



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011143321/07, 03.02.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.02.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
27.03.2009 US 12/412,411

(43) Дата публикации заявки: 10.05.2013 Бюл. № 13

(45) Опубликовано: 20.03.2014 Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 4585616 A, 29.04.1986. US 2006227925
A1, 12.10.2006. KR 1020090021469 A,
04.03.2009. RU 2173485 C2, 10.09.2001. RU
92013018 A, 20.07.1995.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 27.10.2011(86) Заявка РСТ:
US 2010/022965 (03.02.2010)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2010/110942 (30.09.2010)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городиский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**БУН Майкл Л. (US),
ПЕНДЛИ Ховард А. П (US)**

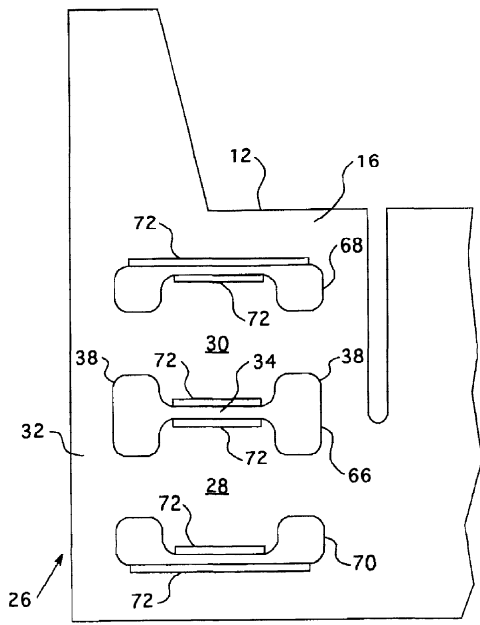
(73) Патентообладатель(и):

**ВЕСТИНГХАУС ЭЛЕКТРИК КОМПАНИ
ЛЛС (US)****(54) ЯДЕРНАЯ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩАЯ СБОРКА С РЕШЕТКОЙ ПОВОРОТНЫХ ГНЕЗД**

(57) Реферат:

Изобретение относится к конструкциям тепловыделяющих сборок (ТВС) ядерного реактора. ТВС содержит дистанцирующие решетки, имеющие мягкие поворотные гнезда (28, 30) с вырезом (66, 68, 70) в форме «собачьей кости» отверстия и штамповкой по радиусу краев (72), перпендикулярных потоку теплоносителя. Штамповка по радиусу позволяет тепловыделяющему стержню беспрепятственно проходить через скругленный край в плоскую секцию контакта со стержнем гнезда. Симметричная форма

«собачьей кости» позволяет гнезду поворачиваться во время погружения стержня, получая улучшенное выравнивание между гнездом и тепловыделяющим стержнем, тем самым минимизируя царапание. Форма «собачьей кости» также предусматривает гнездо с большой областью контакта для увеличения мягкости, по сравнению с типичным гнездом. Технический результат - уменьшение контактного напряжения и коррозионного истирания тепловыделяющих стержней во время работы реактора. 2 н. и 16 з.п.ф-лы, 7 ил.



Фиг.3



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011143321/07, 03.02.2010**

(24) Effective date for property rights:
03.02.2010

Priority:

(30) Convention priority:
27.03.2009 US 12/412,411

(43) Application published: **10.05.2013 Bull. 13**

(45) Date of publication: **20.03.2014 Bull. 8**

(85) Commencement of national phase: **27.10.2011**

(86) PCT application:
US 2010/022965 (03.02.2010)

(87) PCT publication:
WO 2010/110942 (30.09.2010)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**BUN Majkl L. (US),
PENDLI Khovard A. II (US)**

(73) Proprietor(s):

**VESTINGKhaUS EhLEKTRIK KOMPANI LLS
(US)**

(54) **NUCLEAR FUEL ASSEMBLY WITH ARRAY OF REVOLVING SOCKETS**

(57) Abstract:

FIELD: physics, atomic power.

SUBSTANCE: invention relates to design of nuclear reactor fuel assemblies. The fuel assembly has support arrays, having soft revolving sockets (28, 30) with a recess (66, 68, 70) in form of a "dog bone" opening and radial draw of the edges (72), perpendicular to the flow of heat carrier. The radial draw allows unobstructed passage of the fuel rod through a rounded edge into the flat section of

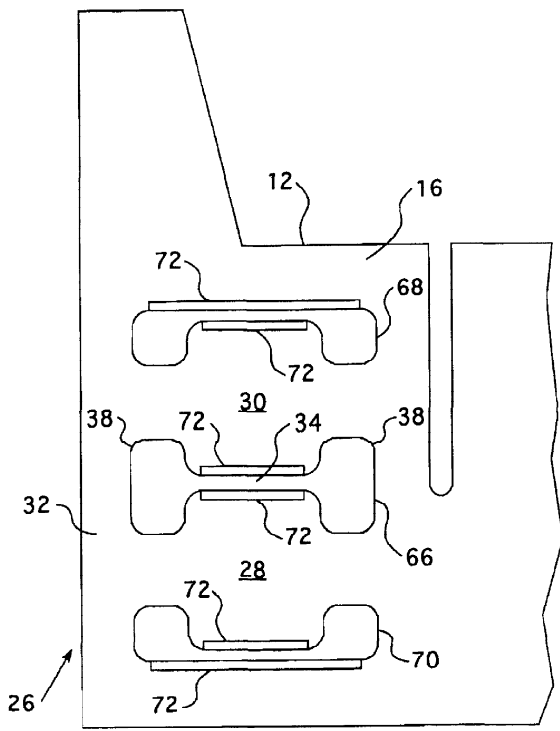
contact with the socket rod. The symmetrical "dog bone" shape enables the socket to turn when loading the rod, thereby achieving better alignment between the socket and the fuel rod, thus minimising scratching. The "dog bone" shape also provides a socket with a large contact region to increase softness compared to a typical socket.

EFFECT: reduced contact stress and corrosive wear of fuel rods during operation of the reactor.

18 cl, 7 dwg

RU 2 5 0 9 7 6 5 C 2

RU 2 5 0 9 7 6 5 C 2



Фиг.3

Область техники

Настоящее изобретение относится, в общем, к ядерным реакторам, а конкретнее, к любому ядерному реактору, имеющему тепловыделяющую сборку с улучшенной решеткой.

Предшествующий уровень техники

В большинстве водоохлаждаемых ядерных реакторов, активная зона реактора состоит из большого количества вытянутых тепловыделяющих сборок. В ядерном реакторе с водой под давлением (PWR) эти тепловыделяющие сборки обычно включают множество тепловыделяющих стержней, удерживаемых в упорядоченной группе множеством решеток, пространственно разнесенных в осевом направлении вдоль длины тепловыделяющей сборки и прикрепленных к множеству вытянутых труб глухого канала тепловыделяющей сборки. Трубы глухого канала обычно принимают внутрь управляющие стержни или измерительный инструмент. Верхнее и нижнее впускные отверстия находятся на противоположных концах тепловыделяющей сборки и крепятся к концам труб глухого канала, которые немного продолжают над и под концами тепловыделяющих стержней.

Решетки, как известно в рассматриваемом уровне техники, используются, чтобы точно поддерживать расстояние и опору между тепловыделяющими стержнями в активной зоне реактора, обеспечивать боковую опору для тепловыделяющих стержней и вызывать перемешивание теплоносителя. Один тип традиционной конструкции решетки включает множество чередующихся полос, которые вместе образуют сотовую конфигурацию, имеющую множество примерно квадратных ячеек, которые по отдельности принимают в себя тепловыделяющие стержни. В зависимости от конфигурации труб глухого канала, трубы глухого канала могут быть приняты либо в ячейки, которые имеют те же размеры, что и ячейки, которые принимают в себя тепловыделяющие стержни, либо в относительно большие ячейки для глухого канала, определенные в чередующихся полосах. Чередующиеся полосы предоставляют узлы крепления к трубам глухого канала, таким образом обеспечивая их позиционирование в пространственно разнесенных местоположениях вдоль длины тепловыделяющей сборки.

Полосы выполнены так, что каждая из ячеек, через которые проходят тепловыделяющие стержни, включает одну или более относительно гибких пружин и множество относительно жестких гнезд. Пружины и гнезда могут быть образованы в металле чередующихся полос и выступать наружу из них в ячейки, через которые проходят тепловыделяющие стержни. Далее пружины и гнезда каждой ячейки тепловыделяющего стержня контактируют с соответствующим тепловыделяющим стержнем, пролегающим через ячейку. Крайние полосы решетки скреплены вместе и по периферии заключают внутренние полосы решетки для придания прочности и жесткости решетке и для ограничения отдельных ячеек тепловыделяющих стержней по периметру решетки. Внутренние полосы обычно сварены или спаяны в каждом пересечении, при этом внутренние полосы также сварены или спаяны с периферийными или крайними полосами, определяющими внешний периметр сборки.

На уровне отдельной ячейки опора тепловыделяющего стержня обычно предоставляется совокупностью жестких опорных гнезд и гибких пружин, как указано выше. Имеется много вариантов геометрии опоры пружина-гнездо, которая была использована или сейчас находится в использовании, включая диагональные пружины, I-образные пружины, кантилеверы, горизонтальные и вертикальные гнезда и т.д. Число пружин на ячейку также меняется. Типичная конструкция представляет

собой две пружины и четыре гнезда на ячейку. Геометрия гнезд и пружин требует тщательного определения для предоставления адекватной опоры стержня на протяжении срока службы сборки.

5 Во время облучения предварительное усилие пружины ослабляется более или менее быстро, в зависимости от материала пружины и среды облучения. Диаметр оболочки также меняется в результате очень высоких давления теплоносителя и рабочих температур, при этом таблетки внутри стержней также изменяют их диаметр из-за уплотнения и разбухания. Внешний диаметр оболочки также увеличивается за счет
10 образования оксидного слоя. В результате этих изменений размеров и свойств материала поддержание адекватной опоры стержня на протяжении срока службы тепловыделяющей сборки является очень сложным.

Под влиянием осевого потока и поперечного потока, вызываемых перепадами температуры и давления внутри реактора и другими возмущениями потока, такими
15 как стоячие волны и вихри, тепловыделяющие стержни, которые имеют тонкий корпус, непрерывно вибрируют с относительно небольшими амплитудами. Если стержень поддерживается неправильно, эта очень маленькая амплитуда вибрации может привести к относительному движению между опорными узлами и оболочкой.
20 Если давление, прикладываемое скользящим стержнем на относительно небольшое гнездо и опорные поверхности решетки является достаточно высоким, небольшой слой коррозии на поверхности оболочки может быть удален абразивным истиранием, когда основной металл подвергается воздействию теплоносителя. Так как новый коррозионный слой образуется на обработанной свежей поверхности оболочки, он
25 также удаляется абразивным истиранием, пока в конечном счете в стенке стержня не образуется отверстие. Это явление известно как фреттинг-коррозия и в 2006 оно было ведущей причиной топливных отказов в PWR реакторах.

Опорные решетки также обеспечивают другую важную функцию в сборке -
30 функцию перемешивания теплоносителя для уменьшения максимальной охлаждающей температуры. Так как тепло, вырабатываемое каждым стержнем, неравномерно, в теплоносителе имеются градиенты температуры. Один важный параметр в конструкции тепловыделяющих сборок заключается в поддержании эффективной теплопередачи от стержней к теплоносителю. Чем выше количество тепла,
35 отводимого в единицу времени, тем выше вырабатываемая мощность. При достаточно высоких температурах теплоносителя количество тепла, которое может быть отведено с единицы площади оболочки за данное время, резко уменьшается значительным образом. Это явление известно как отклонение от пузырькового
40 кипения или DNB. Если в пределах параметров работы реактора температура теплоносителя достигает точки DNB, температура поверхности оболочки будет увеличиваться быстро для того, чтобы удалить тепло, выработанное внутри стержня, при этом быстрое окисление оболочки будет приводить к повреждению топлива. Ясно, что необходимо избегать DNB, чтобы предотвращать топливный отказ. Так
45 как DNB, если случается, возникает в том месте, где теплоноситель имеет максимальную температуру, из этого следует, что уменьшение максимальной температуры теплоносителя перемешиванием теплоносителя в пределах сборки позволяет вырабатывать большие величины мощности без достижения условий DNB.
50 Обычно, улучшенное перемешивание достигается использованием перемешивающих ванн на стороне нисходящего потока структуры решетки. Эффективность перемешивания зависит от формы, размера и местоположения перемешивающих ванн относительно тепловыделяющего стержня.

Другие важные функции решетки включают способность поддерживать управление и нормальную работу при ожидаемых аварийных нагрузках без потери функции и избегать «горячих пятен» на тепловыделяющих стержнях за счет образования паровых полостей между тепловыделяющими стержнями и опорными узлами, которые могут возникать, когда для отвода тепла, вырабатываемого в стержне, в данной области не доступно достаточное количество теплоносителя. Паровые полости приводят к перегреву тепловыделяющего стержня до точки отказа посредством быстротечного локализованного воздействия на оболочку.

Поддержание по существу сбалансированного потока теплоносителя через тепловыделяющие сборки поперечно активной зоне представляет собой требуемую цель поддержания по существу равномерной теплопередачи. Любые изменения в конструкции тепловыделяющей сборки могут изменять перепад давления и воздействовать на относительный баланс сопротивления потока через активную зону среди различных типов тепловыделяющихборок. Целесообразны изменения в конструкции решетки, которые уменьшают перепад давления, так как такие изменения позволяют разработчику тепловыделяющей сборки вводить другие улучшения, которые будут восстанавливать равновесие перепада давления среди тепловыделяющихборок.

Как ранее указано, гнезда и пружины полос решетки выступают в местоположение ячейки решетки для размещения ядерного тепловыделяющего стержня в решетчатой группе. Чем выше гнездо и чем больше оно выступает в ячейку решетки, тем жестче гнездо. Эта увеличенная жесткость может приводить к царапанию или стиранию тепловыделяющих стержней во время погружения стержней. Более жесткое гнездо увеличивает риск изнашивания в паре гнездо-стержень за счет более высоких контактных напряжений тепловыделяющих стержней. В связи с этим разработчику гнезда нужно обеспечивать жесткость, соответствующую положению тепловыделяющего стержня, но минимизировать жесткость для уменьшения царапания, стирания и потенциала коррозионного истирания.

Поэтому требуется предоставить улучшенную решетку, которая обеспечивает эффективную теплопередачу, и улучшенную опору тепловыделяющих стержней с меньшим потенциалом царапания или стирания тепловыделяющих стержней, когда они погружаются в сборку. Дополнительной задачей этого изобретения является обеспечение такой улучшенной решетки, которая имеет несколько производственных преимуществ.

Краткое изложение сущности изобретения

Вышеупомянутые цели достигаются посредством улучшенной решетки ядерной тепловыделяющей сборки, имеющей первое множество пространственно разнесенных параллельных вытянутых полос и второе множество пространственно разнесенных параллельных вытянутых полос, размещенных ортогонально первому множеству пространственно разнесенных параллельных вытянутых полос. Первое и второе множество пространственно разнесенных параллельных вытянутых полос выровнены в регулярной структуре так, что пересечение каждого набора из четырех соседних полос определяет ячейку, некоторые из которых поддерживают тепловыделяющие стержни с размером, совпадающим с каждой из первой и второй полос, которые ограничивают каждую ячейку, формируя стенку ячейки. Предпочтительно, полосы чередуются при их пересечении в сотовой структуре. Пограничная полоса окружает внешний периметр первого и второго множества пространственно разнесенных параллельных вытянутых полос и закрепляется в пересечениях с внутренними

полосами. По меньшей мере, одна стенка ячеек, которые поддерживают тепловыделяющие стержни, имеет гнездо, которое проходит от стенки в ячейку от выреза в форме «собачьей кости» в стенке ячейки.

5 В одном варианте выполнения гнездо имеет вышерасположенный и нижерасположенный края, которые контактируют с тепловыделяющим стержнем, когда тепловыделяющий стержень загружен в решетку, причем вышерасположенный и нижерасположенный края скруглены в направлении от тепловыделяющего стержня, чтобы избежать контакта грубых поверхностей со стержнем, когда стержень
10 загружается или выгружается. Скругленные края образованы штамповкой по радиусу. Предпочтительно, первое и второе множество полос имеют осевой размер, который проходит вдоль продольного размера полосы, при этом вырез в форме «собачьей кости» проходит параллельно осевому размеру.

15 В одном варианте выполнения вырез в форме «собачьей кости» содержит три пространственно разнесенных выреза, которые расположены друг над другом на определенном расстоянии вдоль высоты стенки ячейки с центральным вырезом в традиционной форме «собачьей кости», содержащим центральный стержень, имеющий выступ на любом конце, причем верхний вырез содержит половину традиционной
20 формы «собачьей кости», разделенной вдоль стержня и через выступы, при этом выступы обращены к центральному вырезу, а нижний вырез содержит половину традиционной формы «собачьей кости», разделенной вдоль стержня и через выступы, при этом выступы обращены к центральному вырезу. Целесообразно, чтобы гнездо на виде сбоку представляло собой основание с платформой в верхней части, которая
25 продолжается над основанием.

Краткое описание чертежей

Дополнительное понимание изобретения может быть получено из следующего описания предпочтительного варианта выполнения при чтении в сочетании с
30 сопровождающими чертежами, в которых:

Фиг.1 показывает вид сверху решетки традиционной тепловыделяющей сборки ядерного реактора с водой под давлением;

Фиг.2 показывает вид сбоку, частично в разрезе, тепловыделяющей сборки, которая использует решетку тепловыделяющих стержней согласно настоящему изобретению;
35 причем сборка изображена в форме вертикального ракурса с частями, непоказанными для ясности;

Фиг.3 показывает вид сбоку стенки полосы решетки, показывающий два вертикально размещенных друг над другом гнезда;

40 Фиг.4 показывает вид сверху гнезд, показанных на Фиг.3;

Фиг.5А показывает схематическое изображение одного из гнезд с фиг.3 и 4, которое готово соприкоснуться с тепловыделяющим стержнем, погружаемым в соответствующую ячейку решетки;

45 Фиг.5В показывает схематическую иллюстрацию фиг.5А с тепловыделяющим стержнем, продвинутым до зацепления с гнездом;

Фиг.5С показывает схематическую иллюстрацию конструкции, показанного на фиг.5А и 5В с концом тепловыделяющего стержня, погруженного сверху гнезда.

Описание предпочтительных вариантов выполнения

50 Решетки для пространственного разделения ядерного топлива используются в тепловыделяющих сборках для позиционирования ядерных тепловыделяющих стержней. Точно позиционирующиеся ядерные тепловыделяющие стержни особо важны для обеспечения подходящих ядерных и термогидравлических характеристик

активной зоны ядерного реактора. Идеальная решетка для разделения ядерного топлива должна:

1. Быть простой и недорогой в изготовлении;
2. Позволять восстановление тепловыделяющих стержней и легкое погружение тепловыделяющих стержней;
3. Поддерживать геометрию тепловыделяющей сборки на протяжении срока службы тепловыделяющей сборки;
4. Иметь конструкцию с более низким перепадом давления, но содействовать перемешиванию теплоносителя и теплопередаче;
5. Иметь мало поглотителей нейтронов.

Многие общепринятые решетки для пространственного разделения состоят из прямых полос решетки, которые чередуются друг с другом для образования сотовой конфигурации, имеющей множество примерно квадратных ячеек, многие из которых поддерживают тепловыделяющие стержни. Пример такой традиционной решетки для тепловыделяющих стержней может быть найден на фиг.1. Пространственно разнесенная параллельная группа полос 12 решетки равной длины располагается ортогонально второму множеству пространственно разнесенных параллельных полос 14 решетки равной длины и окружена пограничной полосой 18, с которой каждая из полос сваривается в их пересечениях. Ячейки 16 поддерживают тепловыделяющие стержни в то время, как ячейки 20 поддерживают направляющие трубы и контрольно-измерительную трубу. Так как тепловыделяющие стержни должны поддерживать расстояние или шаг между друг другом, эти прямые полосы 12 и 14 решетки в тех местах, которые граничат с ячейками 16, которые поддерживают тепловыделяющие стержни, имеют пружины 22 и/или гнезда 24, которые размещаются друг над другом на сторонах полос 12 и 14, чтобы выступать в ячейки 16 для контакта с тепловыделяющими стержнями и надежного их удержания на месте. Штампованные детали на полосах 12 и 14 решетки, т.е. пружинах 22 и гнездах 24, требуют тщательной разработки и точного изготовления, чтобы обеспечивать поддержание адекватного усилия для защиты тепловыделяющих стержней при рассмотрении в совокупности с другими решетками в тандемной группе решеток вдоль тепловыделяющей сборки.

Со ссылкой на фиг.2 показана вертикальная проекция тепловыделяющей сборки, представленной в форме вертикального ракурса, в целом обозначена ссылкой 40. Тепловыделяющая сборка 40 относится к типу, используемому в ядерном реакторе с водой под давлением, и, по существу, включает структуру нижнего конца или нижнюю насадку 42 для поддержания тепловыделяющей сборки на нижней плите активной зоны (не показана) в области активной зоны реактора и несколько продольно направляющих глухих каналов или труб 44, которые выступают вверх от нижней насадки 42. Сборка 40 дополнительно включает множество поперечных решеток 10, выполненных согласно этому изобретению, и частично показанных более подробно на фиг.3, 4 и 5. Решетки 10 пространственно разнесены вдоль оси и поддерживаются направляющими глухими каналами 44. Сборка 40 также включает множество вытянутых тепловыделяющих стержней 36, поперечно пространственно разнесенных и поддерживаемых в упорядоченной группе решетками 10. К тому же сборка 40 имеет контрольно-измерительную трубу 46, размещенную в ее центре, и структуру верхнего конца или насадку 48, прикрепленную к верхним концам направляющих глухих труб 44. С таким устройством частей тепловыделяющая сборка 40 образует единый блок с удобным управлением без причинения ущерба сборке частей.

Как указано выше, тепловыделяющие стержни 36 и их группа в сборке 40 удерживаются на расстоянии друг от друга решетками 10, пространственно разнесенными вдоль длины тепловыделяющей сборки. Каждый тепловыделяющий стержень 36 включает таблетки 50 ядерного топлива, при этом противоположные концы стержней 36 закрыты верхними и нижними концевыми пробками 52 и 54, чтобы герметично закупоривать стержни. В общем, предварительно сжатая пружина 56 размещена между верхней концевой пробкой 52 и таблетками 50 для поддержания таблеток в плотном штабелированном взаимном расположении внутри стержня 36. Таблетки 50 топлива, состоящие из расщепляющегося материала, отвечают за создание реактивной мощности PWR. Жидкий замедлитель/теплоноситель, как, например, вода или водосодержащий бор, нагнетается вверх через тепловыделяющие сборки активной зоны для того, чтобы выделять тепло, вырабатываемое в ней, для производства полезной работы.

Для управления процессом расщепления несколько управляющих стержней 58 способны совместно перемещаться в направляющих глухих каналах 44, размещенных в предварительно заданных положениях в тепловыделяющей сборке 40. Конкретно, верхняя насадка 48 имеет связанный с ней механизм 60 управления группой стержней, имеющий цилиндрический элемент 62 с внутренней резьбой с множеством радиально продолжающихся лап или кронштейнов 64 так, что механизм 60 управления способен работать с возможностью перемещать управляющие стержни 58 вертикально в направляющих наконечниках 44, чтобы тем самым управлять процессом расщепления в тепловыделяющей сборке 40 хорошо известным образом.

Как ранее указано, конструкция контактной области между боковыми стенками ячеек решетки, которые поддерживают тепловыделяющие стержни, и поверхностью оболочки стержней является важной для обеспечения того, чтобы имелось достаточное усилие для защиты стержней от вредных вибраций без царапания оболочки. Для этого это изобретение обеспечивает конструкцию решетки с мягкими поворотными гнездами, которая использует вырез отверстия в форме «собачьей кости», и штамповку по радиусу краев, перпендикулярных потоку теплоносителя, чтобы минимизировать перепад давления и уменьшить подверженность утечке тепловыделяющих стержней во время работы реактора. Особенность штамповки по радиусу исключает типичный наклепанный/выступающий материал, свойственный всегда скашиваемым краям гнезд, которые приводят к царапанию/стиранию тепловыделяющего стержня. Штамповка по радиусу позволяет тепловыделяющему стержню беспрепятственно проходить через закругленный край в плоскую секцию контакта гнезда со стержнем. Свойства симметричной формы «собачьей кости» дает гнезду больше возможности для поворота во время погружения стержней, что приводит к улучшенному выравниванию между гнездом и тепловыделяющим стержнем, тем самым минимизируя царапание. Форма «собачьей кости» также предусматривает более мягкое гнездо с большой областью контакта, по сравнению с традиционным гнездом, что уменьшает контактное напряжение и коррозионное истирание во время работы реактора.

Форма «собачьей кости» также увеличивает прочность пуансона штампа во время изготовления, так как она предусматривает больше материала, используемого в пуансоне, что приводит к меньшему напряжению и износу пуансона штампа, и уменьшает нагрузку, необходимую для выдавливания гнезда во время формирования, таким образом, уменьшая производственные затраты. Форма «собачьей кости» уменьшает жесткость гнезда, связанную с контактом гнезда со стержнем, так как окно

было вырезано с образованием формы закругления профиля гнезда, приводя к минимизации износа в паре гнездо-стержень за счет более низкого контактного напряжения во время работы реактора.

5 Участок полосы 12 решетки, содержащий конструкцию решетки с мягкими поворотными гнездами согласно этому изобретению изображен на фиг.3, при этом следует принять во внимание, что конструкция гнезда согласно этому изобретению 26 может быть применена к одной или обоим из полос 12 и 14. Два таких гнезда 28 и 30 показаны в ширине одной ячейки 16, размещенной на стенке 32 ячеек. Конструкция 28 и 30 гнезд проходит от стенки 32 в ячейку 16 от выреза в форме «собачьей кости» в 10 стенке 32 ячейки 16. Вырез в форме «собачьей кости» конструкции 28 и 30 гнезд предпочтительно содержит три пространственно разнесенных выреза 66, 68 и 70. Эти три пространственно разнесенные вырезы расположены на расстоянии друг над другом вдоль высоты стенки 32 ячейки 16 с центральным вырезом 66 в традиционной 15 форме «собачьей кости», содержащим центральный стержень 34 с выступом 38 на одном и другом конце. Верхний вырез 68 содержит половину традиционной формы «собачьей кости», разделенной вдоль стержня 34 и через выступы 38, причем эти выступы обращены к центральному вырезу 66. Нижний вырез 70 содержит половину традиционной формы «собачьей кости», разделенной вдоль стержня 34 и через 20 выступы 38, причем эти выступы обращены к центральному вырезу 66. Предпочтительно, горизонтальные края 72, которые контактируют с тепловыделяющим стержнем, формируются по радиусу, чтобы создавать скругленный край 72, который отгибается от тепловыделяющего стержня, и представляет гладкий 25 переход для края тепловыделяющего стержня, когда он контактирует с гнездом 28 и 30.

Фигура 4 представляет собой вид сверху стенки 32 ячейки, показывающий профиль верхнего гнезда 30.

30 Фигура 5 представляет собой серию схем, которые показывают тепловыделяющий стержень, погружаемый в ячейку 16, и их взаимодействие, с вида сбоку, с гнездом 30, с которым вершина стержня зацепляется, скользит вдоль и проходит над гнездом 30. Несмотря на то, что проиллюстрирован схематический вид сбоку гнезда 30, следует 35 принять во внимание, что гнездо 28 будет выполнено таким же образом. «F» обозначает усилие, прикладываемое к тепловыделяющему стержню 36 для погружения стержня в сборку. На Фигуре 5А стержень 36 показан приближающимся к гнезду, которое изображено в статическом состоянии. На Фигуре 5В тепловыделяющий стержень 36 зацепляется с верхней частью или платформой 76, которая 40 поддерживается ножкой 78 основания гнезда 30 и поворачивает платформу вниз на стороне, контактирующей с тепловыделяющим стержнем 36 для уменьшения давления на тепловыделяющий стержень и избежания царапания или стирания стержня. На Фигуре 5С основание 76 возвращается к горизонтальной ориентации, когда верхняя часть тепловыделяющего стержня 36 проходит с возможностью прилегания до линии 45 боковой стороны оболочки тепловыделяющего стержня 36. Несмотря на то, что штамповка 72 по радиусу не показана подробно, ее форма будет без труда понята специалистом в области техники.

50 Таким образом, штамповка по радиусу уменьшает контактное напряжение во время погружения стержней, и форма «собачьей кости» отверстия гнезда позволяет гнезду поворачиваться во время погружения стержня, тем самым минимизируя стирание и царапание. Когда вырезу отверстия «собачьей кости» придается закругление сформированного профиля гнезда, это приводит к уменьшению

жесткости гнезда, что минимизирует износ, связанный с контактом гнезда со стержнем. Дополнительные преимущества формы «собачьей кости»:

Она увеличивает прочность пуансона матрицы, которая будет увеличивать срок службы вкладыша матрицы;

Она уменьшает нагрузку, необходимую для вытеснения гнезда, так как площадь уменьшается за счет концов формы «собачьей кости», в которой начинается скругленный профиль;

Она увеличивает расстояние от зоны термического влияния сваривания полосы с полосой, минимизируя термическое влияние на гнездо, такое как деформация или перекос гнезда.

Штамповка по радиусу краев гнезда в контакте с тепловыделяющими стержнями, которые располагаются ортогонально оси тепловыделяющих стержней, представляет собой процесс, который использует экстремальное усилие для вытеснения материала с уменьшением толщины заготовки, которое скругляет края материала и исключает типичный наклепанный/выступающий материал, исторически свойственный скашиваемым краям гнезд, которые приводят к царапанию тепловыделяющего стержня.

Тогда как были детально описаны конкретные варианты выполнения изобретения, специалистами в области техники будет принято во внимание, что различные преобразования и альтернативы этим деталям могут быть развиты в свете всех идей раскрытия. Например, тогда как предпочтительный вариант выполнения направлен на улучшенную решетку для тепловыделяющей сборки ядерного реактора с водой под давлением, принципы этого изобретения могут быть применены также к ядерному реактору с кипящей водой. Дополнительно, несмотря на то, что предпочтительный вариант выполнения использует два пространственно разнесенных расположенных друг над другом гнезда 28 и 30, следует принять во внимание, что эти два гнезда могут быть объединены в одно вытянутое гнездо, продолжающееся от измененных вырезов в форме «собачьей кости», несмотря на то, что чем выше гнездо и чем больше оно выступает в ячейку решетки, тем жестче гнездо, другие замещения могут быть использованы для смягчения жесткости до требуемой. Соответственно, конкретные раскрытые варианты выполнения предназначены только для иллюстрации и не ограничивают объем изобретения, который задается приложенной формулой изобретения и всеми без исключения его эквивалентами.

Формула изобретения

1. Решетка ядерной тепловыделяющей сборки, содержащая:
 первое множество пространственно разнесенных параллельных вытянутых полос;
 второе множество пространственно разнесенных параллельных вытянутых полос, размещенных ортогонально указанному первому множеству пространственно разнесенных параллельных вытянутых полос и выровненных в регулярной структуре так, что пересечение каждого набора из четырех соседних полос определяет ячейку, некоторые из которых поддерживают тепловыделяющие стержни, с размером каждой из первой и второй полос, которые ограничивают каждую ячейку, формируя стенку ячейки;

в которой, по меньшей мере, одна стенка ячеек, которые поддерживают тепловыделяющие стержни, имеет конструкцию гнезда, которое проходит от стенки в ячейку от выреза в форме «собачьей кости» в стенке ячейки, причем гнездо имеет зацепляющую тепловыделяющие стержни платформу, поддерживаемую ножками

основания гнезда.

2. Решетка ядерной тепловыделяющей сборки по п.1, в которой конструкция гнезда имеет нижерасположенный край, который контактирует с тепловыделяющим стержнем, когда тепловыделяющий стержень загружен в решетку, причем

нижерасположенный край скруглен в направлении от тепловыделяющего стержня.

3. Решетка ядерной тепловыделяющей сборки по п.2, в которой скругленный край образован штамповкой по радиусу.

4. Решетка ядерной тепловыделяющей сборки по п.2, в которой конструкция гнезд имеет вышерасположенный край, который скруглен в направлении от тепловыделяющего стержня.

5. Решетка ядерной тепловыделяющей сборки по п.2, в которой, по существу, все из краев конструкции гнезд, которые вступают в контакт с тепловыделяющим стержнем, и ортогональны оси тепловыделяющего стержня, скруглены в направлении от тепловыделяющего стержня.

6. Решетка ядерной тепловыделяющей сборки по п.1, в которой первое и второе множества полос имеют осевой размер, который проходит вдоль продольного размера полос, при этом вырез в форме «собачьей кости» проходит параллельно осевому размеру.

7. Решетка ядерной тепловыделяющей сборки по п.6, в которой вырез в форме «собачьей кости» конструкции гнезда содержит три пространственно разнесенных выреза, которые расположены друг над другом на определенном расстоянии вдоль высоты стенки ячейки с центральным вырезом в традиционной форме «собачьей кости», содержащим центральный стержень с выступом на любом конце, причем верхний вырез содержит половину традиционной формы «собачьей кости», разделенной вдоль стержня и через выступы, при этом выступы обращены к центральному вырезу, и нижний вырез содержит половину традиционной формы «собачьей кости», разделенной вдоль стержня и через выступы, при этом выступы обращены к центральному вырезу.

8. Решетка ядерной тепловыделяющей сборки по п.7, в которой конструкция гнезд содержит первое и второе гнезда, причем первое гнездо образовано между центральным вырезом и верхним вырезом, а второе гнездо образовано между центральным вырезом и нижним вырезом.

9. Решетка ядерной тепловыделяющей сборки по п.1, в которой конструкция гнезд на виде сбоку содержит основание с платформой в верхней части, которая продолжается над основанием.

10. Ядерная тепловыделяющая сборка, имеющая множество решеток, размещенных в пространственно разнесенной тандемной группе вдоль пространственно разнесенных параллельных групп ядерных тепловыделяющих стержней, причем, по меньшей мере, одна из этих решеток содержит:

первое множество пространственно разнесенных параллельных вытянутых полос;
второе множество пространственно разнесенных параллельных вытянутых полос, размещенных ортогонально указанному первому множеству пространственно разнесенных параллельных вытянутых полос и выровненных в регулярной структуре так, что пересечение каждого набора из четырех соседних полос определяет ячейку, некоторые из которых поддерживают тепловыделяющие стержни, с размером каждой из первой и второй полос, которые ограничивают каждую ячейку, формируя стенку ячейки;

в которой, по меньшей мере, одна стенка ячеек, которые поддерживают

тепловыделяющие стержни, имеет конструкцию гнезда, которое проходит от стенки в ячейку от выреза в форме «собачьей кости» в стенке ячейки, причем гнездо имеет зацепляющую тепловыделяющие стержни платформу, поддерживаемую ножками основания гнезда.

5 11. Ядерная тепловыделяющая сборка по п.10, в которой конструкция гнезд имеет нижерасположенный край, который контактирует с тепловыделяющим стержнем, когда тепловыделяющий стержень загружен в решетку, причем нижерасположенный край скруглен в направлении от тепловыделяющего стержня.

10 12. Ядерная тепловыделяющая сборка по п.11, в которой скругленный край образован штамповкой по радиусу.

13. Ядерная тепловыделяющая сборка по п.11, в которой конструкция гнезд имеет вышерасположенный край, который скруглен в направлении от тепловыделяющего стержня.

15 14. Ядерная тепловыделяющая сборка по п.11, в которой, по существу, все из краев конструкции гнезд, которые вступают в контакт с тепловыделяющим стержнем и расположены ортогонально оси тепловыделяющего стержня, скруглены в направлении от тепловыделяющего стержня.

20 15. Ядерная тепловыделяющая сборка по п.10, в которой первое и второе множество полос имеют осевой размер, который проходит вдоль продольного размера полос, при этом вырез в форме «собачьей кости» проходит параллельно осевому размеру.

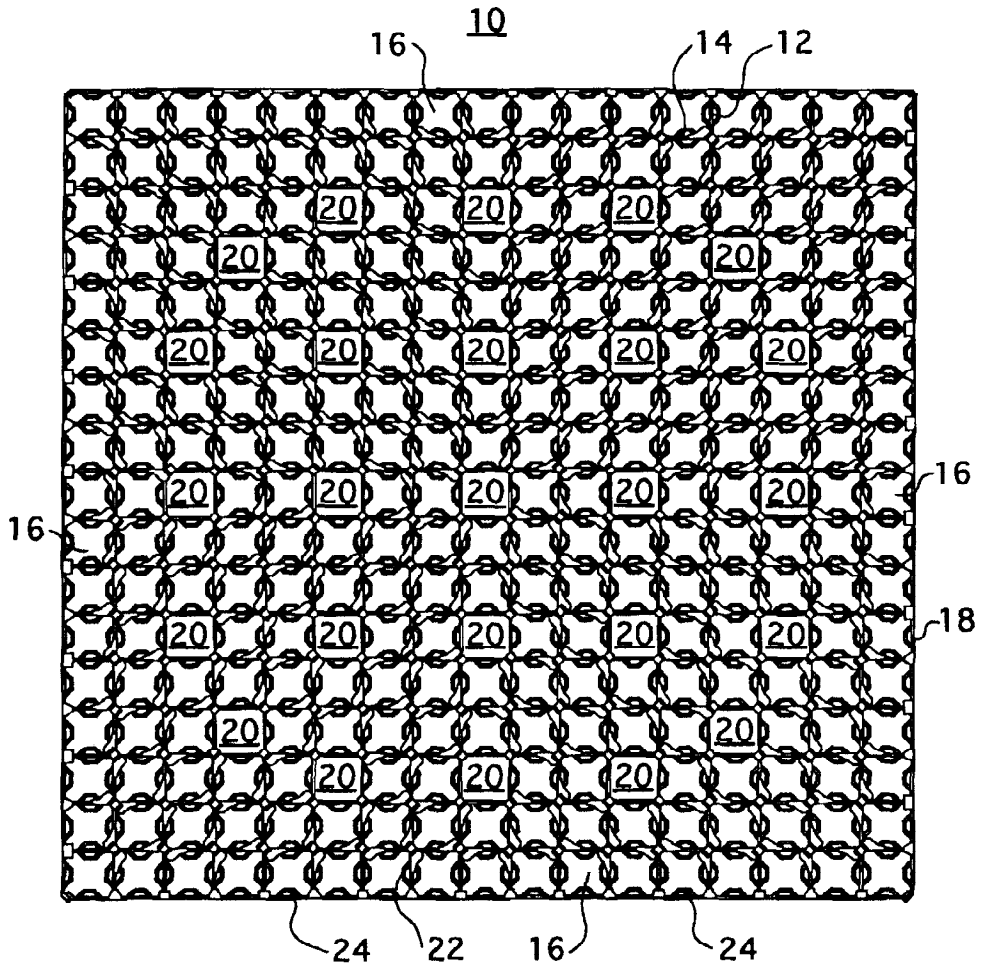
25 16. Ядерная тепловыделяющая сборка по п.15, в которой вырез в форме «собачьей кости» конструкции гнезд содержит три пространственно разнесенных выреза, которые расположены друг над другом на определенном расстоянии вдоль высоты стенки ячейки с центральным вырезом в традиционной форме «собачьей кости», содержащим центральный стержень с выступом на любом конце, причем верхний
30 вырез содержит половину традиционной формы «собачьей кости», разделенной вдоль стержня и через выступы, при этом выступы обращены к центральному вырезу, и нижний вырез содержит половину традиционной формы «собачьей кости», поделенной вдоль стержня и через выступы, при этом выступы обращены к центральному вырезу.

35 17. Ядерная тепловыделяющая сборка по п.16, в которой конструкция гнезд содержит первое и второе гнезда, причем первое гнездо образовано между центральным вырезом и верхним вырезом, а второе гнездо образовано между центральным вырезом и нижним вырезом.

40 18. Ядерная тепловыделяющая сборка по п.10, в которой конструкция гнезда на виде сбоку содержит основание с платформой на верхней части, которая продолжается над основанием.

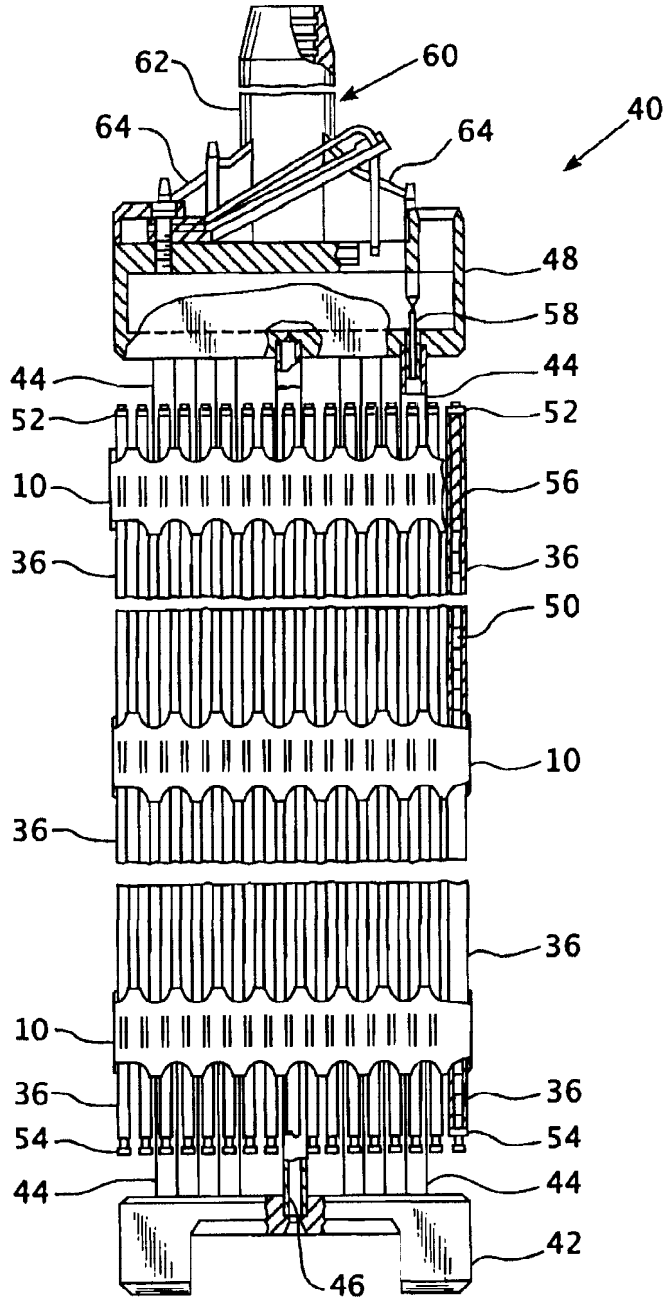
45

50



(Предшествующий уровень техники)

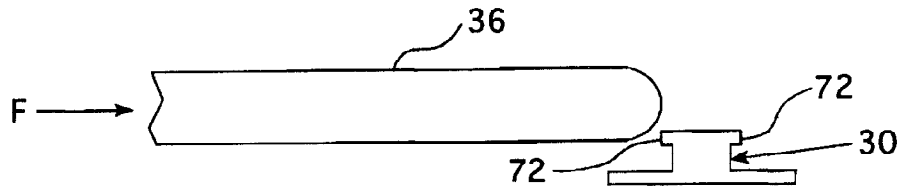
Фиг.1



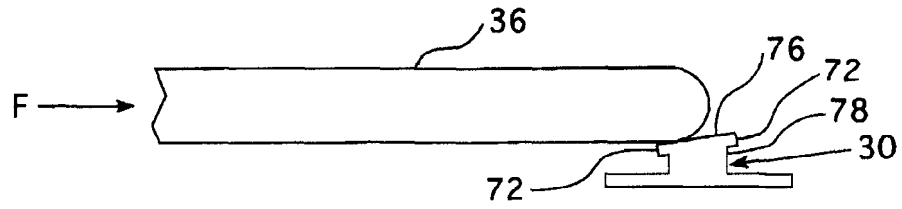
ФИГ.2



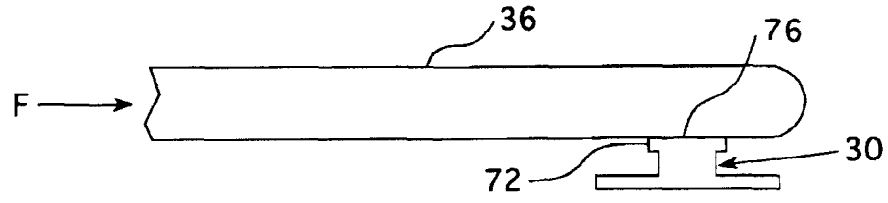
ФИГ.4



ФИГ.5А



Фиг.5В



Фиг.5С