



(51) МПК

B21B 21/04 (2006.01)

B21B 23/00 (2006.01)

B23P 6/04 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006106867/02, 06.03.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.03.2006

(43) Дата публикации заявки: 20.09.2007

(45) Опубликовано: 27.02.2008 Бюл. № 6

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2255820 C1 10.07.2004. RU 2246363
C1 20.02.2005. RU 2264269 C2 20.11.2005. RU
2226133 C2 27.03.2004. RU 2001133973
27.09.2003. US 4798071 A, 17.01.1989. DE
3428437 A1, 10.02.1987.

Адрес для переписки:

454129, г.Челябинск, ул. Машиностроителей,
21, ОАО ЧТПЗ, начальнику инженерного
управления К.Н. Никитину

(72) Автор(ы):

Сафьянов Анатолий Васильевич (RU),
Федоров Александр Анатольевич (RU),
Никитин Кирилл Николаевич (RU),
Лапин Леонид Игнатьевич (RU),
Ненахов Сергей Васильевич (RU),
Дановский Николай Григорьевич (RU),
Литвак Борис Семенович (RU),
Головинов Валерий Александрович (RU),
Логовиков Валерий Андреевич (RU),
Климов Николай Петрович (RU),
Бубнов Константин Эдуардович (RU),
Матюшин Александр Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ОАО "Челябинский трубопрокатный завод" (RU)

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА СЛИТКОВ-ЗАГОТОВОК ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫМ ПЕРЕПЛАВОМ ИЗ НИЗКОПЛАСТИЧНОЙ СТАЛИ С СОДЕРЖАНИЕМ БОРА 1,3-1,8% И ПРОКАТКИ ИЗ НИХ НА ТРУБОПРОКАТНЫХ УСТАНОВКАХ С ПИЛИГРИМОВЫМИ СТАНАМИ ТРУБ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПЕРЕДЕЛА ИХ В ШЕСТИГРАННЫЕ ТРУБЫ-ЗАГОТОВКИ ДЛЯ УПЛОТНЕННОГО ХРАНЕНИЯ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу производства слитков-заготовок электрошлаковым переплавом из низкопластичной стали с содержанием бора 1,3-1,8% и прокатки из них на трубопрокатных установках с пилигримовыми станами труб для последующего передела их в шестигранные трубы-заготовки для уплотненного хранения отработанного ядерного топлива. Способ включает отливку слитков электрошлаковым способом размером 470-490×1700-1750 мм, механическую обработку - обточку в слитки-заготовки размером 460-480×1700-1750 мм, сверление центрального отверстия диаметром 100 ±5,0 мм, нагрев их до температуры пластичности 1060-1090°C, прошивку в стане косо́й прокатки на оправке диаметром 275 мм в гильзы размером 470-480×290 вн. х 2500-2600 мм с вытяжкой $\mu=1,47-1,51$, прокатку гильз на пилигримовом стане с подкладными углеродистыми кольцами в передельные трубы-плети размером 290×12×22000-23000 мм на дорнах диаметром 264/265 мм с вытяжкой $\mu=10,25-11,0$,

отрезку пилой горячей резки технологических отходов - пилигримовых головок и затравочных концов, порезку труб-плетей на две трубы равной длины или кратные длине передельной заготовке и последующую правку их на шестивалковой правильной машине с использованием температуры прокатного нагрева, при этом слитки электрошлакового переплава отливают полыми размером 480×270 вн. × 2450±50 мм, донную и усадочную части полых слитков электрошлакового переплава, образующих при прокатке передельных труб пилигримовую головку и затравочный конец, отливают из пластичных углеродистых марок стали, высоты донной и усадочной частей из пластичной углеродистой марки стали определяют из выражений $L_d=(0,12-0,15)L_c$, $L_y=(0,05-0,06)L_c$, где L_d - высота донной части полого слитка из пластичной углеродистой марки стали, мм; L_y - высота усадочной части полого слитка из пластичной углеродистой марки стали, мм; L_c - общая высота полого слитка (2450±50), мм, полые слитки растачивают и обтачивают с усадочной стороны в полые заготовки размером 470×280 вн.

мм до границ сплавления двух металлов в донной части слитков или со смещением в сторону пластичной углеродистой стали на 50-80 мм с чистотой поверхности $R_z \leq 40$ мкм, при обточке переход на донном конце слитков от основного металла к пластичной углеродистой стали выполняют плавно в виде усеченного конуса на длине 50-80 мм, биметаллические полые слитки-заготовки нагревают до температуры пластичности 1040-1060°C по режиму нагрева стали с содержанием бора 1,3-1,8%, после удаления технологических отходов - пилигримовых головок и затравочных концов из пластичных углеродистых марок стали со стороны пилигримовых головок и затравочных концов оставляют участки труб из пластичных углеродистых марок стали длиной 500-

700 мм, после порезки труб-плетей на две трубы равной длины или кратные длине передельной заготовке на последующую теплую правку трубы задают в шестивалковую правильную машину концами из пластичных углеродистых марок стали, сверление отверстий для тянущей цепи под теплое профилирование на трубах-заготовках с углеродистыми пластичными концами производят на участках труб-заготовок из пластичных углеродистых марок стали, а концы труб-заготовок из пластичных углеродистых марок стали удаляют перед термической обработкой с выполнением всех последующих операций по технологическому процессу. Обеспечивается снижение брака труб, повышается производительность пилигримовых станков, снижается стоимость товарных шестигранных труб-заготовок. 9 з.п. ф-лы, 1 табл.

RU 2 3 1 7 8 6 5 C 2

RU 2 3 1 7 8 6 5 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

B21B 21/04 (2006.01)**B21B 23/00** (2006.01)**B23P 6/04** (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006106867/02, 06.03.2006**(24) Effective date for property rights: **06.03.2006**(43) Application published: **20.09.2007**(45) Date of publication: **27.02.2008 Bull. 6**

Mail address:

**454129, g.Cheljabinsk, ul. Mashinostroitelej,
21, OAO ChTPZ, nachal'niku inzhenernogo
upravljenija K.N. Nikitinu**

(72) Inventor(s):

**Saf'janov Anatolij Vasil'evich (RU),
Fedorov Aleksandr Anatol'evich (RU),
Nikitin Kirill Nikolaevich (RU),
Lapin Leonid Ignat'evich (RU),
Nenakhov Sergej Vasil'evich (RU),
Danovskij Nikolaj Grigor'evich (RU),
Litvak Boris Semenovich (RU),
Golovinov Valerij Aleksandrovich (RU),
Logovikov Valerij Andreevich (RU),
Klimov Nikolaj Petrovich (RU),
Bubnov Konstantin Ehdueardovich (RU),
Matjushin Aleksandr Jur'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

OAO "Cheljabinskij truboprokatnyj zavod" (RU)

(54) **METHOD FOR PRODUCING INGOT-BLANKS BY ELECTROSLAG REFINING OF LOW-DUCTILE STEEL CONTAINING BORON AND FOR ROLLING TUBES OF SUCH BLANKS IN TUBE ROLLING PLANTS WITH PILGER MILLS FOR FURTHER CONVERSION OF TUBES TO HEXAHEDRAL TUBE-BLANKS FOR COMPACTED STORAGE OF WASTE NUCLEAR FUEL**

(57) Abstract:

FIELD: production of ingot-blanks by electroslag refining of low-ductile steel containing boron and rolling tubes of such blanks in tube rolling plants with pilger mills for further conversion of rolled tubes to hexahedral tube-blanks used for compacted storage of waste nuclear fuel.

SUBSTANCE: method comprises steps of casting ingots with size 470-490 x 1700-1750 mm by electroslag refining; mechanically working them by turning to ingot-blanks with size 460 - 480 x 1700 - 1750 mm; drilling central opening with diameter 100±5.0 mm; heating them till yielding temperature 1060 - 1090°C; piercing ingots in skew rolling mill on mandrel with diameter 275 mm to sleeve with size 470 - 480 x 290 in. x 2500 - 2600 mm at elongation degree 1.47 - 1.51; rolling sleeves in pilger mill with backing carbonaceous rings to conversion tube-lengths with size 290 x 12 x 22000-23000 on mandrel with diameter 264 -265 mm at elongation degree 10.25 - 11.0; cutting off pilger heads and seed ends by hot cutting saw; cutting tube-lengths by two tubes of the same length or to tubes with length multiple to length of conversion blank; further straightening tubes in six-roll straightening

machine at using temperature of heating for rolling. Electroslag refining ingots are cast in the form of hollow ingots with size 480 x 270 in. x 2450 ± 50 mm. Bottom and shrinkage portions of hollow electroslag refining ingots forming pilger head and seed end at rolling conversion tubes are cast of ductile carbon kinds of steel. Height values of bottom and shrinkage portions of ductile carbon steel are determined from expressions $L_b = (0.12 - 0.15)L_t$, $L_s = (0.05 - 0.06)L_t$ where L_b - height of bottom portion of hollow ingot of ductile carbon steel, mm; L_s - height of shrinkage portion of hollow ingot of ductile carbon steel, mm; L_t - total height of hollow ingot (2450±50)mm. Hollow ingots are bored and turned at shrinkage side to hollow blanks with size 470 x 280 in. mm till boundary of fusion of two metals in bottom portion of ingots or till shifting to side of ductile carbon steel by 50 - 80 mm at surface roughness degree $R_z = 40$ mcm or less. At turning, smooth transition from main metal to ductile carbon steel in bottom portion of ingot is provided in the form of truncated cone along distance 50 - 80 mm. Bimetallic hollow ingot-blanks are heated till yielding temperature 1040 -1060°C according to mode for heating steel containing 1.3 - 1.8% of

boron. After removing technological crops such as pilger heads and seed ends of ductile carbon steel, - at side of pilger heads and seed ends portions of tubes of ductile carbon steel with length 500 -700 mm are left. Then after cutting tube-lengths by two tubes of the same length or by tubes with length multiple to length conversion blank, tubes are guided for further warm straightening in six-roll straightening machine by their ends of ductile carbon steel. Openings for pulling chain at warm shaping are

drilled in tube-blanks with carbon ductile end portions in zones of tube-blanks of ductile carbon steel. Ends of tube-blanks of ductile carbon steel are removed before heat treatment while performing all further operations of manufacturing process.

EFFECT: lowered quantity of rejected tubes, improved efficiency of pilger mills, reduced cost of commercial hexahedral tube-blanks.

10 cl, 1 tbl

R U 2 3 1 7 8 6 5 C 2

R U 2 3 1 7 8 6 5 C 2

Изобретение относится к трубному и металлургическому производствам, в частности к способу производства шестигранных труб-заготовок для уплотненного хранения оработанного ядерного топлива из низкопластичной стали с содержанием бора 1,3-1,8% из передельных горячекатаных труб размером 290x12x22000-23000 мм, прокатываемых на 5 ТПУ 8-16" из полых слитков электрошлакового переплава, с последующим переделом их в шестигранные трубы-заготовки, и может быть использовано при производстве слитков-заготовок на электрошлакоплавильных печах, прокатки из них передельных труб на трубопрокатных установках с пилигримовыми станами, механической обработки передельных труб (обточки и расточки) с последующим профилированием их на 10 профилировочном стане в шестигранные трубы-заготовки.

В трубном производстве известен способ производства передельных труб из низкопластичной стали с содержанием бора 1,3-1,8% (ЧС 82), предусматривающий выплавку стали вакуумно-дуговым (ВД), вакуумно-индукционным (ВИ), вакуумно-индукционным с последующим вакуумно-дуговым переплавом (ИД) и плазменным 15 переплавом (П) в слитки диаметром 460 мм с последующей ковкой их в прутки-заготовки диаметром 225-230 мм и механической обработкой - обточкой на размер 215x1850-1950 мм, нагрев до температуры пластичности, прошивку в прошивном стане на ТПА-350 с автоматическим станом в гильзы размером 220x45x2700-2850 мм, охлаждение, ремонт, прошивку на первом прошивном стане в гильзы размером 250x28x3400-3600 мм, прошивку 20 на втором стане в гильзы размером 292x13x5600-5950 мм, прокатку в автоматическом стане в три прохода с обжатиями, соответственно 14,3%, 8,3%, 0,5%, и калибровку в калибровочном стане в трубы размером 288x11 мм при температуре 850-950°C (Отчет по НИР "Освоение технологии производства горячекатаных труб большого диаметра из стали ЧС 82 в условиях ТПА-350 "ЮТЗ", Днепропетровск 1988 г.).

Недостатками данного способа являются межгосударственные перевозки (Челябинск-Никополь-Челябинск), трудоемкая операцияковки слитков диаметром 460 мм в прутки-заготовки диаметром 225-230 мм с последующей механической обработкой - обточкой и порезкой на размер 215x1850-1950 мм, большой расходный коэффициент металла при переделе слитков - шестигранная трубная заготовка, равный 6,53 и, как следствие, 30 высокая стоимость передельных труб и шестигранных труб-заготовок.

В металлургической и трубной промышленности известен способ производства сплошных слитков из коррозионно-стойкой стали марки 04X14T3P1Ф-Ш (ЧС 82-Ш), выплавленных в электропечах под шлаком, которые обтачиваются в слитки-заготовки 35 размером 460-480±10x1750-1650±70 мм и поставляются трубникам для производства передельных труб на трубопрокатных установках с пилигримовыми станами (Изменение №2 от 16.02.2001 г. "Заготовка трубная из стали марок 04X14T3P1Ф-ВИ (ЧС 82-ВИ), 04X14T3P1Ф-ПТ (ЧС 82-ПТ), 04X14T3P1Ф-ПШ (ЧС 82-ПШ) и 04X14T3P1Ф-Ш (ЧС 82-Ш)"). Данные слитки на ОАО "ЧТПЗ" подвергаются сверлению на диаметр 100±5,0 мм и 40 задаются в производство для прокатки передельных труб.

Недостатком данного способа является повышенный расход металла при переделе слитков ЭШП - шестигранная трубная заготовка, который достигает более 4,5.

В трубной промышленности известен также способ производства трубных заготовок для изготовления шестигранных чехловых труб из низкопластичной безникелевой стали с содержанием бора 1,3-1,8%, включающий выплавку стали вакуумно-дуговым, вакуумно-индукционным, вакуумно-индукционным с последующим вакуумно-дуговым переплавом и плазменным переплавом в слитки размером 470x1700-1750 мм, обточку слитков на размер 460x1700-1750 мм, сверление центрального отверстия диаметром 100±5,0 мм, нагрев их до температуры пластичности, прошивку в прошивном стане ТПА 8-16" в гильзы 50 размером 460x110x2100-2300 мм, прокатку гильз на пилигримовом стане в трубы-заготовки размером 377x88,5x31500-3500 мм, охлаждение, при необходимости ремонт, и порезку на две равные части-заготовки размером 377x88,5x1575-1750 мм, повторный нагрев их до температуры пластичности, прошивку-раскатку в прошивном стане в гильзы

размером 400×50×2300-2550 мм, прокатку на пилигримовом стане в передельные трубы размером 290×12×11000-12000 мм и правку на правильной машине при температуре не ниже 100°С, используя температуру прокатного нагрева (патент РФ №2226133 "Способ производства трубных заготовок для изготовления шестигранных чехловых труб из

5 низкопластичной безникелевой стали с содержанием бора 1,3-1,8%", бюл. №9, 2004 и А.В.Сафьянов, А.А.Федоров, В.П.Борисов и др. "Разработка и освоение новой технологии производства шестигранных чехловых труб из низколегированной нейтронопоглощающей безникелевой стали с содержанием бора 1,3-1,8%. "Труды четвертого конгресса прокатчиков". Магнитогорск, 16-19 октября 2001 г., Москва, 2002, стр.44-47).

10 Известный способ имеет следующие недостатки. Технологический процесс производства передельных труб из стали ЧС 82, включающий два нагрева, две прошивки, две прокатки на пилигримовом стане и порезку на станках труб-заготовок на два равных крата-заготовки, трудоемок, требует больших затрат, что приводит к росту цены передельных труб и, как следствие, к росту цены шестигранных чехловых труб. Прокатка

15 двух кратов-заготовок размером 377×88,5×1600-1800 мм, полученных из одного слитка, на пилигримовом стане в передельные трубы размером 290×12×11500-12500 мм приводит к увеличению технологических отходов в виде двух затравочных концов и двух пилигримовых головок. При неустановившемся процессе прокатки, т.е. при затравке и обкатке пилигримовых головок, из-за малой пластичности стали, образуются концевые

20 дефекты в виде продольных трещин и рванин на длине 0,5-0,8 метра. Это приводит к увеличению расходного коэффициента металла при переделе слитков ЭШП - передельная труба. Прокатка на пилигримовом стане труб размером 290×12×11500-12500 мм из гильз размером 400×50×2300-2500 мм в течение 3,0-3,2 мин приводит к снижению температуры

25 гильзы до 750°С, т.е. конец прокатки труб происходит при температуре 750-800°С, а это значительно ниже нижнего предела интервала пластичности данной марки стали (800-850°С), что приводит к образованию рванин под пилигримовую головку на длине 2,0-3,0 метров, а это, в свою очередь, приводит к браку одного крата, т.к. минимальная длина

30 трубы для профилирования (передела в шестигранник) должна быть 5250 мм. Средний расходный коэффициент металла при переделе слитков ЭШП - шестигранная труба-заготовка по данной технологии составил 4,55, т.е. для получения одной тонны шестигранных труб "под ключ" размером 257×6×4300 мм необходимо 4,55 тонн слитков ЭШП стали ЧС 82.

Наиболее близким техническим решением является способ производства передельных труб из низкопластичной стали с содержанием бора 1,3-1,8%, включающий отливку слитков

35 ЭШП размером 470-490×1600-1750 мм, обточку слитков на размер 460-480×1600-1750 мм, сверление центрального отверстия диаметром 100±5,0 мм в слитках ЭШП с донного конца на длину L=N-B, где N - высота слитка, мм; B - недосверленная часть слитка, равная 100-120 мм, нагрев их до температуры пластичности по режиму: слитки при температуре 450-500°С выдерживают на колосниках методической печи без кантовки в течение 90-120

40 мин, нагревают до температуры 800-850°С со скоростью 1,8-2,0°С в мин, затем нагревают до температуры 1060-1090°С со скоростью 2,0-2,2°С в мин с кантовкой через 15-20 мин и выдерживают при данной температуре в течение 70-80 мин с кантовкой на угол ≈ 180°

45 через 10-15 мин, задачу перед прошивкой внутрь слитков смазки в виде смеси графита с поваренной солью (50/50) %, прошивку слитков в стане косой прокатки сверленным концом вперед с вытяжкой 1,6-1,75 без подъема по диаметру и с выполнением следующих технологических операций: установившийся процесс прошивки производят со скоростью

50 вращения рабочих валков 40-45 оборотов в мин, при заполнении очага деформации, от захвата слитков валками до полного нахождения гильзы на оправку, скорость вращения валков снижают на 20-25% - 30-35 оборотов в мин, а на выходе гильзы из очага деформации скорость вращения валков снижают на 30-35% - 25-30 оборотов в мин, прокатку гильз на пилигримовом стане в передельные трубы производят с подкладными углеродистыми кольцами с вытяжкой $\mu=9,0-10,5$ и обжатием по диаметру 35-40% и выполнением технологических операций в следующей последовательности: затравку и

обкатку пилигримовой головки производят с вытяжкой $\mu=7,5-8,5$, равной $0,8-0,85$ величины вытяжки установившегося процесса прокатки, при затравке на длине $1,0-1,1$ и обкатке пилигримовой головки на длине $0,3-0,5$ пути отката подающего аппарата, вытяжку снижают за счет разведения валков пилигримового стана (патент РФ №2255820 "Способ производства передельных труб из низкопластичной стали с содержанием бора $1,3-1,8\%$ ", бюл. №10 от 10.07. 2004).

Недостатками данного способа являются большой расходный коэффициент металла при переделе слитков - шестигранная труба-заготовка, равный $4,32$, из-за большой отбраковки заготовок по дефектам прокатного происхождения на наружной поверхности и выхода толщин стенок за пределы минусового допуска при их ремонте, а также изготовление, нагрев, транспортировка краном к пилигримовым станам подкладных углеродистых колец и надевание их на дорна, а следовательно, увеличение вспомогательного времени и снижение производительности пилигримовых станов и, как следствие, высокая стоимость передельных труб и готовой продукции (шестигранных труб-заготовок).

Задачей предложенного способа является освоение нового технологического процесса производства шестигранных труб-заготовок для уплотненного хранения отработанного ядерного топлива из низкопластичной стали с содержанием бора $1,3-1,8\%$, направленного на исключение из технологического процесса прошивки сверленных слитков в станах косо́й прокатки, исключение брака в виде рванин при затравке и докатке пилигримовых головок, исключение изготовления подкладных углеродистых колец, нагрева в методических печах и транспортировки их краном к пилигримовым станам, повышение производительности пилигримовых станов за счет снижения вспомогательного времени на транспортировку нагретых колец к пилигримовому стану, одевания их на дорн, снятия с дорна и транспортировку использованных колец к коробкам для технологических металлических отходов, исключение трещин на передних концах труб при правке их в шестивалковых правильных машинах, снижение времени и температуры нагрева полых слитков-заготовок до температуры пластичности, снижение технологических отходов при теплом профилировании круглых труб-заготовок в шестигранные трубы-заготовки, снижение расходного коэффициента металла при переделе слитков ЭШП - передельная трубная заготовка, а следовательно, снижение стоимости конечной продукции - шестигранных труб - заготовок из стали ЧС 82.

Технический результат достигается тем, что в известном способе производства шестигранных труб-заготовок для уплотнения хранения отработанного ядерного топлива из низкопластичной стали с содержанием бора $1,3-1,8\%$, включающем отливку слитков электрошлаковым переплавом размером $470-490 \times 1700-1750$ мм, механическую обработку-обточку в слитки-заготовки размером $460-480 \times 1700-1750$ мм, нагрев их до температуры пластичности $1060-1090^\circ\text{C}$, прошивку их в стане косо́й прокатки на оправке диаметром 275 мм в гильзы размером $470-480 \times 290$ вн. $\times 2500-2600$ мм с вытяжкой $\mu=1,47-1,51$, прокатку гильз на пилигримовом стане с подкладными углеродистыми кольцами в передельные трубы-плети размером $290 \times 12 \times 22000-23000$ мм на дорнах диаметром $264/265$ мм с вытяжкой $\mu=10,25-11,0$, отрезку пилой горячей резки технологических отходов - пилигримовых головок и затравочных концов, порезку труб-плетей на две трубы равной длины или кратной длине передельной заготовки и последующую правку их на шестивалковой правильной машине с использованием температуры прокатного нагрева с получением передельных труб-заготовок, последующую их порезку, механическую обработку и теплое профилирование, слитки электрошлакового переплава отливают полыми размером 480×270 вн. $\times 2450 \pm 50$ мм, донную и усадочную части полых слитков электрошлакового переплава, образующие при прокатке передельных труб пилигримовую головку и затравочный конец, отливают из пластичных углеродистых марок стали, высоты донной и усадочной частей из пластичных углеродистых марок стали определяют из выражений $L_d=(0,12-0,15)L_c$, $L_y=(0,05-0,06)L_c$, где L_d - высота донной части полого слитка из пластичной углеродистой марки стали, мм; L_y - высота усадочной части полого слитка из пластичной углеродистой марки стали, мм; L_c - общая высота полого слитка (2450 ± 50),

мм, полые слитки растачивают и обтачивают с усадочной стороны в полые заготовки размером 470×280 вн. мм до границ сплавления двух металлов в донной части слитков или со смещением в сторону пластичной углеродистой стали на 50-80 мм с чистотой поверхности $R_z \leq 40$ мкм, при обточке, переход на донном конце слитков от основного металла к пластичной углеродистой стали, выполняют плавно в виде усеченного конуса на длине 50-80 мм, составные полые слитки-заготовки нагревают до температуры пластичности 1040-1060°C, после удаления технологических отходов - пилигримовых головок и затравочных концов, из пластичных углеродистых марок стали со стороны пилигримовых головок и затравочных концов оставляют участки труб из пластичных углеродистых марок стали длиной 500-700 мм, после порезки труб-плетей на две трубы равной длины или кратные длине передельной заготовке, на последующую теплую правку трубы задают в шестивалковую правильную машину концами из пластичных углеродистых марок стали, сверление отверстий для тянущей цепи под теплое профилирование на трубах-заготовках с углеродистыми пластичными концами производят на участках труб-заготовок из пластичных углеродистых марок стали, а концы труб-заготовок из пластичных углеродистых марок стали удаляют перед термической обработкой с выполнением всех последующих операций по технологическому процессу.

Сущность способа заключается в том, что слитки электрошлакового переплава отливают полыми размером 480×270 вн. × 2450±50 мм, донную и усадочную части полых слитков электрошлакового переплава, образующих при прокатке передельных труб пилигримовую головку и затравочный конец, отливают из пластичных углеродистых марок стали, высоты донной и усадочной частей, отлитых из пластичной углеродистой марки стали, определяют из выражений $L_d = (0,12-0,15)L_c$, $L_y = (0,05-0,06)L_c$, где L_d - высота донной части полого слитка, отлитой из пластичной углеродистой марки стали, мм; L_y - высота усадочной части полого слитка, отлитой из пластичной углеродистой марки стали, мм; L_c - общая высота полого слитка (2450±50), мм, полые слитки растачивают и обтачивают с усадочной стороны в полые заготовки размером 470x280вн.мм до границ сплавления двух металлов в донной части слитков или со смещением в сторону пластичной углеродистой стали на 50-80 мм с чистотой поверхности $R_z \leq 40$ мкм, при обточке, переход на донном конце слитков от основного металла к пластичной углеродистой стали выполняют плавно в виде усеченного конуса на длине 50-80 мм, составные полые слитки-заготовки нагревают до температуры пластичности 1040-1060°C, после удаления технологических отходов - пилигримовых головок и затравочных концов, из пластичных углеродистых марок стали со стороны пилигримовых головок и затравочных концов оставляют участки труб из пластичных углеродистых марок стали длиной 500-700 мм, после порезки труб-плетей на две трубы равной длины или кратные длине передельной заготовке, на последующую теплую правку трубы задают в шестивалковую правильную машину концами из пластичных углеродистых марок стали, сверление отверстий для тянущей цепи под теплое профилирование на трубах-заготовках с углеродистыми пластичными концами производят на участках труб-заготовок из пластичных углеродистых марок стали, а концы труб-заготовок из пластичных углеродистых марок стали удаляют перед термической обработкой с выполнением всех последующих операций по технологическому процессу.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемый способ производства шестигранных труб-заготовок для уплотненного хранения отработанного ядерного топлива из низкопластичной стали с содержанием бора 1,3-1,8%, отличается тем, что слитки электрошлакового переплава отливают полыми размером 480×270 вн. × 2450±50 мм, донную и усадочную части полых слитков электрошлакового переплава, образующих при прокатке передельных труб пилигримовую головку и затравочный конец, отливают из пластичных углеродистых марок стали, высоты донной и усадочной частей, отлитых из пластичной углеродистой марки стали, определяют из выражений $L_d = (0,12-0,15)L_c$, $L_y = (0,05-0,06)L_c$, где L_d - высота донной части полого слитка, отлитой из пластичной углеродистой марки стали, мм; L_y - высота усадочной части полого слитка,

отлитой из пластичной углеродистой марки стали, мм; L_c - общая высота полого слитка (2450 ± 50), мм, полые слитки растачивают и обтачивают с усадочной стороны в полые заготовки размером 470×280 вн. мм до границ сплавления двух металлов в донной части слитков или со смещением в сторону пластичной углеродистой стали на 50-80 мм с чистотой поверхности $R_{z \leq 40}$ мкм, при обточке, переход на донном конце слитков от основного металла к пластичной углеродистой стали выполняют плавно в виде усеченного конуса на длине 50-80 мм, составные полые слитки-заготовки нагревают до температуры пластичности 1040-1060°C, после удаления технологических отходов - пилигримовых головок и затравочных концов, из пластичных углеродистых марок стали со стороны пилигримовых головок и затравочных концов оставляют участки труб из пластичных углеродистых марок стали длиной 500-700 мм, после порезки труб-плетей на две трубы, равной длины или кратные длине передельной заготовке, на последующую теплую правку трубы задают в шестивалковую правильную машину концами из пластичных углеродистых марок стали, сверление отверстий для тянущей цепи под теплое профилирование на трубах-заготовках с углеродистыми пластичными концами производят на участках труб-заготовок из пластичных углеродистых марок стали, а концы труб-заготовок из пластичных углеродистых марок стали удаляют перед термической обработкой с выполнением всех последующих операций по технологическому процессу. Эти отличия позволяют сделать вывод о соответствии критерию "изобретательский уровень".

Сравнение заявляемого способа не только с прототипом, но и с другими техническими решениями в данной области техники не позволило выявить в них признаки, отличающие заявляемый способ от прототипа, что соответствует патентноспособности "изобретательский уровень".

Способ был осуществлен при производстве полых слитков размером 480×270 вн. $\times 2450 \pm 50$ мм электрошлаковым переплавом на новой установке ЭШП ОАО "ЗМЗ", которые были расточены и обточены на ОАО "ЗМЗ" в слитки-заготовки размером 470×280 вн. $\times 2450 \pm 50$ мм, поставлены на ОАО "ЧТПЗ" и прокатаны на ТПА 8-16" с пилигримовыми станами в трубы размером $290 \times 12 \times 22000-23000$ мм для последующего передела их в шестигранные трубы-заготовки "под ключ" размером $257 \times 6 \times 4300$ мм по предлагаемой технологии. В производство было задано 10 слитков-заготовок ЭШП размером $470 \times 100 \times 1700 \pm 50$ мм, отлитых по существующей технологии, и 10 полых слитков-заготовок ЭШП, отлитых по предлагаемой технологии. Данные по прокатке передельных труб размером $290 \times 12 \times 22000-23000$ мм из низкопластичной стали с содержанием бора 1,3-1,8% (ЧС 82) на ТПА 8-16" с пилигримовыми станами из слитков-заготовок ЭШП, полых слитков-заготовок ЭШП и переделу их в шестигранные трубы заготовки "под ключ" размером $257 \times 6 \times 4300$ мм для уплотненного хранения отработанного ядерного топлива по существующей и предлагаемой технологиям приведены в таблице. Из таблицы видно, что по существующей технологии слитки ЭШП размером $480 \times 1700 \pm 50$ мм на ОАО "ЗМЗ" были обточены в слитки-заготовки размером $470 \times 1700 \pm 50$ мм, а на ОАО "ЧТПЗ" просверлены на диаметр $100 \pm 5,0$ мм и заданы в производство по существующей технологии, а именно: нагреты в печи до температуры 1080-1090°C, прошиты в стане косо́й прокатки на оправке диаметром 275 мм в гильзы размером 470×290 вн. $\times 2500-2600$ мм с вытяжкой $\mu=1,47$, гильзы после продувки прокатаны на пилигримовом стане в передельные трубы размером $290 \times 12 \times 22000-23000$ мм с вытяжкой $\mu=10,25$, обкатку пилигримовых головок производили с использованием подкладных углеродистых колец размером 480×290 вн. $\times 300$ мм, которые нагревали в другой печи до температуры 1250-1260°C, краном передавали к пилигримовому стану и одевали на дорн, а затем на дорн одевали гильзу из стали ЧС 82 и прокатывали в передельные трубы. Среднее вспомогательное время (время выдачи колец из печи, одевания колец на крюк крана, транспортировку к пилигримовому стану и одевание их на дорн) составило 3'45" (3 мин 45 с). По существующей технологии прокатано 40 труб - кратов, из них в цехе №1 забраковано по рванинам и наружным пленам 4 трубы - краты. В цех №5 на переработку отгружено 36 кратов, из которых при

переделе по дефектам проката (наружным пленам) забракованы 3 шестигранника-заготовки. Таким образом, по существующей технологии в производство задано 21,13 тонн стали ЧС 82, принято 33 шестигранных трубы-заготовки, общим весом 6,11 тонн.

Расходный коэффициент металла по данной партии составил 3,459. По предлагаемой технологии полые слитки с донного конца на длине 350 ± 25 мм отливались из стали 10, затем на сталь 10 наплавлялась сталь ЧС 82, а усадочная часть на длине 125 ± 25 мм отливалась из стали 10. По предлагаемой технологии полые слитки-заготовки размером 480×270 вн. $\times 2450 \pm 50$ мм растачивались и обтачивались с усадочного конца в полые заготовки до границ сплавления двух металлов в донной части слитков или со смещением в сторону пластичной стали марки 10 на 50-80 мм с чистотой поверхности $Rz < 40$ мкм на размер 470×280 вн. $\times 2160 \pm 50$ мм, а с донного конца на длине 290 ± 25 мм полые заготовки имели размер 480×270 вн $\times 290 \pm 25$ мм из стали 10. Переход на донном конце слитков от основного металла ЧС 82 к углеродистой стали выполняли в виде усеченного конуса на длине 50-80 мм. Полые биметаллические заготовки ЭШП нагревались в методической печи до температуры 1040-1050°C по режиму нагрева стали ЧС 82. Нагретые полые биметаллические заготовки выдавались из печи на слитковую тележку и краном в течение 30-40 с подавались к пилигримовому стану, одевались на дорн усадочным концом вперед и прокатывались в передельные трубы размером $290 \times 12 \times 22000-23000$ мм с вытяжкой $\mu = 10,68$. После прокатки пилой горячей резки удалялся передний затравочный конец из стали 10 длиной 500-600 мм и пилигримовая головка длиной 550-650 мм. С переднего и заднего концов труб-плетей оставались участки труб из стали 10 длиной 500-700 мм. Трубы плети разрезались пилой горячей резки на две трубы длиной 11000-11500 мм и задавались на теплую правку в шестивалковую правильную машину концами из пластичной углеродистой стали марки 10. После правки трубы принимались ОТК как передельные и отгружались в цех №5 на последующую обработку. В цехе №5 трубы принимались ОТК, размечались и разрезались на два крата. После расточки и обточки трубы принимались ОТК, на 2-х из четырех кратов сверление отверстий для тянущей цепи под теплое профилирование производили на концах из стали 10. Концы труб-заготовок из стали 10 удаляли перед термической обработкой с выполнением всех последующих операций по технологическому процессу. Таким образом, в цехе №1 из 40 кратов годными принято 38, из которых в цехе №5 по наружной плене (дефект проката) забраковано 3 крата. Из 40 кратов сдано 35 шестигранных труб-заготовок, общим весом 6,48 тонн. Общий расходный коэффициент металла составил 3,175, а по стали ЧС 82 - 2,542.

Таким образом, по результатам производства опытно-промышленных партий шестигранных труб по существующему и предлагаемому способам видно, что расходный коэффициент металла по стали ЧС 82 при переделе полая биметаллическая заготовка ЭШП - шестигранная труба-заготовка по предлагаемому способу производства шестигранных труб-заготовок для уплотненного хранения отработанного ядерного топлива из низкопластичной стали с содержанием бора 1,3-1,8% снизился на 917 кг.

Использование предлагаемого способа производства шестигранных труб-заготовок для уплотненного хранения отработанного ядерного топлива из низкопластичной стали с содержанием бора 1,3-1,8% позволит значительно снизить расход дорогостоящего металла ЧС 82 за счет образования технологических отходов (пилигримовых головок, затравочных концов и частично концов труб - кратов для сверления отверстий для тянущей цепи) из пластичных углеродистых марок стали и снижение брака труб по рванинам при затравке и докатке пилигримовых головок из стали ЧС 82, повысить производительность пилигримовых станков за счет снижения вспомогательного времени на транспортировку колец к стану и надевание их на дорн, исключить операцию изготовления подкладных углеродистых колец и их нагрев в другой методической печи, а следовательно, снизить стоимость товарных шестигранных труб-заготовок.

Таблица

Данные по прокатке передельных труб размером 290×12×22000-23000 мм из стали ЧС 82 на ТПА 8-16" с пилигримовыми станами из слитков-заготовок ЭШП, полых слитков-заготовок и переделу их в шестигранные трубы заготовки "под ключ" размером 257×6,0×4300+80 мм для уплотненного хранения отработанного ядерного топлива по существующей и предлагаемой технологиям															
Вид технол.	Размеры слитков-заготовок (мм)		Задано в производство		Прокатка труб на пилигримовом стане						Принято годных шестигранных труб-заготовок		Расходный коэфф. металла		
	Слиток-заготовка ЭШП	Полая заготовка ЭШП	шт.	тн	Темпер. нагрева °С	Прошивка слитков-заготовок в гильзы		Прокатка труб		Прок. кратов (шт.)	Отгруж. в цех №5 кратов (шт.)	(шт.)	(тн)	Общий расход. коэфф.	Расход. коэфф. по ЧС82
						Размер гильз (мм)	Коэфф. вытяж.	Размер труб (мм)	Коэфф. вытяж.						
5 10	Существ.	470×100×1700±50	10	21,13	1080-1090	470×290вн.×2500-2600	μ=1,47	290×12×22000-23000	μ=10,25	40	36	33	6,11	3,459	3,459
15	Предлаг.	470×280вн×2450±50	10	20,57 ЧС8216,47	1040-1050	-	-	290×12×22000-23000	μ=10,68	40	38	35	6,48	3,175	2,542

Формула изобретения

1. Способ производства шестигранных труб-заготовок для уплотненного хранения отработанного ядерного топлива из низкопластичной стали с содержанием бора 1,3-1,8%, включающий отливку слитков электрошлаковым переплавом размером 470-490×1700-1750 мм, механическую обработку-обточку в слитки-заготовки размером 460-480×1700-1750 мм, нагрев их до температуры пластичности 1060-1090°С, прошивку в стане кривой прокатки на оправке диаметром 275 мм в гильзы размером 470-480×290 вн. × 2500-2600 мм с вытяжкой μ=1,47-1,51, прокатку гильз на пилигримовом стане с подкладными углеродистыми кольцами в передельные трубы-плети размером 290×12×22000-23000 мм на дорнах диаметром 264-265 мм с вытяжкой μ=10,25-11,0, отрезку пилой горячей резки технологических отходов - пилигримовых головок и затравочных концов, порезку труб-плетей на две трубы равной длины или кратные длине передельной заготовке и последующую правку их на шестивалковой правильной машине с использованием температуры прокатного нагрева с получением передельных труб-заготовок, последующую их порезку, механическую обработку и теплое профилирование, отличающийся тем, что слитки электрошлакового переплава отливают полыми размером 480×270 вн. × 2450±50 мм.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что донную и усадочную части полых слитков электрошлакового переплава, образующих при прокатке передельных труб пилигримовую головку и затравочный конец, отливают из пластичных углеродистых марок стали.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что высоту донной и усадочной частей, отлитых из пластичной углеродистой марки стали определяют из выражений

$$L_d = (0,12-0,15)L_c,$$

$$L_y = (0,05-0,06)L_c,$$

где L_d - высота донной части полого слитка, отлитой из пластичной углеродистой марки стали, мм;

L_y - высота усадочной части полого слитка, отлитой из пластичной углеродистой марки стали, мм;

L_c - общая высота полого слитка (2450±50), мм.

4. Способ по п.2, отличающийся тем, что полые слитки растачивают и обтачивают с усадочной стороны в полые заготовки размером 470×280 вн. мм до границ сплавления двух металлов в донной части слитков или со смещением в сторону пластичной углеродистой стали на 50-80 мм с чистотой поверхности $R_z \leq 40$ мкм.

5. Способ по п.5, отличающийся тем, что при обточке переход на донном конце слитков от основного металла к пластичной углеродистой стали выполняют плавно в виде усеченного конуса на длине 50-80 мм.

6. Способ по любому из пп.4-5, отличающийся тем, что составные полые слитки-

заготовки нагревают до температуры пластичности 1040-1060°C.

7. Способ по п.2, отличающийся тем, что после удаления технологических отходов - пилигримовых головок и затравочных концов из пластичных углеродистых марок стали со стороны пилигримовых головок и затравочных концов оставляют участки труб из

5 пластичных углеродистых марок стали длиной 500-700 мм.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что после порезки труб-плетей на две трубы равной длины или кратные длине передельной заготовке на последующую теплую правку трубы задают в шестивалковую правильную машину концами из пластичных углеродистых марок стали.

10 9. Способ по п.1, отличающийся тем, что сверление отверстий для тянущей цепи под теплое профилирование на трубах-заготовках с углеродистыми пластичными концами производят на участках труб-заготовок из пластичных углеродистых марок стали.

15 10. Способ по п.1, отличающийся тем, что концы труб-заготовок из пластичных углеродистых марок стали удаляют перед термической обработкой с выполнением всех последующих операций по технологическому процессу.

20

25

30

35

40

45

50