

DOI 10.5862/JEST/8

УДК 621.74.07

*А.Е. Волков, Е.Ю. Раскатов, А.В. Копейна*

## **НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТИТАНОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

*A.E. Volkov, E.Yu. Raskatov, A.V. Kopeina*

### **A NEW TECHNOLOGY OF PRODUCING TITANIUM PARTS**

Снижение веса вращающихся и перемещающихся возвратно-поступательно деталей двигателя позволяет увеличить максимальные обороты и, как следствие, повысить мощность авиационных и автомобильных двигателей, при этом снизить удельный расход топлива, а также вредных выделений. Производство конечной продукции из титана в настоящее время очень дорого и сложно. Существующая методика предусматривает выпуск кованных плит, блоков и стержней из титана. Затем эти заготовки проходят обработку, и из них получают детали нужной формы. При данной технологии около 70 % материала попадает в отходы, производственный процесс требует много времени и больших энергозатрат. Новая технология – дискового донного слива (ДДС) – лишена этих минусов

МОДЕЛИРОВАНИЕ; ТЕХНОЛОГИЯ «ДИСКОВЫЙ ДОННЫЙ СЛИВ»; АМОРФНЫЕ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ РАСПЛАВЫ; КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ; ФОРМООБРАЗОВАНИЕ.

Weight reduction of rotating and moving parts of reciprocating engine can increase the maximum speed and as a result increase the capacity of aircraft and automobile engines, while reducing fuel consumption and harmful emissions. Production of the final titanium products is currently very expensive and difficult. The methodology includes the production of forged plates, blocks and rods made of titanium. Then these blanks are processed, and obtained details of the necessary form. With this technology, approximately 70% of the material falls into the waste, the manufacturing process requires a lot of time and a lot of energy. New technology Disk bottom drain does not have these disadvantages.

MODEL-BASED ANALYSIS, TECHNOLOGY “DISK BOTTOM DRAIN SINK”; AMORPHOUS AND NANOCRYSTALLINE MELTS; COMPOSITE MATERIALS; FORM CREATION

Методы производства слитков из титановых сплавов достаточно хорошо освоены [1]. Одним из них является переплав металла в промежуточной емкости (метод «гарнисаж–расходуемый электрод» – ГРЭ), он обеспечивает высокое качество продукции, но несмотря на все положительные стороны довольно дорог и энергоемок. Другой широко известный метод для производства слитков – это вакуумно-дуговой переплав (ВДП), который достаточно экономичен, особенно при получении слитков большого диаметра. Но, несмотря на все его преимущества, дальнейшая переработка слитков в готовую продукцию приводит к большим потерям металла и энергозатратам.

Поэтому для нужд производства создана технология дискового донного слива (ДДС) [2], способная объединить в себе основные положительные стороны вышеперечисленных технологий, при этом экономически более выгодная, с более широкими возможностями изготовления титановой продукции.

Наиболее близким аналогом технологии ДДС является широко известная технология ГРЭ. Сравнивая принципиальную схему устройства ГРЭ и устройства ДДС, можно отметить основные конструктивно-технологические отличия этих процессов. Промышленные печи для осуществления способа ГРЭ имеют поворотный тигель для слива расплава в форму. Схема ГРЭ

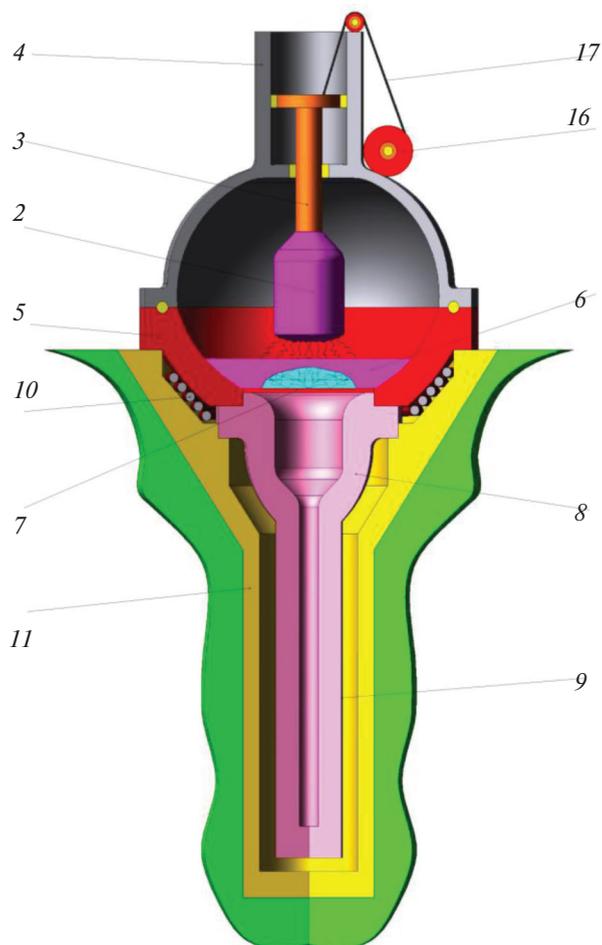


Рис. 1. Общий вид установки для реализации технологии дискового донного слива (ДДС)

использует расходимый электрод, в качестве которого служит гарнисаж от предыдущей плавки, который получают из прямоугольного тигля за счет поворота его на  $90^\circ$ . После того, как расплав получен, за счёт поворота тигля происходит его слив в кристаллизатор через направляющую воронку. На первой стадии заполнения кристаллизатора в него попадает наиболее нагретая порция расплава. Завершающая порция расплава, сливаемая из тигля, имеет более низкую температуру, поэтому верхняя часть слитка достаточно быстро затвердевает. Тем самым образуются фронты кристаллизации, направленные от наружных поверхностей слитка к его центру; это приводит к тому, что в месте их схождения образуется пористость. Иными словами, данная схема заливки кристаллизатора не обеспечивает постоянную подпитку расплавом кристаллизу-

ющиеся объемы металла на всем протяжении слитка.

Схема устройства ДДС также использует в качестве расходимого электрода гарнисаж от предшествующей плавки. Слив расплава в кристаллизатор осуществляется за счет проплавления дна переплавляемого диска. При ДДС в кристаллизатор изначально попадает менее нагретая порция расплава, а при завершении слива в верхнюю часть кристаллизатора попадает более нагретая порция расплава, что создает фронт кристаллизации металла направленный снизу вверх. То есть данная схема обеспечивает постоянную подпитку расплавом кристаллизующиеся объемы металла по всему сечению слитка. Эту подпитку усиливает возможность подогрева верхней части ванны расплава в гарнисаже.

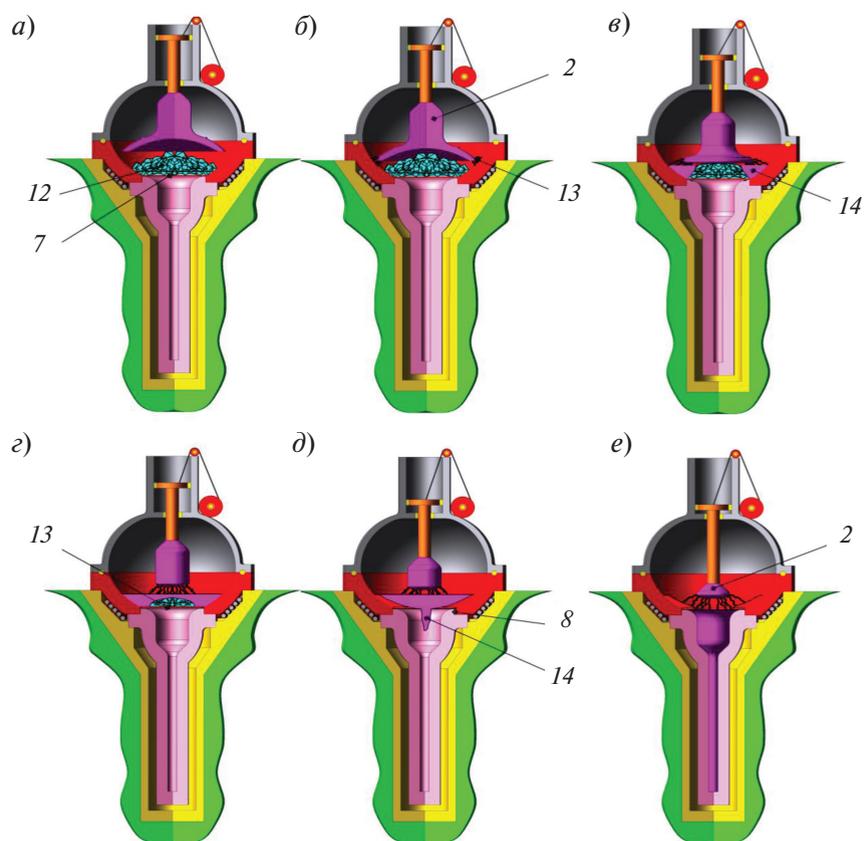


Рис. 2. Упрощенная схема действия установки ДДС

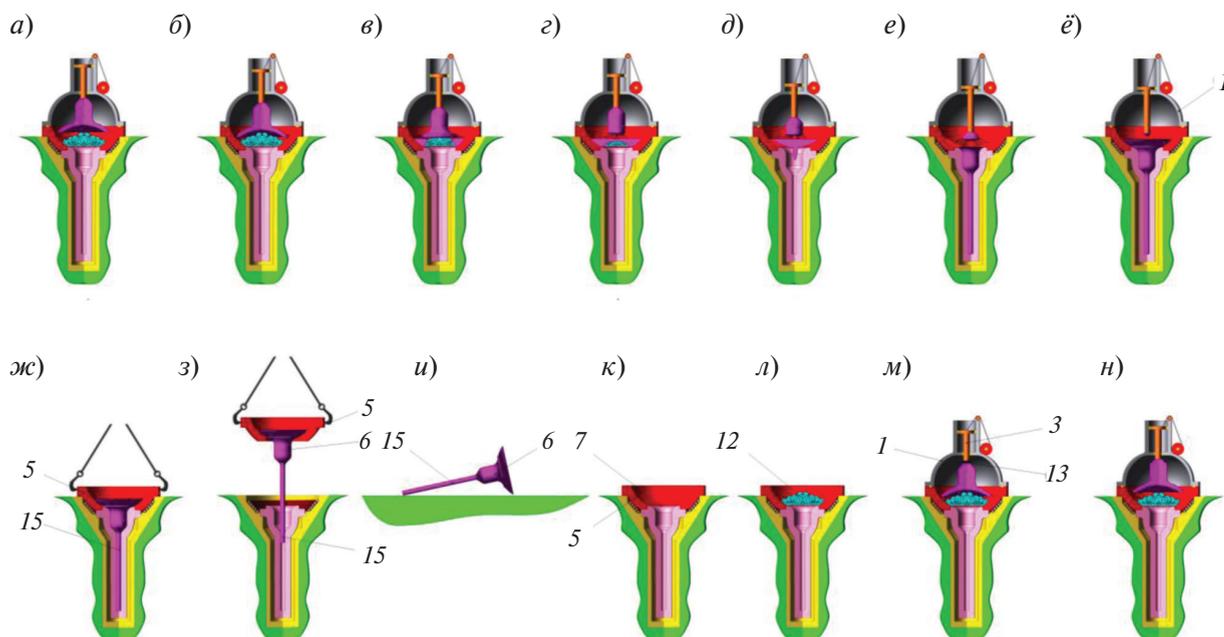


Рис. 3. Полная схема действия установки ДДС

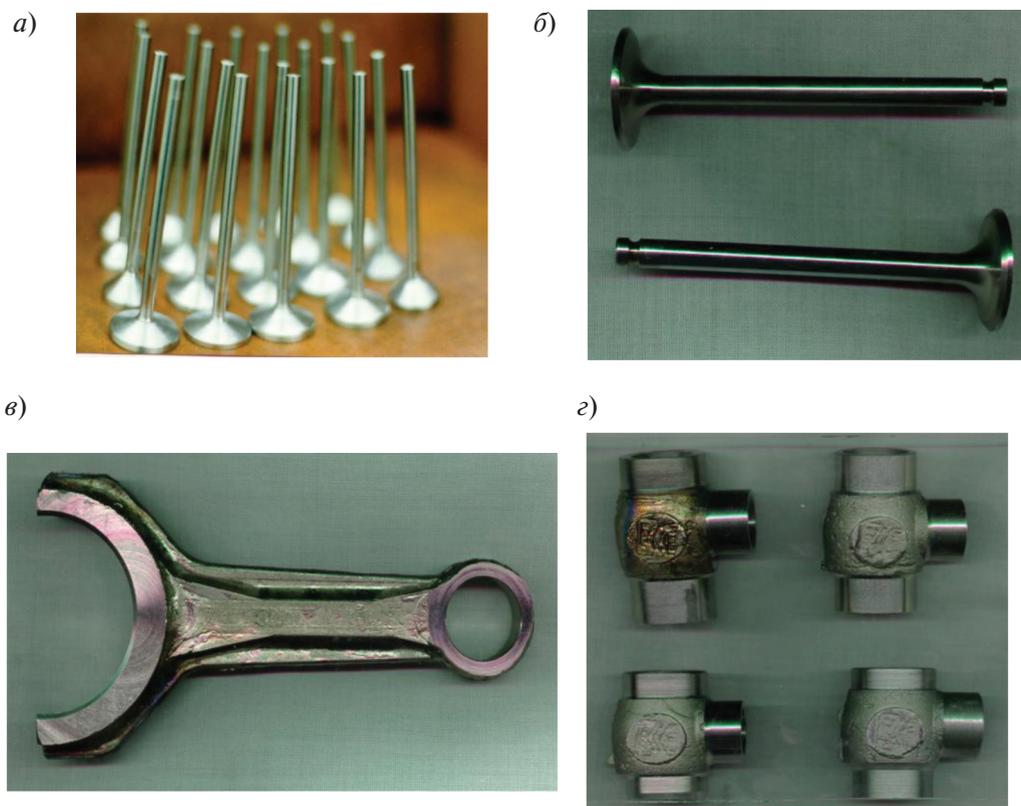


Рис. 4. Фасонные изделия, полученные на различных модификациях установок ДДС: а – автомобильные клапаны из Fe-Ti-Nb; б – клапаны из Ti-AlTi; в – шатун из Ti; г – тройники из Ti

Предложенный способ реализует установка, представленная на рис. 1, которая состоит из верхней камеры 1, электрода 2, штока 3, привода 4, сферического кристаллизатора 5, гарнисажа б, листа 7, цилиндрического кристаллизатора 8, рабочего кристаллизатора 9, соленоида 10 и корпуса 11.

На рис. 2 показана работа установки: на лист 7 насыпается определенный объем шихты 12 (рис. 2, а), далее между электродом 2 и шихтой 12 зажигается дуга 13 (рис. 2, б), которая образует расплав металла 14 (рис. 2, в). Постепенно электрод 2 сплавляется и уменьшает свой диаметр, при этом дуга 13 концентрируется в центральной части (рис. 2, г); далее вся шихта 12 расплавляется, после чего днище проплавляется и расплав сливается в кристаллизатор 8 (рис. 2, д). В момент заполнения кристаллизатора доплавляется остаток электрода 2 (рис. 2, е).

Полная схема работы установки показана на рис. 3: после заполнения кристаллизатора расплавом (рис. 3, е), остаток электрода 2 доплавляется полностью (рис. 3, в), и дуга 13 выключается.

Затем после остывания металла верхняя камера 1 снимается со сферического кристаллизатора 5 (рис. 3, ж) и слиток 15 снимается вместе с гарнисажем б (рис. 3, з). Далее слиток 15 отрезается от гарнисажа б (рис. 3, и), в сферический кристаллизатор 5 устанавливается лист 7 (рис. 3, к), на который насыпается шихта 12 (рис. 3, л). На шихту устанавливается с поворотом на 180° гарнисаж б, который превращается в электрод 2. Далее всё закрывается верхней камерой 1, после чего идёт приварка электрода 2 и штока 3 (рис. 3, м), далее процесс повторяется.

Затем после остывания металла верхняя камера 1 снимается со сферического кристаллизатора 5 (рис. 3, ж) и слиток 15 снимается вместе с гарнисажем б (рис. 3, з). Далее слиток 15 отрезается от гарнисажа б (рис. 3, и), в сферический кристаллизатор 5 устанавливается лист 7 (рис. 3, к), на который насыпается шихта 12 (рис. 3, л). На шихту устанавливается с поворотом на 180° гарнисаж б, который превращается в электрод 2, далее всё закрывается верхней камерой 1, после

чего идет приварка электрода 2 и штока 3 (рис. 3, м), далее процесс повторяется.

Конструктивной особенностью установки ДДС является то, что кристаллизатор 5, в котором размещается гарнисаж, имеет форму полушария или полусферы. За счет этого при плавлении шихты и электрода расплав скапливается на листе 7, при этом наибольший диаметр, который образует гарнисаж 6, всегда меньше максимального диаметра кристаллизатора 5. Следовательно, когда образованный гарнисаж переворачивают и, приварив к штоку, используют как электрод, то последний свободно входит в пространство кристаллизатора 5 (рис. 3, м). Внутренняя полость верхней камеры 1 является зеркальным отображением геометрии внутренней полости кристаллизатора 5. Благодаря данной особенности электрод-гарнисаж свободно размещается во внутренней полости печи ДДС, при этом не используя лишнего пространства, что позволяет наиболее быстро и экономично создавать вакуум.

Для того чтобы верхняя камера свободно снималась и отводилась в сторону, открывая пространство для съема гарнисажа и слитка из кристаллизатора, она снабжена односторонним пневмоприводом 4, который может быть снабжен специальным тормозом 16, например электродвигателем с редуктором (см. рис. 1). То есть

движение вниз обеспечивается за счет веса электрода и создания вакуума в полости пневмопривода. Для того чтобы движение было плавным, электрод удерживается тросом 17; если требуется резко поднять электрод 2 вверх, в пневмопривод 4 подается газ под определенным давлением.

После производства на печи ДДС слитка, ему не требуется поверхностная обточка, так как эта поверхность очень ровная и чистая. В качестве примера на рис. 4 показаны поверхности изделий, полученные методом ДДС.

### Заключение

Технология ДДС имеет не только большую производительность и компактность, но и возможность производить сложную по конфигурации продукцию, включая производство плит, листов, фасонных изделий и т. п. Эта технология не требует особо сложной системы управления, больших капиталовложений и производственных площадей.

Данное оборудование может найти свое применение в местах производства титановой губки и скопления титановых отходов, позволяя значительно снижать себестоимость титановой продукции. Кроме того, при освоении производства титана малыми предприятиями, а также в странах, пока не имеющих титанового производства, технология ДДС может стать базовой.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А.Л. [и др.] Титановые сплавы. Плавка и литьё титановых сплавов. М.: Металлургия, 1994.
2. Патент №2338622 Российской Федерации; МПК В22D 11/049, С22В 9/16. Способ и устройство дискового донного слива системы Волкова / А.Е. Волков; опубл. 20.11.2008.

### REFERENCES

1. Andreyev A.L. [i dr.] Titanovyye splavy. Plavka i litye titanovykh splavov [Titanium alloys. Melting and casting of titanium alloys]. M.: Metallurgiya, 1994. (rus.)
2. Patent №2338622 Rossiyskoi Federatsii; MPK B22D 11/049, C22B 9/16. Sposob i ustroystvo diskovogo donnogo sliva sistemy Volkova [Patent №2338622 of Russian Federation; IPC B22D 11/049, C22B 9/16. The method and apparatus of bottom discharge system disk Volkov] / A.Ye. Volkov; opubl. 20.11.2008.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ/AUTHORS**

**ВОЛКОВ Анатолий Евгеньевич** – кандидат технических наук директор ООО Научно-производственная фирма «Рутений».

620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, д. 85.

E-mail: Volkov@yandex.ru

**VOLKOV Anatolii. E.** – LTD Scientific Industrial Firm “Ruthenium”.

85, Mamina-Sibiryaka St., Ekaterinburg, Russia, 620075. E-mail: Volkov@yandex.ru

**РАСКАТОВ Евгений Юрьевич** – доктор технических наук заведующий кафедрой Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н.Ельцина.

620002, Россия, Екатеринбург, ул. Мира д. 19.

E-mail: evgeniy.raskatov@yandex.ru

**RASKATOV Evgenii Yu.** – Ural Federal University named after first president of Russia B.N. Yeltsin.

620002, Mira Str. 19, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: evgeniy.raskatov@yandex.ru

**КОПЕИНА Александра Владимировна** – аспирант Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н.Ельцина.

620002, Россия, Екатеринбург, ул. Мира д. 19.

E-mail: Kopeina@yandex.ru

**KOPEINA Aleksandra V.** – Ural Federal University named after first president of Russia B.N. Yeltsin.

620002, Mira Str. 19, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: Kopeina@yandex.ru