

взаемосвязку показателей динамики нагружения поверхностей с режимами обработки и составом покрытия обеспечить улучшение эксплуатационных характеристик поверхностей, что контактируют.

1. Самойлов П. И. Технология поверхностно-пластической деформации с применением ультразвуковых процессов // Инженер: студенческий научно-технический журнал / П. И. Самойлов, А. Н. Михайлов // Донецк: ДонНТУ, 2007, № 8. – С. 80–83. 2. Зайцев А. М. Обеспечение надежной работы деталей авиационных двигателей / Зайцев А. М. – М.: Транспорт, 1971. – 196 с. 3. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / Смелянский В. М. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с. 4. Марков А. И. Ультразвуковое резание труднообрабатываемых материалов / Марков А. И. – М.: Машиностроение, 1968. – 352 с. 5. Пат. RU 2291033 С1 Российская Федерация. Устройство для ультразвуковой обработки поверхностей деталей / Ю. В. Холопов (Россия). № 2005124573/02; заявл. 02.08.2005; опублик. 10.01.2007. Бюл. № 1. 6. Кудашева И. О. Совершенствование технологии изготовления прецизионных деталей “тело вращения” на основе применения ультразвукового упрочнения и поверхностно-активных веществ: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Кудашева Ирина Олеговна. – Саратовский государственный технический университет. – Саратов, 2008. – 129 с.

УДК 621.795:62-119(09)

Л.М. ЛУБЕНСКАЯ, И.В. ЕГОРОВ, И.В. ВОЛКОВ

Восточноукраинский национальный университет им. Владимира Даля

ИСТОРИЯ ЗАРОЖДЕНИЯ ВИБРАЦИОННОГО СТАНКА[©]

© Лубенская Л.М., Егоров И.В., Волков И.В., 2011

Розглянуто питання історичного утворення і розвитку ідеї використання вібрації в техніці, а також основні аспекти розроблення вібраційного обладнання, формування його основних вузлів і, відповідно, технології обробки.

The question of the historical formation and development of the idea of using vibration technology, as well as key aspects of the development of vibration equipment, the formation of its main components and, consequently, processing technologies.

“Нет в мире ничего сильнее идеи, для которой пришло время: уж если появились более совершенные технологические решения, их ничем невозможно остановить” [1]. Эта фраза является эпиграфом деятельности одного из ведущих мировых производителей вибрационного оборудования. Именно сегодня пришло время, когда без качественной финишной обработки деталей невозможно выходить на резко конкурирующий рынок по производству различных изделий. От качества отделочных операций во многом зависит не только внешний вид изделия, но в первую очередь эксплуатационные свойства получаемых деталей.

Одно из первых упоминаний о вибрационных машинах, т.е. машинах, в которых для осуществления различных операций использовалась вибрация, найдено в журнале “The London Journal of Arts, Sciences and Manufactures, and Repertory of Patent Inventions // Conducted by Mr. W. Newton. – London, 1849. – Vol. XXXIV”. Сегодня широкий анализ разработок в отрасли

вибрационных технологий возможно провести, используя европейскую сеть баз патентных данных. Результаты, полученные таким путем, дают возможность достоверно убедиться в существовании заявленной техники, ее изобретателей и отрасли промышленности, в которой эта технология была впервые применена [2].

Согласно патенту № 395 (DE) “Apparat zur Erzeugung von Schrot, resp. Metallkugeln aus Metall aller Art”, Franz Seraficus Koehler и Keyling Ludwig еще в 1889 г. стали использовать вибрацию при производстве муки, поместив зерно в контейнер вместе с металлическими шариками – “бусинами”, обеспечив тем самым качество конечного продукта [3]. Существуют и более ранние патенты, такие как пат. №19399 (DE) “Mascine zum Trocknen von Heu, Klee u. Dergl.” и пат. № 19538 (DE) “Neuerungen an Dreschmaschinen”, датируемые 1882 г., в которых речь идет об использовании вибрации для высушивания и измельчения органических продуктов, таких как сено, ветки деревьев и др. Из этого видно, что первый вибрационный станок начал действовать в сельскохозяйственной отрасли, в первую очередь в перерабатывающей промышленности. Исторически закономерно, что человечество применило вибрацию как полезное явление впервые там, где этого требовало развитие общества того времени. Из полученные данных видно, что первенство в разработках принадлежит немецким изобретателям, и сегодня они не потеряли своих позиций [4].

В XIX столетии и с развитием промышленности наблюдается повышенное внимание к использованию вибрации в различных отраслях. Так, например, английский изобретатель John Laidlaw в патенте № 5389 (GB) “Improvement in Kilns for Drying Grain and other Material” (заявка от 1897 г.), предложил вибрационный транспортер для перемещения гранулированного материала, предположительно угля, с подачей его на различные сепараторы и дробильные машины.

Почти сразу же подобная идея возникает и у французского инженера Pierre Lejeune в 1898 г., который применил эту технологию для сортировки и перемещения золотой руды, о чем свидетельствует патент “Improved Apparatus for Sorting or Separating Pulverulent or Granular Substances, more particularly applicable for Extracting: Gold from Auriferous Earth and like”. И в самом деле, в то время применение таких решений способствовало повышению производительности процесса добычи полезных ископаемых.

Таким образом, к 1900 г. вибрацию начали применять в сельскохозяйственной, горнодобывающей отраслях, для сушки, сепарирования и транспортирования различных сыпучих материалов [8]. Именно идея сепарирования позволила разработать привод с эксцентриком, по конструкции напоминающий привод современного вибрационного станка. Первым изобретателем, предложившим такую конструкцию, был английский инженер August J. Simpson в своем патенте № 4942 “Improvements in or relating to Apparatus for Distributing Artificial Manures, Fertilizers and other Materials such as Sand, Soot, Lime and the like” в 1905 г. С этого момента начали появляться вибрационные машины различного назначения, в которых возбуждения колебаний происходили за счет вращения эксцентрика. Об этом свидетельствуют такие патенты, как пат. Harry Bentley №2037 “Improvements in and relating to Conveyors”, дата заявки 1907 г., пат. Philip M. Justine № 28365 “Improvements in Ore Concentrators”, дата заявки 1908 г., и др.

Начиная с 1909 г., в промышленности появляется машина для финишной обработки, претендующая на прообраз современного вибрационного станка. Разработчиком ее является James Johnson, предложивший обрабатывать заготовки различных деталей в контейнере с песком (пат. № 190925134 “Improvements in Sand Blast Machines”). Обработка происходила во вращающемся контейнере (рис. 1). Эта и несколько последующих конструкций, такая как, например, описанная в патенте Williama Vincenta Hobkirka №191503207 “Improvements in and relating to Covers or Guards for Mixing and like Machines”, опубликованном в 1915 г. (рис. 2), отличались от вибрационного станка наличием жесткой кинематической связи между рабочими органами и отсутствием вибровозбудителя.

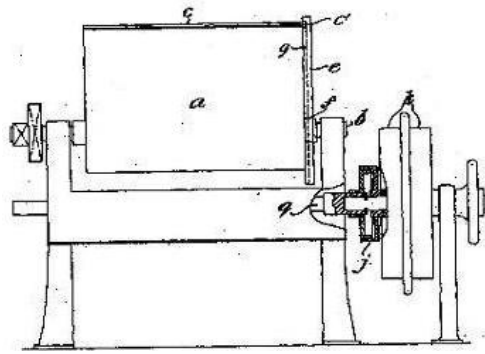


Рис. 1. Машина для перемешивания

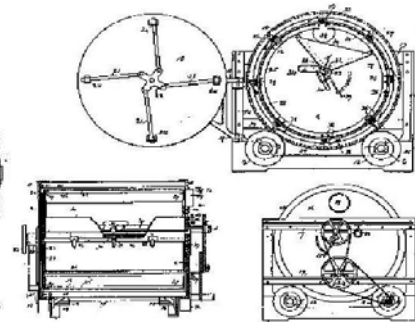


Рис. 2. Общій вид машины

Вышеперечисленные патенты описывали еще не виброоборудование, предназначенное для финишной обработки материалов. Это было используемое уже сельскохозяйственное оборудование, применяемое для металлообработки, типа галтовочного станка. Переход к вибростанку стал возможным после того, как Gates Philetus в 1919 г. предложил одну из первых моделей вибратора, в дальнейшем получившего название “вибровозбудитель” – патент № 1486486 “Vibrator” (рис. 3).

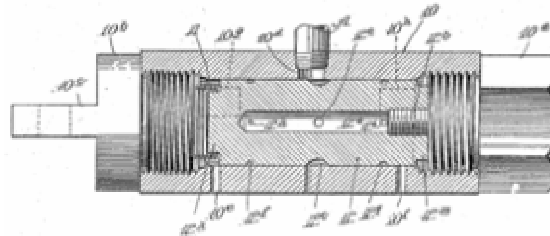


Рис. 3. Вибратор

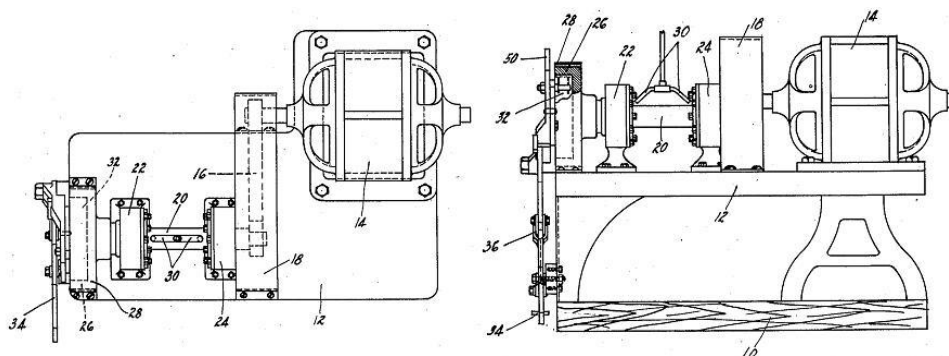


Рис. 4. Вибровозбудитель

Однако предложенная конструкция главного рабочего органа вибрационного станка, т.е. вибровозбудителя, не стала распространенной, но дала толчок практически к развитию всего современного парка вибростанков. Вибровозбудитель обрел привычный современный вид только в 1927 г. благодаря инженеру Stanley Whitworth. Он предложил конструкцию привода, который состоял из двигателя 14, крутящий момент от которого передавался при помощи ременной передачи 16 на вибровозбудитель, состоящий из вала 20 с расположенным на нем эксцентриком 30 (рис. 4).

В 1937 г. два американских инженера – Gerard Linke и August Voegel подали заявку на патент, в котором описали конструкцию машины для очистки различных сыпучих материалов – патент № 2222776, “Scrubbing machine” (рис. 5).

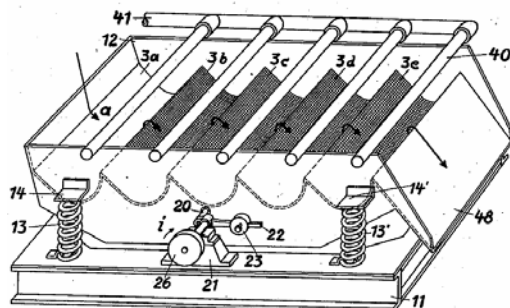


Рис. 5. Машина для очистки сыпучих материалов

Изобретатели предложили очистку материалов при помощи их вибрационного перемещения. Безусловно, идея являлась перспективной для того времени, поэтому авторы продолжили исследования над осуществляемым процессом (ниже приведена схема перемещения среды – рис. 6).

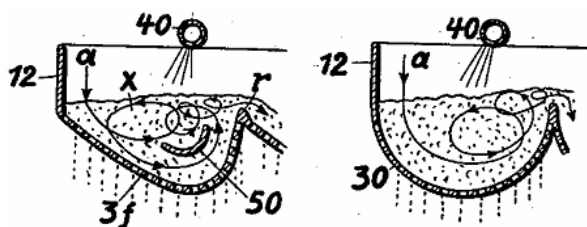


Рис. 6. Схема перемещения среды

Полученные ими результаты не заставили долго ждать и появления следующих инженерных решений. В 1939 г. подается заявка на изобретение № 2222777 (US) “Gyratory washer”. Была предложена революционная идея для того времени – станок без жесткой кинематической связи. Как видно на рис. 7, исследователь не только предложил установить контейнер на пружины 6, но и уделил внимание форме контейнера. Изначально такой станок предназначался для промывания мелких частиц материала жидкостью. Однако при проведении серии опытов Gerard Linke заметил не известный ранее эффект перемещения движущихся частиц под действием вибрации. Полученный эффект был отражен в соответствующем патенте.

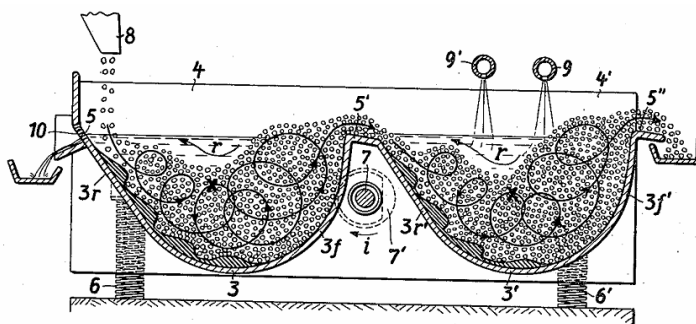


Рис. 7. Машина для промывки мелких частиц

Заявленный ранее способ обработки в сообщающихся контейнерах был изменен, появились два отдельных синхронно колеблющихся контейнеров (рис. 8).

Таким образом, впервые была заявлена U-образная форма контейнера, используемая в современной конструкции вибрационного станка и способ обработки, предполагающий движение деталей в свободном абразиве. Вибрационный станок практически получил современное оформление.

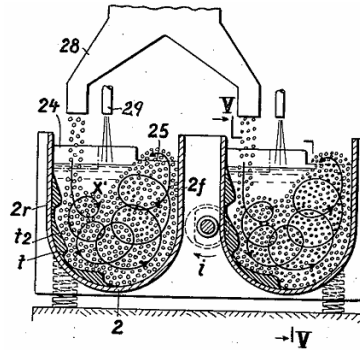


Рис. 8. Обработка в отдельных контейнерах

Gerard Linke в своих исследованиях уделил большое внимание движению гранул в контейнере (рис. 9). По его мнению, U-образная форма контейнера была предпочтительной. Современные экспериментальные и теоретические исследования также подтвердили его предположение [5– 9].

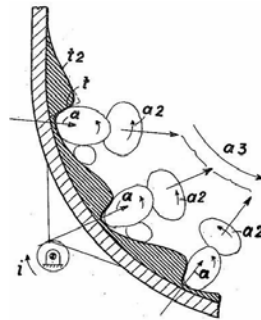


Рис. 9. Движение гранул в U-образном контейнере

Разработки по совершенствованию конструкции также вели немецкие инженеры, о чем свидетельствует ряд патентов, таких, например, как пат. № 698845 (DE) “Vorrichtung zum Waschen von Erz u. dgl.”, автор Gerard Linke Dipling (1940 г.).

Неоднократно осуществлялись попытки создать всевозможные конструкции машин для отделочно-зачистной обработки, ставшей уже неотъемлемой частью промышленного производства. Так, в 1945 г. была предложена достаточно интересная конструкция машины для снятия заусенцев, схема которой приведена на рис. 10 (пат. № 2423019 (US), “Shaker for burring small parts”).

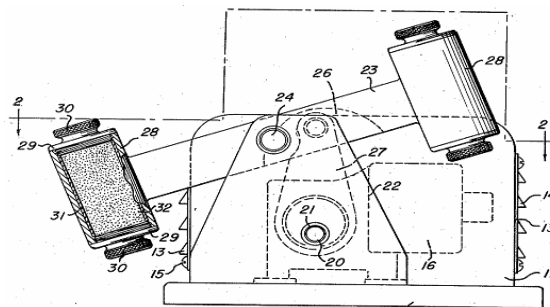


Рис. 10. Шейкер для снятия заусенцев у мелких деталей

Почти сразу же Pieter Hedrik Nove предложил конструкцию “отделочной машины”, использующей вибрацию. В этом патенте № 2466516 (US) “Graining machine having a vibratory table” в 1949 г. он назвал свое изобретение “Отделочной машиной с вибрационным столом” (рис. 11).

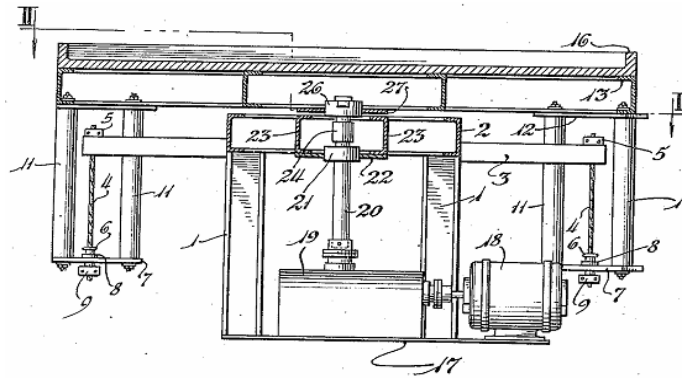


Рис. 11. Отделочная машина с вибрационным столом

Именно тогда слово “вибрация” сопровождало почти все изобретения, в которых обработка осуществляется с применением колебаний – это конструкция с колеблющимся рабочим органом, чаще всего контейнером или площадкой, на котором установлены или в котором находятся обрабатываемые детали и обрабатывающий инструмент.

Уже в 1948 г. в патенте № 644476 (GB) “Method of, and apparatus for, abrasive polishing” американские исследователи предложили метод вибрационной финишной обработки, заключающийся во вращении заготовок деталей в абразивных гранулах, содержащихся в вибрирующем контейнере, причем гранулы должны были быть предварительно смочены жидкостью. Авторы показали преимущества этого способа по сравнению с электрохимической очисткой. Так, впервые рабочая среда, используемая при вибрационной обработке, имела несколько составляющих: совокупность единичных гранул и химически активного раствора.

Последующий период развития вибрационной обработки в определенной мере был связан с вопросами повышения производительности обработки и снижения ее себестоимости, что было отражено в патенте № 2591083 (US) “Removal of flash, fin, and burr”. Был совершен переход к одновременной обработке множества деталей на одном станке (рис. 12).

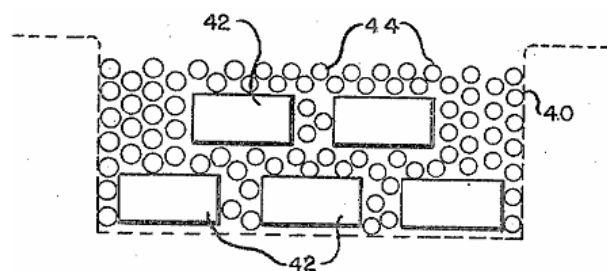


Рис. 12. Обработка деталей “в навал”

Промышленное внедрение требовало более глубокого изучения внедряемого в производство процесса. Именно в этот период вибрационная отделочно-зачистная обработка становится объектом не только практических, но уже и теоретических исследований [10].

Толчком к развитию теоретических основ вибрационной техники стала известная работа П.Л. Капицы, опубликованная в 1951 г., про маятник с колеблющейся массой подвеса [11]. После этого началось интенсивное изучение и использование вибрационной технологии. Понятие “вибрационная технология” появилось в 60-е годы в кругу специалистов, которые работали в сфере технологического использования низкочастотного спектра колебаний [12–15] и в тот момент, когда от единичных экземпляров оборудования производство перешло к промышленно выпускаемому серийному оборудованию [16].

Это период, когда уже патентуется не только конструкция станка, но и способы осуществления различных отделочно-зачистных операций на них по обработке различных изделий из различных материалов (пат. № 1057950 (FR), “Procédé de polissage des métaux par vibration et dispositif pour la mise en oeuvre du procédé”, пат. № 1100320 (FR) “Finishing apparatus having horizontal curvilinear chamber”, пат. № 924341 (DE) “Verfahren zum Putzen von Werkstuecken”, пат. № 1036092 (DE) “Apparatus for the surface treatment of workpieces”, пат. № 1188319 (FR) “Appareil à polir les surfaces et à arrondir les arêtes de pièces façonnées”, пат. № 1126296 (FR) “Dispositif pour le nettoyage de pièces, en particulier les pièces brutes de fonderie”, пат. № 1195323 (FR) “Installation pour le finissage des surfaces de pièces façonnées ou usinées”, пат. № 811439 “Means for cleaning work-pieces, particularly rough castings”, разработчик Stein Friedrich, пат. № 346452 (CH) “Einrichtung zum Oberflächenbearbeiten von Werkstücken”). Предлагаемые операции сравнивают не с операциями, осуществляемыми на вибрационных станках, а с традиционными методами шлифования и полирования.

Но понятно, что после того, как вибрационный станок обрел свою форму, конкуренция и активное развитие промышленности в индустриальный период потребовало совершенствования основных узлов конструкции. Вели разработки по форме контейнера – пат. № 2912803 (US) “Abrading device”, 1957 год (рис. 13), пат. № 936191 “Improvements in or relating to apparatus for finishing or polishing” (рис. 14) по выбору рамы – пат. № 2952950 (US) “Vibratory mill” (рис. 15), вибровозбудителя – пат. № 936191 (GB) “Improvements in or relating to apparatus for finishing or polishing”, 1963 г. (рис. 16) и др.

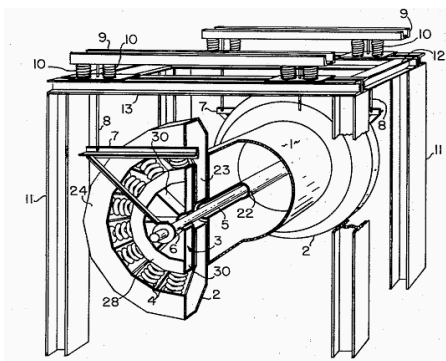


Рис. 13. Контейнер вибрационного станка

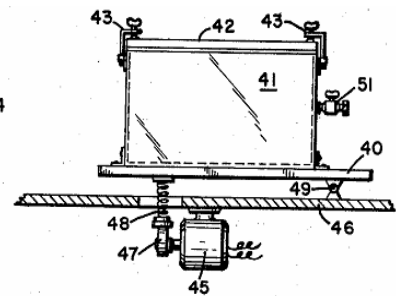
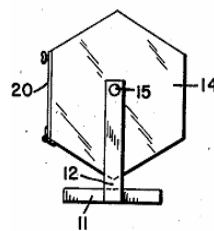


Рис. 15. Конструкция рамы вибростанка

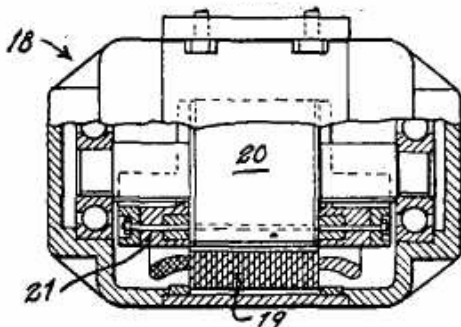


Рис. 14. Конструкция контейнера

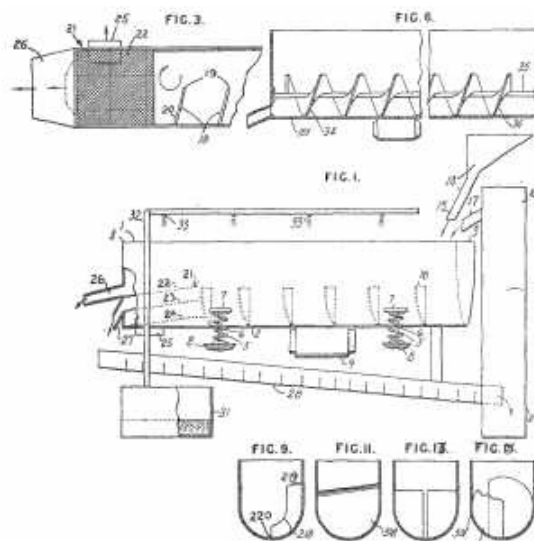


Рис. 16. Конструкция вибровозбудителя

В этот же период сформировались фирмы и предприятия, которые уже несколько лет занимались только производством вибрационного оборудования. Это Roto Finish Co, Lord Chemical Corp., Bell Intercontinental Corp., Mumford Molding Machine Co, Almco Supersheen Co, Geigy Chem Corp., Max Spaleck GMBH, Kloeckner Humboldt Deutz, Productive Equipment Corp., Pangborn Corp, Walther Technik Co, King Seeley Thermos Co, Boening Co, Syntron Co, Carborundum Co, Link Belt Co, Ultramatic Equipment Co Inc., и др. [4].

В 1961 г. был разработан станок для вибрационной финишной отделки деталей, изображенный на рис. 17 (пат. № 2997813 (US) “Apparatus for precision finishing of parts and objects by controlled vibration” – корпорация Lord Chemical, William Brant). Эта конструкция уже полностью соответствовала современному вибрационному станку. Компания не остановилась на достигнутом и предложила еще несколько конструкций. Схема одной из них, например, показана на рис. 18 (пат. № 1137975(DE) “Maschine zum Scheuern und Polieren von Gegenstaenden”).

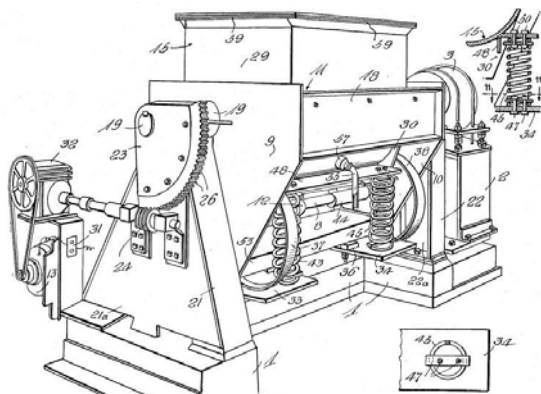


Рис. 17. Вибрационный станок

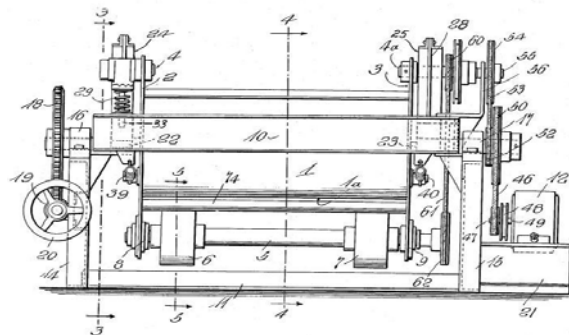


Рис. 18. Схема конструкции вибростанка

Можно сказать, что к 1963 г. станок был окончательно оформлен. Наступила эра его активного внедрения в производство.

1. Официальный сайт компании Rösler Oberflächentechnik [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.rosler.com/english/company/past-present.html/> – 12.02.2011 г. – Загл. с экрана. 2. Ланець О.С. Високоєфективні міжрезонансні вібраційні машини з електромагнітним приводом: моногр. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2008. – С. 30. 3. Apparat zur Erzeugung von Schrot, resp. Metallkugeln aus Metall aller Art: пат. 395 ФРГ: МПК В24В31/06 / Franz Seraficus Koehler, Keyling Ludwig; опубл. 04.02.1889. 4. Официальный сайт Европейской патентной базы данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.espacenet.com> – 12.07.2011 г. – Загл. с экрана. 5. Вибрационная техника в машиностроении и приборостроении: тезисы докладов Всесоюзной научной конференции / редкол.: В.А. Повидайло. – Львов, 1973. – С. 242–244. 6. Объемная вибрационная обработка / И.Е. Бурштейн, А.П. Бабичев, Б.Н. Картышев и др. – М.: Машиностроение, 1970. – 96 с. 7. Картышев Н.И. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих контейнерах / И.Н. Картышев, М.Е. Шаинский, В.А. Власов – К.: Вища школа, 1975. – 188 с. 8. Вібрації в техніці та технологіях / Л.М. Лубенська, О.В. Бранспіз, І.В. Волков, В.Я. Міцик и др. – № 2(58). – Луганськ: Ноулідж, 2010. – 120 с. 9. Быховский И.И. Некоторые вопросы измерений при исследовании вибрационных и ударно-вибрационных машин / И.И. Быховский И.И. – Л., ЛДНТП, 1959. 10. Капица П.Л. Маятник с вибрирующим подвесом / Капица П.Л. // Успехи физических наук. – 1951. – Т. 64. – С. 7–20. 11. Быховский И.И. Некоторые вопросы измерений при исследовании вибрационных и ударно-вибрационных машин / И.И. Быховский И.И. – Л., ЛДНТП, 1959. 12. Быховский И.И. Основы теории вибрационной техники /

Быховский И.И. – М.: Машиностроение, 1968. – 362 с. 13. Шаинский М.Е. Методы и средства обработки деталей в абразивной среде с применением вибрации / М.Е. Шаинский, Б.А. Гончаров, 1963. – 32 с. 14. Шаинский М.Е. Вестник машиностроения / М.Е. Шаинский, И.Н. Карташев, М.Н. Найш. – М.: Машиностроение, 1965. – С. 64–68. 15. Исследование обработки деталей свободными абразивами, проектирование, изготовление и внедрение промышленных установок и технологических процессов на машиностроительных предприятиях СССР: материалы на соискание Государственной премии Украинской ССР по законченной научно-исследовательской работе. – Ворошиловград, 1972. – 130 с.

УДК [622.742:621.928.2]:51.001.57

В.П. НАДУТЫЙ, Е.С. ЛАПШИН, А.И. ШЕВЧЕНКО

Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРОХОТА С УДАРНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ ПРОСЕИВАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

© Надутый В.П., Лапшин Е.С., Шевченко А.И., 2011

Виконано аналіз досліджень з тонкого грохочення вологої сировини. Запропоновано на етапі польоту сировини надавати просівальній поверхні грохота додаткового удару. Розроблено математичну модель, що описує рух просівальної поверхні при збудженні двома ударниками.

The analysis of researches on thin screening damp raw materials is made. It is offered to inform at a stage of flight of raw materials to a sifting surface of a screen additional blow. The mathematical model describing movement of the sifting surface of a screen at excitation by two drummers is developed.

Вибрационное грохочение – широко распространённая технологическая операция при переработке сыпучего сырья в различных отраслях. Современная сырьевая, энергетическая и экологическая ситуация требует, чтобы классификация по крупности производилась с высокой эффективностью и производительностью при низких эксплуатационных затратах.

Практика и многочисленные экспериментальные исследования свидетельствуют о низкой эффективности тонкого грохочения влажного сырья. В этом случае важную роль играют силы молекулярного взаимодействия жидкости с твердой фазой, которые препятствуют как просеванию, так и сегрегации. Нередки ситуации, когда разделение полностью прекращается.

Анализ научно-технической информации позволил выявить мировую тенденцию создания грохотов для влажного сырья: увеличение ускорения просеивающей поверхности до значений, в сотни и тысячи раз превосходящих ускорение свободного падения, а также расширение спектра воздействия. Широкий спектр обеспечивает возбуждение собственных колебаний частиц, жидкости и просеивающей поверхности. Для этих целей, как правило, используют удар.

В ИГТМ НАН Украины более десяти лет ведутся экспериментальные и теоретические исследования, направленные на создание виброударных грохотов [1–4]. В одной из последних разработок предложено просеивающую поверхность возбуждать “двойными” ударами. Вначале наносится первый удар, который способствует отрыву сырья от просеивающей поверхности и его разрыхлению, затем на этапе полета – второй удар, который придает дополнительное ускорение просеивающей поверхности, что обеспечивает ее очистку от застрявших в отверстиях частиц и