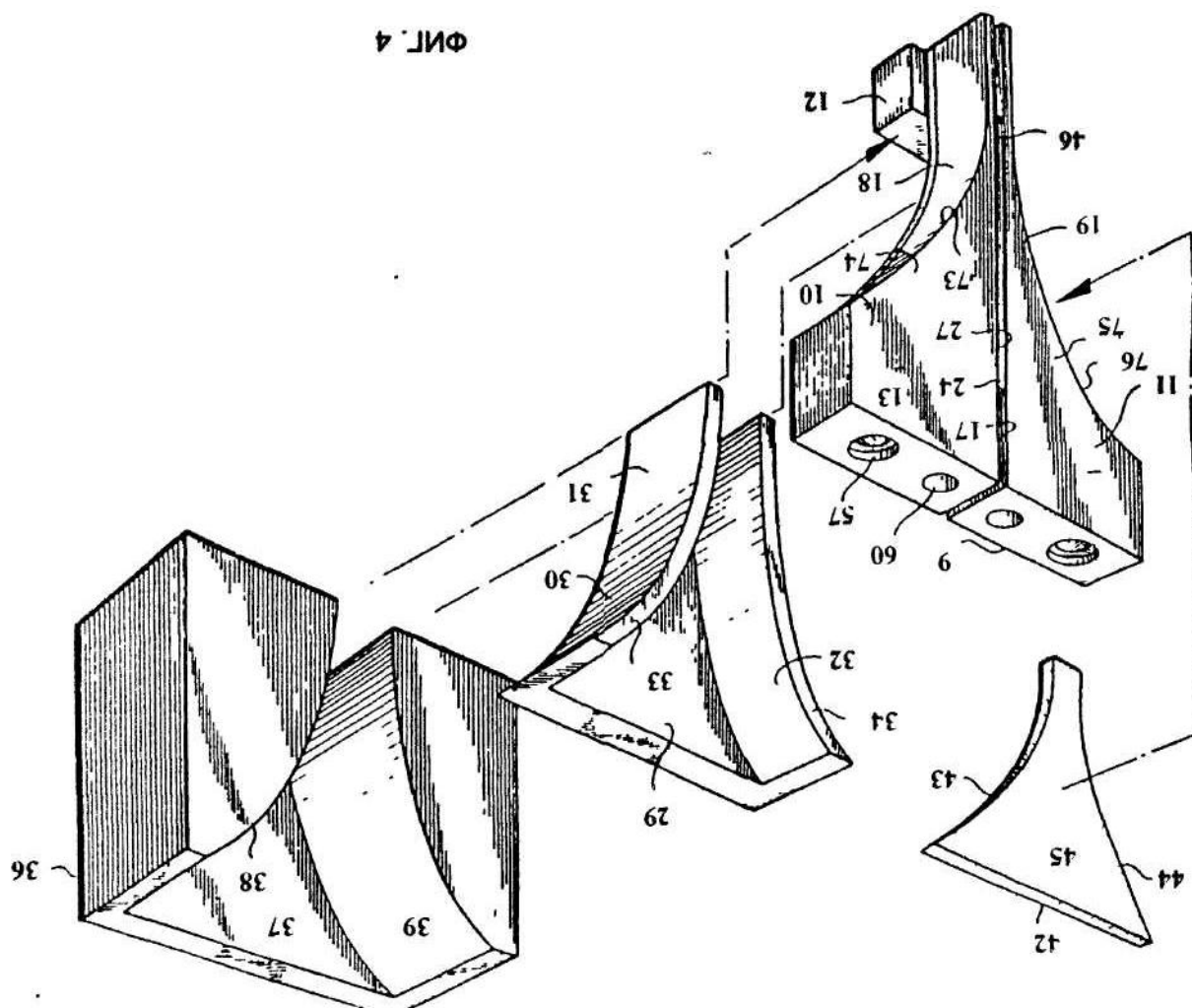
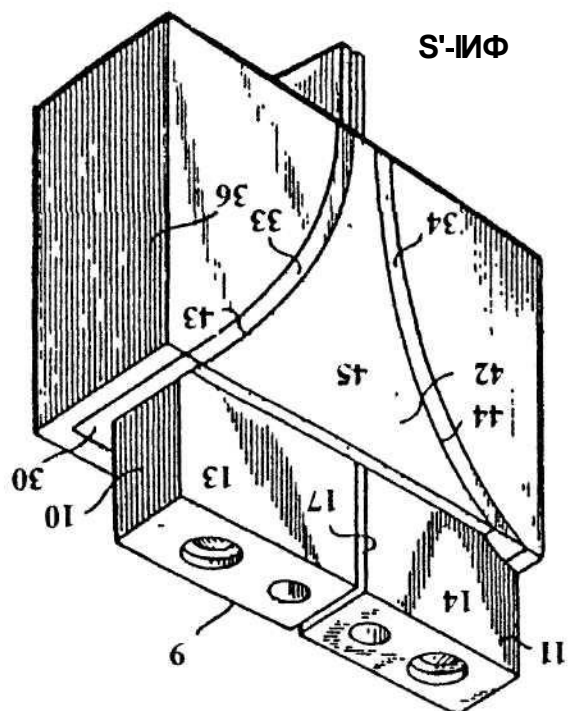
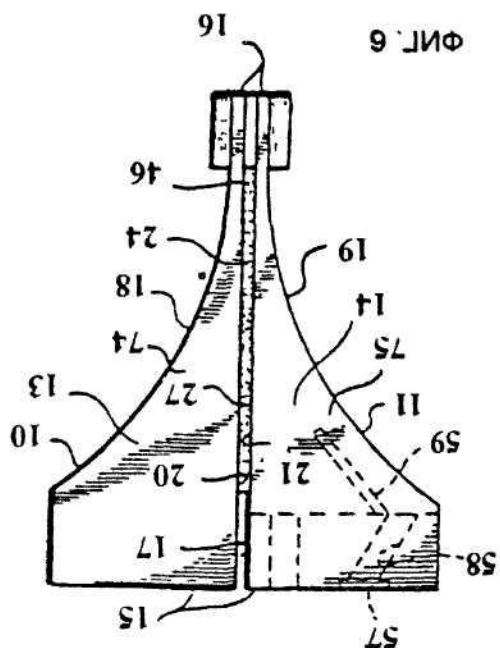
Полукатушка 117 имеет вертикальное удлинение 132 для крепления, например, в месте 133 к шине для подачи поступающего тока на полукатушку 117. Полукатушка 119 имеет верхнюю часть 134 для крепления, например, в месте 135, к шине для обратного потока тока от полукатушки 119. Детали 117, 118, 132 и 134 являются полыми. Охлаждающая жидкость циркулирует через полукатушки 117 и 119 через закорачивающий элемент 118, через удлинение 132 на полукатушке 117 и через верхнюю часть 134 на полукатушке 119. Соответствующие направляющие элементы и проходы для охлаждающей жидкости предусмотрены во всех компонентах или деталях, описанных в предыдущем параграфе, которые являются конструктивной целесообразностью, входящей в компетентность данной области.

Устройство 115 легче охлаждать, чем устройство 1, так как устройство 115 не использует магнитного элемента, как первый магнитный элемент 24, использующийся в устройстве 1. Первый магнитный элемент 24, состоящий из слоев железа и установленный в прорези между полукатушками 10 и 11, делает устройство 1 относительно более сложным для охлаждения.

Вышеприведенное подробное описание предназначено для лучшего понимания и не должно рассматриваться как ограничение, поскольку для специалиста будет понятно, что могут иметь места различные изменения и модификации.



ФИГ.3



15

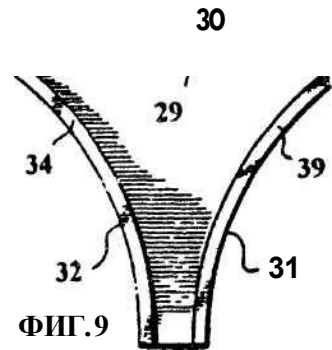
13

10"

ФИГ.7

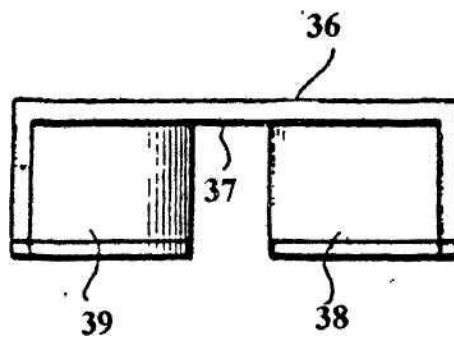


ФИГ.8

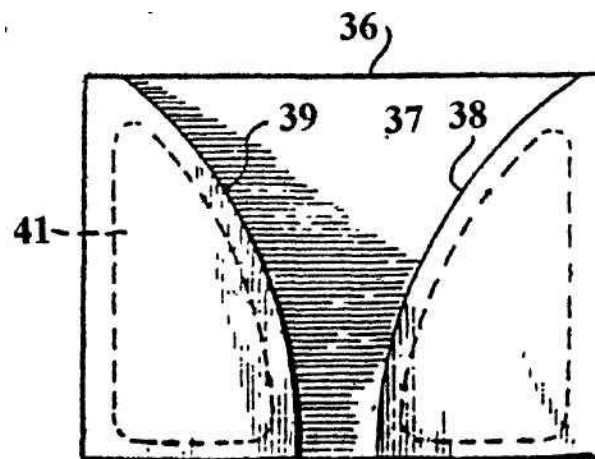


ФИГ.9

J

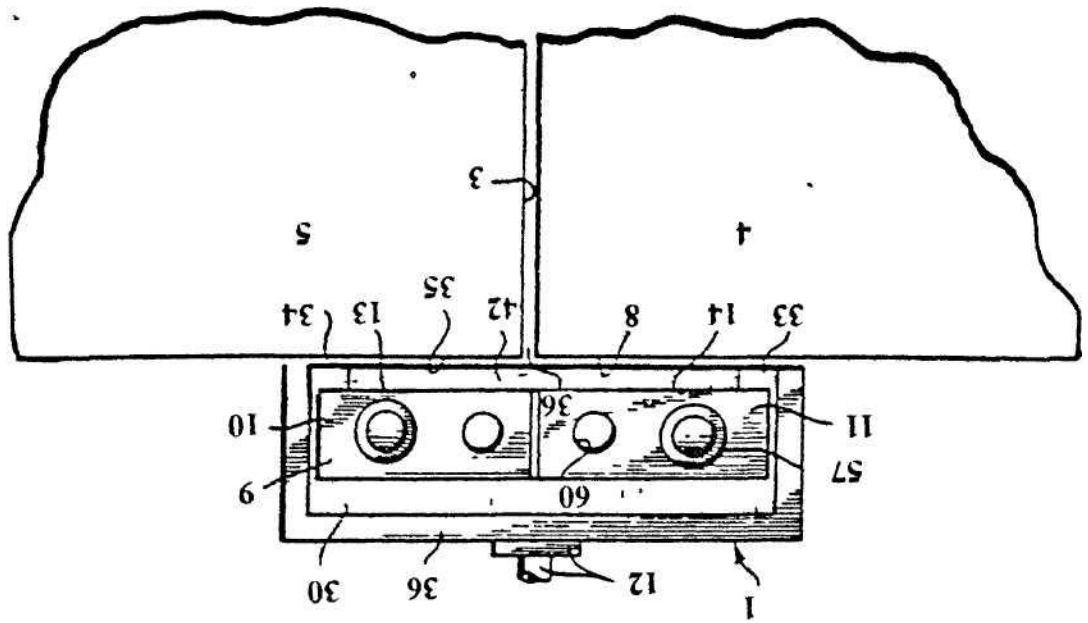


ФИГ.10

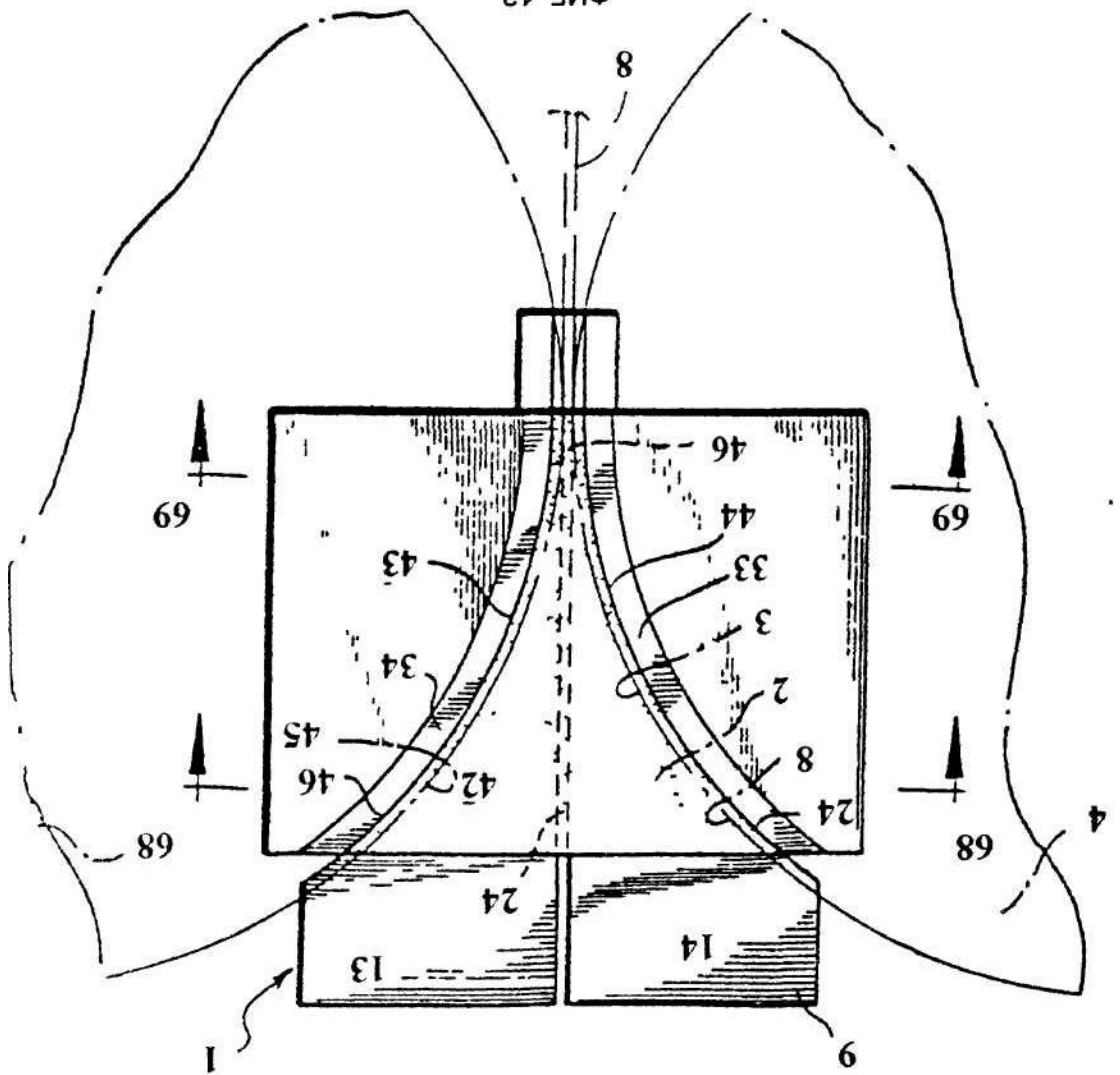


ФИГ.11

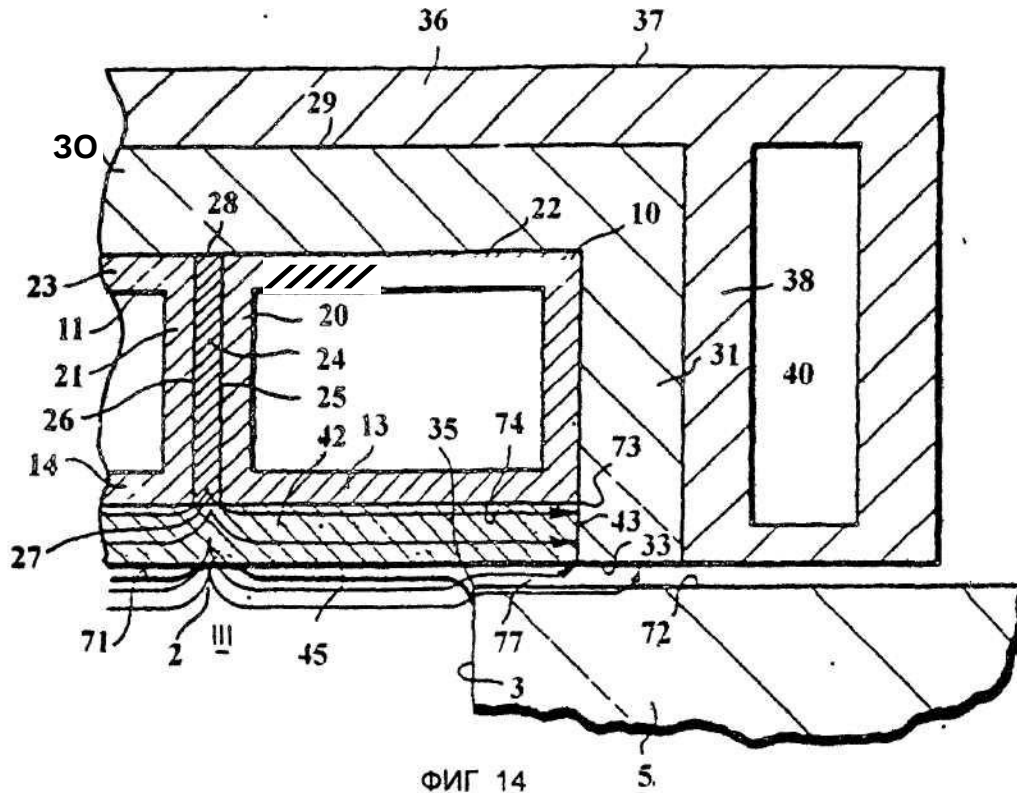
Φ 12 M 12



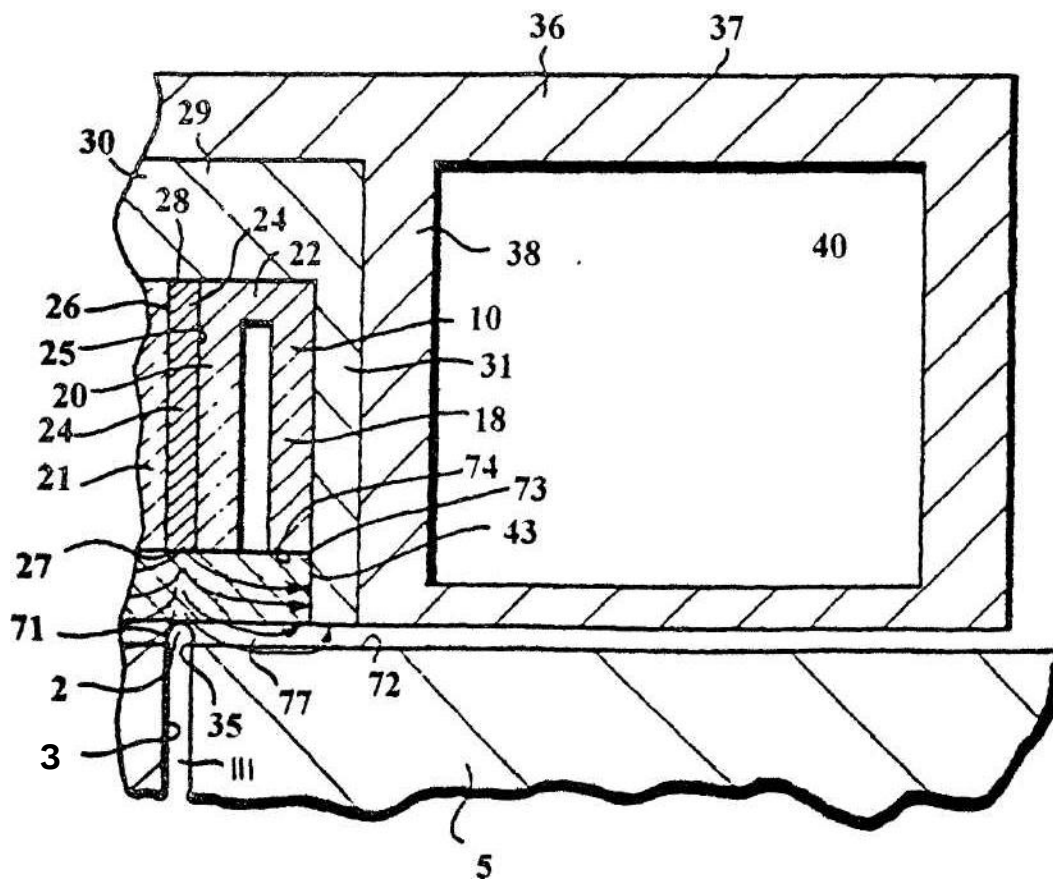
Φ 12 M 12



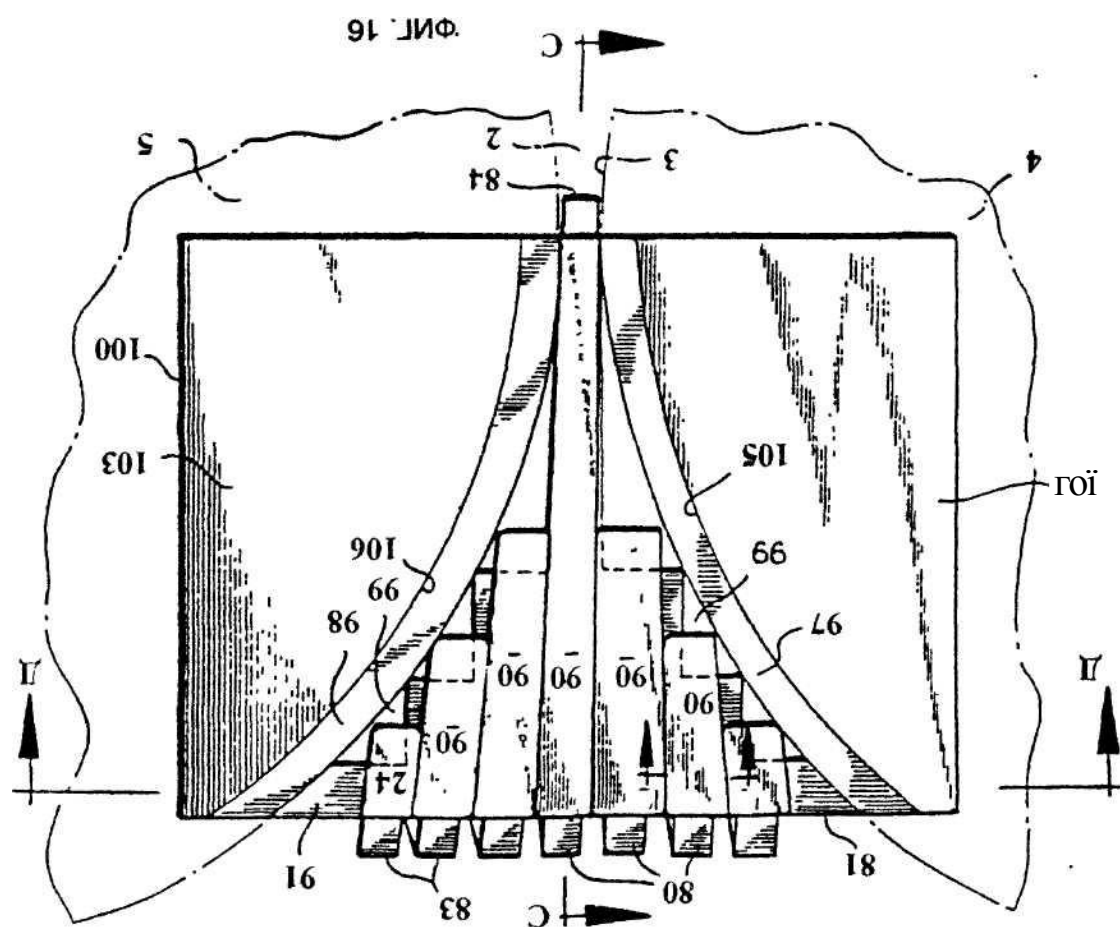
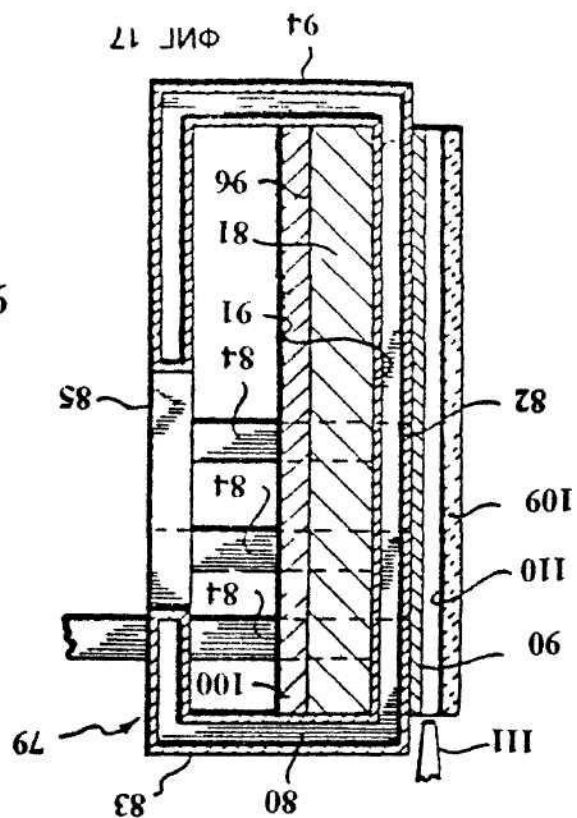
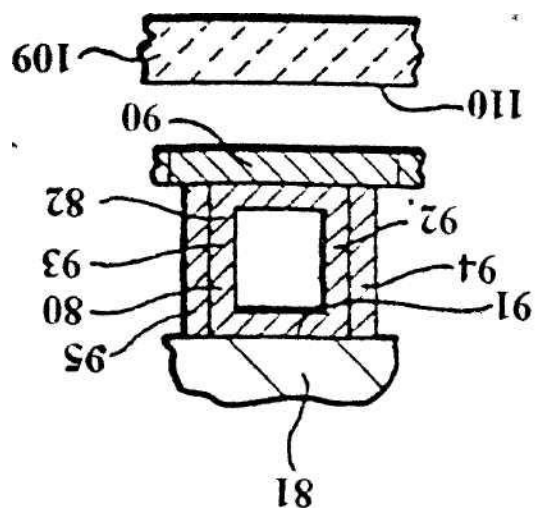
26914



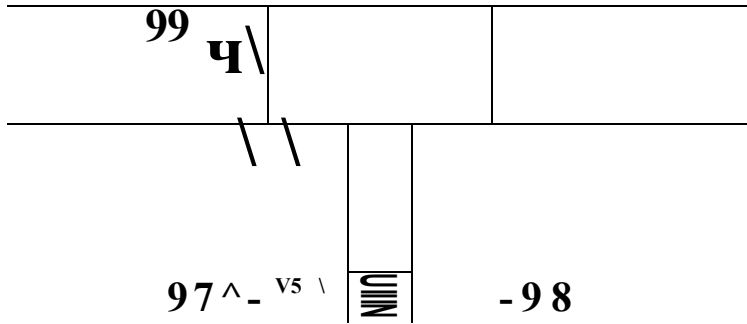
ФИГ 14



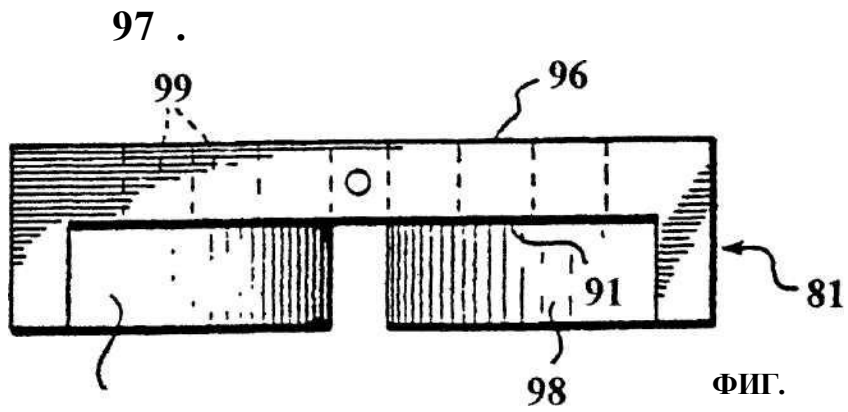
SI_ИФ



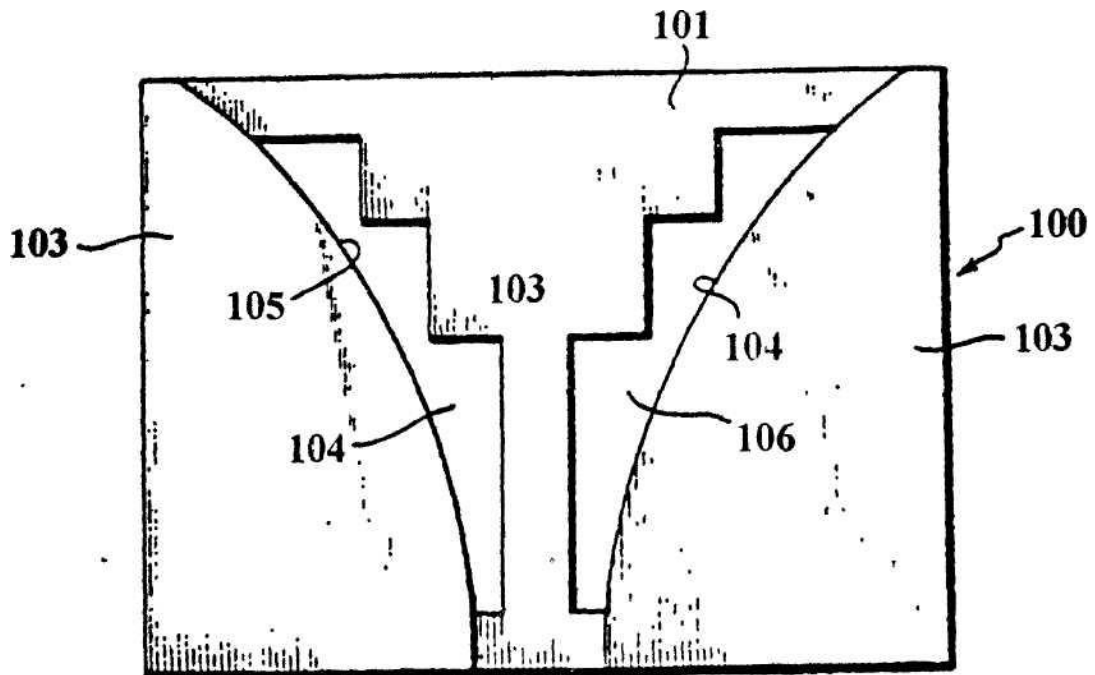
$$^{\wedge} W = p - \text{---} v - \text{---} \quad \wedge \wedge \wedge$$



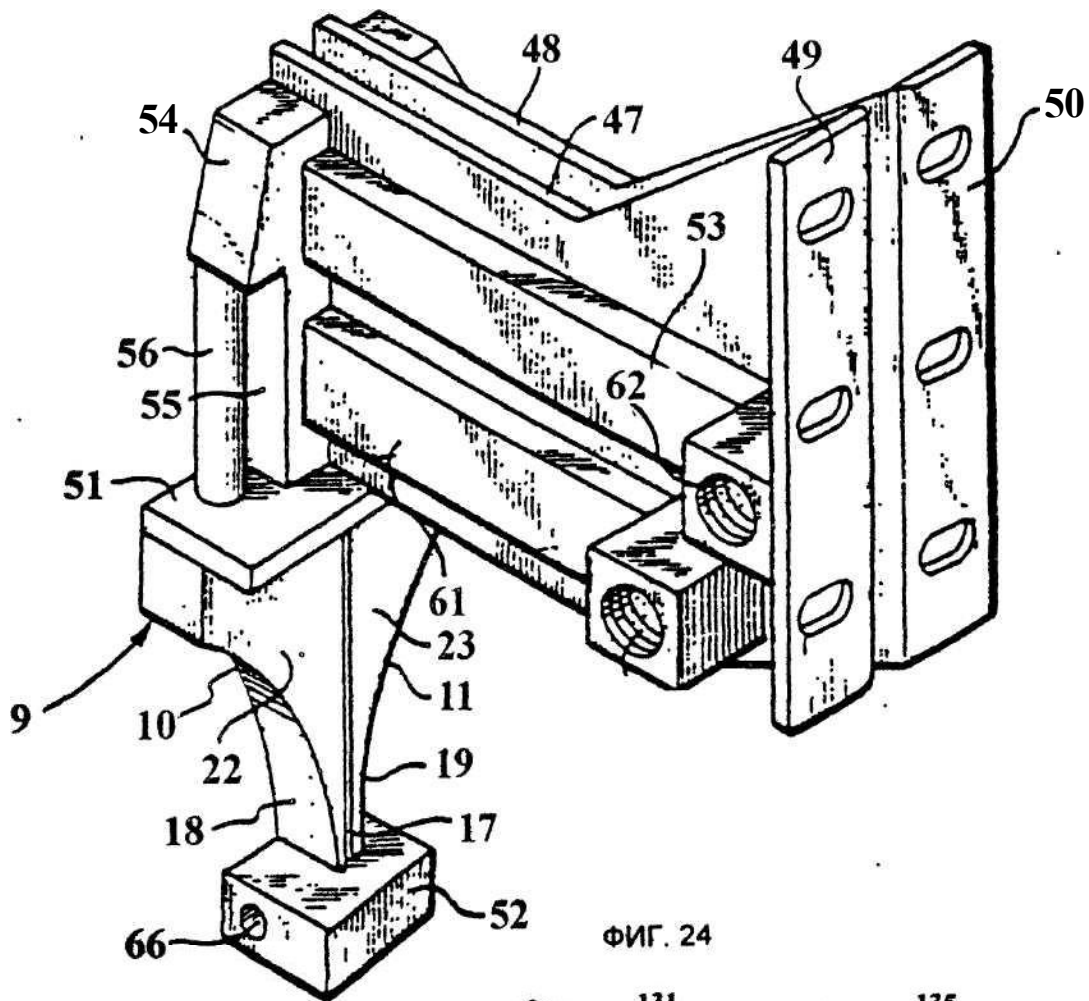
ФИГ. 19



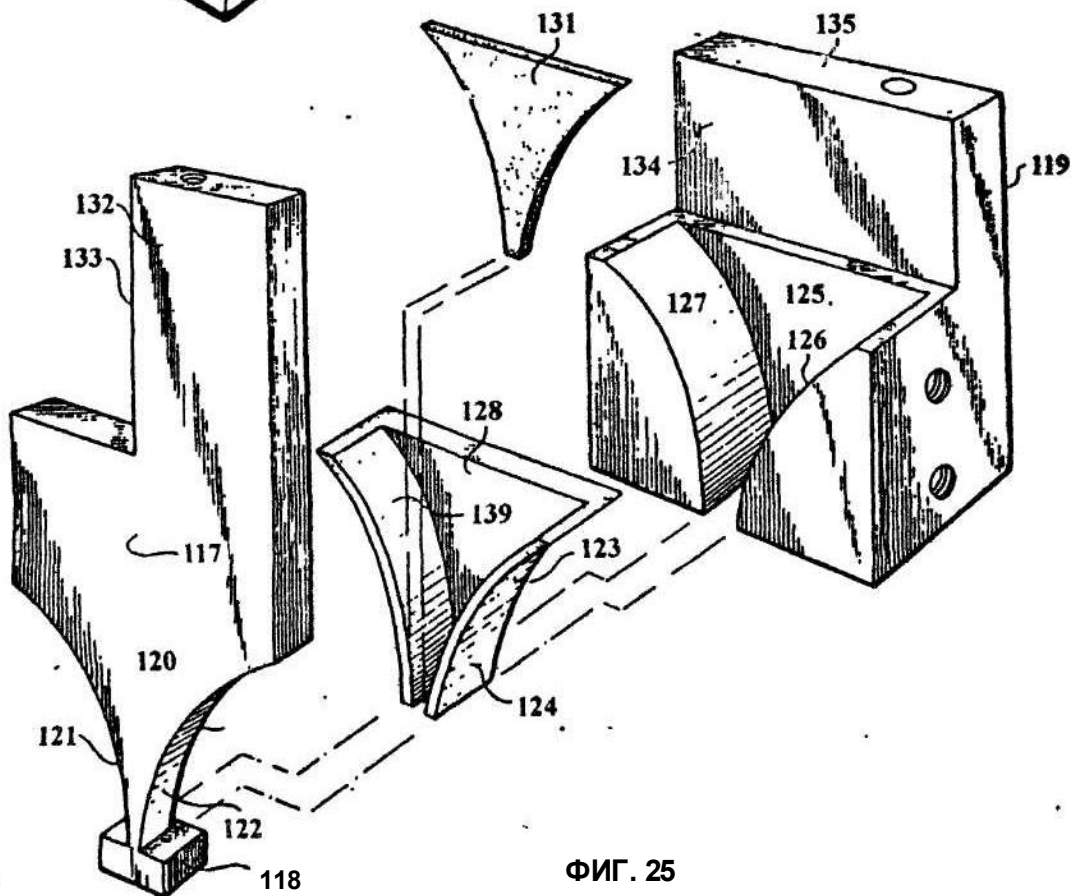
ФИГ.



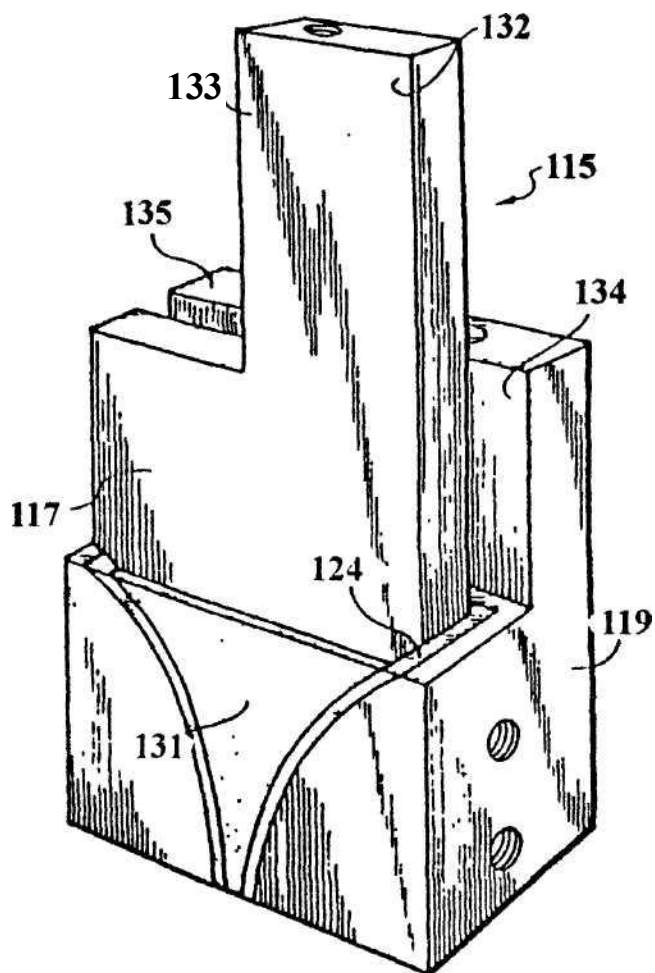
ФИГ. 21



ФИГ. 24



ФИГ. 25



ФИГ. 26

Упорядник

Техред М. Кеямеш

Коректор М. Самборськ*

Замовлення 539

Тираж

Підписне

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

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

