

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В ФОРМОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА

NEW DEVELOPMENTS IN TECHNOLOGY FORMATION OF PRODUCTS ELECTROTECHNICAL APPOINTMENT ON THE BASIS OF CARBON

М. Н. Самодурова, Л.А. Барков, В.А. Иванов
ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ)
г. Челябинск, пр. Ленина, 76.
vasilij.a.ivanov@gmail.com

Abstract

In this paper provides an analysis of existing processes and press-dies for the manufacture of products electrotechnical appointment mass use (brushes, contact inserts of trolleybuses and trams) on the basis of carbon. Proposed and tested simplified versions forming process, in which raw materials are waste products of graphite electrodes, and no firing and graphitizing operations and finish machining. To carry out the forming process developed design of press-dies for the two and three-way forming a multi-forming for use on the universal press equipment. Original methods of forming and design the press-dies are protected by patents and allow to obtain products of high density and quality.

Введение

В 2012 году исполнилось 140 лет со дня изобретения А.Н. Лодыгиным электрической лампы накаливания с угольным электродом. Такие электроды в России начали производить в 1872 г. на небольшом заводике в г. Кинешма Владимирской области. Крупное по этому времени предприятие по производству электроугольных изделий было построено в 1899 г. в г. Кудинове Московской области (ныне г. Электроугли) [1,2]. Это предприятие начало выпускать электроды для гальванических элементов, электроды для ламп накаливания для ламп кинематографа, для прожекторов, щетки электрических машин, а затем и другие электроугольные изделия [2]. Термин «электроугольные изделия» появился в России еще в конце XIX века в период зарождения электротехнической промышленности. В XX веке к электроугольным изделиям относили: угли электрические (осветительные, элементные, сварочные и др.), щетки электромашин (угольно-графитные, графитные, металлографитные и др.), изделия техники слабых токов (столбы угольные, сопротивления угольные, мембраны, диски и др.), изделия конструкционного назначения (аноды и детали вакуумной техники, изделия уплотнения машин, термодары, токосъемники троллейбусов, пантографы трамваев, электровозов, поездов метро, детали антифрикционного назначения и др.) [3 – 10]. К середине XX в. самыми массовыми электроугольными изделиями стали щетки электрических машин [5].

Новое в формировании щеток электромашин

Традиционным способом формования, известным в мире с начала XX века [11, 12], является способ формования многощеточных заготовок в виде блоков [1]. Из многощеточного блока, показанного на рис. 1, механической обработкой можно получить 27 заготовок для отдельных щеток. Размеры блоков могут быть в

пределах: 57х57х32, 115х68х17, 115х75х32 мм и др. в зависимости от размеров щеток.

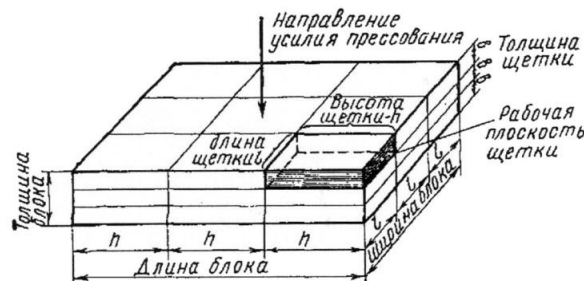


Рис. 1. Схема раскроя блоков на заготовки электрощеток

Наиболее широкое применение для формования блоков, по мнению И.В. Темкина [1], находят пресс-формы одностороннего прессования с подвижной матрицей пресс-формы (рис. 2), позволяющие осуществлять подпрессовку нижним пуансоном.

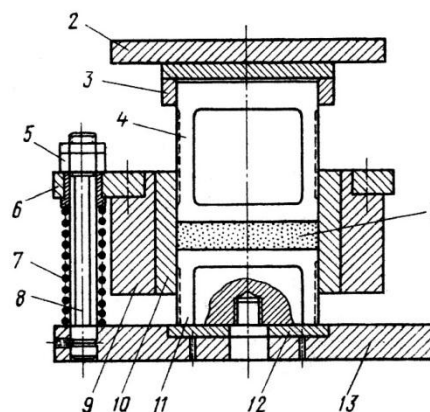


Рис. 2. Пресс-форма с «плавающей» матрицей: 1 – пресс-порошок; 2 – верхняя плита; 3 – пуансонодержатель; 4 – верхний пуансон; 5 – регулировочная гайка; 6 – поддерживающая плита; 7 – опорная пружина; 8 – колонка; 9 – обойма; 10 – планки; 11 – нижний пуансон; 12 – опорное кольцо; 13 – опорная плита

Пресс-форма имеет верхний пуансон 4, который крепится с помощью пуансонодержателя 3 к верхней плите 2; плита при помощи болтов привертывается к верхней траверсе пресса. Матрица пресса представляет собой обойму 9 с запрессованными в нее планками 10. Обойма закреплена в поддерживающей плите 6 и опирается на пружины 7. Колонки 8 запрессованы в плиту 13. Нижний пуансон 11 в процессе формования опирается на кольцо 12, а после окончания формования перемещается от взаимодействия с выталкивателем.

После заполнения матрицы порошковой композицией на основе углерода и ее разравнивания засыпка должна по высоте в 2,5 – 3,0 раза превышать высоту готового блока. Начинается процесс формования засыпки с перемещения верхнего пуансона. По мере уплотнения засыпки на боковых стенках матрицы возникают реактивные силы трения, вызывающие перемещение матрицы. Это приводит к эффекту подпрессовки формовки нижним пуансоном.

Традиционное блочное формование щеток электромашин отличается следующими существенными недостатками:

- высокой трудоемкостью, малой производительностью и большой стоимостью операций деления блоков на заготовки щеток и их механической обработки до нужной формы, размеров и качества поверхностей;
- большой потребностью в универсальном и специализированном оборудовании для резки, чернового и чистового шлифования, сверления, зенковки и других операций, а также в специальном инструменте, в том числе алмазном;
- достаточно трудоемкой и малопроизводительной операцией формования механически обработанных заготовок щеток, прежде всего тоководами.

Следует также отметить, что традиционная технология получения блоков щеток электромашин из исходного кокса и каменноугольной смолы отличается очень высокой трудоемкостью и длительностью [5]. Так, только

получение из исходного кокса порошка включает восемь технологических операций, а получение из исходных каменноугольной смолы и каменноугольного пека смолопека включает пять операций. Технология получения блоков с учетом операции формования при одностадийной схеме подготовки щеточных материалов включает 14 операций, а при двухстадийной схеме – 21 операцию [5].

Для устранения указанных недостатков ведущие фирмы мира по углеродным материалам и изделиям наряду с описанными схемами получения щеточных полуфабрикатов используют упрощенные схемы. Эти фирмы в качестве наполнителей полуфабрикатов для щеток типа бакелитографитовых используют искусственный графит в основном виде «обточки» готовых графитованных заготовок на изделия крупномасштабного электродного производства, а в качестве связки фенолформальдегидную смолу. К таким фирмам относятся: Carbone of America Corp., Carbone Lorraine (France), выпускающие бакелитографитовые щетки (bakelite – graphite brushes) марок BG400, BG412, BG469 и др.; Schunk Kohlenstofftechnik (Germany), выпускающая бакелитографитовые щетки (resin – bonded graphite brushes) марок F40, F46, F49, F51, F61, F63 и др.; Toyo Tanso (Japan), выпускающая бакелитографитовые щетки (resin – bonded graphite brushes) марок X-03, X-09, X-17 и др.

В России самостоятельные до последнего времени такие крупные электродные заводы, как Челябинский, Новосибирский и другие объединились в группу компаний ЭНЕРГОПРОМ, которая стала одним из крупнейших в мире производителей углеродной продукции [13]. Известно, что Челябинский электродный завод (ЧЭЗ) всегда выпускал и выпускает в больших объемах электроды и конструкционные графиты. В проспекте ЧЭЗ [14] приведена технологическая схема производства графитованной продукции (рис. 3), из которой видно, что при механической обработке заготовок, особенно для получения изделий цилиндрической формы, образуется большой объем «обточки».



Рис. 3. Схема производства графитованной продукции на ЧЭЗ [14]

Для частичного использования «обточек», которая представляет собой графит, в конце 90-х годов XX века в г. Челябинске с участием ученых ЮУрГУ было создано ООО ГРАФИТОПЛАСТ [15]. Основной продукцией этого предприятия являются электрощетки, скользящие контакты

токосъема для троллейбусов, трамваев и железнодорожного транспорта. Разработанные учеными ЮУрГУ в 2001 г. технические условия этого предприятия на электрощетки и другие изделия электротехнического назначения предусматривали использование в качестве

наполнителя «графит искусственный измельченный» по ТУ 1916-109-71-2000. В качестве связки порошковой фенолформальдегидной смолы новолачного типа марки СПФ-011А по ТУ6-05751768-35-94. На основе этих технических условий с учетом практического опыта освоения процессов формования изделий для электротехники был предложен, а затем запатентован [16] новый способ изготовления электрошесток и скользящих контактов.

Первой важной операцией этого способа является операция измельчения и смешивания исходных порошков графита и фенолформальдегидной смолы с целью получения однородной смеси заданного гранулометрического состава. Этого можно достичь только при строго заданных температурных условиях и длительности операций смешивания. При горячем смешивании из смеси уже частично удаляются пары жидкостей, прежде всего воды, связанные с частицами смеси вследствие физической адсорбции только силами Ван-дер-Ваальса.

Основная операция формования, согласно предложенному способу, выполняется при удельном давлении, равном 30 – 40 МПа, температура в пределах 150 – 170 °С и выдержке под давлением в течение 3 – 5 минут. В процессе формования при указанных условиях из смеси через зазор между матрицей и пуансоном, равный примерно 150 мкм, выделяются, кроме паров воды, частично вступившие в результате химической адсорбции с частицами смеси и в результате начавшейся ее полимеризации газообразные фенол, аммиак, азот, водород, оксид углерода и другие газы.

Практическая реализация нового способа на пресс-форме, показанной на рис. 2, матрица которой имеет входной конус под углом до 0,5° на высоте до двух толщин прессовки, предназначенной для увеличения возможности удаления паров и газов из прессовок, показала, что при скорости верхнего пуансона, равной 30 мм/с, полностью удалить пары и газы невозможно даже при выдержке под давлением в течение 5 минут.

В связи с этим авторами статьи была разработана, а затем запатентована [17] новая оригинальная конструкция пресс-формы, схема которой показана на рис. 4. Отличительной особенностью пресс-формы является наличие на высоте $2h_n$ от входа в матрицу конического участка и на высоте $h_{вх}$ каналов радиусом $R = (4,5 - 5,5)h_{вх}$, центры которых O_1 и O_2 лежат в плоскости торцевой поверхности матрицы глубиной 3 – 5 мм и шириной 5 – 6 мм.

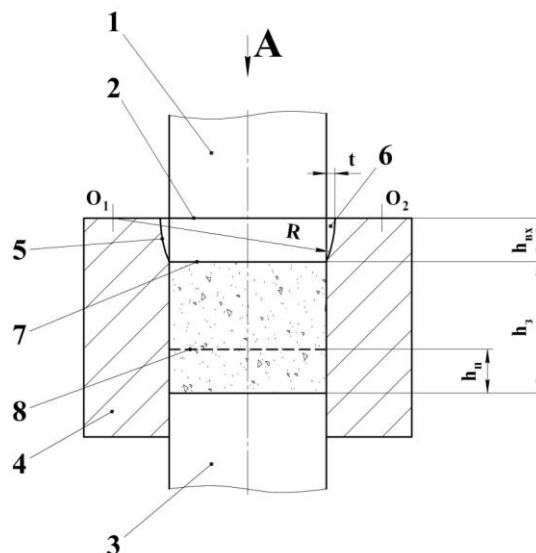


Рис. 4. Схема пресс-формы для формования порошков: 1 – верхний пуансон с рабочей поверхностью 2; 3 – нижний пуансон; 4 – матрица со входным участком 5 и каналами 6; 7 – поверхность засыпки смеси; 8 – поверхность будущей прессовки

Пресс-форма работает следующим образом: после сборки пресс-формы и установления матрицы 4 на нижний пуансон 3 полость матрицы 4 на высоту до $h_{вх}$ входного участка 5 заполняют порошковой композицией на основе углерода, содержащей 86% порошка графита и 14% порошка фенолформальдегидной смолы. После включения в работу пресса верхний пуансон 1 начинает перемещаться. На рис. 4 показано положение пуансона 1, когда его рабочая поверхность 2 совпадает с плоскостью верхней торцевой поверхностью матрицы 4. При этом свободный объем входного участка $V_{вх}$ будет ограничен рабочей поверхностью 2 верхнего пуансона 1, поверхностью засыпки 7 и внутренней поверхностью матрицы 4. При дальнейшем перемещении пуансона 1 его рабочая поверхность 2 будет воздействовать на пары и газы атмосферы в объеме $V_{вх}$ входного участка 5 и они будут удаляться через каналы 6. После контакта рабочей поверхности 2 верхнего пуансона 1 с поверхностью 7 засыпки начинается процесс прессования, когда пары и газы будут удаляться через конический участок. На рис. 4 показана поверхность 8 заготовки высотой h_n после окончания процесса прессования.

Еще более полное удаление паров и газов из порошковых композиций на основе углерода выполняется в разработанной авторами статьи и запатентованной [18] пресс-форме, схема которой показана на рис. 5. Отличительной особенностью пресс-формы является то, что перед формованием смеси вертикальным пуансоном, она освобождается от паров и газов с помощью горизонтального пуансона в полости сборной матрицы с изменяющимися размерами.

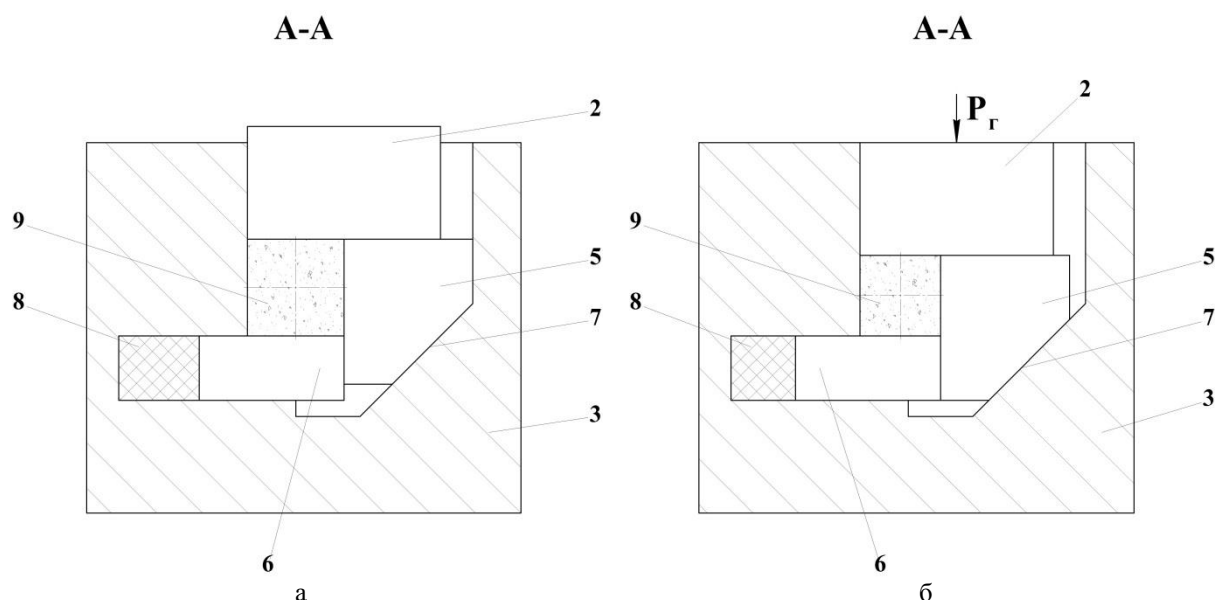


Рис. 5. Схема горизонтальных сечений пресс-формы: а – при заполнении полости 9 порошком; б – после предварительного уплотнения порошка пуансоном 2

Пресс-форма содержит вертикальный пуансон, горизонтальный пуансон 2, матрицу 3 с нижней плитой и боковинами 5, 6. Матрица 3 контактирует своей наклонной поверхностью 7 с наклонной поверхностью боковины 5. Между корпусом матрицы 3 и боковиной, контактирующей с боковиной 5, установлен упругий элемент 8.

Пресс-форма работает следующим образом. После сборки пресс-формы на стол специализированного пресса [19] устанавливается матрица 3 пресс-формы. После чего в полость 9, образованную боковинами 5 и 6, пуансоном 2, матрицей 3 и нижней плитой засыпается порошок. Затем перемещают горизонтальный плунжер, передающий усилие P_r на горизонтальный пуансон 2, который воздействует на боковину 5. Боковина 5 перемещается по наклонной поверхности 7 в матрице 3 и двигает боковину 6, сжимая упругий элемент 8. Происходит изменение размера полости 9 и предварительное формование с удалением паров и газов через открытую матрицу из засыпки порошка. После окончания предварительной засыпки порошка перемещают вертикальный пуансон и производят формование порошка.

Новое в формовании токоъемников троллейбусов

Как известно [20], первый отечественный троллейбус начал эксплуатироваться в Москве в 1933 г., затем появились троллейбусы в Ленинграде, Киеве и Свердловске. Токоъемник токоприемного устройства на первых троллейбусах был выполнен в виде металлического ролика, изготовленного из оловянистой бронзы. В процессе эксплуатации таких токоъемников появился ряд их существенных недостатков. Ролик быстро изнашивался и при большой массе цветного металла был дорогим, его ось требовала смазки.

Наблюдалось повышенное изнашивание контактного провода, при его замене через каждые 2-3 года резко увеличивались расходы на троллейбусный транспорт. Кроме того, ролик был неустойчив на контактом проводе, его частые сходы приводили к сбоям уличного движения.

Для устранения указанных недостатков Московское троллейбусное хозяйство к 1940 г. перешло от токоъемников качения на токоъемники скольжения с усовершенствованными конструкциями токоприемных устройств, снабженных угольными токоъемниками. Опыт использования угольных токоъемников в Москве и Ленинграде показал, что они подвергаются быстрому изнашиванию и не обеспечивают надежного токосъема.

В 40 – 50-е гг. прошлого века троллейбусное движение появилось уже во многих крупных городах бывшего СССР. Но поскольку не был разработан единый стандарт на токоъемники, то в каждом городе проблема изготовления токоъемников решалась самостоятельно. Токоъемники изготавливали из чугуна, стали, сплавов алюминия. Однако от использования токоъемников, изготовленных из литых материалов, отказались ввиду быстрого изнашивания медных контактных проводов.

В 60-е гг. прошлого века в Ленинграде и Киеве были изобретены и начали применяться порошковые железуграфитовые токоъемники [21,22], пропитанные различными составами [23,24]. Однако, практика производства железуграфитовых порошковых токоъемников с различными пропитывающими составами показала, что технология их получения сложна и неэффективна, требует специального оборудования для высокотемпературного спекания с защитной атмосферой и пропитки железуграфитовой заготовки расплавами различных составов.

Технология отличается высокой трудоемкостью и длительностью получения изделий, она неэкономична и экологически небезопасна. Кроме того, эксплуатационные испытания железуграфитовых пропитанных токосяемников, выполненные во многих городах России, показали их низкую износостойкость при повышенном износе как медных, так и сталеалюминевых контактных проводов, а также недостаточную надежность.

В США и Европе уже со второй половины прошлого века токосяемники троллейбусов изготавливались по упрощенной технологии прессования смесей порошков углерода и фенолформальдегидной смолы, иногда с добавлением других порошков. Например, в патенте США [25] порошковая смесь для прессования содержит от 30 до 80 % порошка и от 15 до 45 % порошковой фенолформальдегидной смолы. Основным преимуществом такого состава смеси авторы патента считают получение малого коэффициента трения при контакте токосяемника с проводом.

Крупнейшим в Европе и мире производителем изделий из углерода и углерод-углеродных материалов является немецкая фирма SHUNK, основанная еще в 1913 г. Эта фирма выпускает очень большую номенклатуру изделий из углерода, в том числе изготавливает токосяемники для троллейбусов не только для всех стран Европы, но и для Китая, Индии, Австралии, Бразилии и других стран мира [26].

В России с конца прошлого века также патентуются составы углеродных смесей и разрабатываются способы прессования токосяемников.

К числу создателей смесей и способов получения токосяемников можно отнести Нижнетагильский химический завод «Планта», «Научно-исследовательский и проектно-технологический институт электроугольных изделий» (НИИЭИ), Орловский государственный технический университет (ОрелГТУ), Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ) и другие организации [27-29].

Требованию надежности токосяема как показано в работах [30,31] не отвечает ни один из

приведенных в патентах составов смесей, поскольку все составы содержат завышенное в 1,5 – 2,0 раза содержание связки, что приводит к увеличению в несколько раз удельного электросопротивления токосяемников при их работе. Повышенное сопротивление нарушает надежность токосяема и приводит к разрушению съёмника тока.

Для устранения описанных недостатков учеными кафедры «Машины и технологии обработки материалов давлением» (МиТОМД) и ресурсного центра специальной металлургии ЮУрГУ разработаны новые составы смесей [16,32], новые конструкции токосяемников [33,36], новый способ их получения [37] и новые конструкции пресс-форм для формования токосяемников [17,18,38-40 и др.]. Проведенные предварительные исследования по выбору исходных материалов для получения графитопластовых токосяемников для троллейбусов показали, что наилучшее качество токосяема, экологичность в процессе работы и экономическую эффективность технологии их получения показали в качестве наполнителя графит искусственный по ТУ 1916-109-71-2000, а в качестве связки порошковая фенолформальдегидная смола марки СПФ-011А по ТУ 6-05751768-35-94. Графит искусственный измельченный – материал дешевый, так как получается из отходов производства графитированных электродов в виде обточки или боя электродов на Челябинском электродном заводе [14]. Гранулометрический состав графита следующий: диапазоны размеров зерен от 0,1 до 5,0 мм; массовая доля зерен менее 0,1 мм не более 15%; массовая доля зерен более 5 мм не более 10%.

Свойства и марки графита по ТУ 1916-109-71-2000 приведены в табл. 1.

Свойства порошковой фенолформальдегидной смолы марки СПФ-011А по ТУ 6-05751768-35-94 приведены в табл. 2.

Важными технологическими операциями при подготовке смесей порошков графита и смолы являются: дозировка, измельчение и смешивание, а также контроль гранулометрического состава готовой смеси.

Таблица 1

Свойства марки графита

Показатель	Наименование марки	
	А	Б
Плотность, не менее, г/см ³	0,85	0,85
Массовая доля серы, не более, %	0,05	0,50
Массовая доля влаги, не более, %	1,0	5,0
Зольность, не более, %	1,0	10,0

Таблица 2

Свойства фенолформальдегидной смолы

Показатель	Значение
Массовая доля уротропина, %	6...9
Текучесть, мм	20...65

Остаток на сетке №01К, %	≤ 2
--------------------------	----------

Наилучшие результаты для качества смеси дает выполнение операции гомогенизации, т.е. одновременного измельчения и смешивания компонентов смеси на вибрационной мельнице. При этом содержание смолы в смеси может быть ограничено 17...19 %, размер 80 % частиц в готовой к прессованию смеси должен быть менее 100 мкм. Устанавливается также насыпная плотность и влажность смеси. Заданные физико-механические свойства токосяемников реализуются после выполнения операций прессования и последующей термической обработки изделий. Для определения состава графитопластовых смесей [16], установления оптимальных параметров опытной технологии прессования был выполнен большой объем экспериментальных исследований по установлению нужной навески порошковой смеси на каждое изделие, а также деформационных, кинетических, силовых и температурных условий прессования.

Экспериментальные исследования по прессованию выполнены на одноместной пресс-форме [38], предназначенной для прессования порошков и порошковых композиций. Пресс-форма разборная состоит из двух боковин 1, двух торцовых пластин 2 и штифтов 3, соединяющих боковины и торцовые пластины между собой (рис. 6). Между каждой парой штифтов установлено по упругому элементу 4. Пресс-форма устанавливается на стол специализированного

гидравлического пресса с вертикальным и горизонтальным плунжерами. Конструкция пресса описана в монографии [19]. В собранную пресс-форму засыпается порошковая смесь. После включения в работу пресса начинает перемещаться горизонтальный плунжер, который с силой P_1 зажимает пресс-форму, затем перемещается вертикальный плунжер и пуансон.

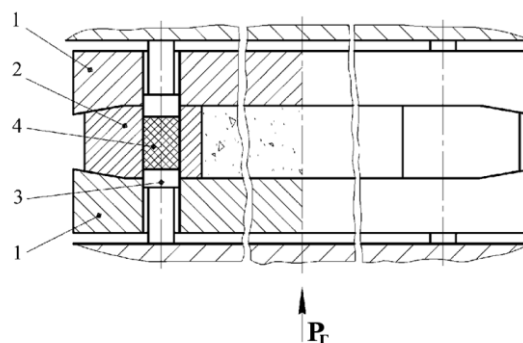


Рис. 6. Одноместная пресс-форма для прессования графитопластовых токосяемников

По результатам экспериментальных исследований процесса прессования графитопластовых токосяемников в одноместной пресс-форме предлагаются значения технологических параметров, приведенных в табл. 3.

Таблица 3

Скоростные, силовые и температурные параметры прессования навески порошка массой 450 ± 10 г

Скорость пуансона, мм/с	Давление прессования, МПа	Температура прессования, °С	Выдержка под давлением, мин
2,5	30	Не менее 170	5

Насыпная плотность готовой к прессованию смеси для получения токосяемников прессованием с указанными параметрами находилась в пределах $0,6 - 0,7$ г/см³.

Исследованы свойства готовых изделий, подвергнутых после прессования термической обработке (полимеризация связки) по специальному режиму. Диапазоны значений свойств готовых изделий приведены в табл. 4.

В начале 2000 г. описанная выше опытная технология ЮУрГУ была использована при организации сначала опытно-промышленной, а затем промышленной технологии производства графитопластовых изделий токосяема электроподвижного состава на предприятии ООО ГРАФИТОПЛАСТ.

Таблица 4

Показатели свойств готовых токосяемников

Показатель	Диапазон значений
Плотность изделий, г/см ³	1,65...1,70
Прочность на сжатие, МПа	50...55
Прочность на изгиб, МПа	20...24
Твердость по Шору	37...42
Удельное электрическое сопротивление, мкОм·м	50...60

После освоения этого производства были проведены сертификационные испытания графитопластовых токосяемников на специальном стенде Гортранса города Челябинска. Испытания показали, что износ провода от графитопластовых

токосяемников по сравнению с износом от токосяемников, изготовленных из порошков алюминия с добавлением 3...4 % порошка графита, уменьшился с 0,042 мм на 10 тыс. проходов до 0,0035 мм на 10 тыс. проходов, т.е. в 12 раз. При

этом устранились явления приваривания токосъемника к проводу, задиров провода. Испытания позволили проверить требования к свойствам изделий и уточнить параметры основных операций промышленной технологии их производства.

Несмотря на повышение износостойкости проводов потребители токосъемников высказали свои пожелания по повышению их износостойкости, прочности и снижению удельного электрического сопротивления. Эти пожелания авторы статьи выполнили целым рядом изобретений. В патенте [32] 65-75 % пор контактной рабочей поверхности токосъемника заполнены оловянистой бронзой, что позволяет значительно повысить износостойкость и прочность токосъемника и почти на 20 % уменьшить его удельное электрическое

сопротивление. В патентах [33,34] повышение износостойкости и прочности токосъемников достигается за счет необычной оригинальной конструкции самого токосъемника и его рабочей поверхности. Значительное снижение удельного электрического сопротивления токосъемника достигается в новой конструкции контактной головки токосъемника по патенту [35]. Из рис. 7 видно, что электрический ток от провода 7 передается на контактную вставку 3, а затем на башмак 2, где высокая электропроводность обеспечивается за счет увеличенной площади контактной поверхности 4, выполненной по радиусу. Затем через пяту 1 ток передается на штангу 6. При движении троллейбуса щеки 5 предотвращают осевое смещение вставки 3 и башмака 2 относительно провода 7.

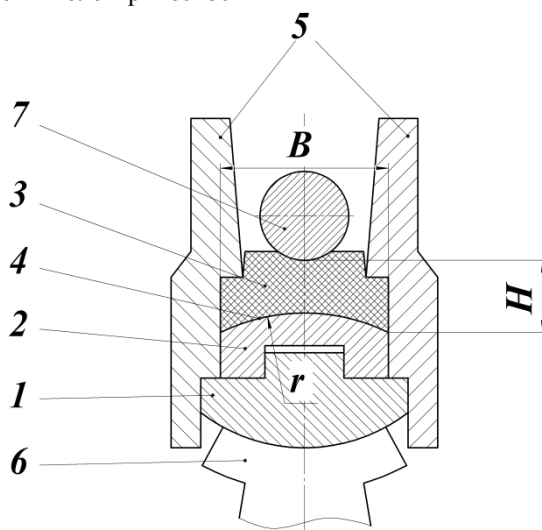


Рис. 7. Контактная головка токосъемника троллейбуса [35]

В патенте [36] повышение электропроводности токосъемника достигается за счет выполнения его из двух частей: графитопластовой основной несущей части и расположенной вдоль желоба токосъемника второй части с повышенной электропроводностью, содержащей в графитопластовой композиции от 10 до 15 вес. % порошка меди. Удельное электросопротивление такого токосъемника снижается более, чем в два раза.

Разработан и запатентован [37] способ формования углеродных контактных вставок троллейбусов, включающий предварительное прессование центральной части вставки в виде желоба при заданных силовых, скоростных условиях и выдержкой под давлением, затем предварительное прессование ее торцовых частей по ширине вставки при заданных силовых,

скоростных условиях и с выдержкой под давлением и окончательное одновременное формование центральной и торцевых частей при заданных силовых и скоростных условиях. Последовательность операций предварительного и окончательного прессования приведена на рис. 8.

На рис. 8а вертикальный пуансон 1 взаимодействует с усилием $P_{в1}$ с засыпкой 2 порошка в ее центральной части, формируя центральную часть в виде желоба. При этом воздух свободно выходит через свободные от пуансона участки засыпки 2. На рис. 8б вертикальные пуансоны 3 взаимодействуют с усилием $P_{в2}$ с засыпкой 2 порошка в ее периферийных участках, формируя торцевые части вставки. При этом воздух свободно выходит через центральную часть засыпки 2 порошка.

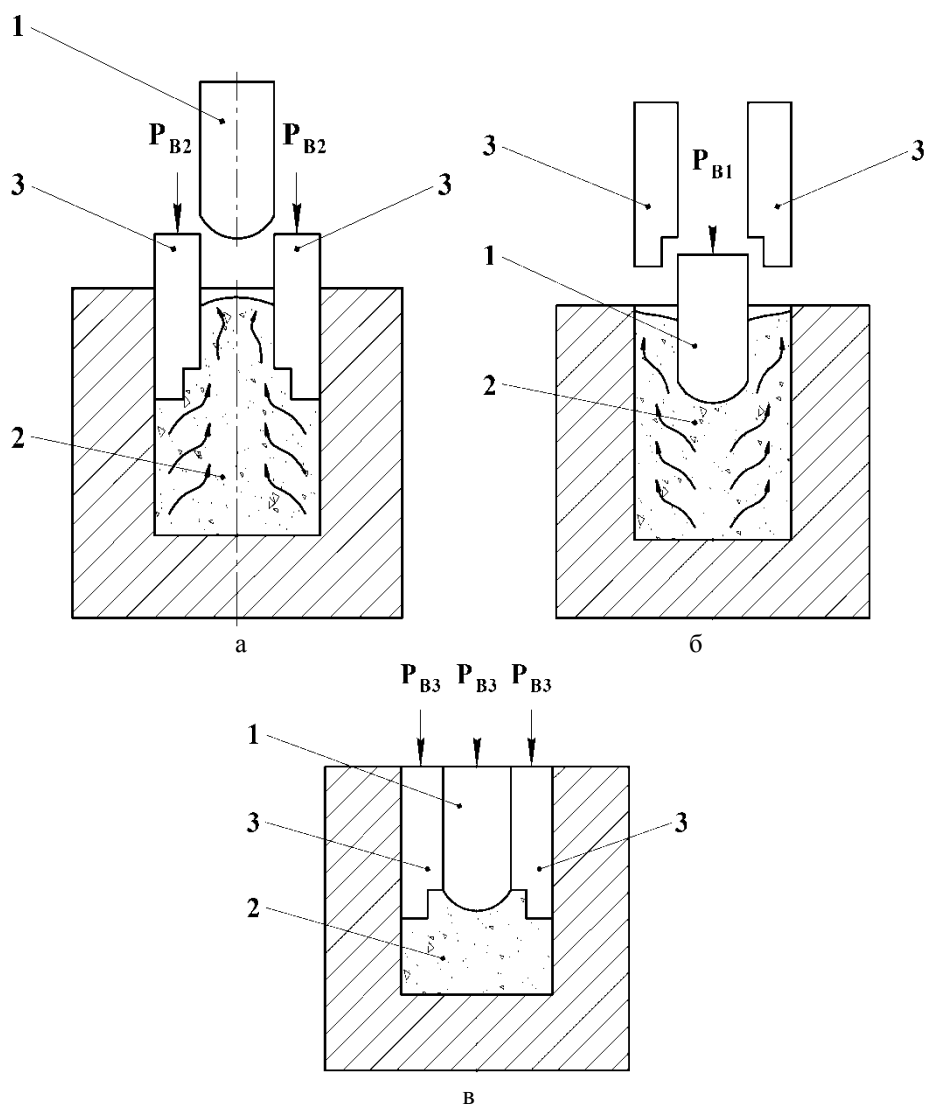


Рис. 8. Последовательность операций предварительного (а и б) и окончательного (в) формования вставки троллейбуса по новому способу [37]

На рис. 8в пуансоны одновременно действуют с усилием P_{B3} на предварительно сформированную заготовку вставки. Предусмотрен также вариант предварительного прессования вначале торцевых частей вставки, а затем центральной ее части.

Способ осуществляется следующим образом. После приготовления углеродного материала в виде порошка его засыпают в пресс-форму и начинают прессовать с заявляемыми режимами либо центральную часть в виде желоба, либо торцевые части вставки, а затем прессовать соответственно либо торцевые части, либо центральную часть вставки. После предварительного отдельного прессования всех частей вставки ведут одновременное прессование центральной и торцевых частей вставки при удельном давлении 45 – 55 МПа и скорости прессования 35 – 40 мм/с.

К преимуществам нового способа следует отнести получение вставок повышенной плотности (до 6 %), повышенной прочности (прочность на сжатие до 62 МПа и снижение удельного

электрического сопротивления до значений 47 – 56 Ом·м).

Разработаны и запатентованы новые конструкции пресс-форм [17, 18, 38-40], предназначенные для формования изделий электротехнического назначения, в том числе щеток и токосъемников троллейбусов. Пресс-формы по патентам [17 и 18] описаны ранее в этой статье, пресс-форма по изобретению [38] описана в статье авторов [31], а многоступенчатая пресс-форма по патенту [39] описана в публикации авторов [41]. Представляет практический интерес пресс-форма по патенту [40], конструкция которой, показанная на рис. 9, 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, как видно из рис. 9, 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 и 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.

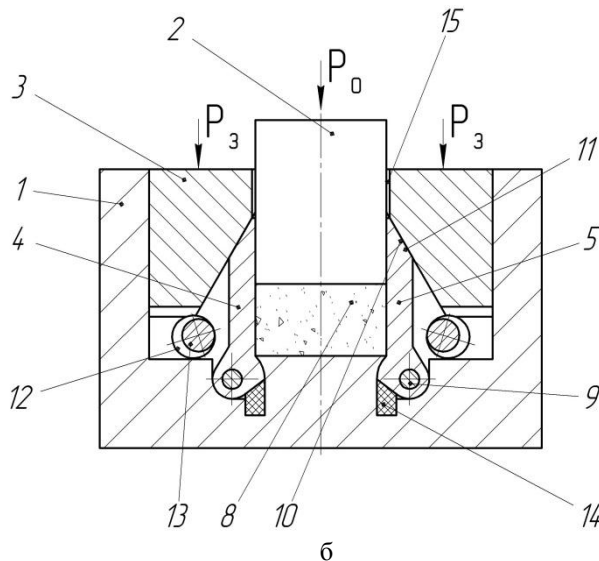
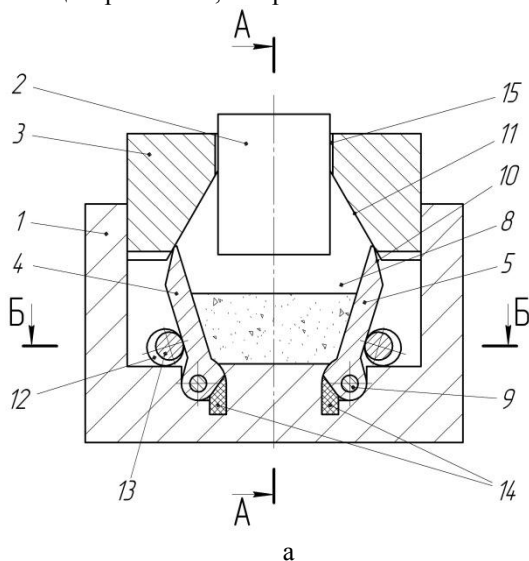


Рис. 9. Схема пресс-формы: а – в стадии подпрессовки; б – в стадии прессования [40]

Пресс-форма работает следующим образом. В полость 8, образованную размещенными в корпусе 1 боковинами 4, 5, 6, 7 засыпают порошок. Включают привод (на черт. не показан) зажимного ползуна 3, который, двигаясь вниз, посредством контакта скошенных поверхностей 10, 11 усиливает 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 на засыпке порошок свободно выходит из нее через соединенный с атмосферой зазор 15. После окончания подпрессовки включают привод (на черт. 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.

Список литературы

1. Темкин, И.В. Производство электроугольных изделий [Текст] / И.В. Темкин. – М.: Высшая школа, 1975. – 232 с.
2. Каргашин, А.Е. Истории завода Элеткроугли 100 лет [Электронный ресурс] / А.Е.

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°.

Капрашин. – [URL: http://www.carbon-e.ru/Hist_100.html]

3. Темкин, И.В. Производство электроугольных и металлокерамических изделий [Текст] / И.В. Темкин. – М.: Высшая школа, 1986. – 255 с.

4. Рогайлин, М.И. Справочник по углеграфитовым материалам [Текст] / М.И. Рогайлин, Е.Ф. Чалых. – Л.: Химия, 1974. – 208 с.

5. Лившиц, П.С. Справочник по щеткам электрических машин [Текст] / П.С. Лившиц. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 216 с.

6. Technical guide: Brushes for electrical machines. – France: Carbone Lorraine. – [URL: www.elec.carbonelorraine.com]

7. Brushes for electrical machines. – USA: Carbone of America Corp. – [URL: www.carbonebrush.com]

8. Carbon Sliding Strips. – Germany: Schunk. – [URL: www.schunk-group.com]

9. Yang Zhou Qiongy Hua Carbon. – China: Carbon. – [URL: www.ghgrahite.com]

10. Group Profile. – India: HEG Limited. – [URL: www.stercodigitex.com]

11. Красильников, А.С. Производство электроугольных изделий [Текст] / А.С. Красильников. – М.: ОНТИ, 1936.

12. Белкин, М.Д. Щетки для электрических машин, их производство и применение [Текст] / М.Д. Белкин, Г.С. Штыхнов. – М.: Госэнергоиздат, 1952. – 159 с.

13. Материалы группы компаний ЭНЕРГОПРОМ [Электронный ресурс]. – [URL: <http://www.energoprom.ru>].

14. Проспект Челябинского электродного завода [Текст] / Челябинск, 2012. – 15 с.
15. Проспект фирмы ООО Графитопласт [Текст] / Челябинск, 2010. – 6 с.
16. Пат. 2267411 РФ. МПК В60L5/08. Способ изготовления контактных вставок / П.Н. Зеленков, М.Н. Самодурова, Е.И. Власов. Заявлено 20.06.2004. Оpubл. 10.01.2006. – Бюл. №1.
17. Пат. на полезную модель 130528. МПК В22F 3/03. Пресс-форма для прессования порошковых композиций на основе углерода / М.Н. Самодурова, В.А. Иванов, Л.А. Барков. Заявлено 25.02.2013. Оpubл. 27.07.2013. – Бюл. №21.
18. Пол. реш. по заявке № 2013123302/02 от 15.07.2013. Пресс-форма для прессования порошков / М.Н. Самодурова, В.А. Иванов, Л.А. Барков. Заявлено 21.05.2013.
19. Оборудование для обработки давлением порошков и порошковых заготовок [Текст] / Под. ред. Л.А. Баркова. – Челябинск: Металл, 1992. – 296 с.
20. Трофимов, А.Н. Контактные вставки токоъемников троллейбусов [Текст] / А.Н. Трофимов. – М.: Строительство, 1966. – 140 с.
21. А. с. 333723 СССР. МКИ H04F 17/00. Материал для токоъемников / Э.М. Натансон, И.Д. Радомысльский, М.А. Ольшанский и др. Заявлено 23.11.1970. Оpubл. 21. 03.1972. – Бюл. № 11.
22. Порошковые металлокерамические троллейбусные токоъемники и перспективы их производства [Текст] / Н.Е. Харитинич, В.И. Химченко, И.Д. Радомысльский и др.// Теория и технология формования и спекания: сб. науч. тр. – Киев, 1985. – С. 85 – 87.
1. 23 А. с. 449779 СССР. МКИ В22F3/26. Способ изготовления спеченных изделий / Ю.И. Химченко, Н.Е. Харитинич, Л.Ф. Грузинова и др. Заявлено 24.05.1973. Оpubл. 15.11.1974. Бюл. № 42.
23. А. с. 499152 СССР. МКИ В60L5/08. Способ изготовления контактных вставок токоъемников электрического транспорта / А.С. Паштала. Заявлено 22.11.1973. Оpubл. 15.01.1976. Бюл. № 2.
24. U.S. Patent 4316834. Wear resistant sliding element having low coefficient of friction / Ueda, et al. Filed: April 1, 1981. Published: February 23, 1982.
25. Проспект фирмы Schunk. Technologies for the future. Neuchelhlheim, Germany.
26. Пат. 2109646 РФ. МПК В60L 5/08. Способ изготовления контактных вставок токоъемников электрического транспорта / В.М. Хараськин, В.Д. Мазеин, А.Г. Морозова и др. Заявлено 1.11.94. Оpubл. 27.04.1998.
27. Пат. 2138107 РФ. МПК H01R 41/00. Композиция для изготовления токоъемников / Л.Д. Чупарова, И.К. Бороха, В.А. Дербенев и др. Заявлено 14.07.98. Оpubл. 20.09.1999.
28. Пат. 2170183 РФ. МПК В60L 5/08. Способ изготовления контактной вставки / С.А. Куценко, А.Н. Трошкин. Заявлено 29.02.2000. Оpubл. 10.07.2001.
29. Далека В.Ф., Шматков В.А., Бабушин И.А. Исследование свойств композиционных материалов графит-полимер для подвижных контактов токосяема троллейбусов: сб. № 67. Коммунальное хозяйство городов. Киев: Техніка, 2005. С. 283 – 289.
30. Самодурова М.Н., Барков Л.А., Иванов В.А. Эффективная технология получения токосяемников троллейбусов из углеродных композиций // Справочник. Инженерный журнал, № 5, 2012. С. 20 – 25.
31. Пол. реш. по заявке № 2013123304/11, от 23.07.2013. Контактная вставка токосяемника электротранспортного средства / М.Н. Самодурова, В.А. Иванов, Л.А. Барков и др. Заявлено 21.05.2013.
32. Пат. № 39541 на полезную модель. МПК 7В60L 5/08. Вставка токосяемников троллейбуса / П.Н. Зеленков, Е.И. Власов, М.Н. Самодурова. Заявлено 2.04.2004. Оpubл. 10.08.2004. Бюл. № 22.
33. Пат. 120052 РФ на полезную модель. МПК В60L 5/08. Контактная вставка токоприемников троллейбусов / М.Н. Самодурова, В.А. Иванов, Л.А. Барков, Заявлено 19.04.2012. Оpubл. 10.09.2012. Бюл. № 25.
34. Пат. 130262 РФ на полезную модель. МПК 7В60L 5/04. Контактная головка токосяемника троллейбуса / М.Н. Самодурова, В.А. Иванов, Л.А. Барков. Заявлено 28.01.2013. Оpubл. 20.07.2013. Бюл. № 20.
35. Пол. реш. по заявке № 2013116038/11 от 29.05.2013. Контактная вставка токоприемников троллейбусов / М.Н. Самодурова, В.А. Иванов, Л.А. Барков и др. Заявлено 09.04.2013.
36. Пол. реш. по заявке № 2012128703/02 от 25.04.2013. Способ прессования углеродных контактных вставок троллейбусов / М.Н. Самодурова, В.А. Иванов, Л.А. Барков. Заявлено 09.07.2012.
37. А.с. 1803261 СССР. В22F 3/02. Пресс-форма для прессования изделий из порошков / Л.А. Барков, М.Я. Ямпольский, С.А. Мымрин. Заявлено 9.05.1991. Оpubл. 23.03.1993. Бюл. № 11.
38. Пат. на полезную модель № 115261 РФ. МПК В22F 3/03. Многместная пресс-форма для прессования порошков / М.Н. Самодурова, Л.А. Барков, В.А. Иванов. Заявлено 16.11.2011. Оpubл. 27.04.2012. Бюл. № 12.
39. Пат. на полезную модель № 121762 РФ. МПК В22F 3/03. Пресс-форма для прессования порошков / М.Н. Самодурова, В.А. Иванов, Л.А. Барков. Заявлено 20.05.2012. Оpubл. 10.11.2012. Бюл. № 31.
40. Самодурова М.Н., Барков Л.А., Иванов В.А. Новые изделия, пресс-формы и технологии формования порошковых материалов на основе углерода // Вестник ЮУрГУ, серия Металлургия, № 39, 2012. – С. 94 – 99.