



(51) МПК

F02K 9/64 (2006.01)*F02K 9/97* (2006.01)

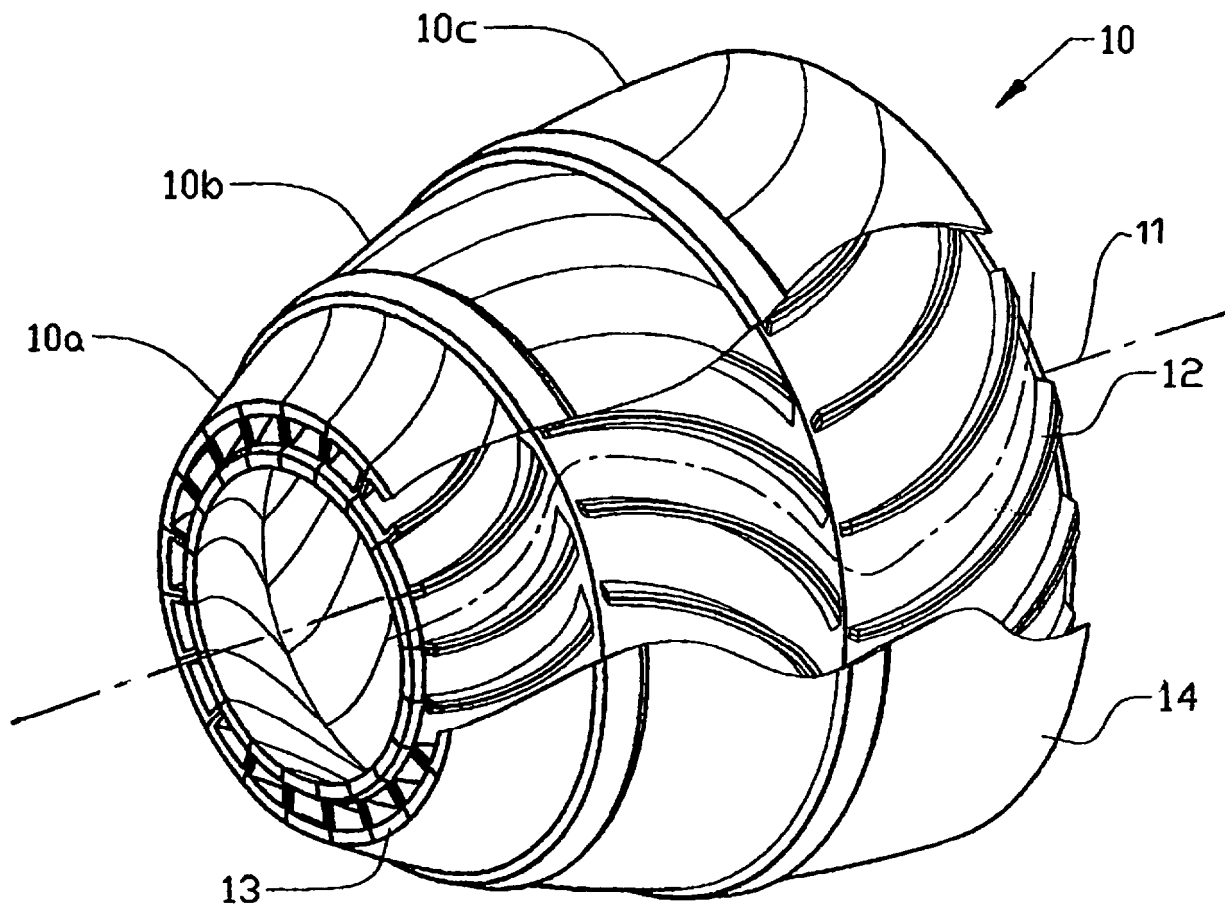
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21), (22) Заявка: **2003123787/06, 09.01.2002**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.01.2002(30) Конвенционный приоритет:
11.01.2001 (пп.1-12) SE 0100076-9
11.01.2001 (пп.1-12) US 60/261,045(43) Дата публикации заявки: **27.02.2005**(45) Опубликовано: **20.06.2006 Бюл. № 17**(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **RU 2139439 C1, 10.10.1997. DE 4301041**
C1, 28.04.1994. FR 2553148 A1, 12.04.1985.
DE 3618038 A1, 03.12.1987. FR 2599429 A1,
04.12.1987.(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную
фазу: **11.08.2003**(86) Заявка РСТ:
SE 02/00020 (09.01.2002)(87) Публикация РСТ:
WO 02/055860 (18.07.2002)Адрес для переписки:
101000, Москва, М.Златоустинский пер., 10,
кв.15, "ЕВРОМАРКПАТ", пат.пов.
И.А.Веселицкой, рег. № 11(72) Автор(ы):
ХЭГГАНДЕР Ян (SE)(73) Патентообладатель(и):
ВОЛЬВО АЭРО КОРПОРЕЙШН (SE)**(54) ВЫХЛОПНОЕ СОПЛО И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к жидкостным ракетным двигателям. Сопло имеет форму тела вращения с меняющимся вдоль его продольной оси (11) диаметром поперечного сечения. Сопло имеет стенку со множеством расположенных рядом друг с другом по спирали по существу параллельно друг другу охлаждающих каналов, которые проходят по всей длине сопла от его входного конца (13) до его выходного конца (14). Сопло состоит по

меньшей мере из двух расположенных вдоль его оси секций (10а, 10b, 10с). В месте стыка соседних секций угол наклона расположенного по спирали охлаждающего канала к продольной оси сопла меняет знак с положительного на отрицательный, что позволяет уравновесить реактивные моменты крена, возникающие в сопле из-за трения между выхлопными газами и стенкой сопла. Рассмотрен способ его изготовления. 2 н. и 10 з.п. ф-лы, 3 ил.



ФИГ. 1

RU 2 2 7 8 2 9 4 C 2

RU 2 2 7 8 2 9 4 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

F02K 9/64 (2006.01)*F02K 9/97* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2003123787/06, 09.01.2002**(24) Effective date for property rights: **09.01.2002**

(30) Priority:

11.01.2001 (cl.1-12) SE 0100076-9**11.01.2001 (cl.1-12) US 60/261,045**(43) Application published: **27.02.2005**(45) Date of publication: **20.06.2006 Bull. 17**(85) Commencement of national phase: **11.08.2003**

(86) PCT application:

SE 02/00020 (09.01.2002)

(87) PCT publication:

WO 02/055860 (18.07.2002)

Mail address:

101000, Moskva, M.Zlatoustinskij per., 10,**kv.15, "EVROMARKPAT", pat.pov.****I.A.Veselitskoj, reg. № 11**

(72) Inventor(s):

KhEhGGANDER Jan (SE)

(73) Proprietor(s):

VOL'VO AEhRO KORPOREJShN (SE)**(54) EXHAUST NOZZLE AND METHOD OF ITS MANUFACTURE**

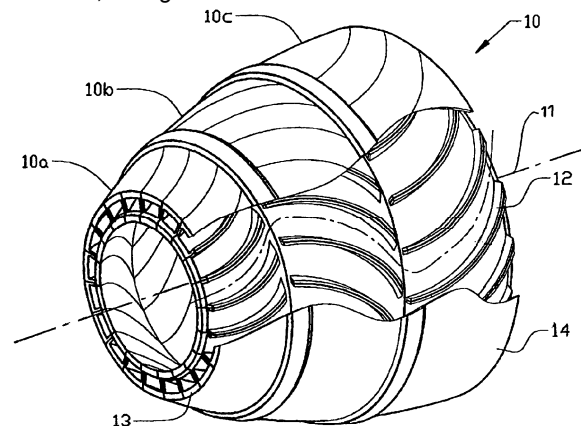
(57) Abstract:

FIELD: liquid-propellant rocket engines.

SUBSTANCE: proposed nozzle is made in form of solid or revolution with diameter of cross-section changing along its longitudinal axis 11. Nozzle has wall with great number of cooling channels arranged close to each other in spiral practically in parallel to each other, passing along entire length of nozzle from its inlet end 13 to outlet end 14. Nozzle consists of at least two sections 10a, 10b, 10c arranged along axis. In place of butt joining of adjacent sections, angle of tilting of cooling channel arranged along spiral to longitudinal axis of nozzle changes its sign from plus to minus, which makes it possible to balance reaction rolling moments appearing in nozzle owing to friction between exhaust gases and nozzle wall. Method of manufacture is described.

EFFECT: provision of balancing of reaction rolling moments.

12 cl, 3 dwg



ФИГ. 1

Настоящее изобретение относится к выхлопным соплам жидкостных ракетных двигателей. Изобретение относится также к способу изготовления таких сопел. Настоящее изобретение относится, в частности, к охлаждаемым выхлопным соплам ракетных двигателей, работающих на жидком топливе.

5 Во время работы ракетного двигателя его выхлопное сопло подвергается воздействию исключительно высоких напряжений, возникающих в нем из-за большого перепада температур, меняющихся от очень высокой внутренней температуры (порядка 800 К) до
очень низкой наружной температуры (порядка 50 К). Такая высокая тепловая нагрузка
предъявляет чрезвычайно жесткие требования к выбору материала, конструкции и
10 технологии изготовления выхлопного сопла ракетного двигателя. Обязательным условием
нормальной работы двигателя является эффективное охлаждение его выхлопного сопла.

Для охлаждения сопла обычно используют отдельные трубы соответствующей длины,
которые крепятся к внутренней поверхности сопла. Каждая такая труба имеет
определенную форму, которая совпадает с конической или параболической формой сопла.
15 Во избежание образования на внутренней поверхности сопла "горячих точек", которые
могут привести к преждевременному выходу сопла из строя, охлаждающие трубы должны
полностью закрывать всю внутреннюю поверхность сопла. Каждое сопло имеет
определенное соотношение между диаметром его хвостовой, большей по размерам части,
расположенной на выходе сопла, и диаметром его передней, меньшей по размерам части,
20 расположенной на входе сопла. Обычно отношение диаметра отверстия, расположенного
на выходе сопла, к диаметру отверстия, расположенного на входе сопла, составляет от 2:
1 до 3:1.

В настоящее время для изготовления охлаждаемого выхлопного сопла используют
выполненные из сплавов на основе никеля или из нержавеющей стали прямоугольные
25 трубы с постоянным по длине трубы поперечным сечением, которые располагают
параллельно друг другу и сваривают между собой.

Намотанные по спирали трубы образуют имеющую форму колокола стенку сопла и
располагаются к продольной оси сопла под углом, который постепенно возрастает от
входа сопла к его выходу. Выходящие из ракетного двигателя выхлопные газы, которые
30 движутся по внутренней поверхности сопла с намотанными по спирали охлаждающими
трубами, создают направленную под углом к продольной оси сопла реактивную силу и
приложенный к ракете момент крена, который приходится компенсировать специальными
дополнительными устройствами. Такие дополнительные устройства обычно увеличивают
вес ракеты и ее гидравлическое сопротивление. Кроме того, длинные охлаждающие
35 каналы с постоянным поперечным сечением обладают сравнительно большим
гидравлическим сопротивлением, которое является причиной достаточно больших потерь
давления протекающего по ним охладителя.

В основу настоящего изобретения была положена задача разработать сопло такой
конструкции и такой способ его изготовления, которые позволяли бы избежать указанных
40 выше проблем. Для решения этой задачи в настоящем изобретении предлагается
выхлопное сопло жидкостного ракетного двигателя, выполненное в виде тела вращения с
продольной осью и меняющимся по оси диаметром поперечного сечения и имеющее стенку
с множеством смежных охлаждающих каналов, которые проходят по спирали по существу
параллельно друг другу от входного конца сопла до его выходного конца. Предлагаемое в
45 изобретении сопло отличается от известных тем, что оно состоит по меньшей мере из
двух продольно расположенных секций, при этом в месте перехода от одной секции к
другой угол наклона охлаждающего канала к продольной оси сопла меняет знак с
положительного на отрицательный. Предлагаемое в изобретении решение позволяет
уменьшить возникающий из-за спирального расположения образующих охлаждающие
50 каналы труб приложенный к ракете момент крена.

Согласно одному из предпочтительных вариантов разница углов наклона к продольной
оси сопла охлаждающих каналов смежных секций сопла позволяет свести к нулю
создающие приложенный к ракете момент крена реактивные силы, возникающие при

обтекании охлаждающих каналов потоком выхлопных газов. Благодаря этому удается полностью избежать возникновения момента крена.

В другом варианте осуществления изобретения охлаждающие каналы проходят по спирали к продольной оси сопла.

5 Согласно еще одному варианту осуществления изобретения охлаждающие каналы в каждой секции имеют постоянное по длине поперечное сечение.

В другом варианте осуществления изобретения охлаждающие каналы каждой секции имеют разную площадь поперечного сечения. В этом варианте охлаждающие каналы секции, расположенной ближе к выходной стороне сопла, имеют предпочтительно большую
10 площадь поперечного сечения, чем охлаждающие каналы секции, расположенной ближе к входной стороне сопла. В предпочтительном варианте охлаждающие каналы имеют прямоугольное поперечное сечение.

В изобретении также предлагается способ изготовления выхлопного сопла жидкостного ракетного двигателя, которое выполнено в виде тела вращения с продольной осью и
15 меняющимся по оси диаметром поперечного сечения и которое имеет стенку с множеством смежных охлаждающих каналов, которые проходят по спирали по существу параллельно друг другу от входного конца сопла до его выходного конца. Предлагаемый в изобретении способ отличается от известных тем, что из множества соединяемых между собой труб с охлаждающими каналами изготавливают первую секцию выхлопного сопла, в которой
20 охлаждающие каналы расположены по спирали с определенным углом наклона к продольной оси сопла, из множества соединяемых между собой труб с охлаждающими каналами изготавливают вторую секцию выхлопного сопла, в которой охлаждающие каналы расположены по спирали с противоположными по отношению к первой секции по
25 знаку углами наклона к продольной оси сопла, и эти секции соединяют друг с другом в одно составное сопло с непрерывными охлаждающими каналами.

Трубы и секции сопла предпочтительно соединять друг с другом лазерной сваркой, а трубы с охлаждающими каналами - сваркой снаружи сопла. Как отмечалось выше, для образования охлаждающих каналов предпочтительно использовать трубы с
30 прямоугольным поперечным сечением. В этом случае снаружи на концах соединяемых между собой труб соседних секций можно выполнить вырезы, обеспечивающие возможность доступа снаружи сопла к свариваемым друг с другом внутренним участкам стенок образующих охлаждающие каналы труб. Образованную вырезами труб щель между соседними секциями можно закрыть кольцом, приварив его к концам сваренных между собой труб с охлаждающими каналами.

35 Ниже изобретение более подробно рассмотрено на примере некоторых, не ограничивающих его объем вариантов его возможного осуществления со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых показано:

на фиг.1 - вид сбоку предлагаемого в изобретении сопла,

на фиг.2 - продольное сечение в увеличенном масштабе в месте соединения двух
40 секций сопла до сварки и

на фиг.3 - показанное на фиг.2 место соединения двух секций сопла после сварки.

На фиг.1 схематично в несколько упрощенной аксонометрической проекции показано выхлопное сопло 10, изготовленное предлагаемым в настоящем изобретении способом. Такое сопло предназначено для использования в ракетных двигателях, работающих на
45 жидком топливе, например на жидком водороде. Принцип действия таких двигателей хорошо известен и поэтому не требует подробного описания. Сопло 10 охлаждается охладителем, который предпочтительно используется также в качестве топлива в некоторых типах ракетных двигателей. Изобретение не ограничено изготовлением сопел такого типа и может быть использовано в других случаях с выбросом охладителя после
50 его использования по прямому назначению.

Изготавливаемое предлагаемым в изобретении способом выхлопное сопло ракетного двигателя по существу имеет колоколообразную форму. Такое сопло 10 представляет собой тело вращения с изменяющимся вдоль его оси 11 диаметром поперечного сечения.

Показанное на фиг.1 сопло состоит из трех расположенных вдоль его продольной оси секций 10a, 10b, 10c. Очевидно, что сопло может иметь меньшее или большее количество таких секций.

5 Стенка сопла в каждой секции имеет множество смежных трубчатых охлаждающих каналов 12, проходящих по спирали по существу параллельно друг другу от входа в секцию до выхода из нее.

Каждую секцию сопла можно изготовить из прямоугольных труб с постоянным поперечным сечением, изготовленных из сплава на основе никеля, нержавеющей стали или иного жаропрочного материала. При изготовлении сопла предлагаемым в изобретении 10 способом расположенные по спирали параллельно друг другу трубы сваривают между собой. Угол спирали (наклона трубы к продольной оси сопла) в каждой секции сопла, стенка которого имеет колоколообразную форму, постепенно увеличивается от входного конца 13 секции к ее выходному концу 14. Сваривают трубы между собой предпочтительно 15 снаружи с помощью лазера. Отсутствие сварных швов на внутренней поверхности стенки сопла обеспечивает возможность раскрытия стыков между соседними трубами при реверсе термодинамического (теплого) цикла. Возможность раскрытия стыков между соседними трубами позволяет ограничить максимальные циклические напряжения, возникающие в стенке сопла под действием тепловой нагрузки.

Трубы, находящиеся в соседних секциях и образующие охлаждающие каналы 12, 20 расположены таким образом, что на стыке соседних секций угол наклона к продольной оси сопла спирального охлаждающего канала меняется с положительного на отрицательный. Иными словами, образующие охлаждающие каналы в двух соседних секциях трубы согнуты по спирали с противоположными по направлению и знаку углами наклона к продольной оси 11 сопла.

25 На фиг.2 показано место стыка двух соседних секций сопла до выполняемой снаружи сварки. Для сварки секций снаружи на внешней поверхности конца трубы каждой секции выполнен вырез 15. Наличие на концах труб таких вырезов 15 обеспечивает возможность доступа снаружи сопла к свариваемым друг с другом внутренним участкам стенок образующих охлаждающие каналы труб, позволяя расплавить внутренние участки труб 30 проходящим через щель между трубами лазерным излучением. В результате лазерной сварки плавлением внутренние стенки прямоугольных труб соседних секций прочно соединяются друг с другом. После этого к соединенным между собой секциям сопла приваривают показанное на фиг.3 кольцо 16, которым закрывает оставшуюся снаружи открытой щель между соседними секциями.

35 Изготовление выхлопного сопла из двух или более секций позволяет менять площадь поперечного сечения труб в каждом стыке между соседними секциями. При этом, например, можно, увеличив радиальную протяженность поперечного сечения, увеличить площадь сечения потока охладителя и соответственно снизить потери давления в охлаждающих каналах. Для увеличения площади сечения потока охладителя при 40 постоянном поперечном сечении труб количество труб в каждой последующей секции можно увеличивать по сравнению с количеством труб в предыдущей секции. Для снижения потерь давления в работающих по замкнутому циклу двигателях до приемлемого уровня в каждой последующей секции достаточно иметь небольшое количество дополнительных труб. Для распределения давления и потока охлаждающей жидкости на стыке между 45 соединенными между собой соседними секциями с разным количеством труб необходимо установить соответствующие распределительные магистрали или коллекторы.

На входе сопла необходимо иметь небольшое поперечное сечение и тепловой поток, позволяющий снизить температуру материала. Для этого можно уменьшить на входе сопла 50 толщину труб с учетом возникающих в них под действием давления напряжений. Уменьшение толщины стенок позволяет уменьшить температуру материала и повысить долговечность сопла под действием циклических нагрузок. На выходе сопла для снижения потерь давления необходимо иметь большое поперечное сечение. Выдерживающие давление на выходе сопла трубы должны иметь сравнительно толстую стенку. Увеличение

толщины стенки охлаждающих труб одновременно увеличивает жесткость сопла под действием боковых нагрузок, внешнего давления и вибраций.

На внутренней поверхности готового сопла остаются небольшие спиральные канавки. В сопле, изготовленном из труб, согнутых по всей длине сопла по одной и той же спирали, трение выхлопных газов о стенку сопла создает реактивный момент, который обычно приходится уравнивать специальными дополнительными устройствами. В сопле, изготовленном предлагаемым в изобретении способом, угол спирали на стыке между соседними секциями меняется, и возникающие в каждой секции из-за трения реактивные моменты уравнивают друг друга, исключая необходимость в использовании для этого каких-либо специальных дополнительных устройств. В ракетных двигателях, работающих по циклу с расширением, увеличение трения между выхлопными газами и стенкой сопла увеличивает количество тепла, которое передается охладителю, и увеличивает энергию, от которой работает газотурбинный двигатель.

До сварки труб между собой каждая труба имеет открытые со всех сторон стенки. На внутреннюю стенку трубы, на которую воздействуют горячие газы, и на обращенные друг к другу торцы стенок соседних труб можно нанести медное покрытие. Наличие такого покрытия повышает эффективность отвода тепла от тех участков труб, которые не испытывают непосредственного воздействия со стороны выхлопных газов. Следствием этого является снижение температуры несущей нагрузку части стенки сопла.

Изобретение не ограничено рассмотренными выше вариантами и предполагает возможность внесения в них различных изменений и усовершенствований, не нарушающих основной идеи изобретения и не выходящих за объем приведенной ниже формулы изобретения. К такого рода изменениям относится, в частности, возможность изготовления сопла из двух секций, отличающихся от описанных выше.

25

Формула изобретения

1. Выхлопное сопло (10) жидкостного ракетного двигателя, выполненное в виде тела вращения с продольной осью (11) и меняющимся по оси диаметром поперечного сечения и имеющее стенку с множеством смежных охлаждающих каналов (12), которые проходят по спирали по существу параллельно друг другу от входного конца (13) сопла до его выходного конца (14), отличающееся тем, что оно состоит по меньшей мере из двух расположенных вдоль продольной оси секций (10а, 10b), в месте стыка которых угол наклона спирального охлаждающего канала к продольной оси сопла меняет знак с положительного на отрицательный.

2. Выхлопное сопло по п.1, отличающееся тем, что разница углов наклона охлаждающих каналов (12) смежных секций (10а, 10b) сопла к его продольной оси сводит к нулю реактивные силы, возникающие в сопле при обтекании охлаждающих каналов потоком выхлопных газов.

3. Выхлопное сопло по п.1 или 2, отличающееся тем, что каждый охлаждающий канал (12) проходит по спирали к продольной оси (11) сопла (10).

4. Выхлопное сопло по любому из пп.1-3, отличающееся тем, что охлаждающие каналы в каждой секции (10а, 10b) имеют постоянное по их длине поперечное сечение.

5. Выхлопное сопло по любому из пп.1-4, отличающееся тем, что охлаждающие каналы (12) в двух смежных секциях (10а, 10b) сопла имеют различную площадь поперечного сечения.

6. Выхлопное сопло по п.6, отличающееся тем, что охлаждающие каналы секции, расположенной ближе к выходной стороне сопла, имеют большую площадь поперечного сечения, чем охлаждающие каналы секции, расположенной ближе к входной стороне сопла.

7. Выхлопное сопло по любому из пп.1-6, отличающееся тем, что каналы (12) имеют прямоугольное поперечное сечение.

8. Способ изготовления выхлопного сопла (10) жидкостного ракетного двигателя, которое выполнено в виде тела вращения с продольной осью (11) и меняющимся по оси

диаметром поперечного сечения и которое имеет стенку с множеством смежных охлаждающих каналов (12), которые проходят по спирали по существу параллельно друг другу от входного конца (13) сопла до его выходного конца (14), отличающийся тем, что из множества соединяемых между собой труб с охлаждающими каналами (12)

5 изготавливают первую секцию (10a) выхлопного сопла (10), в которой охлаждающие каналы расположены по спирали с определенным углом наклона к продольной оси (11) сопла, из множества соединяемых между собой труб с охлаждающими каналами (12) изготавливают вторую секцию (10b) выхлопного сопла (10), в которой охлаждающие каналы расположены по спирали с противоположными по отношению к первой секции по знаку
10 углами наклона к продольной оси сопла, и эти секции (10a, 10b) соединяют друг с другом в одно составное сопло (10) с непрерывными охлаждающими каналами (12).

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что трубы и секции соединяют друг с другом лазерной сваркой, а трубы с охлаждающими каналами (12) соединяют сваркой снаружи сопла.

15 10. Способ по п.8 или 9, отличающийся тем, что для образования охлаждающих каналов (12) используют трубы с прямоугольным поперечным сечением.

11. Способ по п.10, отличающийся тем, что снаружи на концах соединяемых между собой труб соседних секций выполняют вырезы (15), обеспечивающие возможность доступа снаружи сопла (10) к свариваемым друг с другом внутренним участкам стенок,
20 образующих охлаждающие каналы труб.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что образованную вырезами труб щель между соседними секциями закрывают кольцом (16), которое приваривают к концам сваренных между собой труб с охлаждающими каналами.

25

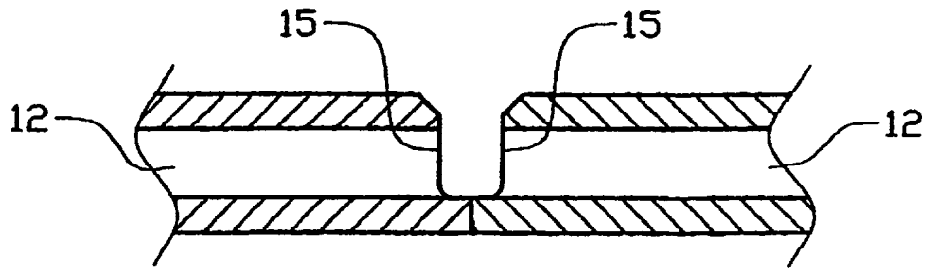
30

35

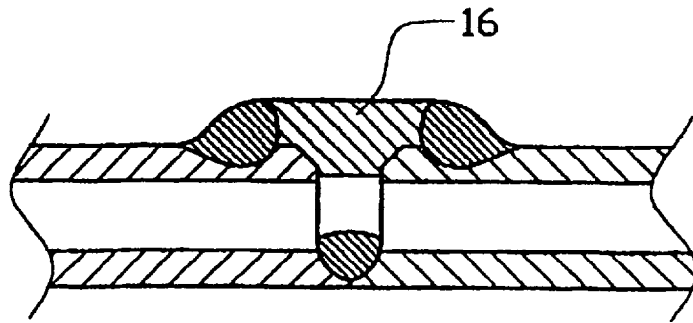
40

45

50



ФИГ. 2



ФИГ. 3