

- B₂O₃ composite material production. *Nonferrous metallurgy*, 1983, no. 5, pp. 25–28.
6. Kotieva L.U., Galetova N.L., Pavlova V.V. and others. Adding strengthening phases in aluminum powder. *Nonferrous metallurgy*, 1986, no. 4, pp. 35–37.
 7. Fedoseyeva M.A., Slabkiy D.V., Volkhonskiy A.A., Sergeenko S.N. Hot-deformed materials based on mechanochemically activated swarf of D-16 aluminum alloy. *Cherepovets State University Bulletin*, 2012, no. 3, pp. 20–25.
 8. Dorofeev Yu.G., Bezborodov E.N., Sergeenko S.N. Hot-deformed powder materials based on mechanically alloyed Al-C mixtures. *Physics and chemistry of materials processing*, 2003, no. 3, pp. 64–72.
 9. Dyuzhechkin M.K. Particular features of hot deformed materials compacted from swarf of AL 30 aluminum alloy. *News of higher educational institutions. North Caucasian region. Technical sciences*, 2012, no. 4, pp. 60–62.
 10. Goncharova O.N., Sergeenko S.N. Infiltrated materials based on Fe-Ni powder mixtures mechanically activated in liquid medium. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2012, no. 1, pp. 98–101.
 11. Kolomiets R.V. Ni-Fe highly porous powdered materials based on mixtures mechanically activated in liquid medium. Extended abstract of PhD dissertation. Novochebassk, 2007, 11 p.
 12. Chevrier J., Suck J.B. Soft transverse phonons in nonequilibrium fcc Al:Si solid solution quenched under high pressure. *Physical review letters*, 1988, no. 5, pp. 554–557.
 13. Gromov D.G. Self-instructional study guide for students of the course: Metallization in systems with nanoscale elements]. Moscow: MIET, 2011, 204 p.
 14. Collection of research papers by students of higher educational institutions of the republic of Belarus, *NIRS*, 2006. Edited by Zhuk A.I. et al. Minsk: BSU, 2007, 375 p.

УДК 621.336

НОВЫЕ СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА, ДЕГАЗИРУЮЩИЕ УГЛЕРОДНЫЕ ПОРОШКОВЫЕ КОМПОЗИЦИИ ПЕРЕД КОМПАКТИРОВАНИЕМ

Самодурова М.Н., Барков Л.А., Джигун Н.С., Латфулина Ю.С.

Южно-Уральский государственный университет (НИУ), г. Челябинск, Россия

Аннотация. Описаны новые способы компактирования углеродных порошковых композиций и новые конструкции устройств, разработанные авторами статьи на уровне изобретений, позволяющие перед основной операцией формования удалять значительные объемы газов и паров жидкостей из засыпки порошка в пресс-форму и из прессовки.

Ключевые слова: углеродная композиция, способ компактирования, дегазирующее устройство, пресс-форма.

Введение

Газонасыщение углеродных материалов – явление адсорбции, было открыто и описано шведским ученым К.В. Шееле еще в 1773 году [1]. При компактировании углеродных порошковых материалов наибольший интерес представляет физическая адсорбция, при которой молекулы газов и паров жидкостей удерживаются на поверхностях отдельных частиц порошковых композиций силами Ван-дер-Ваальса (Ван-дер-ваальсовая адсорбция). Изучение адсорбции показало, что скорость газонасыщения частиц углерода очень велика. Так, древесный уголь насыщается молекулами диоксида углерода, располагающимися в 2, 3 и более слоев, менее чем за 20 с [2].

Газонасыщенность углеродных композиций кроме химического состава зависит от их физических и технологических свойств [3, 4]. Так, важным физическим свойством, влияющим на газонасыщенность углеродных порошковых композиций, является гранулометрический состав порошков углерода. Из работы авторов [5], в которой представлены результаты исследова-

ния гранулометрического состава порошков графита по ТУ 1916-106-71-2000, используемых для получения изделий электротехнического назначения, следует, что частицы размерами менее 50 мкм, составляют 12,5% массы от общего количества частиц, частицы размерами 50–100 мкм – 5,3% массы и частицы 100–450 мкм – 89,2% массы. Средний размер частиц равен 280 мкм, что означает отношение этого графита к крупнозернистым материалам [6]. Важным технологическим свойством является насыпная плотность графита, в соответствии с публикацией [5] равная 0,67 г/см³ и составляющая 0,29 от плотности беспористого графита.

Новые способы, дегазирующие углеродные порошковые композиции перед их компактированием

Способ и устройство по патенту РФ № 2381870

Дегазация в изобретении [7], разработанная с участием одного из авторов статьи для дегазации ультрадисперсных порошков тугоплавких метал-

лов, выполняется путем приложения горизонтальных усилий к элементам разборной пресс-формы в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Такая схема приложения усилий на стадии предварительного прессования порошковой композиции с помощью нормальных и касательных сил позволяет интенсивно смещать частицы композиции и деформировать весь объем засыпки в полости пресс-формы. Это способствует быстрому удалению газов и паров жидкости из открытой в вертикальном направлении полости пресс-формы.

Элементы устройства по этому изобретению в виде конструкции пресс-формы показаны на **рис. 1**. На **рис. 1, а** показанная полость пресс-формы 3 с засыпанной в нее порошковой композицией имеет максимальные размеры. На засыпку порошка со стороны элементов 1, 2, 4 и 5 сборной пресс-формы после приложения горизонтальных усилий P_r к элементам 1 и 2 пресс-формы, заключенных в корпусе устройства 6, начинают действовать нормальные и касательные усилия (вектора усилий показаны стрелками). В корпусе устройства имеются упругие элементы 7, взаимодействующие с элементами 2 и 4 сборной пресс-формы. Показанная на **рис. 1, б** полость пресс-формы 3 с засыпкой порошковой композиции имеет минимальные размеры. Этим размерам соответствует сечение вертикального пуансона (не показан), осуществляющего компактирование изделия из предварительно подпрессованной порошковой композиции.

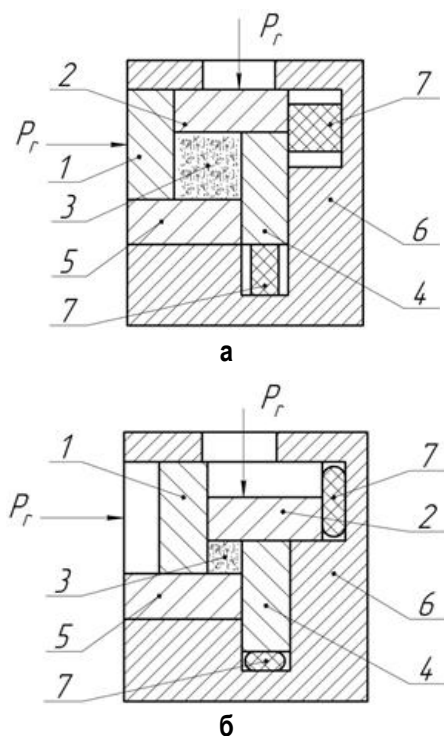


Рис. 1. Конструкция пресс-формы [7]:
а – перед предварительным уплотнением;
б – после предварительного уплотнения

Способ прессования углеродных композиций по патенту РФ № 2494835

Разработан новый способ прессования [8] из углеродных композиций контактных вставок троллейбусов, включающий предварительное прессование, например, центральной части вставки в виде желоба при заданных силовых, скоростных условиях и выдержкой под давлением, или предварительное прессование ее торцевых частей при заданных силовых и скоростных условиях, а затем окончательное прессование вставки. Последовательность операций предварительного и окончательного прессования приведена на **рис. 2**. Из **рис. 2, а** видно, что вертикальный пуансон 1 взаимодействует с усилием P_{B1} с засыпкой 2 порошка в ее центральной части, формируют ее центральную часть в виде желоба. При этом газы и пары интенсивно выходят через свободные от пуансона участки засыпки 2.

Как показано на **рис. 2, б**, во втором варианте предварительного прессования вертикальные пуансоны 3 взаимодействуют с усилием P_{B2} с засыпкой 2 порошка в ее периферийных участках, формируя торцевые части вставки. При этом воздух свободно выходит через центральную часть засыпки 2 порошка.

На стадии основного прессования (**рис. 2, в**) пуансоны 1 и 3 одновременно действуют с усилием P_{B3} на предварительно сформированную заготовку вставки.

Способ осуществляется следующим образом. После приготовления углеродного материала в виде композиции, содержащей 86% массы графита и 14% массы новолачной смолы, засыпают в пресс-форму и начинают предварительно прессовать с заявляемыми режимами либо центральную часть в виде желоба, либо в периферийной части вставки. После предварительного прессования частей вставки ведут одновременное окончательное прессование центральной и торцевой частей вставки при удельном давлении 45–55 МПа и скорости прессования 35–40 мм/с. К преимуществам нового способа следует отнести получения вставок повышенной плотности до 1,72 г/см³, повышенной прочности (прочность на сжатие до 62 МПа) и сниженного удельного электрического сопротивления до значений 47–56 Ом·м.

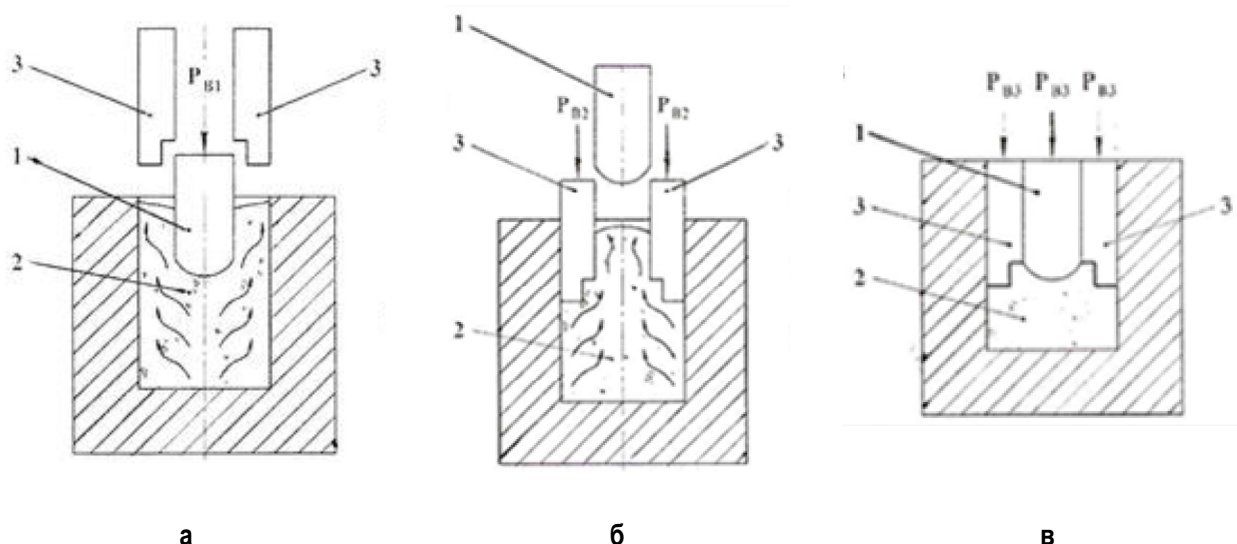


Рис. 2. Последовательность операций предварительного (а или б) и окончательного (в) формования вставки троллейбуса по новому способу [8]

Новые устройства и пресс-формы, дегазирующие углеродные композиции перед их компактированием

В процессе многолетней работы с предприятиями, производящими изделия из порошков тугоплавких металлов, одним из авторов статьи были разработаны новые конструкции устройств [9] и пресс-форм [10–12], дегазирующие порошковые композиции перед их компактированием. Особенно это важно выполнять на ультрадисперсных порошках вольфрама и молибдена со средними размерами частиц от одного до 3 мкм, компактирование таких порошков выполняется со скоростями пуансонов, равными 2,5 мм/с [13]. Эти устройства и пресс-формы могут быть успешно использованы для дегазации углеродных композиций перед их компактированием.

Устройство по патенту РФ № 2373025

Горизонтальные сечения этого устройства перед началом операции предварительного прессования показаны на рис. 3, а и на рис. 3, б – после окончания операции предварительного прессования, выполняемого горизонтальным усилием P_r .

При предварительном прессовании, когда полость пресс-формы открыта в вертикальном направлении, газы и пары интенсивно удаляются за счет действия нормальных и касательных сил на засыпку порошковой композиции. На рис. 3, а действующие силы показаны стрелками.

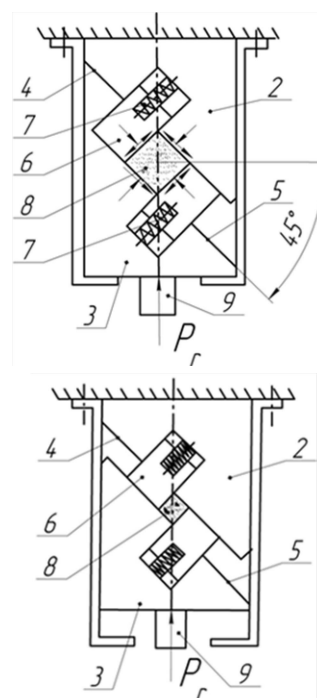


Рис. 3. Устройство для предварительного прессования углеродных композиций горизонтальным усилием P_r

Устройство для прессования заготовок содержит горизонтальный стол 1 (не показан) прессы с боковой его поверхностью, на столе установлены части 2 и 3 матрицы. Части 2, 3 имеют наклонные относительно боковой вертикальной поверхности стола рабочие поверхности 4, 5, угол наклона которых равен $\pi/4$. Часть 2 закреплена на столе 1 и у боковой его поверхности неподвижна. В частях 2, 3 матрицы перпендикулярно к наклонным рабочим поверхностям

4, 5 смонтированы деформирующие вставки 6 с пружинами 7, образующие вместе с наклонными плоскостями 4, 5 замкнутый калибр 8. Часть 3 матрицы соединена с горизонтальным пуансоном 9. Устройство снабжено вертикальным пуансоном 10 (не показан).

Устройство для прессования работает следующим образом. В калибр 8 засыпают порошок углеродной композиции. Включают привод горизонтального пуансона 9 (на рисунке не показан), который, перемещаясь, двигает часть 3 матрицы устройства. При этом пружины 7 сжимаются и перемещаются в деформирующие вставки 6, порошок формируется в калибре, образованном наклонными рабочими плоскостями 4, 5, соответственно частями 2, 3 матрицы и деформирующими вставками 6. После предварительного прессования ведут уплотнение заготовки по высоте (длине), перемещая вертикальный пуансон 10 (не показан). После этого вертикальный пуансон 10 и горизонтальный пуансон 9 возвращают в исходное положение. При этом часть 3 матрицы устройства также перемещается, и под действием пружин размеры калибра 8 увеличиваются. Это дает возможность снять сформированную заготовку со стола 1 устройства.

**Устройство по патенту РФ
на полезную модель №121762**

Устройство в виде пресс-формы для прессования порошков [10], показанное на **рис. 4**, позволяет эффективно удалять из засыпки порошков пары жидкостей и газы, увеличивая тем самым плотность прессовок и улучшая механические и физические свойства готовых изделий. Пресс-форма состоит из корпуса 1, вертикальных основного и зажимного пуансонов соответственно 2, 3. В корпусе 1 размещены боковины 4, 5, 6, 7, образующие полость 8 для засыпки порошка. Две противоположные боковины 4, 5 закреплены в корпусе 1 шарнирно на оси 9. Концы боковин 4, 5 имеют скошенные поверхности 10, контактирующие со скошенными поверхностями 11, выполненными на зажимном ползуне 3. Боковины 4, 5 контактируют с механизмом регулирования их угла поворота, выполненного в виде эксцентриков 12, закрепленных на оси 13. Имеются упругие элементы 14 возврата боковин 4, 5 в исходное положение. Пуансоны 2, 3 между собой смонтированы с зазором 15, равным 1–3 мм. Угол регулирования угла поворота боковин со скошенными концами определяет величину подпрессовки и равен, как правило, 15–30°.

Пресс-форма работает следующим образом. В полость 8, образованную размещенными в корпусе 1 боковинами 4, 5, 6, 7, засыпают порошок. Включают привод (на рисунке не показан)

зажимного ползуна 3, который, двигаясь вниз, посредством контакта скошенных поверхностей 10, 11 усилием P_3 поворачивает на оси 9 боковины 4, 5. Поворачиваясь, боковины 4, 5 воздействуют на находящийся между ними порошок, осуществляя его предварительную подпрессовку. Так как полость 8 в этот момент не закрыта сверху основным пуансоном 2, находящийся в засыпке порошка воздух свободно выходит из нее в атмосферу. После окончания подпрессовки включают привод (на рисунке не показан) основного пуансона 2, который с усилием P_0 осуществляет окончательное прессование заготовок или изделий. Угол поворота боковин 4, 5, а следовательно, величину подпрессовки регулируют эксцентриками 12 путем поворота оси 13. После окончания прессования перемещают вверх основной пуансон 2, отводят зажимной пуансон 3, при этом упругие элементы 14 возврата устанавливают боковины 4, 5 в исходное положение.

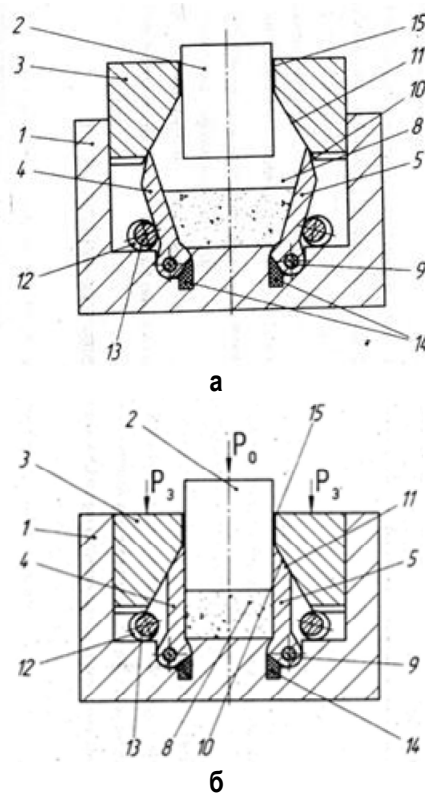


Рис. 4. Пресс-форма для прессования порошков:
а – исходное состояние матрицы с засыпкой порошка; б – состояние матрицы после прессования изделия

**Устройство по патенту РФ
на полезную модель №120591**

Устройство в виде пресс-формы для прессования порошков [11], показанное на **рис. 5**, также успешно дегазирует порошковые углеродные композиции, увеличивает плотность прессовок и

улучшает механические и физические свойства готовых изделий.

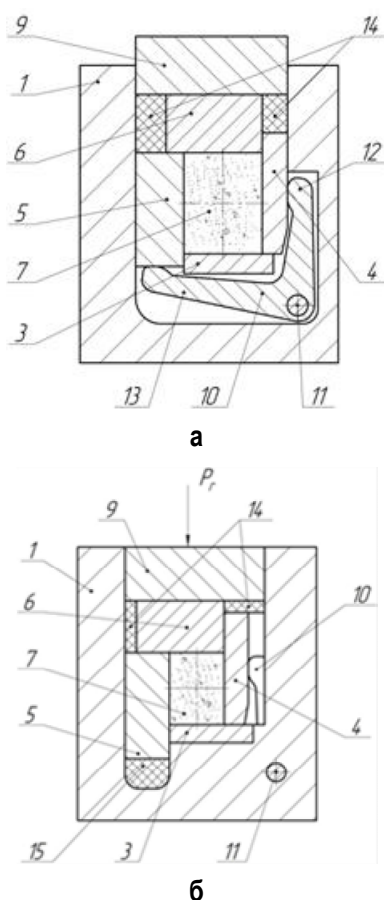


Рис. 5. Горизонтальные сечения устройства:
а – исходное положение полости пресс-формы до предварительного прессования;
б – положение полости пресс-формы после предварительного прессования

Пресс-форма, горизонтальные сечения которой до начала предварительного прессования и после его окончания показаны на **рис. 5, а и 5, б**, состоит из корпуса устройства 1, установленного на плите пресса (не показаны). В корпусе устройства 1 размещена матрица пресс-формы, выполненная из четырех боковин 3, 4, 5, 6, образующих четырехгранную полость 7. Боковина 3 смонтирована в корпусе неподвижно. Пресс-форма снабжена вертикальным пуансоном и горизонтальным пуансоном 9. Механизм изменения размеров полости 7 состоит из двуплечих рычагов 10, закрепленных в корпусе на оси 11. Первое плечо 12 рычага 10 контактирует с боковиной 4, прилежащей к неподвижной боковине 3. Второе плечо 13 связано с боковиной 6, противоположной неподвижной боковине 3 посредством боковины 5, противоположной контактирующей с первым плечом 12 рычага 10 боковиной 4. Между горизонтальным пуансоном 9 и боковинами 4, 5, кон-

тактирующими с плечами 12, 13 рычага 10, смонтированы упругие элементы 14. Между корпусом и контактирующей со вторым плечом рычага боковиной расположены упругие элементы 15.

Пресс-форма работает следующим образом. После сборки пресс-формы на стол специализированного пресса устанавливают корпус пресс-формы с плитой. После чего в полость 7, образованную боковинами 3, 4, 5, 6 и плитой, засыпается порошок. Затем перемещают горизонтальный плунжер (на рисунке не показан), передающий усилие P_r на горизонтальный пуансон 9, который, в свою очередь, воздействуя на боковину 6 и сжимая упругие элементы 14, перемещает боковину 5. Боковина 5, контактируя с плечом 13 рычага 10, поворачивает его относительно оси 11. При этом плечом 12 рычага 10 перемещает боковину 4. Происходит уменьшение размеров четырехгранной полости 7 для засыпки порошка при сохранении ее замкнутости и предварительное прессование засыпки, удаляющее из нее газы и пары жидкостей. После предварительного прессования порошка перемещают вертикальный пуансон 8, который производит окончательное компактирование изделия.

Пресс-форма по патенту РФ на полезную модель №137489

Поставленная задача по интенсивному удалению газов и паров из засыпки решается тем, что в пресс-форме для прессования порошковых композиций, например, на основе углерода, содержащей верхний и нижний пуансоны и матрицу, часть которой выполнена пористой, согласно предлагаемому в патенте решению, матрица по высоте выполнена составной, и нижняя ее часть, равная 1/5 высоты матрицы, изготовлена из высокопрочной инструментальной стали, а верхняя ее часть – из порошковой нержавеющей стали и имеет пропорционально изменяющуюся по высоте пористость, равную 48–50% у верхнего торца матрицы и 30–32% у нижнего торца, при этом наружные поверхности верхней части матрицы наклонены к ее нижней торцевой поверхности под углом 82–84 град [12].

Выполнение матрицы составной (**рис. 6**), у которой нижняя часть 4 изготовлена из высокопрочной инструментальной стали, верхняя 3 – из порошковой нержавеющей стали, состыкованных по плоскости 5, позволяет обеспечить ее необходимую прочность в процессе прессования и в то же время увеличить общий объем удаляемых газов и паров. Увеличение объема удаляемых газов и паров достигается переменной величиной пористости верхней части матрицы по высоте и выполнением наклона ее наружных стенок 6 к нижнему ее торцу, когда большая часть газов и паров удаляет-

ся вначале прессования. При входе верхнего пуансона I в полость матрицы газы и пары начинают удаляться вначале из ее объема, свободного от порошка. Интенсивность удаления газов и паров при этом будет максимальной, поскольку у верхнего торца матрицы максимальная пористость, обеспечивающая в стенках матрицы минимальной толщины каналы наибольшей проницаемости для газов и паров. После контакта рабочей поверхности верхнего пуансона с порошком интенсивность удаления газов из засыпки порошка снизится незначительно, поскольку будет интенсивно возрастать давление пуансона на засыпку порошка и на газы с порошками, находящиеся еще в открытых порах засыпки. Максимальное удельное давление пуансона, равное 50 МПа, обеспечит удаление газов и даже паров из прессовки. Таким образом, описанная матрица с заданной пористостью по высоте верхней части обеспечивает максимальное удаление газов и паров из получаемых заготовок и изделий, увеличивая их плотность.

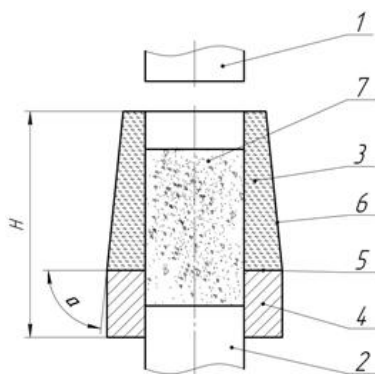


Рис. 6. Пресс-форма для интенсивного удаления из засыпки газов и паров на стадии предварительного прессования

Список литературы

1. Брунауер С. Адсорбция газов и паров. М.: Изд-во иностр. лит., 1948. 768 с.
2. Freundlich H. Colloid and capillary chemistry, 1926. 108 p.
3. Фиалков А. С. Углеродистые материалы. М.: Энергия, 1979. 320 с.
4. Шулепов С. В. Физика углеродных материалов. Челябинск: Metallurgy. Челябин. отд-ние, 1990. 336 с.
5. Феноменология уплотнения порошков композиционных материалов на основе вольфрама и углерода / Самодурова М.Н., Барков Л. А., Мырнин С. А. [и др.] // Metallurg. 2013. №10. С. 76–84.
6. Порошковая металлургия и напыленные покрытия / Анциферов В.Н., Бобров Г.В., Дружинин Л.К. [и др.]. М.: Metallurgy, 1987. 792 с.
7. Пат. 2381870 РФ, МПК В22F3/02. Способ прессования штабиков из порошков тугоплавких металлов и пресс-форма для их прессования / Мырнин С.А., Барков Л.А., Чаплыгин Б.А. [и др.]. Заявка 2007149830/02 от 19.11.2007. Оpubл. 20.02.2010. Бюл. №5.
8. Пат. 2494835 РФ, МПК В22F3/02. Способ прессования углеродных контактных вставок троллейбусов / Самодурова М.Н., Иванов В.А., Барков Л.А. Заявка 2012128703/02 от 09.07.2012. Оpubл. 10.10.2013. Бюл. №28.
9. Пат. 2373025 РФ, МПК В22F3/02. Устройство для прессования заготовок из порошков тугоплавких металлов / Барков Л.А., Мырнин С.А., Чаплыгин А.Б. [и др.]. Заявка 2008108606/02 от 04.03.2008. Оpubл. 20.11.2009. Бюл. №32.
10. Пат. на полезную модель 121762 РФ, МПК В22F3/03. Пресс-форма для прессования порошков / Самодурова М.Н., Иванов В.А., Барков Л.А. [и др.]. Заявка 2012125863/02 от 20.06.2012. Оpubл. 10.11.2012. Бюл. №31.
11. Пат. на полезную модель 120591 РФ, МПК В22F3/03. Пресс-форма для прессования порошков / Самодурова М.Н., Иванов В.А., Барков Л.А. [и др.]. Заявка 2012118025/02 от 02.05.2012. Оpubл. 27.09.2012. Бюл. №27.
12. Пат. на полезную модель 137489 РФ, МПК В22F3/03. Пресс-форма для прессования порошковых композиций на основе углерода / Самодурова М.Н., Барков Л.А., Иванов В.А. Заявка 2013137998 от 13.08.2013. Оpubл. 20.02.2014. Бюл. №5.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

NEW METHODS AND MECHANISMS DEGASSING CARBON POWDER COMPOSITIONS BEFORE COMPACTING

Samodurova Marina Nikolaevna – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Director of ERC Resource Center of Special Metallurgy, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia. E-mail: sm@susu.ac.ru.

Barkov Leonid Andreevich – D.Sc. (Eng.), Professor, Deputy Director for Research, ERC Resource Center of Special Metallurgy, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia. E-mail: barkovla@susu.ac.ru.

Dzhigun Nikolay Sergeevich – Postgraduate Student, ERC Resource Center of Special Metallurgy, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia. E-mail: tusove@gmail.com.

Latfulina Yuliya Sergeevna – Engineer, ERC Resource Center of Special Metallurgy, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia. E-mail: latfulina174@gmail.com.

Abstract. This paper describes new methods of compacting of carbon powder compositions and new structures of mechanisms, which were developed by the authors of this article as inventors, ensuring removal of considerable vol-

umes of gased and vapors from charged powder in the die and from pressed powder before a main forming operation.

Keywords: carbon composition, method of compacting, degassing mechanism, die.

References

1. Brunauer S. Adsorption of gases and vapors. Moscow: Foreign Literature Publishing House, 1948, 768 p.
2. Freundlich H. Colloid and capillary chemistry, 1926, 108 p.
3. Fialkov A.S. *Uglegrafitovye materialy* [Graphitized carbon materials]. Moscow: Energiya, 1979, 320 p.
4. Shulepov S. V. *Fizika uglerodnykh materialov* [Physics of carbon materials]. Chelyabinsk: Metallurgiya, Chelyabinsk Section, 1990, 336 p.
5. Samodurova M.N., Barkov L.A., Mymrin S.A. et al. Phenomenology of powder densification of composite materials based on tungsten and carbon. *Metallurg*, 2013, no. 10. pp. 76–84.
6. Antsiferov V. N., Bobrov G. V., Druzhinin L. K. et al. *Poroshkovaya metallurgiya i napylennye pokrytiya* [Powder metallurgy and sprayed coatings]. Moscow: Metallurgiya, 1987, 792 p.
7. Mymrin S.A., Barkov L.A., Chaplygin B.A. et al. A method for extrusion of bars of refractory metal powders and a die for their compacting. Patent of the Russian Federation no. 2381870, IPC B22F3/02. Application 2007149830/02 dated 19.11.2007. Published on 20.02.2010. Bulletin no. 5.
8. Samodurova M.N., Ivanov V.A., Barkov L.A. A method for pressing carbon contact strips for trolley buses. Patent of the Russian Federation no. 2494835, IPC B22F3/02. Application 2012128703/02 dated 09.07.2012. Published on 10.10.2013. Bulletin no. 28.
9. Barkov L.A., Mymrin S.A., Chaplygin A.B. et al. An apparatus for molding preforms from refractory metal powders. Patent of the Russian Federation no. 2373025, IPC B22F3/02. Application 2008108606/02 dated 04.03.2008. Published on 20.11.2009. Bulletin no. 32.
10. Samodurova M.N., Ivanov V.A., Barkov L.A. et al. A die for molding powders. Useful model patent of the Russian Federation no. 121762, IPC B22F3/03. Application 2012125863/02 dated 20.06.2012. Published on 10.11.2012. Bulletin no. 31.
11. Samodurova M.N., Ivanov V.A., Barkov L.A. et al. A die for molding powders. Useful model patent of the Russian Federation no. 120591, IPC B22F3/03. Application 2012118025/02 dated 02.05.2012. Published on 27.09.2012. Bulletin no. 27.
12. Samodurova M.N., Barkov L.A., Ivanov V.A. A die for pressing powder compositions based on carbon. Useful model patent of the Russian Federation no. 137489, IPC B22F3/03. Application 2013137998 dated 13.08.2013. Published on 20.02.2014. Bulletin no. 5.

УДК 621.746+621.771

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕЩЕННОГО ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ И ДЕФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛОС

Лехов О.С.¹, Турлаев В.В.², Лисин И.В.¹, Туев М.Ю.¹

¹ Российский государственный профессионально-педагогический университет, г. Екатеринбург.

² ООО «Уральский дизель-моторный завод», г. Екатеринбург.

Аннотация. Изложены преимущества и определены основные параметры технологии производства биметаллических полос на установке совмещенного процесса непрерывного литья и деформации. Приведены результаты теплового расчёта совмещенного процесса непрерывного литья и деформации при получении биметалла сталь-медь.

Ключевые слова: биметалл сталь-медь, совмещенный процесс, непрерывное литьё и деформация, температурное поле, сборный кристаллизатор.

Введение

Возрастающие потребности промышленности в биметаллах вызвали необходимость создания принципиально новых процессов их производства с целью повышения производительности, расширения сортамента и улучшения качества биметаллических полос. В работах [1,2] отмечается, что разработаны технологии холодного плакирования широкого класса биметаллов: сталь + медные сплавы, сталь + алюминиевые сплавы, сталь + никелевые сплавы, которые находят широкое применение в электронной, электротехнической, автомобильной, оборонной промышленности. К основным технологическим задачам в развитии этих процессов относятся увеличение ширины биметаллических листов, производимых рулонным методом, а также по-

лучение биметалла с повышенной толщиной плакировочных слоев (до 10–15% от толщины основного слоя).

Технические и технологические разработки

Проблемы производства биметаллических листов могут быть решены с использованием принципиально новой установки совмещенного процесса непрерывного литья и деформации [3]. Разработана ресурсосберегающая технология производства биметаллических полос [4] на установке совмещенного процесса непрерывного литья и деформации (рис. 1).

Предлагаемая технология непрерывного литья и деформации биметаллической полосы [4] включает подачу в неразъемный кристаллизатор металла плакировочного слоя (например, сплав алюминия) в жидком состоянии и предусматри-