

УДК 621.9.048

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ АБРАЗИВНЫХ ГРАНУЛ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ КОНСТРУКЦИИ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Шумакова Г.А.

## IMPROVING THE PRODUCTIVITY OF MANUFACTURING OF ABRASIVE GRANULES PROCESS BY IMPROVING THE CONSTRUCTION OF THE FORMERS

Shumakova G.

*В статье проанализированы виды применяемого при вибрационной обработке инструмента и установлено, что для операций виброшлифования наиболее эффективными являются гранулы в форме двухсторонних пирамид, в поперечном сечении которых лежит невыпуклый шестиугольник. Проанализированы методы и устройства для автоматизированного производства абразивных гранул определённой геометрической формы. Предложены пути совершенствования конструкции формообразующих устройств для гранул в форме двухсторонних пирамид, в поперечном сечении которых лежит невыпуклый шестиугольник, позволяющие повысить производительность процесса их изготовления.*

**Ключевые слова:** формообразующее устройство, абразивная гранула, повышение производительности, автоматизирование процесса производства.

**1. Введение.** Абразивные гранулы являются неотъемлемой и важной частью процесса вибрационной, виброшпиндельной галтовочной, и виброцетробежной отделочно-зачистной обработки. Правильный выбор инструмента позволяет обеспечить высокую эффективность производства и повышение качества обрабатываемых изделий [1-3]. На сегодняшний день остро стоит проблема отсутствия на территории Украины предприятия, выпускаемого инструмента, для обработки деталей в среде свободных абразивов. Решению этой проблемы может способствовать разработка метода и конструкции устройств, для формования абразивных гранул высокой производительности.

**2. Анализ последних исследований и публикаций.** Согласно классификации, приведенной в работах [1, 2] различают два вида абразивных гранул: естественные и искусственные. К естественным абразивным инструментам авторы [1, 2] относят: кварцевые породы, байкалит, базальт, гранит, мрамор, диабаз, кальциты, морская галька и др. Перечисленные материалы характеризуются дешевизной, доступностью и достаточно высокой абразивной способностью.

Гранулы из этих материалов получают путем измельчения на камнедробилках, при этом они имеют произвольную геометрическую форму с наличием острых кромок, требующих последующего многочасового притупления в вибрационных станках. Обработка деталей в этот период не рекомендуется, поскольку может приводить к значительному увеличению шероховатостей обработанных поверхностей, что является их большим недостатком. Использование абразивных гранул естественного происхождения имеющих произвольную форму гранул не всегда возможно и при обработке сложнопрофильных деталей, поскольку, как показывает практика, они часто застревают в отверстиях и труднодоступных местах (всевозможных пазах и карманах). Способность естественных абразивных материалов интенсивно изнашиваться также ограничивает область их применения.

Искусственные абразивные гранулы в зависимости от способа получения имеют произвольную или правильную геометрическую форму. На операциях виброшлифования применяют специально изготовленные абразивные гранулы правильной геометрической формы, включающие в себя абразивные частицы, материалом которых является зерно или шлифовальный порошок внедренные в связующий материал [1, 2].

Многообразие технологических операций, выполняемых в вибрационных станках, большая номенклатура обрабатываемых деталей с разной степенью сложности и изготавливаемых из различных материалов поставили перед исследователями задачу создания специально изготавливаемых абразивных гранул определенных геометрических форм, обладающих хорошими режущими, свойствами, высокой износостойкостью, и исключали бы заклинивание в отверстиях и труднодоступных местах деталей.

В последние годы значительно активизировались научно-исследовательские работы по созданию

абразивних гранул определенной геометрической формы для вибрационной обработки. Такие работы ведутся, в частности в Российской Федерации на Московском абразивном заводе (рис. 1), в Германии фирмой Rosler и Walther Trowal (рис. 2), на Тайване фирмой Chii Long, в Дании фирмой MultiFinish и др. Их продукция широко известна, признана, но является дорогостоящей, кроме этого, при изготовлении гранул, в некоторых случаях, используются токсичные и опасные (по санитарным нормам) компоненты, а это препятствует их широкому распространению.



Рис. 1. Примеры гранул, производимых Московским абразивным заводом: а – гранулы на керамической связке; б – гранулы из пластиков

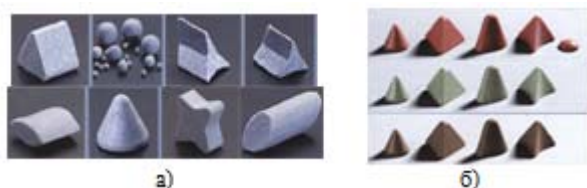


Рис. 2. Примеры гранул, производимых фирмой RÖSLER: а – гранулы на керамической связке; б – гранулы из пластиков

На сегодняшний день важной также является задача нахождения наиболее производительного метода формования абразивных гранул и разработка эффективных конструкций устройств для их изготовления.

Исследования абразивных гранул в форме тетраэдра, представленные автором работы [2] показывают, что именно эта форма является наиболее производительной. Автором работ [2, 3] также предложено и устройство по изготовлению этих гранул, представленное на рис. 3. Данное устройство позволяет получить гранулу тетраэдральной формы, осуществив полный цикл ее изготовления, начиная от загрузки смеси в фильеру приводного ножа, до сушки и выгрузки готовых гранул. Описанный в [4] метод получения гранул является попыткой создания устройства для автоматизированного получения абразивных гранул заданной формы. Недостатком описанного устройства является то, что угол при вершине заостренного диска равен  $\arccos 1/3$ , что составляет  $70,5^\circ$ . Данная величина угла является не технологичной и, кроме того, гранулы, выполненные с углом при вершине более  $45-60^\circ$ , по результатам исследований, приведенных в [5] не позволяют обеспечить качественную обработку деталей.

Существуют и другие работы, описывающие автоматизированное получение гранул определенной геометрической формы (рис. 4). Так, например, в работе [6] были представлены такие методы получения абразивных гранул как: капельный (рис. 4 а), процесс непрерывного литья в отпечатки (рис. 4 б) и процесс литья в бумагу (рис. 4 в).

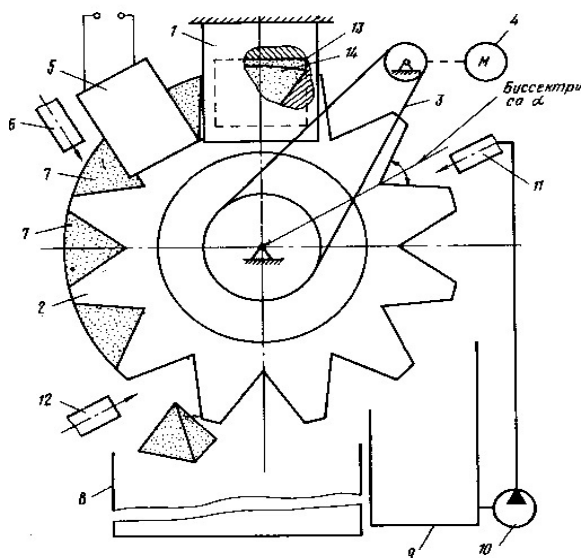


Рис. 3. Схема работы устройства для прессования абразивных гранул преимущественно в форме тетраэдра [4]: 1 – фильера; 2 – приводной нож; 3 – клиноременная передача; 4 – электродвигатель; 5 – индуктор ТВЧ; 6 – форсунка; 7 – гранулы; 8 – бункер; 9 – бак с смазывающим материалом; 10 – насос; 11, 12 – форсунки; 13 – основная полость; 14 – дополнительная коническая полость

Капельный метод, как указывает автор работы [6], осуществляется с помощью регулирования стекания смеси на конвейер для получения относительно постоянной формы. Процесс практически не используется, поскольку не обеспечивает получения правильной геометрической формы гранул.

Известен также метод непрерывного литья рабочей смеси в отпечатки (оттиск), состоящий в следующем: на конвейере расположены матрицы, выполненные из гибкого материала [6]. При перемещении матриц по конвейеру гранулы обдуваются горячим воздухом, за счет чего осуществляется их сушка. Как указывает автор [6] при подходе к краю конвейера матрицы изгибаются, высвобождая гранулы. Данный метод позволяет получить абразив хорошего качества, однако является малопродуктивным, поскольку матрицы, подверженные давлению конвейера, ломаются и кроме этого не всегда все гранулы извлекаются из матриц, в результате чего возможен брак и простой производства.

Процесс литья в бумагу, описанный в [6], заключается в непрерывной заливке в бумажные канавки V-образной формы, которые непрерывно развёртываются. Длина ленты соответствует области затвердения, в конце которой обеспечивается отрезание ленты полученного абразива. Процесс

более экономичный с точки зрения капитальных вложений в оборудование, чем, например, метод отпечатков, но позволяет осуществить только производство абразивов постоянного сечения, кроме того гранулы после изготовления нуждаются в дополнительной разрезке и очистке от бумаги. Производительность такого процесса невысокая, поскольку бумага может не только проседать в процессе заливки смеси, но и обрываться при ее натяжении.

В работе [6] так же предложен эффективный метод изготовления гранул оттиском (рис. 5). Описанный метод заключается в резке подаваемой ленты абразива вращающимся приводным ножом [7] и позволяет получить правильную геометрическую форму гранул, однако также непродуктивен, поскольку автором не учтен факт перерасхода дорогостоящей абразивной смеси. Перерасход происходит за счет того, что после выдавливания отпечатка лишняя смесь остается на приводном ноже и конвейерной ленте. При этом барабан засоряется, а смесь, оставшаяся на ленте, попадает в накопительный бункер, что также делает процесс изготовления гранул нетехнологичным из-за необходимости осуществления дополнительной операции сепарации гранул.

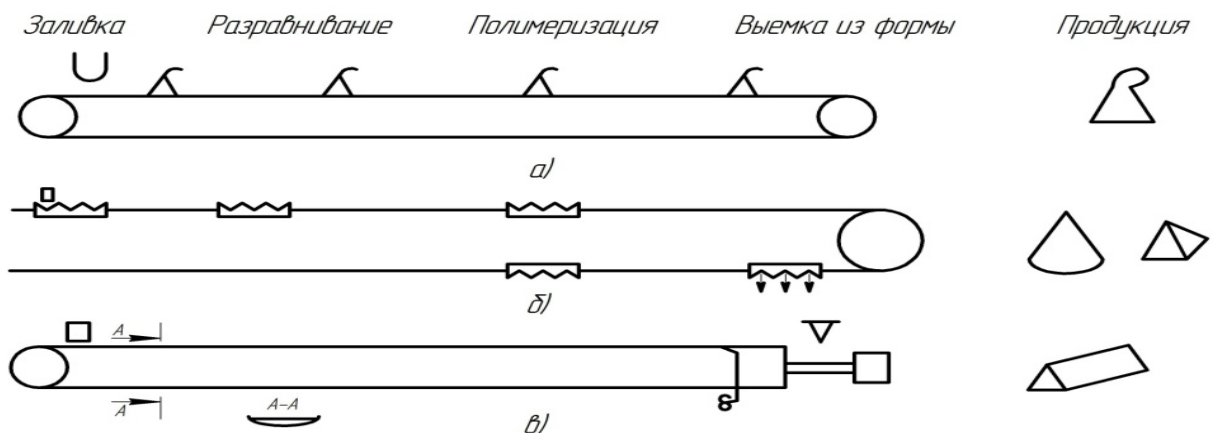


Рис. 4. Схемы методов получения абразивных гранул [6]: а – капельный; б – непрерывного литья в отпечатки; в – литья в бумагу

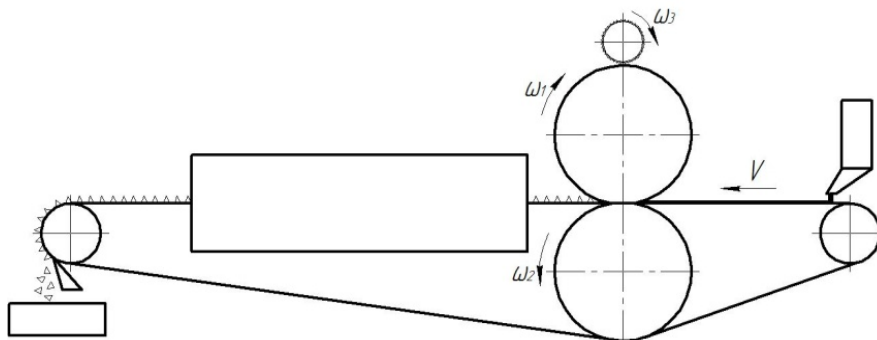


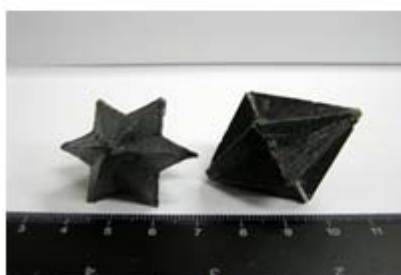
Рис. 5. Схема работы устройства, позволяющего получать абразивные гранулы методом оттиска [7]

**3. Материалы и результаты исследования конструкции формообразующих устройств, позволяющих повысить производительность процесса изготовления абразивных гранул.** В работе [8] предложено устройство для изготовления абразивных гранул (рис. 6) в форме двухсторонних пирамид, в поперечном сечении которых лежит невыпуклый шестиугольник (П12).

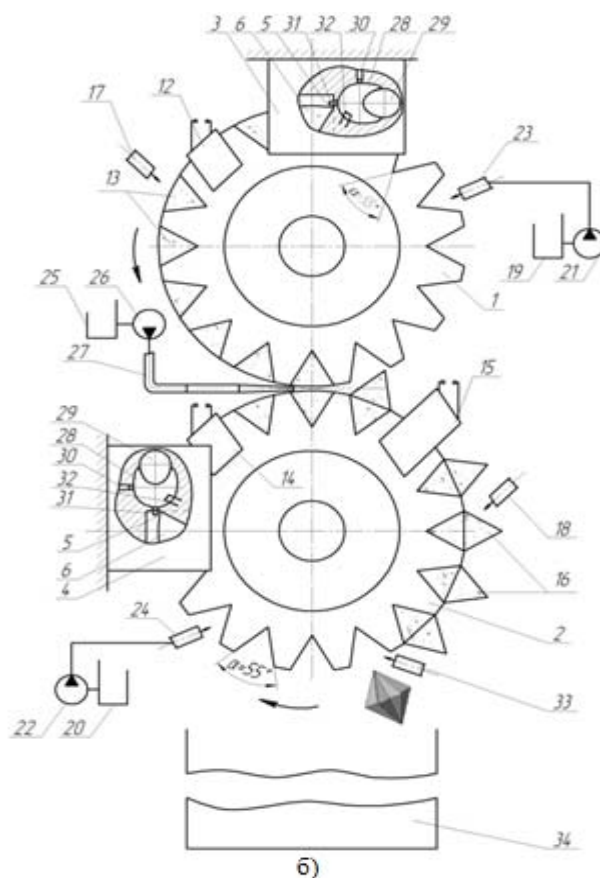
Данная форма гранул была выбрана в связи с тем, что именно эта форма имеет высокие режущие способности и в процессе работы изнашивается равномерно, сохраняя при этом свою первоначальную форму. Это обеспечивает постоянно высокий съём металла с обрабатываемой поверхности, и как следствие, повышение производительности используемого инструмента на всём промежутке времени его работы [9]. Выше перечисленные факты позволяют рекомендовать гранулы в форме П12 как производительный инструмент для выполнения операций вибрационного шлифования, очистки, удаления

заусениц и округления острых кромок деталей. Устройство для формования гранул, описанное в работе [10], состоит из двух приводных ножей-барabanов, вращающихся навстречу друг другу, двух фильер, для заливки смеси, устройств принудительной дозировки и подачи смеси в фильеры, устройства подачи склеивающего материала, индукторов ТВЧ для сушки гранул, систем подачи смазки, бункера-накопителя (рис. 6).

Прототипом данного устройства является изобретение [4] описанное выше. Главной задачей усовершенствования являлось изменение угла при вершине заострённого диска, поскольку гранулы с углом при вершине равном  $55^\circ$  являются более производительными и износостойкими. Кроме этого данное устройство позволяет изготавливать гранулы в форме двухсторонних пирамид, что было невозможным при использовании описанных выше устройств.



а)



б)

Рис. 6: Гранулы в форме П12 и устройство для их формования: а – внешний вид абразивных гранул П12; б – схема работы устройства для изготовления абразивных гранул в форме двухсторонних пирамид [10], где 1, 2 – приводные ножи; 2,4 – фильеры; 5 – основная полость; 6 – дополнительная коническая полость; 7 – электродвигатель; 8 – клиноременная передача; 9 – ведущий вал; 10 – ведомый вал; 11 – цилиндрическая зубчатая передача; 12, 14, 15 – индукторы ТВЧ; 13, 16 – гранулы; 17, 18 – форсунки; 19, 20 – бак со смазывающим материалом; 21, 22 – насосы для подачи смазки; 23, 24 – форсунки для распыления смазки; 25 – бак с склеивающим материалом; 26 – насос; 27 – форсунка для подачи склеивающего материала; 28 – эластичный бак; 29 – кулачок; 30, 31 – форсунки; 32 – ТЭНы для нагрева смеси; 33 – форсунка; 34 – бункер-накопитель

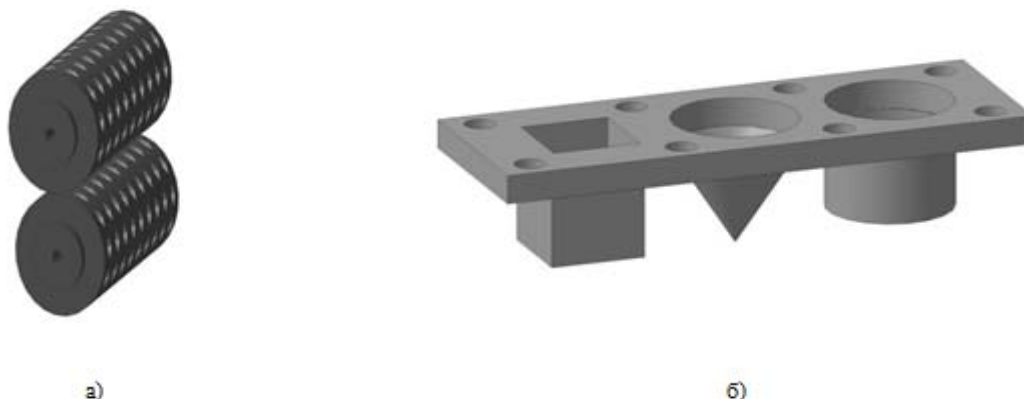


Рис. 7. Возможные усовершенствования конструкции приспособления для изготовления абразивных гранул:  
а – внешний вид барабанов в форме цилиндров; б – сменные полости для заливки смеси в устройство

Эффективность применения данного устройства обеспечивается за счет:

- возможности регулирования объема подачи дорогостоящей абразивной смеси;
- автоматический контроль изготовления;
- отсутствие на территории Украины предприятий занимающихся автоматизированным и эффективным изготовлением абразивных гранул;
- универсальность оборудования, позволяющего, при помощи технологической оснастки (сменных пуансонов) и изменении программы выпуска, изготавливать абразивный инструмент различных форм;
- осуществление полного и непрерывного процесса изготовления абразивного инструмента, начиная от загрузки смеси, заканчивая упаковкой в коробки.

Не смотря на явные преимущества данное устройство возможно усовершенствовать, например, путём увеличения ширины барабанов. Данное усовершенствование позволит повысить производительность процесса изготовления гранул за счет увеличения количества изготавливаемых гранул, поскольку на большей длине барабана, возможно, расположить большее количество конических полостей для заливки смеси (рис. 7 а). Кроме этого конические полости возможно изготовить сменными, с механическим креплением группы полостей собранных на ленте. Это позволит при помощи одного и того же устройства изготавливать гранулы различных форм (рис. 7 б).

Данные усовершенствования формообразующего устройства для изготовления гранул позволят добиться повышения производительности процесса изготовления абразивных гранул определённой геометрической формы, поскольку не требуют значительного изменения конструкции, материальных затрат и вместе с тем позволяют расширить его технологические возможности.

Описанное выше формообразующее устройство рекомендуется для изготовления абразивных гранул в условиях крупносерийного и массового производств.

**4. Выводы.** В результате анализа существующих форм абразивных гранул, описанных в литературных источниках и авторских свидетельствах, установлено, что наиболее производительной и износостойкой является гранула в форме двухсторонней пирамиды, в поперечном сечении которой лежит невыпуклый шестиугольник (П12).

Выявлено, что на сегодняшний день в Украине отсутствует предприятие, которое серийно выпускает абразивные гранулы. Не найдено также информации о существовании устройства для их автоматизированного серийного выпуска. Описанные в источниках методы изготовления в большинстве ручные, крайне трудоемки, затратные и зачастую носят экспериментальный характер.

Описанные в статье усовершенствования формообразующего устройства для изготовления гранул, описанное в работе [8] позволят добиться повышения производительности процесса изготовления абразивных гранул определённой геометрической формы, не требуя значительных изменений конструкции и материальных затрат.

#### Л и т е р а т у р а

1. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах / И. Н. Карташов, М. Е. Шаинский, В. А. Власов, Б. П. Румянцев и др. – К.: Высшая школа, 1975. – 179 с.
2. Венцкевич Гж. Влияние некоторых параметров абразивного наполнителя на эффективность процесса шлифования в вибрирующих резервуарах: дис... кандидата техн. наук: 05.02.08 / Венцкевич Гжегож. – Одесса, 1986. – 175 с.
3. Mamalis A. G. Mathematical simulation of motion of working medium at finishing–grinding treatment in the oscillating reservoir [Text] / A. G. Mamalis, A. V. Mitsyk, A. I. Grabchenko, V. A. Fedorovich // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2013. – Vol. 70. Issue 1-4. – P. 1–14. doi: [10.1007/s00170-013-5257-6](https://doi.org/10.1007/s00170-013-5257-6).
4. А.с. 1183401 МКИ В 30 В 15/02 СССР Способ прессования абразивных гранул преимущественно в форме тетраэдра и устройство для его осуществления / Г. С. Венцкевич, М. Е. Шаинский и Ю. Н. Букаранов (СССР). – 3758852/25-27; Заявл. 03.05.84; Оpubл. 07.10.85., Бюл. № 37.

5. А.с. 1650403 СССР МКИ В 24 В 31/14. Гранулы наполнителя для объемно-абразивной обработки / Г. И. Дмитриева, М. М. Томенчук, Л. М. Крушинская и З. А. Гнида (СССР). – 4495315/08; Заявл. 19.08.88; Опубл. 23.05.91., Бюл. №23.
6. Бойко М. А. Повышение технологических характеристик абразивных гранул для виброабразивной обработки: дис. кандидата техн. наук: 05.02.08 / Бойко Марина Александровна. – Ростов-на-Дону, 2000. – 165 с.
7. Костенков С. А. Повышение работоспособности галтовочных тел на основе применения зерен с контролируемой формой: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 05.03.01 «Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки» / С. А. Костенков – Томск, 2007. – 21 с.
8. Шумакова Т. А. Повышение производительности обработки деталей в вибрирующих контейнерах путем выбора формы инструмента: дис. кандидата техн. наук: 05.03.01 / Шумакова Татьяна Александровна. – Харьков, 2010. – 244 с.
9. Калмыков М. А. Инструмент для обработки деталей свободными абразивами: монография / М. А. Калмыков, Т. А. Шумакова, В. Б. Струтинский, Л. М. Лубенская. – Луганск: издательство «Ноулидж», 2010. – 214 с.
10. Декларационный патент на корисну модель № 64694 МПК В24Д 18/00, В30В 15/02. Пристрій для виготовлення абразивних гранул / Лубенська Л. М., Шумакова Т. О., Калмиков М. О. Заявл. 19.05.2011; Опубл. 10.11.2011, Бюл. №21.

#### References

1. Kartashov Y. N. Obrabotka detaley svobodnyimi abrazyvamy v vybryuyushchykh rezervuarakh / Y. N. Kartashov, M. E. Shainskiy, V. A. Vlasov, B. P. Rumyantsev i dr. – К.: Vysshaya shkola, 1975. – 179 s.
2. Ventskevych Hzh. Vliyanie nekotorekh parametrov abrazyvnogo napolnytelya na effektivnost' protsessa shlifovaniya v vybryuyushchykh rezervuarakh: dys kandidata tekhn. nauk: 05.02.08 / Ventskevych Hzhhehozh. – Odessa, 1986. – 175 s.
3. Mamalis A. G. Mathematical simulation of motion of working medium at finishing–grinding treatment in the oscillating reservoir [Text] / A. G. Mamalis, A. V. Mitsyk, A. I. Grabchenko, V. A. Fedorovich // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2013. – Vol. 70. Issue 1-4. – P. 1–14. doi: [10.1007/s00170-013-5257-6](https://doi.org/10.1007/s00170-013-5257-6).
4. А.с. 1183401 МК YV 30 В 15/02 SSSR Sposob pressovaniya abrazyvnykh hranul preimushchestvenno formetetradiustroystvodya choosushchestvleniya / H. S. Ventskevich, M. E. Shainskiy, Yu. N. Bukaranov (SSSR). – 3758852/25-27; Заявл. 03.05.84; Опубл. 07.10.85., Byul. № 37.
5. А.с. 1650403 SSSR МК YV 24 В 31/14. Hranuly napolnytelya dlya obemno-abrazyvnoy obrabotky / H. Y. Dmytryeva, M. M. Tomenchuk, L. M. Krushinskaya i Z. A. Hnyda (SSSR). – 4495315/08; Заявл. 19.08.88; Опубл. 23.05.91., Byul. № 23.
6. Boyko M. A. Povysheniye tekhnolohycheskykh kharakterystyk abrazyvnykh hranul dlya vibroabrazyvnoy obrabotky: dys. kandydata tekhn. nauk: 05.02.08 / Boyko Maryna Aleksandrovna. – Rostov-na-Donu, 2000. – 165 s.
7. Kostenkov S. A. Povysheniye rabotosposobnosti haltovochnykh tel na osnove pryumeneniya zeren s

- kontrolyruemoy formoy: avtoref. dys. na soyskaniye nauch. stepeny kand. tekhn. nauk: 05.03.01 «Tekhnolohyy i oborudovaniye mekhanicheskoy i fyzyko-tekhnicheskoy obrabotky» / S. A. Kostenkov – Tomsk, 2007. – 21 s.
8. Shumakova T. A. Povysheniye proyzvodytel'nosti obrabotky detaley v vibryuyushchykh konteynerakh putem vybora formyinstrumenta: dys. kandydata tekhn. nauk: 05.03.01 / Shumakova Tat'yana Aleksandrovna. – Khar'kov, 2010. – 244 s.
  9. Kalmykov M. A. Instrument dlya obrabotky detaley svobodnyimi abrazyvamy: monohrafiya / M. A. Kalmykov, T. A. Shumakova, V. B. Strutynskiy, L. M. Lubenskaya. – Luhansk: yzdatel'stvo «Noulydzh», 2010. – 214 s.
  1. Deklaratsionnyy patent na korysnu model' № 64694 МПК В24Д 18/00, В30В 15/02. Prystriy dlya vyhotovlennya abrazyvnykh hranul / Lubens'ka L. M., Shumakova T. O., Kalmykov M. O. Заявл. 19.05.2011; Опубл. 10.11.2011, Byul. №21.

#### Шумакова Т. О. Підвищення продуктивності процесу виготовлення абразивних гранул удосконаленням конструкції формоутворюючих пристроїв

*У статті проаналізовано види інструменту, що застосовується при вібраційній обробці і встановлено, що для операції віброшліфування найбільш ефективними є гранули у формі двосторонніх пірамід, у поперечному перерізі яких лежить неопуклі шестикутник. Проаналізовано методи та пристрої для автоматизованого виробництва абразивних гранул певної геометричної форми. Запропоновано шляхи удосконалення конструкції формоутворюючих пристроїв для гранул у формі двосторонніх пірамід, у поперечному перерізі яких лежить неопуклі шестикутник, що дозволяють підвищити продуктивність процесу їх виготовлення.*

**Ключові слова:** формоутворюючий пристрій, абразивна гранула, підвищення продуктивності, автоматизація процесу виробництва.

#### Shumakova T. Improving the productivity of manufacturing of abrasive granules process by improving the construction of the formers

*The article analyzes the types used for vibration processing tool and found that for operations vibrosieve most effective are granules in the form of a double-sided pyramids, cross-section which is non-convex hexagon. Analyzed methods and devices for automated production of abrasive granules of a particular geometric shape. Ways to improve the design forming device for pellets in the form of a double-sided pyramids, cross-section which is non-convex hexagon, allowing to improve the performance of their production process.*

**Keywords:** shape-forming device, the abrasive grains, increasing productivity, streamlining of production.

Шумакова Тетяна Олександрівна – к.т.н., доцент кафедри машинобудування, верстатів та інструментів, Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, [shumakovatatyana@yandex.ua](mailto:shumakovatatyana@yandex.ua)

Рецензент: Суворін О.В. – д.т.н., доцент

Статья подана 26.11.2014