

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ межотраслевой научно-популярный
и производственно-практический ЖУРНАЛ

ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК



№ 3 (36)
июль - сентябрь
2007

Евфросиния Полоцкая

Воссоздание раки преподобной Евфросинии Полоцкой



Воссозданный крест
Евфросинии Полоцкой



Фрагмент крышки раки



Грамота и медаль за работы
по воссозданию раки



Евфросинии Полоцкой

ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 3 (36)
июль – сентябрь
2007

Республиканский научно-популярный и производственно-практический журнал
Издается с июля 1998 года
Выходит один раз в три месяца

Учредитель — Белорусское общество инженеров-механиков

Главный редактор академик С.А. Астапчик

Редакционная коллегия: М.С. Высоцкий, В.Н. Дашков, Ю.М. Захарик, А.Б. Зуев, С.М. Красневский, Л.Н. Крупец, Д.И. Корольков, Г.С. Лягушев, Е.И. Медвецкий, М.Г. Мелешко, И.А. Солодуха, В.А. Шуринов

Адрес редакции:

220030, Минск, ул. Комсомольская 11, комн. 1 А

тел./факс 203-88-80; 226-73-36

E-mail: evgeny.medvetsky@gmail.com

Свидетельство о регистрации № 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс 00139

Компьютерная верстка, дизайн Л.П. Ходарина, набор Е.А. Маковец.

Подписано в печать 03.09.2007.

Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Усл. печ. л. 5. Уч.-изд. л. Тираж 475 экз. Заказ 463. Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»
Лицензия ЛП № 02330/0133131 от 30.04.2004 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Разработки ученых и специалистов

Методы формирования металл-фуллереновых материалов	2
Технологии рециклинга полимерных материалов (обзор)	7
Упругие элементы периодического профиля в автомобильной и сельскохозяйственной технике	19
Современные технологии и оборудование поперечно-клиновой прокатки в машиностроении	26
О воссоздании раки преподобной Евфросинии Полоцкой	29
Вибрационные пружинные мельницы с радиальным движением рабочих органов	31
Опыт применения лазерных технологий в промышленности Республики Беларусь	33
Юбилей	
Академик Достанко Анатолий Павлович	37
Как это было	
Главный конструктор ядерного щита	38
Ракетные треки	44
Один из главных конструкторов	46
Это интересно	
Солнечная башня «пожинает» лучи с зеркальных полей	48

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАЛЛ-ФУЛЛЕРЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шпилевский Э.М., Жданок С.А.,
Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси

Апробированы различные методы формирования металл-фуллереновых материалов: из совмещенных атомно-молекулярных потоков в электрическом дуговом разряде, гальваническим и металлургическим методами, методами термического отжига, порошковой металлургии и ударно-волнового динамического нагружения. Показано, что фуллерены структурируют металлическую матрицу, придавая материалу новые свойства, для некоторых долевых составов металла и фуллеренов обнаружены упорядоченные устойчивые фазы Me_xC_{60} .

Введение

Фуллерены и углеродные нанотрубки (УНТ) являются уникальными углеродными наночастицами (УНЧ) [1, 2]. С их открытием в конце прошлого века материаловеды получили принципиально новые инструменты для конструирования материалов и структур и управления их свойствами. В настоящей работе апробированы различные методы конструирования металл-фуллереновых материалов: из совмещенных атомно-молекулярных потоков, в электрическом дуговом разряде, гальваническим и металлургическим методами, методами термического отжига, порошковой металлургии и ударно-волнового динамического нагружения.

1. Металл-фуллереновые материалы, сформированные из совмещенных атомно-молекулярных потоков

Формирование металл-фуллереновых материалов из совмещенного атомно-молекулярного потока в вакууме осуществляется в три стадии:

- 1) деструкция исходных веществ;
- 2) доставка строительных компонентов к подложке;
- 3) структурирование плёнки на подложке.

Поскольку фуллерены начинают сублимировать при температурах ниже 700 К, а температуры испарения металлов составляют, как правило, более 1200 К для получения совмещенных атомно-молекулярных потоков использовали два испарителя.

Необходимая концентрация фуллеренов в плёнке обеспечивалась поддержанием определенного соотношения скоростей поступления фуллерена и металла. Плотности потока молекул фуллерена и атомов металлов определялись с помощью экспериментально построенных номограмм температурной зависимости скоростей испарения металлов и фуллеренов.

Проведённые нами исследования показывают, что добавление молекул C_{60} в металлы даже в небольших концентрациях уменьшает размер структурных элементов до нанометровых, что может быть использовано для получения наноструктурированных материалов, обладающих рядом уникальных свойств.

Для систем $Cu-C_{60}$ и $Sn-C_{60}$ при некоторых соотношениях числа молекул C_{60} и числа атомов металла на дифрактограммах наблюдаются рефлексы, которые не принадлежат ни металлу, ни фуллериту. На рис. 1 приведена рентгеновская дифрактограмма для сплава $Cu+40\% C_{60}$, на которой знаком «х» обозначены дифракционные максимумы, не принадлежащие ни меди, ни фуллериту.

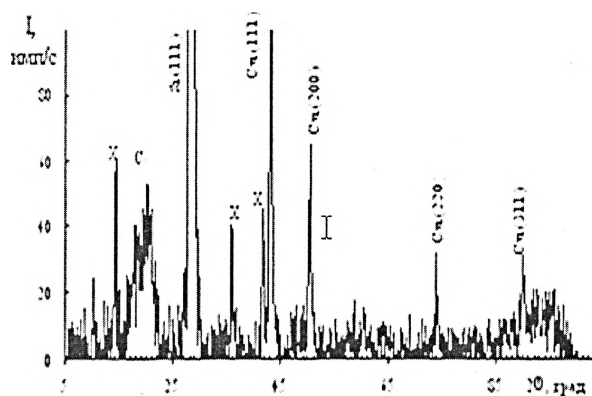


Рис. 1. Рентгеновская дифрактограмма сплава $Cu+40 \text{ мас. \% } C_{60}$

Структура фуллерен-оловянных сплавов зависит от концентрации фуллеренов. Химическое взаимодействие атомов олова с молекулами фуллеренов C_{60} и образование фуллеритов Sn_xC_{60} обнаружено при совместной конденсации олова и фуллеренов. Штриховые рентгенограммы фуллерита, олова и их сплавов, приведенные на рис. 2 демонстрируют этот экспериментальный факт.

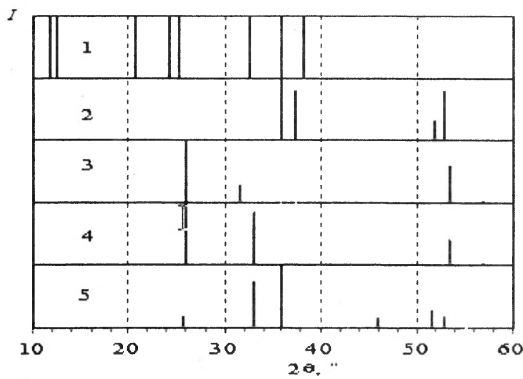


Рис. 2. Штриховые рентгенограммы фуллерита, олова и их сплавов: 1 — C_{60} ; 2 — Sn; 3 — Sn + 8,9% C_{60} ; 4 — Sn + 10,5% C_{60} ; 5 — Sn + 18,5% C_{60}

Как следует из штриховых рентгенограмм, для некоторых концентрационных составов обнаруживаются дополнительные линии с $2\theta = 25,8^\circ, 33,2^\circ, 46,0^\circ$, несвойственные ни металлу, ни фуллериту, что указывает на наличие упорядоченных структур. (Подчеркнём, что химическое взаимодействие между атомами как меди, так и олова с атомами или молекулами углерода никем не наблюдалось, а растворимость атомов углерода в решётках меди и олова очень мала [3]).

Металл-фуллереновые пленки при некоторых долевых соотношениях атомов металла и молекул C_{60} структурно представляют собой систему электропроводящих частиц металла, разделенных небольшими промежутками из диэлектрических наночастиц. Электрически такие структуры эквивалентны серии подключенных конденсаторов и, следовательно, их полное сопротивление должно уменьшаться при увеличении частоты переменного тока. На рис. 3 представлены типичные частотные зависимости относительного изменения полного электрического сопротивления металл-фуллереновых плёнок.

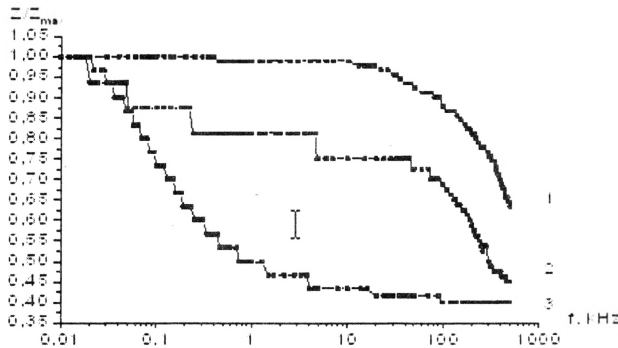


Рис. 3. Зависимость изменения полного электро-сопротивления титан-фуллереновых плёнок от частоты переменного тока: 1 — 2,0 мас.% C_{60} ; 2 — 5,3 мас.% C_{60} ; и 3 — 12,0 мас.% C_{60}

Увеличение доли фуллеритовых наночастиц в металл-фуллереновой структуре для переменного тока влечёт за собой изменение значения, как емкостной, так и резистивной составляющих электросопротивления. Это изменение приводит к сдвигу минимума сопротивления в область более низких частот. Таким образом, металл-фуллереновые структуры на переменном токе проявляют свойства R-C-L-цепочек и могут использоваться как материал электротехнического назначения.

2. Металл-фуллереновые материалы, сформированные методом термического отжига

При синтезе металл-фуллереновых материалов методом термического отжига в вакууме на поверхность монокристаллического кремния КЭФ 4,5 (100) наносился подстилающий металлический слой. На металлический слой без нарушения вакуума конденсировался фуллеритовый слой. В некоторых экспериментах использовали трёхслойную структуру Me- C_{60} -Me. Исследовались образцы, в которых в качестве металлических слоёв были медь, олово или титан. Толщины слоёв варьировались в пределах 100–200 нм, обеспечивая изменения долевого состава образцов после отжига. Слоистые образцы отжигались в вакууме при температурах 473–673 К.

При осаждении на не подогретую подложку формируется мелкодисперсная структура как фуллеритового, так и металлического слоёв (средний размер зерна 30 нм). После отжига размер зёрен достигает значений 250–270 нм.

Методами рентгенографии и Оже-спектроскопии эта фаза идентифицирована нами как Cu_6C_{60} . Новая фаза формируется вдоль границ зерен, образуя конусообразные выступы и ещё раз подтверждая диффузионную природу их роста. На рис. 4 представлена структуры поверхности плёнки Sn- C_{60} после отжига.

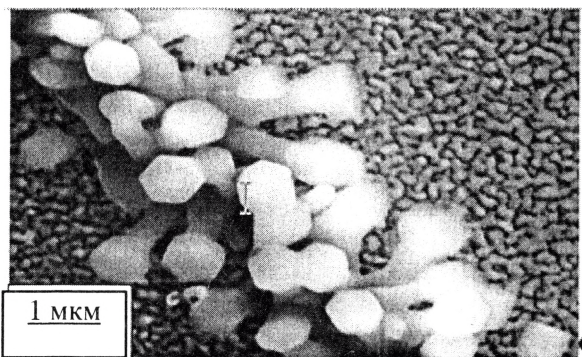


Рис. 4. АСМ-изображение поверхности исходной плёнки Sn- C_{60} и РЭМ изображение плёнки после отжига при $T=393K, t=4 ч$

В слоистых структурах C_{60} -Ti методом рентгеновской дифракции установлены значительные фазовые изменения после отжига при $T = 670$ К. На дифрактограмме свежеприготовленной плёнки титан-фуллерит-титан (рис. 5, спектр 1) рентгеновские максимумы в области $2\theta = 15$ –25 град соответствуют фуллериту, а линии с межплоскостным расстоянием 0,2557 и 0,2342 нм — титану.

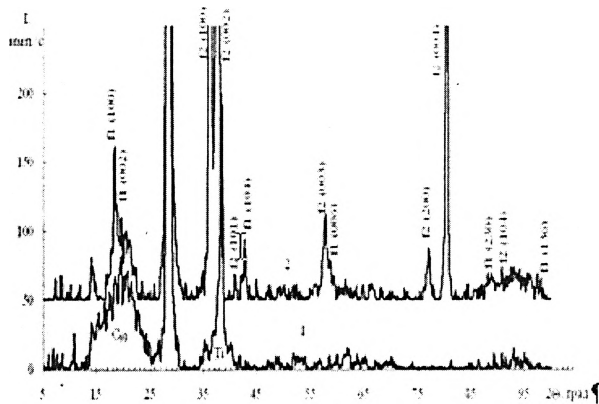


Рис. 5. Дифрактограммы сплава Ti- C_{60} : 1 — до отжига; 2 — после отжига при $T = 670$ К, $t = 10$ ч

На спектрах рентгеновской дифракции отожжённых образцов (рис. 5, спектр 2) появляются интенсивные линии, свидетельствующие об образовании новых фаз. Индифицирование линий проведено с помощью квадратичных форм [4] в предположении двухфазности образца: фазы обладают гексагональной решёткой (пространственная группа симметрии $R6/mmm$) с параметрами $a = 0,5568$ нм, $c = 0,9440$ нм и $a = 0,2865$ нм, $c = 0,4784$ нм. По результатам анализа установлено образование оксидной фазы $Ti_xO_yC_{60}$.

3. Металл-фуллереновые материалы, сформированные в дуговом разряде

Металлоуглеродные покрытия на сталях получали в дуговом разряде в гелиевой среде при давлении $(13\text{--}65) \cdot 10^3$ Па на той же установке, на которой синтезировали фуллерены и УНТ [5]. В процессе дугового разряда происходит интенсивная деструкция анода, при этом наряду с образованием наночастиц на охлаждаемой поверхности катода образуется осадок, который, содержит: графит, фуллерены и ультрадисперсные агрегаты углерода. Катодный осадок (депозит) в виде пористого гриба с переменной плотностью вырастает всегда при электродуговом синтезе фуллеренов или углеродных нанотрубок. Процессы получения наночастиц и их внедрения в матрицу металла, полимера, керамики обычно разделены. В нашем случае эти процессы были совмещены.

В процессе получения покрытий варьировались технологические условия: давление гелия в реакционной камере, расстояние между электродами, значение тока дуги, тепловой режим при осаждении и последующем охлаждении покрытия. Изменение давления гелия изменяет соотношение количеств синтезируемых фуллеренов, углеродных нанотрубок, ультрадисперсных агрегатов углерода, ибо молекулы гелия при столкновении с элементами деструкции графита изменяют их энергию и свободный пробег, обеспечивая, таким образом, при разных давлениях более благоприятные условия синтеза того или другого продукта. При больших токах наблюдается образование кратеров, плавление края катода, появление капель металла на поверхности покрытия. Малые токи не обеспечивают стабильности горения дуги. При прочих идентичных условиях изменение расстояния между электродами приводит к изменению плотности потока частиц и их энергии при соударении с катодом. Температура катода влияет на структуру покрытия, т.к. она в значительной мере определяет диффузионные процессы при конденсации и последующей перестройке структуры сконденсированных слоёв. Время осаждения влияет не только на толщину покрытия, но существенно изменяет режимы дугового разряда и конденсации покрытия (ток, температуру и т.д.). Введение фуллеренов в металлическую матрицу значительно повышает механические свойства материалов.

Полученные сплавы имели высокую электропроводность, характерную для металлов. Проведенные исследования структуры и свойств композиционных материалов, полученных при разных режимах, позволили выявить технологические условия, обеспечивающие получение плотных, однородных (без кратеров и наростов) материалов, имеющих высокую электропроводность, характерную для металлов. В табл. приведены характеристики сплавов, изготовленных в разных режимах.

Таблица

Характеристики сплавов, изготовленных методом электрического дугового разряда

Режим	1	2	3
Плотность, г·см ⁻³	2,3	1,9	2,4
Удельное электросопротивление, 10 ⁻⁴ Ом см	6,2	8,8	5,9
Микротвёрдость, ГПа	6,9	6,2	8,2
Коэффициент трения	0,22	0,24	0,2
Модуль Юнга, ГПа	68	76	96

- 1 — ток дугового разряда 30А, P=180 торр;
- 2 — ток дугового разряда 30А, P=450 торр;
- 3 — ток дугового разряда 40А, P=150 торр;

4. Металл-фуллереновые материалы, сформированные гальваническим методом

Электрохимическое осаждение проводилось из нескольких электролитов — оловянирования, меднения и никелирования, при различных комбинациях таких влияющих факторов, как плотность тока, концентрация фуллерена в электролите и стимулирующее воздействие лазерного излучения.

Фуллеренсодержащий порошок добавлялся в электролиты двумя способами — непосредственно в электролит и предварительно растворенным в бензоле. Плотность тока и время протекания процесса варьировались таким образом, чтобы получить плёнки одинаковой толщины. Перед нанесением электрохимических покрытий проводилось химическое обезжиривание образцов ацетоном и спиртом. Подложки погружались в электролит строго горизонтально таким образом, чтобы расстояние между ними и поверхностью электролита было 5 мм. При использовании лазера, его луч, сфокусированный в пятно на поверхности подложки диаметром 1 мм, сканировал по поверхности со скоростью 1 мм/с по замкнутой траектории, общей площадью 1,5 см².

Были исследованы плёнки Ni, Ni-C₆₀, Sn и Sn-C₆₀, толщиной 10 мкм полученные электрохимическим осаждением на плёнку из нержавеющей стали толщиной 0,1 мкм, предварительно нанесенную вакуумным осаждением на стеклянную подложку.

Получение композиционных покрытий на основе металла и углеродных наночастиц электрохимическим осаждением включало: приготовление электролита, обезжиривание химическое деталей в щелочном растворе, обезжиривание, электрохимическое (в том же растворе) травление, активирование химическое в слабом растворе кислоты, гальваническое осаждение в электролите.

Удельное электрическое сопротивление композиционных покрытий зависит от плотности тока при их осаждении нелинейно (рис. 6).

Такая зависимость удельного электрического сопротивления покрытий Ni+C₆₀ обусловлена зависимостью скорости дрейфа наночастиц раствора фуллеренов, образовавшихся под ультразвуковым воздействием, от плотности тока при осаждении. Полученные электролитическим методом сплавы Ni+C₆₀ имели коэффициент трения в 2,5–3,0 раза меньше чем никелевое покрытие,

полученное таким же способом. На рис. 7 представлены зависимости коэффициента сухого трения от количества циклов для чистого никеля и никель-фуллереновых сплавов.

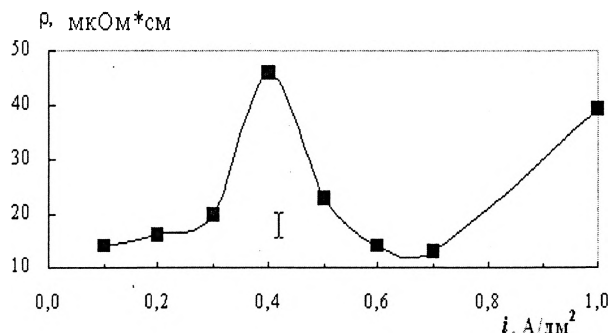


Рис. 6. Зависимость удельного электрического сопротивления покрытий Ni+C₆₀ от плотности тока при электролитическом осаждении

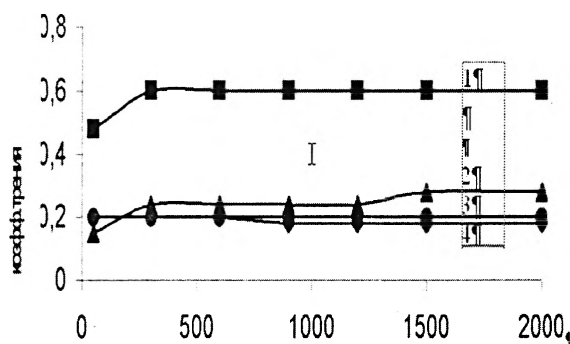


Рис. 7. Зависимости коэффициента сухого трения от количества циклов: 1 — никель; 2, 3, 4 — никель+C₆₀ (C_{фулл.}=0,1 г/л; T=50 °C; i_{кр}=5 A/dm²)

Таким образом, установлено, что сплавы на основе металлов и фуллеренов, полученные гальваническим методом, обладают высокой электропроводностью и низким коэффициентом трения.

5. Металлургический метод получения металл-фуллереновых материалов

При получении композиционных материалов металлургическим сплавлением раствор фуллеренов или коллоидный раствор нанотрубок добавляли в расплав металла при интенсивном ультразвуковом перемешивании расплава.

Установлено, что введение углеродных наночастиц в расплавы металлов приводит к тому, что их кристаллизация начинается при значительном переохлаждении. Переохлаждённый расплав металлов, содержащий 1 мас.% фуллеренов (или углеродных нанотрубок), может находиться в жидком состоянии длительное время. На рис. 8 показаны диаграммы нагрева и охлаждения галлия с введенными молекулами фуллерена C₆₀.

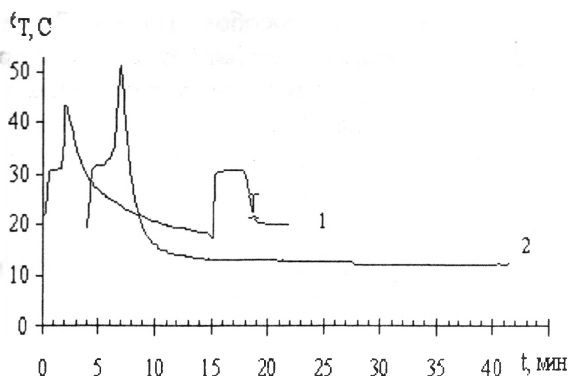


Рис. 8. Изменение температуры образцов галлия с 1 мас.% C_{60} при нагревании и охлаждении

Переохлаждённый расплав металлов, содержащий 1 мас.% фуллеренов (или углеродных нанотрубок), может находиться в жидком состоянии длительное время. По-видимому, кластерное структурирование расплавов металла углеродными наночастицами создает сеть внутренних поверхностей, которые препятствуют образованию зародышей критического размера. Кристаллические сплавы галлия с фуллеренами и с УНТ имеют ячеистую структуру. На рис. 9 приведены структуры поверхностей сплава галлия с фуллеренами и с УНТ.

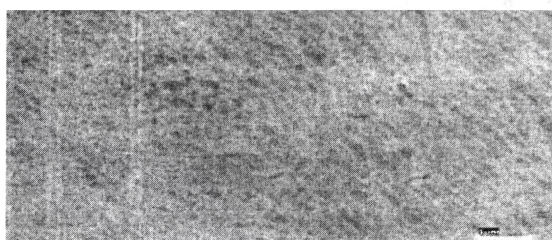


Рис. 9. РЭМ-изображение поверхностей сплава галлия с 1 мас.% C_{60} (верхний снимок) и с 1 мас.% УНТ (нижний снимок)

Достоинствами метода: высокая производительность, возможность получения изделий заданной формы, а недостаток — низкая однородность состава материала.

6. Металл-фуллереновые материалы, полученные методом порошковой металлургии

Металл-фуллереновые образцы изготавлива-

лись из шихты, представляющей собой смесь порошка карбонильного железа с 5–7 мас.% фуллеренсодержащей сажей. Спрессованные заготовки спекали на прессовой установке ДО 137А в устройстве высокого давления типа «наковальня с углублением» при давлении 6 ГПа и температуре 1800 К в течение 120 с.

Металлографический анализ позволил выявить три фазы, содержащие разные доли углерода. На рис. 10 приведена структура шлифа сплава железо-фуллерит.

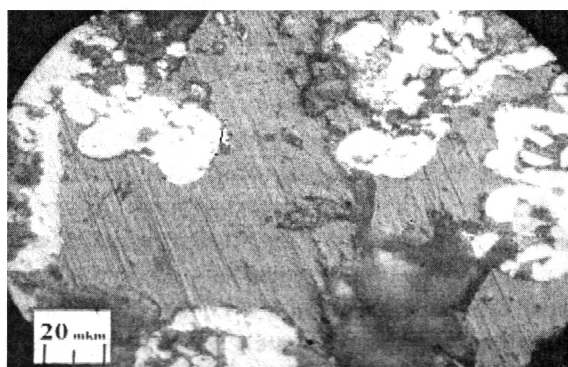


Рис. 10 – Структура сплава железо-фуллерит: а – общий вид, б – отдельное поликристаллическое включение твердой фазы ($Fe-5$ мас.% C_{60}) методом порошковой металлургии

7. Металл-фуллереновые материалы, сформированные методом ударно-волнового динамического нагружения

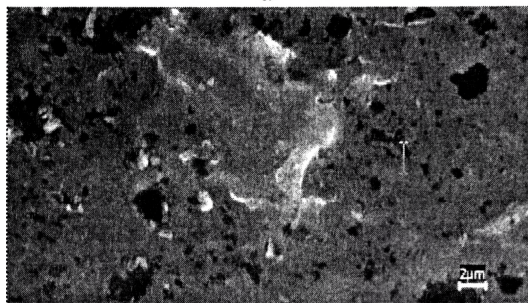
Между двумя пакетами, в которых чередовались слои меди и алюминия, размещалась смесь порошков Al_2O_3 и C_{60} .

Предполагалось, что при взрыве C_{60} сублимирует, частицы Al_2O_3 (диаметр 70 нм) и молекулы C_{60} (диаметр 0,71 нм) будут имплантированы в металлические фольги. После импульсной ударно-волновой обработки пакетов анализировались как металлические фольги, так и образовавшаяся в результате взрыва оксидная прессовка с фуллеритовыми включениями.

На поверхности фольг из алюминия и были получены необычные структуры. Поверхность алюминиевой фольги испещрена выступами и впадинами, которые по своим размерам и конфигурации соответствуют структуре поверхности прилегающей к порошковой прессовке. Кроме того, видны достаточно большие (до 2–3 мкм) отверстия, по-видимому, от порошинок фуллерита (рис. 11, а). С обратной стороны этой фольги наблюдаются «выходы прострелов», свидетельствующие о проходе через неё частиц (рис. 11, б).



а



б

Рис. 11. РЭМ изображение поверхности алюминиевой фольги: а — соприкасающаяся с нанопорошками; б — обратная сторона

Таким образом, показана возможность внедрения углеродных наночастиц в металлы методами импульсной ударно-волновой обработки.

Выводы

1. Апробированы различные методы (электродуговой, гальванический, металлургический, испарения и конденсации в вакууме, импульсной ударно-волновой обработки), обеспечивающие

внедрение углеродных наночастиц в металлы с целью их модификации.

2. Показано, что введение фуллеренов в металлы даже в небольших долях (до 1,0 мас.%) существенно (в некоторых случаях в разы) изменяют их физические и физико-химические свойства.

3. Кластерное структурирование расплавов галлия углеродными наночастицами (C₆₀ и УНТ) создает сеть внутренних поверхностей, которые препятствуют образованию зародышей критического размера.

Литература

1. Шпилевский М.Э., Шпилевский Э.М., Стельмах В.Ф. Фуллерены и фуллереноподобные структуры — основа перспективных материалов // ИФЖ. 2001. Т. 74, № 6. С. 106–112.
2. Трефилов В.И, Щур Д.В., Тарасов Б.П. и др. Фуллерены — основа материалов будущего. — Киев: АДЕФ, 2001. — 148 с.
3. Элиот Р.П. Структуры двойных сплавов. Т. 1. — М.: Металлургия, 1970. — 456 с.
4. Баран Л.В., Шпилевский Э.М., Ухов В.А. Образование фаз в слоях медь-фуллерит при отжиге в вакууме // Вакуумная техника и технология. 2004. Т. 14. № 1. С. 41–46.
5. Дрозд А.С., Матюшков В.Е., Стельмах В.Ф., Шпилевский Э.М. Дуговая установка для производства фуллеренсодержащего продукта // Фуллерены и фуллеренсодержащие материалы. Минск: УП «Технопринт». 2001. С. 143–149.

УДК 678.027.028.6.574.502

ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИНГА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ОБЗОР)

Кудян С.Г.¹, Шаповалов В.М.², Таврогинская М.Г.², Мышкин Н.К.²

¹ Специальное конструкторско-технологическое бюро «Металлополимер», г. Гомель

² Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель

В статье представлены современные технологии и оборудование для рециклинга полимерных материалов и тенденции развития этого направления. Показано, что сложность в развитии таких технологий связана с трудностями рециклинга отходов полимерных материалов на традиционном оборудовании и требует создания нового или усовершенствованного оборудования, учитывающего специфику переработки полимерных отходов.

Введение

В мире существует свыше 400 видов отходов производства в т.ч. и отходов полимерных мате-

риалов. [1]. При этом их объемы возрастают. Возникает проблема утилизации отходов, а соответственно, и угроза загрязнения окружающей

среды. Учитывая специфические свойства полимерных материалов (ПМ) (они не подвергаются гниению и коррозии) решение этой проблемы носит, прежде всего, экологический характер [1–5]. Универсального решения экологической проблемы даже в экономически развитых странах пока не найдено. Причина такого положения обусловлена необходимостью применения к ней комплексного подхода, включающего социально-экономическую, научно-техническую и другие составляющие.

Действующая на протяжении всей человеческой истории схема «добыча–переработка–употребление–отходы» становится в настоящее время все менее приемлемой вследствие недостаточного решения вопросов экологии и ресурсосбережения, а также дефицита земли, требуемой для захоронения отходов. Одним из эффективных путей решения этой проблемы, который бы позволил сократить поток отходов на свалки, является их механический рециклинг в продукты, обладающие потребительской ценностью [1, 2]. Способность термопластичных ПМ многократно перерабатываться без существенного ухудшения их свойств является одним из их Достоинств, что в особенности важно для решения проблемы полимерных отходов [6, 7].

Эффективность рециклинга полимеров во многом определяется уровнем научно-технической оснащенности [4, 9–11]. Поэтому разработка новых высоких технологий утилизации и создание специализированного энергосберегающего перерабатывающего оборудования являются важными задачами в решении этой проблемы.

Состояние проблемы

Отходы ПМ можно разделить на три большие группы (табл. 1):

1. Отходы производства, которые образуются при осуществлении процессов синтеза и переработки полимеров. Это — низкомолекулярные фракции полимеров, отходы в виде слитков-выливов, отходов чистки аппаратов, россыпей, бракованные изделия, литниковые системы. В большинстве случаев эти отходы могут быть модифицированы и использованы как вторичное полимерное сырье для производства изделий с невысоким уровнем требований к свойствам материала или для специальных целей.

2. Отходы производственного потребления. Это различная тара и упаковка, детали вышедшие из употребления и т.п. Отходы полимеров можно подразделить на: медицинские; биологические; строительные; отходы транспортного комплекса; промышленные [1, 8–11, 13].

Таблица

Структура отходов полимерных материалов

Группа отходов	Источник образования отходов	Состав отходов	Загрязненность	Вид и форма
Отходы производства	Предприятия, перерабатывающие полимерное сырье	Однотипные	Чистые	Слитки полимера, литники, кромки, облой, куски пленки полученные при запуске оборудования, бракованные изделия и т.п.
	Предприятия, обрабатывающие изделия из пластмасс (вакуумным формованием, раздувом и т.п.)	Однотипные	Чистые	Обрезь листов, пленки, забракованные изделия, куски листа, пленки и т.п.
Отходы потребления				
1. Отходы потребления предприятий	Предприятия общественного питания, пищевые комбинаты, и т.п.	Однотипные	Загрязненные	Тара, куски пленки, куски вспененных материалов, мешки и т.п.
2. Бытовые отходы потребления	Пункты вторсырья, свалки и т.п.	Смешанные и комбинированные материалы	Загрязненные	Вышедшие из употребления изделия, пленка, различная тара и упаковка и т.п.

3. Отходы общественного потребления (твердые бытовые отходы, ТБО) — это изношенные (амортизированные) изделия, которые утратили свои потребительские свойства вследствие физического или морального износа. Это — упаковка, транспортная тара, предметы домашнего обихода и др. Отходы потребления составляют около 85% всех полимерных отходов. Состав и свойства полимерных отходов потребления, как правило, случайны, а их предыстория неизвестна. Переработке подвергается пока ограниченная номенклатура отходов полимеров, включающая главным образом отходы производства и лишь некоторые отходы потребления: отходы чистой полимерной пленки, пластмассовые ящики, ПЭТ-тара и т.п.

Наиболее разработанными процессами переработки отходов пластмасс является изготовление из них вторичного сырья в виде дробленки (или флексов), порошка, агломерата или гранулята для использования, частично или полностью, взамен первичного сырья при получении различных изделий [11, 12].

Номенклатура продукции, изготавливаемой только из вторичного сырья, весьма ограничена и определяется главным образом сложившейся конъюнктурой спроса на такую продукцию с учетом местных условий. В числе продукции, изготавливаемой из вторичного сырья, следует выделить пленку, трубы, сантехнические изделия и др. изделия хозяйственного обихода. Активизируется деятельность по изготовлению из отходов ПЭТ пленки для упаковки технической продукции, дробленки (хлопьев) для поставки на экспорт, лавсанового волокна для текстильной промышленности [9–12].

Предпринимаются попытки изготовления из полимерных отходов некоторых видов продукции строительного назначения в композиции с древесными отходами, макулатурой и текстильными отходами — в виде плит, досок, брусьев, плитусов и т.д. [8, 11].

Повторное использование полимерных отходов связано с тремя основными аспектами:

- организационно-правовой аспект, где наиболее важным представляется организация сбора и сортировки бытовых отходов, а также законодательные акты, стимулирующие работу с утилизацией отходов, как для населения, так и для промышленных предприятий;

- технико-технологический аспект, включающий аппаратно-технологическое обеспечение процесса рециклинга и совершенствование свойств

изделий на основе отходов. Это одно из основных управлений в использовании отходов полимерных материалов для получения изделий функционального назначения с приемлемыми эксплуатационными характеристиками. Сложность в развитии таких технологий связана с тем, что рециклинг не может базироваться на традиционном оборудовании и требует создания нового или усовершенствованного оборудования, учитывающего специфику переработки полимерных отходов;

- эколого-экономический аспект — выбор ассортимента изделий из вторичного сырья для его рационального использования в различных областях народного хозяйства, снижение себестоимости вторичного сырья и обеспечение экологической безопасности.

Решение этих проблем будет являться основой эффективного рециклинга отходов полимеров.

Организационно-правовые аспекты рециклинга

В настоящее время в промышленно развитых странах создана определенная законодательная база в отношении отходов, разработана система их сбора и сортировки, ведется разъяснительная работа с населением [6, 7, 11, 12]. Нормативно-правовая база Республики Беларусь в области обращения с отходами представлена рядом общих документов, регламентирующих обращение с отходами.

Низкий уровень переработки отходов полимерных материалов объясняется, прежде всего, отсутствием системы сбора и рециклинга, где особо следует выделить неразработанность технологий переработки амортизационных изделий, смешанных отходов полимерных материалов, отсутствие специализированных централизованных производств по сбору, сортировке и переработке отходов, отсутствие целенаправленных законодательных актов.

Основополагающее значение имеют: закон «Об охране окружающей природной среды» и закон от 25 ноября 1993 г. «Об отходах производства и потребления». Эти законы регламентируют цели и основные принципы государственной политики в области обращения с отходами, полномочия в этой области органов управления Республики Беларусь, органов местного управления. Разработаны также правовые основы обращения с отходами как с объектом собственности, нормирование, государственный учет и отчетность в области обращения с отходами, правовые основы экологического контроля и экономического регулирования. На базе этих законов приняты соответствующие постановления на областном уровне. Реализация этих зако-

нов осуществляется через Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды и КУП «концерн «Белресурсы», которые определяют стратегию и тактику в области утилизации отходов и экологической безопасности [14]. Этому способствуют комитеты при областных комитетах исполнительной власти и комитеты Госконтроля за обращениями с отходами, а также созданная СМ РБ государственная научно-техническая программа «Ресурсосбережение».

Приняты постановления Совета Министров №№ 261, 269, постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды №№ 9 и 15, в соответствии с которыми производители полимерных изделий должны нести ответственность за утилизацию отходов ПМ. В настоящее время принят также Указ Президента Республики Беларусь № 437 «О некоторых мерах по совершенствованию организации и сбора (заготовки) и использования отходов в качестве вторичного сырья».

В стране действуют и другие нормативно-правовые документы, регламентирующие общие требования в области обращения с отходами.

Особую группу нормативно-правовых документов составляют санитарные правила, нормативно-методические документы санитарно-эпидемиологической направленности, регламентирующие методологию определения класса токсичности отходов, порядок их накопления, обезвреживания и захоронения на полигонах и свалках отходов, обустройство мест накопления и хранения отходов.

Все это позволило начать целенаправленную работу по созданию республиканской системы утилизации различных отходов. В настоящее время создаются предпосылки для формирования специальной трехуровневой системы обращения с отходами. Первые шаги сделаны и на пути раздельного сбора отходов [11, 12, 14]. Во дворах жилых домов, возле магазинов, на рынках устанавливаются контейнеры для сбора отходов ПМ, макулатуры, стекла и т.п. Ведется разъяснительная работа среди населения, для чего используются средства массовой агитации — радио, телевидение, пресса.

Существующие системы сбора отходов в странах Евросоюза, несмотря на определенную свою схожесть, отличаются различными подходами к проблеме. Разработка единой системы сбора отходов в 15 странах Евросоюза оказалась трудно-выполнимой задачей, так как между странами существует определенная разница в экономическом развитии (Германия – Греция), техническом

развитии, подходам к проблемам охраны окружающей среды, инфраструктуре (страны юга: Италия, Греция и страны севера: Швеция, Дания) и т.д. Поэтому разработка Директивы 94/62/ЕС явилась объединяющим началом для выработки общей стратегии и политики во всех странах ЕС по вопросам отходов [8, 9].

На основе Директивы ЕС в европейских странах разработаны свои национальные Указы об охране окружающей среды. Основой программного документа утилизации отходов является совместное участие в этом процессе производителей упаковок и упаковочных материалов, потребителей и распредделителей упаковок при сотрудничестве с общественными организациями и муниципальными властями. Все участники программы могут действовать самостоятельно или создавать специальные организации, которые будут заниматься сборкой и утилизацией отходов. Программа должна финансироваться за счет системы оплаты лицензий, которые зависят от вида упаковки, ее веса и объема, типа материала. Производители, оплачивающие лицензию, на своих изделиях ставят символ — зеленая точка (Green Punkt).

С 1991г. в Германии начал действовать Закон об отходах, который определил ответственность производителя за их утилизацию. Согласно этому закону предложены ограничения для производства одноразовых упаковок в пользу упаковок многократного использования. Определены методы утилизации отходов, наиболее эффективным из которых признан метод рециклинга. Опыт сборки и переработки отходов на основе системы DSD применяется во многих странах. Одним из примеров такого применения является внедрение системы так называемых желтых мешков. Их использование позволяет быстро и качественно сортировать пластмассовые отходы [11].

Технологические аспекты рециклинга

Первостепенной задачей в области рециклинга полимеров является усовершенствование технологий и оборудования для вторичной переработки отходов, основанной на использовании материалов в измельченном, агломерированном и гранулированном виде [10–13].

В то же время при переработке полимерных отходов возникает ряд трудностей: слабая оснащенность оборудованием для измельчения крупногабаритных изделий, некондиционных тканей и нитей, пленок, а также недостаточная оснащенность высокоэффективными устройствами для переработки измельченных отходов в гранулят.

Получению качественного гранулята мешает также наличие в отходах химических загрязнений, приводящих к разрыхлению структуры вторичных материалов и, как следствие, — к снижению их физико-механической и химической стойкости. Немаловажными аспектами при подготовке и переработке вторичного сырья являются увеличение мощности, механизация и автоматизация этих процессов, что в целом позволит повысить выходные технико-экономические показатели полимерных отходов при их утилизации. Разработкой совершенных технологий и соответствующего оборудования для их осуществления

занимаются специалисты во всем мире. Определенные успехи в этой области достигнуты и в Республике Беларусь.

Рециклинг полимерных материалов включает: сбор отходов, их сортировку с идентификацией полимера, измельчение, мойку, сушку, агломерацию (для пленочных отходов) и, при необходимости, грануляцию [7–11, 16].

Для селективного сбора отходов разработано и изготавливается множество специальных емкостей: ящики, контейнеры различной конструкции, полиэтиленовые мешки различных цветов и т.п. [11, 12, 35]. В РУП СКТБ «Металлополимер»

(г. Гомель) разработаны и изготавливаются сетчатые металлические, закрытые крышкой контейнеры для сбора полимерных отходов. Эти контейнеры удобны не только для сбора отходов, но и для их транспортировки к местам переработки. Их устанавливают на рынках, возле крупных магазинов, во дворах жилых домов.

Рециклинг упрощен при переработке технологических отходов (рис. 1), которые образуются непосредственно в производстве изделий из пластмасс. Как правило, отходы измельчаются, промываются и сушатся, а при необходимости подвергаются агломерации (пленка). Полученное сырье используется в производстве изделий самостоятельно или в виде добавки к первичному.

Более сложной представляется переработка во вторичное сырье отходов потребления. Основной проблемой является процесс сборки. Кроме того, эти отходы должны подвергаться сортировке, идентификации по видам полимера, измельчению, мойке и сушке, а при необходимости агломерированию и гранулированию с целью получения сыпучего материала с одинаковым гранулометрическим составом.

Очевидно, что для решения перечисленных проблем, связанных с рециклингом отходов ПМ, необходимо соответствующее оборуду-

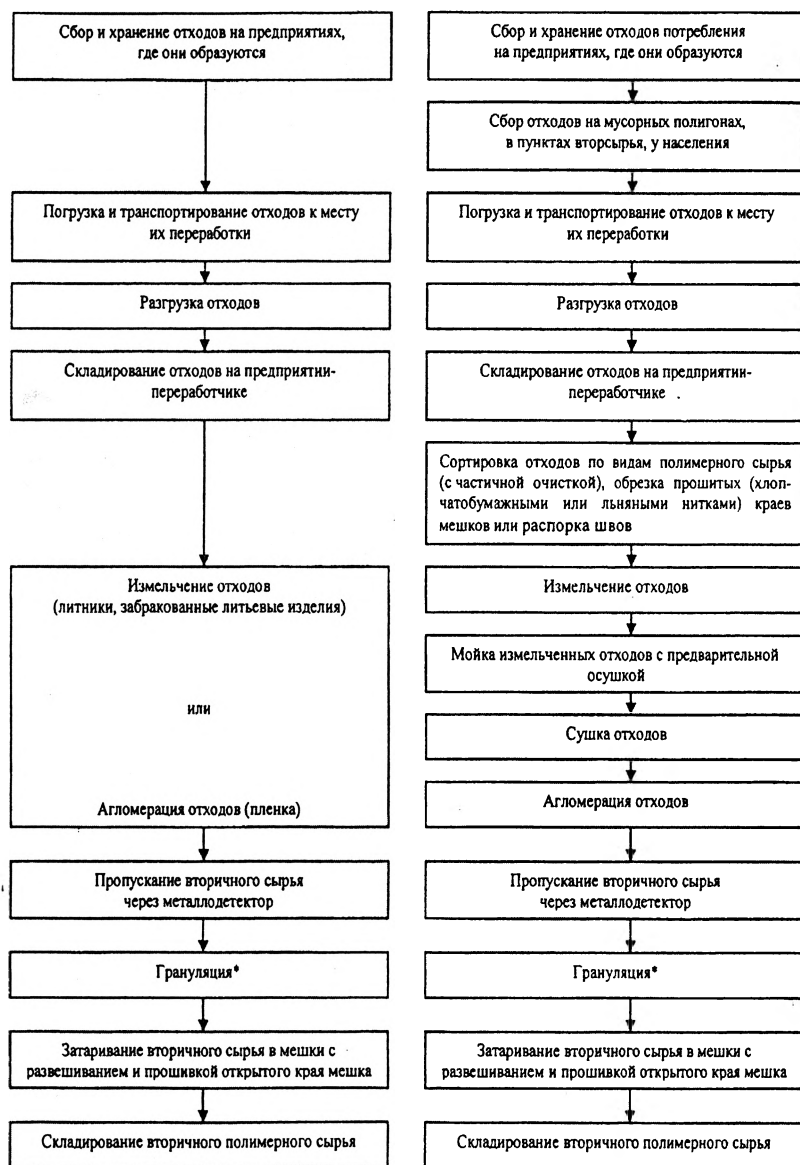


Рис. 1. Схема технологического процесса переработки отходов: а — отходы производства, б — отходы потребления (* — необязательная операция)

дование, учитывающее специфику переработки отходов ПМ.

Сортировка

Процесс утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) предусматривает их предварительную сортировку. Как правило, этот процесс ведется вручную, где каждый рабочий, находящийся на технологической линии, отбирает свой вид отходов. [10, 11]. Минимальная скорость движения ленточного транспортера на линии составляет 0,5 м/мин и зависит от объемов сортируемых отходов.

В СКТБ «Металлополимер» разработаны и изготавливаются мини-сортировочные станции (рис. 2), которые предназначены для выделения из массы ТБО металла, стекла, текстиля, бумаги и полимеров. Сортировка ведется вручную, а количество сортировочных рабочих составляет 8 человек. Принцип работы мини-сортировочной станции заключается в следующем. Мусороуборочные машины разгружают привезенные отходы в загрузочный бункер конвейера. При включенном приводе конвейера, отходы равномерно распределяются по его ленте и подаются на второй конвейер и далее на эстакаду в пункт сортировки. На пункте сортировки каждый сортировщик отбирает с движущегося транспортера свой вид отходов и сбрасывает их в бункер сброса, после заполнения которого, открывается дно бункера и собранные отходы сыплются в контейнеры. По мере наполнения контейнеров они вывозятся к местам складирования отходов.

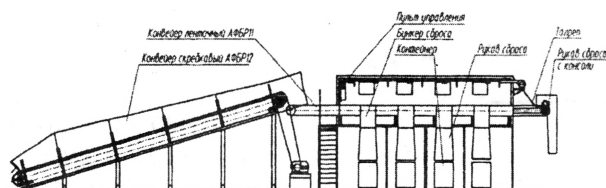
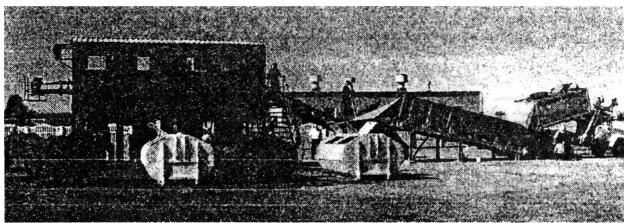


Рис. 2. Технологическая линия для сортировки ТБО

Оставшиеся после сортировки отходы транспортируются конвейером из пункта сортировки и выгружаются в кузов мусоровоза или в контейнер.

Дробление

Для дробления отходов существуют различные типы измельчающих машин: валковые, ножевые,

молотковые и роторные дробилки, мельницы [2, 15–27, 35]. Примером ножевой дробилки служит дробилка с дисковыми ножами и режущим ротором. Она предназначена для получения гранул кубической формы из листовых материалов. Молотковые и роторные дробилки применяют для измельчения как мягких, так и твердых материалов. Механизм дробления основан на энергии удара шарнирно подвешенных на вращающемся роторе молотков (молотковые дробилки) или жесткозакрепленных билов (роторные дробилки) [4]. Для тонкого дробления используются мельницы.

Большое внимание при разработке дробилок для отходов ПМ уделяется снижению уровня шума при их работе, минимизации удельного потребления энергии, автоматизации процесса загрузки, однородности гранулометрического состава получаемой дробленки, скорости и удобности смены ножей и их заточки, мобильности дробилок, их производительности и беспыльной работе, а также универсальности — возможности измельчать на одной дробилке пленку, газонаполненные ПМ, крупногабаритные изделия, литники, пустотелые изделия и т.д.

Выпуск дробилок налажен во многих странах мира. В частности их производят немецкие фирмы: Weima, Wanner Technik GmbH, Heinrich Dreher GmbH & Co, Herbold, Hellweg Maschinenbau GmbH & Co, швейцарские фирмы Nuga AG и Erema, шведская фирма RAPID, белорусский Барановичский станкостроительный завод. Дробилки специальные, фрезерного и ножевого типа выпускает БСЗ ЗАО «Атлант», (Республика Беларусь) и ряд других фирм [35–39].

Выпускаемые немецкой фирмой Hellweg Maschinenbau GmbH & Co валковые дробилки типа Slotter не имеют выходной сетки, частота вращения вала составляет всего 25 об/мин, что полностью исключает термическое повреждение ПМ, Сменные сегментированные ножи вала и корпуса измельчают отходы в частицы с размерами 4–8 мм и производительностью 5–15 кг/ч при мощности привода всего 1,1–2,2 кВт. Эти дробилки могут монтироваться прямо на литейной машине и предназначены для беспылевого измельчения.

В РУП СКТБ «Металлополимер» выпускают универсальные роторные дробилки типа ИУР 200, ИУР 200 В, ИУР 250 и ИУР 250 В (рис. 3).

Конструкция дробилок разработана в соответствии с патентом [25] и предназначена для измельчения различных видов отходов: полимерной пленки, волокнистых материалов, литников, об-

лоя, некондиционных деталей и т.п. Они состоят из установленного на сварной раме корпуса, несущего два неподвижных ножа и установленного в подшипниковых узлах вала с ножевым ротором, приводимым в движение электродвигателем. При измельчении отходы полимерных материалов практически не испытывают термического воздействия, что позволяет сохранить качество вторичного полимера. Дробилки оснащаются различными калибровочными решетками с диаметрами отверстий от 8 до 40 мм. Для измельчения отходов пленки и волокон дробилки также оснащаются высоконапорными вентиляторами, обеспечивающими удаление измельченного материала из зоны резания в бункер-накопитель. После измельчения на дробилках такого типа технологические отходы производства полимерных изделий (кроме отходов пленок, волокон и газонаполненных пластмасс) можно перерабатывать непосредственно в изделия на стандартном перерабатывающем оборудовании.

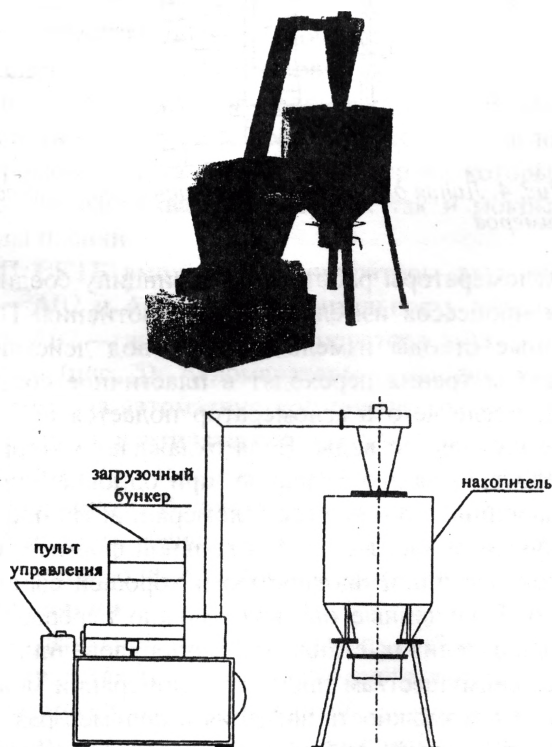


Рис. 3. Универсальная роторная дробилка типа ИУР 250

В последнее время все чаще появляются дробилки, в которых отходы не только измельчаются, но и промываются. Такое оборудование выпускает фирма Herbold [35]. Его используют для дробления отходов ПМ, загрязненных различны-

ми минеральными включениями.

Промывка

Для мойки отходов ПМ используют машины активаторного или барабанного типов. Эффект мойки в машинах активаторного типа достигается за счет интенсивного потока моющей жидкости, создаваемого вращением активаторов. В машинах же барабанного типа этот эффект достигается за счет переваливания полимерного материала в моющей жидкости, при котором создается трение между слоями полимера, а также трение частиц полимера о стенки барабана [37, 41].

При разработке моечного оборудования обращают внимание на снижение количества потребляемой энергии, снижение уровня шума при работе оборудования, увеличение производительности и повышение качества мойки отходов.

Примером устройства активаторного типа может служить оборудование [28], которое содержит активатор в виде полого мобильного понтона с электроприводом внутри, якорь которого соединен с корпусом понтона. При этом корпус выполнен цилиндрическим, а электропривод представляет собой цилиндрический линейный электродвигатель, установленный в корпусе так, что его ось расположена ниже и параллельно оси корпуса.

Интересна линия переработки отходов полимерных материалов [29], в состав которой входит устройство отмывки, выполненное в виде расположенного в корпусе барабана с лопатками, причем оно снабжено лопастями, размещенными в нижней торцевой части барабана, а лопасти и лопатки размещены по спирали Архимеда с постоянным шагом.

Моечная машина, описанная в патенте [30], содержит вертикальный бак с моющей жидкостью и активатор, выполненный из нескольких плоских элементов, каждый из которых закреплен независимо от другого на опоре с возможностью колебания под действием электромагнита-вибратора, установленного с наружной стороны бака. Машина отличается тем, что активатор расположен вдоль вертикальной стенки бака, а опоры его элементов выполнены в виде отдельных пружинящих пластин, закрепленных на внутренней поверхности бака. При этом плоские элементы активатора имеют сквозные чечевицеобразные конусные щели и амортизаторы, равномерно распределенные по площади активатора, а каждая обмотка электромагнита-вибратора разделена на две части, соединенные одна с другой электрически последовательно.

Моечная машина барабанного типа для мойки измельченных отходов полимеров разработанная в Германии [31], выполнена с лопастным ротором, в котором измельченные отходы периодически удаляются из зоны действия ротора, перемещаются вдоль оболочки барабана, а затем снова возвращаются в эту зону. Для удаления отходов из зоны используется центробежная сила ротора, а для осевых перемещений — транспортный шнек, расположенный между ротором и оболочкой барабана.

Линия для мойки измельченных отходов полимеров [32], разработанная и изготавливаемая в СКТБ «Металлополимер» (рис. 4) содержит последовательно соединенные между собой моечную машину, машину разделения, машину споласкивания и баки отстойники. Моечная машина выполнена в виде бака прямоугольной формы с полуцилиндрическим дном, внутри которого проходит вал с рифлеными активаторами. Моечная машина разделена съемными рифлеными перегородками на моечные камеры, сообщающиеся между собой переточными щелями, выполненными в перегородках. Внутри каждой камеры установлен, по меньшей мере, один активатор, а последняя камера снабжена насосом для перекачки вымытого полимера в машину разделения, причем рифленность перегородок и активаторов выполнена таким образом, что она способствует увеличению турбулентности потока, создаваемого активаторами. На крышке моечной машины установлен трубчатый путепровод с насадкой для перемещения вымытого сырья вместе с моечным раствором в машину разделения. Машины разделения и споласкивания выполнены в виде баков прямоугольной формы с транспортирующими шнеками. Транспортирующие шнеки машин разделения и споласкивания подняты под определенным углом в направлении движения полимерного материала. Эффект мойки достигается за счет трения частиц полимера друг о друга и о стенки перегородок и активаторов моечной машины. После споласкивания вымытое сырье поступает в осушитель или на устройство отжима для предварительной осушки — удаления основного количества воды. Пленочные отходы осушиваются с помощью устройства отжима, а отходы в виде флексов и крошки в центробежном устройстве осушки.

Агломерация

Одной из проблем вымытых пленочных отходов является их неравномерная загрузка в перерабатывающее оборудование. Для решения этой

проблемы необходимо их уплотнять, что можно достичь путем агломерации [38, 39].

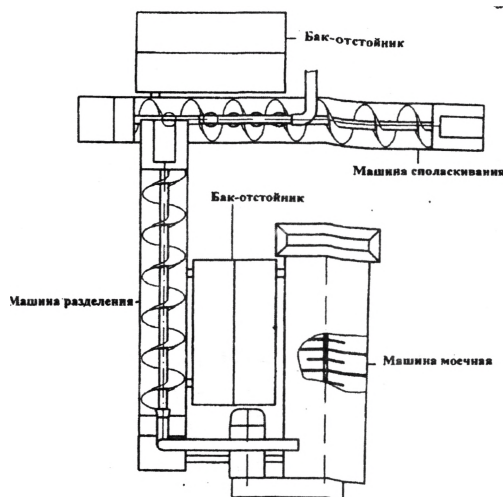
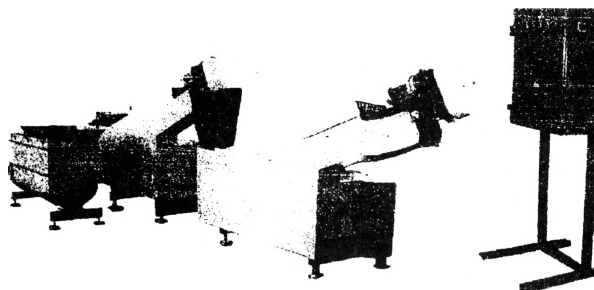


Рис. 4. Линия для мойки измельченных отходов полимеров

Агломераторы работают по принципу соединения процессов измельчения и уплотнения. Пленочные отходы измельчаются и под действием теплоты трения переходят в пластичное состояние, после чего в агломератор подается небольшое количество воды. Вода охлаждает материал, предотвращая его слипание, при одновременном испарении ее в процессе агломерации. Из пленки получаются окатыши произвольной формы с высокой насыпной плотностью и хорошей сыпучестью. Полученные окатыши можно перерабатывать в изделия на стандартном оборудовании.

К преимуществам процесса агломерации можно отнести возможность введения в полимер различных красителей, стабилизаторов, наполнителей и т.п., а также возможность переработки получаемого агломерата в изделия на стандартных машинах без дополнительной грануляции. В процессе агломерации происходит усреднение характеристик ПМ, что очень важно при агломерации отходов потребления, которые характеризуются большой разнородностью свойств, а также при получении различных композиционных материалов на основе

отходов ПМ. Процесс агломерации ПМ протекает без изменения молекулярной массы материала, что также является положительной особенностью агломерации. К недостатком агломерации следует отнести разнородный гранулометрический состав получаемого продукта, затрудняющий равномерное питание перерабатывающего оборудования, высокую энергоемкость процесса, быстрый износ ножей, присутствие в сформованных окатышах газовых включений [11].

В последнее время разработке агломераторов уделяется большое внимание, что обусловлено увеличением объемов производства и применения сельскохозяйственной пленки и различной пленочной упаковки. Конструкция простейшего агломератора состоит из установленной на основании размольной камеры, однороторного или двухроторного механизма измельчения с электроприводом и пультом управления. Перерабатываемые пленочные отходы загружаются в размольную камеру сверху через специальное окно, а готовый продукт – окатыши – выгружается через отверстие в стенке размольной камеры. Усовершенствование агломераторов ведется по пути создания агломераторов непрерывного действия, устройств сочетающих процессы мойки и агломерирования, а также агломераторов, которые легко перерабатывают как сухие, так и мокрые отходы пленки.

РУП СКТБ выпускает агломераторы двух типов — А02 и А03. Производительность агломератора А02 — до 70 кг/ч, агломератора А03 — до 240 кг/ч (рис. 5). Агломераторы оснащены устройством для автоматической подачи охлаждающей воды и вентилятором для удаления паров воды из размольной камеры, циклоном-пылесборником. В комплект агломератора А03 может входить транспортер для загрузки пленочных отходов полимерных материалов.

Грануляция

Положительной особенностью процесса грануляции является то, что он позволяет получать гомогенизированный, однородный по гранулометрическому составу материал с высокой насыпной массой, хорошей сыпучестью и товарным видом. Получение гранул возможно двумя различными методами — методом горячей резки и холодным гранулированием [11, 37–39]. При использовании метода горячей резки пластицированная полимерная масса, выходящая из многоканальной головки, отрезается вращающимся перед головкой ножом и отбрасывается за счет центробежной

силы. Решетка головки и нож размещены в закрытом корпусе, куда для охлаждения гранулята вдувается холодный воздух или создается кольцо из водяного тумана. Горячая резка может быть проведена под водой. [33]. Метод холодного гранулирования заключается в следующем. Выходящие из головки прутки (стренги) протягиваются через ванну охлаждения заполненную водой и с помощью тянущего устройства подаются к гранулирующему устройству, где разрезаются на гранулы длиной 3–5 мм. В некоторых грануляторах стренги охлаждаются орошением водой.

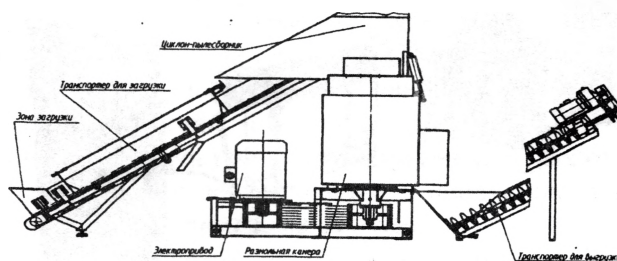
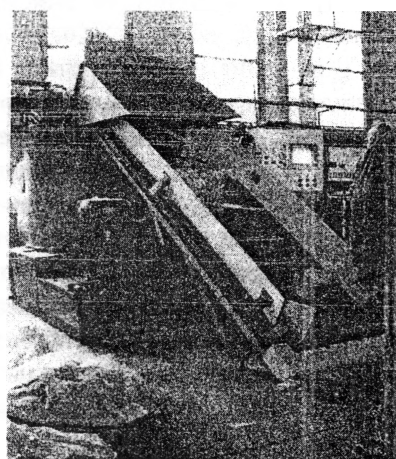


Рис. 5. Агломератор АОЗМ-ными методами — методом горячей резки и холодным гранулированием [11, 37-39]

При разработке грануляторов для отходов ПМ большое внимание уделяется фильтрации расплава и его перемешиванию, совершенствованию конструкции ножей [4, 32], процессу дегазации расплава, уменьшению уровня шума при работе гранулятора, снижению энергозатрат на процесс гранулирования, охлаждению получаемого гранулята и его обезвоживанию.

Например, гранулятор немецкой фирмы Batlenfeld Extrusionstechnik GmbH типа ВЕХ 2-130/22V-EMS имеет две зоны дегазации, что позволяет перерабатывать отходы ПМ без предварительной сушки [39]. В капельном грануляторе типа Drop-

ро, разработанном немецкой фирмой Rieter Automatik GmbH полимерный расплав с помощью вибрации разделяется на отдельные капли, которые затем затвердевают в потоке воздуха, воды или водяного тумана. Достоинством этого гранулятора являются гарантированная равномерность получаемых гранул, компактность конструкции, бесшумная работа, отсутствие износа и простота в обслуживании.

В РУП СКТБ «Металлополимер» разработаны и изготавливаются стренговые грануляторы (рис. 6) на базе червячных прессов с диаметром червяка 45 и 90 мм. При грануляции на этих машинах расплав полимера продавливается через стренговую головку и выходит в виде прутков (стренг), которые охлаждаются в ванне с водой и подаются валковым механизмом на устройство резки, состоящее из неподвижного ножа и вращающегося фрезерного ножа. Грануляторы оснащены червяком специальной конструкции и системой фильтрации расплава, благодаря чему отходы полимера дополнительно очищаются, перемешиваются и гомогенизируются. Система фильтрации расплава предусматривает быструю замену фильтра с помощью гидростанции.

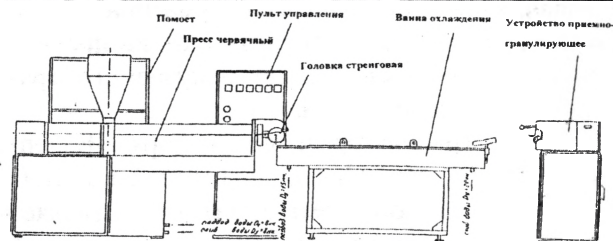
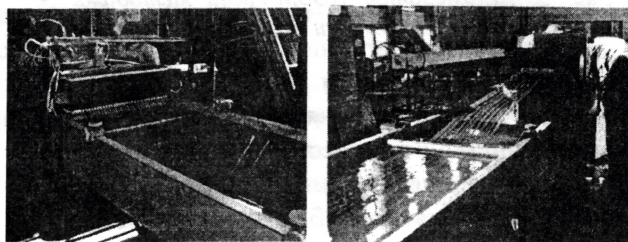
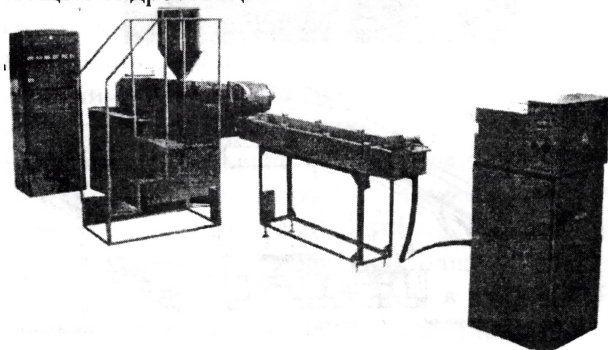


Рис. 6. Гранулятор стренговый

Необходимо учесть, что грануляция это дополнительное термическое воздействие на ПМ, которое в определенной степени ухудшает свойства получаемого сырья, т.к. способствует снижению молекулярной массы полимера. Поэтому в тех случаях, когда можно использовать для производства изделий измельченные отходы ПМ или агломерат, применение процесса гранулирования нецелесообразно.

Защита оборудования

С целью защиты оборудования по переработке отходов ПМ от поломок, загрузочные транспортеры многих устройств снабжают металлодетекторами, которые удаляют из отходов ПМ металлические предметы (скрепки, кусочки проволоки, гвозди и т.п.) [4, 37]. Это устройство особенно важно при переработке отходов потребления, которые часто соприкасаются с металлическими включениями.

Сушка

Наличие остаточной влаги в получаемых из отходов ПМ гранулах или агломерате затрудняет их дальнейшую переработку в изделия. Влага, испаряясь в процессе переработки ПМ в изделия, способствует образованию в них дефектов в виде пор, а при переработке материалов, чувствительных к гидролизу, разрушению молекулярных цепей [11]. Таким образом, наличие влаги в сырье отрицательно сказывается на качестве получаемых изделий и чтобы этого избежать его перед переработкой необходимо высушивать. Для сушки ПМ могут быть использованы следующие устройства: камерная сушилка с циркуляцией воздуха, сушилка с интенсивной циркуляцией свежего воздуха, сушилка с сухим воздухом, вакуумная сушилка [42].

При разработке сушильных агрегатов отмечена тенденция разработки энергосберегающих устройств, разработка сушильных агрегатов непрерывного действия, саморазгружающихся сушилок.

Для сушки гранулированных ПМ немецкая фирма Gala Kunststoff F- und Kautschukmaschinen GmbH разработала саморазгружающийся сушильный агрегат с шумопоглощающей оболочкой [38].

Сушку материалов типа ПЭТ немецкая фирма Kreuynborg Granuliertechnik GmbH предлагает осуществлять сушилкой с ИК-нагревом, в которой ПМ с помощью шнека продвигается вдоль барабана. Благодаря вращению барабана обеспечивается хорошее перемешивание и равномерный нагрев материала. Кроме того, в сушилке наряду с процессом сушки при воздействии ИК-излучения с определенной длиной волны возможна вторичная кристалли-

зация ПЭТ [39]. Австрийская компания Erema выпускает энергосберегающие сушильные агрегаты с экономией энергии до 20%.

Модифицирование продуктов рециклинга

При правильной обработке технологических отходов ПМ не должно происходить фотолитических повреждений материала, так как сохраняют свое действие, введенные в первичное сырье стабилизаторы [1]. Однако при переработке отходов потребления стабилизация вторичного сырья с целью сохранения свойств в процессе переработки и при эксплуатации их в атмосферных условиях представляется важной задачей [41]. Это касается не только переработки, но и эксплуатационных свойств продуктов рециклинга, что требует введения соответствующих модифицирующих добавок [45–50].

Высокая эффективность существующих в настоящее время модификаторов дает возможность решать проблемы сохранения свойств полимеров путем ввода в них небольшого количества добавок (порядка 0,2–0,4 процента от массы полимера) [52, 53]. Однако при этом возникает проблема равномерного распределения их в массе полимера. Наиболее рациональным способом их введения в полимеры, является использование их концентратов, особенно многофункциональных, содержащих несколько аддитивов, каждый из которых выполняет в полимере свою функцию. В то же время введение концентратов необходимо осуществлять только в расплаве, так как осуществить их равномерное перемешивание механическим способом невозможно [11, 12, 47, 49].

Для уменьшения или полного исключения снижения молекулярной массы вторичных полимеров при переработке в них вводят специальные добавки. Так Фирма L. Bruggemann KG (Германия) предложила для переработки ПА-6 применять добавки, которые способствуют сохранению молекулярной массы полимера и тем самым обеспечивают его более высокую воспроизводимость по свойствам и технологичности при повторной переработке по сравнению с полимерами, где используют сшивающие агенты [44, 47].

Среди наполнителей чаще всего используются тальк, каолин, древесная мука и мел. Наполнители повышают модуль упругости, твердость материала, формоустойчивость изделий при воздействии на них тепла, однако при этом способствуют снижению прочности при растяжении, ударной вязкости и относительного удлинения при разрыве. Как правило наполнители ухудшают перера-

батываемость полимеров, вследствие снижения их текучести. В то же время при наполнении рециклятов возможно улучшение их эксплуатационных характеристик, что способствует перспективности такого направления в рециклинге полимеров [11, 12, 42–46, 56].

Эколого-экономические аспекты рециклинга

С точки зрения экономики важно достичь снижения себестоимости получаемого из отходов ПМ вторичного сырья и определить пути его рационального использования. При этом использование вторичного материала, получаемого из отходов, в первую очередь, подчиняется экономическому закону спроса и предложения, а экологический аспект играет, хотя и важную, но скорее второстепенную роль. Стоимость вторичного полимерного сырья, полученного из технологических отходов производства полимерных изделий, практически всегда ниже стоимости первичного сырья. В то же время переработка полимерных отходов сферы потребления может оказаться нерентабельной. Во-первых потому, что затраты на производство вторичного материала могут оказаться слишком высокими, во-вторых, потому, что для вторичных материалов не будут найдены рынки сбыта. Если первое условие может быть решено путем дотаций из госбюджета, так как государство заинтересовано в улучшении экологической ситуации в регионе и в стране в целом, то второе условие требует конкретных маркетинговых решений. Таким образом, в качестве основной задачи при утилизации полимерных отходов является поиск ликвидной продукции, получаемой из полимерных отходов.

С экономической точки зрения при переработке отходов потребления возникают дополнительные затраты, связанные, в первую очередь, с использованием в сортировке отходов малопроизводительного ручного труда, включающего предварительную очистку отходов (удаление крупных загрязнений, бумаги, камней, металлических включений и т.п.). Мойка и сушка также являются энергоемкими операциями, для проведения которых дополнительно требуется вода и моющие средства. Следовательно, затраты на переработку отходов потребления оказываются значительно большими в сравнении с переработкой технологических отходов производства. При этом качество сырья из отходов потребления практически всегда ниже качества сырья, полученного из технологических отходов производства полимерных изделий.

В то же время основная часть затрат при рецик-

линге отходов производства приходится на стоимость таких операций как измельчение, агломерация и грануляция. При рециклинге отходов потребления (как производственных, так и бытовых) основная часть затрат приходится на подготовительные операции: сбор, сортировка, хранение, транспортирование отходов к месту их переработки, мойка и сушка отходов.

Поэтому в экономическом плане при рециклинге полимеров необходимо учитывать: во-первых, расширение областей применения вторичного полимерного сырья и, во-вторых, расширение номенклатуры изделий из него. Так, например, имеются технологии использования загрязненных отходов ПМ для производства полимербетона, тротуарной плитки, черепицы и т.п., где, по сути, используются остаточные свойства вторичных полимеров без их дополнительного модифицирования [11, 12, 57].

Одним из удачных примеров использования дешевого вторичного сырья, в частности полиэтилена, является производство труб. С этой целью в РУП СКТБ «Металлополимер», на основе червячных прессов с диаметрами червяка 45 мм и 90 мм разработаны линии для получения труб диаметрами 25, 32, 40, 75 и 90, 110 мм. Модифицированные композиции для получения труб в виде агломерата состоят из 70–75% вторичного полиэтилена высокого давления и 25–30% вторичного полиэтилена низкого давления. Трубы предназначены для наружных безнапорных трубопроводов, малоответственных или временных трубопроводов, транспортирующих жидкие и газообразные вещества, к которым полиэтилен химически стоек, а также для прокладки кабельной проводки.

Заключение

Эффективность рециклинга полимерных материалов вплотную связана с решением проблем организационно-правового, технологического и эколого-экономического характера. В области организационно-правовой политики необходимо больше внимания уделять разъяснительной работе с населением и формированию более действенной законодательной базы. В технико-технологическом направлении необходимы новые типы оборудования для рециклинга полимерных материалов. Для большей эффективности их применения необходима разработка перспективных рециклинговых технологий, которые бы в совокупности обеспечивали утилизацию отходов и получение на их основе, качественной продукции с привлекательной для потребителя ценой.

Литература

1. Штарке Л. Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс, Пер. с немецкого к.т.н. В.В. Михайлова, под ред. к.т.н. В.А. Брагинского. – Л-д: Химия, Ленинградское отделение. – 1987; 34–37, 39.
2. Жаковска А. // Технологии переработки и упаковки. – 2004, № 8.
3. Шварц О., Эбенлинг Ф.В., Фурт Б. Переработка пластмасс. – Санкт-Петербург: Профессия. – 2005.
4. Торнр Р.В., Акутин М. С. Оборудование заводов по переработке пластмасс. – М.: Химия. – 1986.
5. Матросов А.С. Управление отходами. – М.: Гардарики. – 1999.
6. Directive 94/62/ECC of December 1994 on packaging and packaging waste.
7. Tartakowski Z., Biedzki A. K. Polymer material recycling systems in Europe // Conf. «POLYCOM–2000». – Gomel. – 2000, p. 17–20.
8. Технологии безопасной переработки отходов и санации техногенно загрязненных технологий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 1999, № 3–4.
9. Милицкова Е.А., Потапов И.И. Переработка отходов пластмасс. М. – 1997.
10. Милицкова Е.А., Потапов И.И. Использование отходов пластмасс. М. – 1998.
11. Шаповалов В.М., Тартаковский З.Л. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов. – Гомель. – 2003.
12. Зинович З.К., Халецкий В.А. Рециклинг полимеров: информационные, экологические и технологические аспекты. – Минск: Изд-во С. Лаврова. – 1999.
13. Пальчуганов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. – М.: Стройиздат, 1990.
14. Плескачевский Ю.М., Таврогинская М.Г., Шаповалов В.М. Проблемы рециклинга полимерных материалов в Республике Беларусь // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Охрана окружающей среды на транспорте и в промышленности», г. Гомель, 2001.
15. Патент 5462235 США, заявл. 08.12.1992, опубл. 31.10.1995.
16. Патент 2159178 Россия, заявл. 22.05.1997, опубл. 20.11.2000.
17. Заявка 2785204 Франция, заявл. 19.05.1999, опубл. 05.05.2000.
18. Заявка 0970749 ЕПВ, заявл. 09.07.1998, опубл. 12.01.2000.
19. Патент 2116196 Россия, заявл. 19.04.1996, опубл. 27.07.1998.
20. Патент 2143324 Россия, заявл. 05.02.1998 опубл. 27.12.1999.
21. Заявка 19614030 Германия, заявл. 09.04.1996, опубл. 16.10.1997.
22. Заявка 19616032 Германия, заявл. 23.04.1996 опубл. 30.10.1997.
23. Заявка 2794667 Франция, заявл. 10.06.1999, опубл. 15.12.2000.
24. Патент 6094795 США, заявл. 22.06.1999, опубл.

- 01.08.2000.
25. Патент 4437 РБ, заявл. 27.05.1998, опубл. 20.12.2001.
26. Патент 2206402 Россия, заявл. 10.08.2001, опубл. 20.06.2003.
27. Патент 2207908 Россия, заявл. 12.11.2001, опубл. 10.07.2003.
28. Патент 2089689 Россия, заявл. 19.7.93, опубл. 10.9.97.
29. Патент 1742079 Украина, заявл. 09.01.90, опубл. 1992.
30. Патент России 2089690, заявл. 11.7.94, опубл. 10.9.97.
31. Заявка 1 9647025 Германии, заявл. 14.11.96, опубл. 20.5.98.
32. Патент Россия 2227093, заявл. 31.07.2002, опубл. 20.04.2004.
33. Патент 9-067432 Япония, заявл. 28.10.1998, опубл. 16.01.2001.
34. Патент 5611983 США, заявл. 28.04.95, опубл. 18.03.97.
35. Филин В.Я., Акимов М.В. Современное оборудование для тонкого и сверхтонкого измельчения. М.: ЦНИИХимнефтемаш. – 1991.
36. Белобородова Т.Г., Панов А.К. Универсальная установка измельчения «мягких» полимерных отходов // Пластические массы. – 2002, № 7, 46–48.
37. Шнорр фон Карольсфельд. Оборудование для переработки технологических отходов // Полимерные материалы. – 2002, 10–11.
38. Rassbofer W. Recycling von Polyurethan – Kunststoffen, Huthing Verlag, Heidelberg. – 1994.
39. Hemel S., Held S. Chemische Recycling von PUR – Weichschaumstoffen, Kunststoffe 88. – 1998, № 2, 223–226.
40. Вторичное использование полимерных материалов / Под ред. Е.Г. Любешкиной. – М.: Химия. – 1985.
41. Никулин Ф.Е. Утилизация и очистка промышленных отходов. – Л.: Судостроение. – 1980, 12–30.
42. Мишак В.Д., Мамуня Е.П., Лебедев Е.В. // ISrod-kowuluropejskiej konf.: «Recykling materialow polimerowych – Nauka – Przemuse». – Szczecin. – 2001.
43. Наполнители для полимерных материалов / Под ред. С.В. Каца, Д.В. Милевски. Пер. с англ. / Под ред. П.Г. Бабаевского. – М.: Химия. – 1981.
44. Песецкий С.С. К оценке влияния модификатора на межфазное взаимодействие в полимерных смесях. Известия АН Б, сер. хим. наук. – 1992, № 16, 105–110.
45. Носков Д.В. Оценка пригодности к рециклингу вторичных полимеров // Пластические массы. – 2002, № 8.
46. Плескачевский Ю.М., Шаповалов В.М., Таврогинская М.Г., Тартаковский З. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных термопластов // II Центрально-Европейская конференция «Рециклинг полимерных материалов «Наука – промышленность»: Материалы науч.-техн. конф. / Торунь, 12–14 ноября 2003.
47. Шаповалов В.М. Полимерные композиты на основе модифицированных термопластов и органических наполнителей // XV Scientific Conference «Modification of polymers» / Wroclaw – Poinica Zdroj. – 2002.
48. Винокуров И. Экологическое земледелие и проблема диоксинов // Экологический бюллетень «Чистая земля», спец. выпуск. – 1997, 27–31.
49. Некрасов Б.В. Курс общей химии. – М.: ГХИ. – 1962, 513–537.
50. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. – М.: Химия, 1981, 379–392.
51. Reischl A., Reissinger M., Thoma H., Hutzinger O. // Chemosphere. – 1989 (18), N 1/6, 561–568.
52. Экологическая биотехнология / Под ред. К.Ф. Форстера и А.А. Дж. Вейза, Л.: Химия, Лен. отд. – 1990.

Печатается с разрешения авторов по материалам журнала «Материалы. Технологии. Инструменты» т. 11 № 4 2006

УДК 621.771

УПРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ В АВТОМОБИЛЬНОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ

Томило В.А.

Наиболее перспективным направлением снижения материалоемкости, энергозатрат и повышения производительности является уменьшение потребления традиционных сортаментов проката черных и цветных металлов путем использования более экономичных периодических профилей, производимых непосредственно на машиностроительных предприятиях. Использование периодического проката в качестве полуфабрикатов для производства тяжело нагруженных деталей автомобилей и сельскохозяйственной техники является важным аспектом экономии ресурсов.

Наиболее показательным примером широкого использования периодического проката в автомобилестроении является изготовление малолистовых рессор из полосовых заготовок с изменяющейся по длине толщиной. Практически все автомобильные фирмы США, Великобритании, Японии, Германии, Франции и ряда других стран в промышленных масштабах производят и применяют периодические профили для изготовления малолистовых рессор, масса которых по сравнению с многолистовыми рессорами меньше в среднем на 30%, а долговечность больше примерно в 1,5 раза. Главная трудность получения периодических профилей заключается в обеспечении стабильности периода по длине заготовки, достижении высокой размерной точности по толщине и ширине, что связано, в первую очередь, с нерегламентированным опережением и уширением металла при различных значениях его обжатия. При этом использование периодического проката в качестве заготовок близких к форме готовых деталей обеспечивает помимо снижения материалоемкости значительное уменьшение себестоимости изготовления за счет увеличения срока службы дорогостоящей штамповой оснастки, использование менее мощного кузнечно-штамповочного оборудования и сокращения циклов производства.

В основу новых способов изготовления заготовок малолистовых рессор с переменным по длине профилем и оборудования для их осуществления была поставлена задача снижения удельных давлений металла на валки, которое обеспечило бы стабилизацию процессов деформации металла, получение точных геометрических размеров профиля и одинаковые механические свойства по длине ветвей рессоры. Возможные схемы прокатки периодических профилей представлены на рис. 1. В настоящее время в рессорном производстве нашел широкое применение способ «Daniel Hazier», заключающийся в поочередном формировании переменного профиля на двух ветвях рессоры.

Согласно технологии «Daniel Heuzer» вначале нагревают один конец заготовки, прокатывают параболический профиль за пять проходов и обрезают концевой отход. Затем аналогичным способом обрабатывают второй конец. За технологический цикл заготовку или ее часть нагревают до семи раз.

В научно-исследовательских лабораториях обработки материалов давление ФТИ и БНТУ совместно со специалистами Минского автомобильного завода был разработан принципиально новый способ формообразования заготовок малолистовых рессор

(рис. 2), в соответствии с которым нагретую заготовку 2 центральной частью прижимают к торцу профилированной с двух сторон оправки 3 и с помощью направляющих роликов, при поступательном перемещении оправки, симметрично изгибают до полного прилегания заготовки к поверхности оправки, после чего производится прокатка в неприводных валках 3 с фиксированным межвалковым зазором. По окончании процесса прокатки заготовку снимают с оправки и разгибают для обеспечения прямолинейности. При движении оправки в направлении прокатки происходит непрерывное возрастание обжатия валками заготовки и формирование окончательного (параболического) профиля, определяемого геометрией продольного контура оправки, диаметром валков и их межосевыми расстояниями.

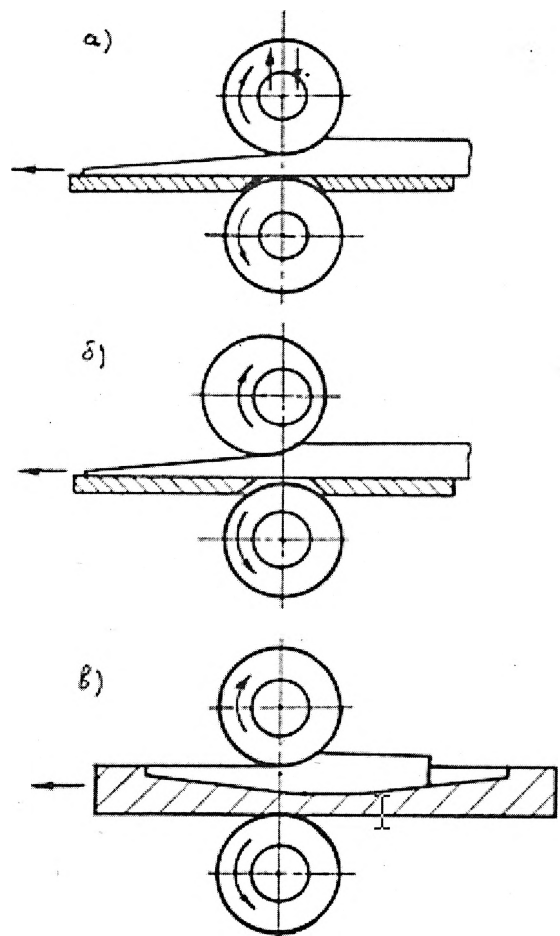


Рис. 1. Схемы основных способов прокатки периодических профилей: а — прокатка в валках с регулированием межвалкового зазора; б — прокатка в профилированных валках; в — прокатка в профилированном штампе

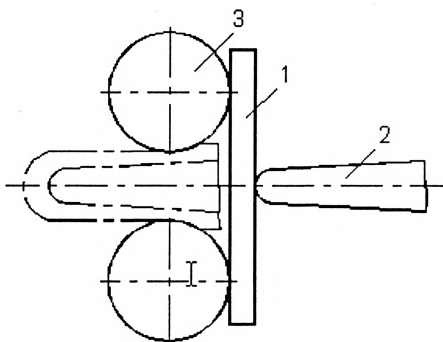


Рис. 2. Схема прокатки симметричной заготовки на оправке

Поскольку валки являются неприводными, то заготовка в процессе обжатия постоянно прижата к торцу оправки, что исключает смещение заготовки относительно профилированных рабочих поверхностей оправки в направлении перемещения оправки. За счет этого устраняется явление опережения (чего трудно добиться при обычной прокатке в приводных валках), повышается точность получаемого профиля полосовых заготовок. Кроме того, данному способу присуще переднее натяжение, поскольку одних сил трения на контакте полосы с оправкой недостаточно для передачи энергии от металла к валкам и обеспечения вращения последних. Натяжение, создаваемое при воздействии переднего конца оправки на среднюю часть полосы, возрастает по мере увеличения обжатия. Наличие переднего натяжения приводит к существенному снижению давления металла на валки и, тем самым, к уменьшению упругой деформации нагруженных элементов в прокатной клети, что также способствует повышению точности размеров и формы получаемых изделий. Поскольку в предложенном способе деформирование нагретой заготовки осуществляют на калибрующей оправке от средней части заготовки к ее концам одновременно в одном направлении путем подачи оправки с заготовкой средней ее частью через калибр постоянного размера, то обе ветви заготовки прокатываются в одинаковых условиях (при одинаковой температуре и степени обжатия), следовательно, свойства, полученные после прокатки, на обеих ветвях рессоры также будут одинаковы. Кроме этого, время на изготовление готового изделия в предложенном способе по сравнению с известным уменьшается вдвое, что приводит к повышению производительности.

На рис. 3 представлена технологическая цепочка изготовления заготовок параболического профиля в соответствии с наиболее распространенной в мире технологией «Daniel Hazier» и новой, разработанной коллективом ученых ФТИ НАН Белару-

си, БНТУ, Минского автомобильного и рессорного заводов под руководством академика НАН Беларуси А.В. Степаненко. Как видно из представленной схемы технологический процесс производства малолистовых рессор по предложенному методу резко сокращается. Полный цикл получения прокатанной заготовки — 12 сек, при этом снижаются также затраты энергии и времени на нагрев (один нагрев и максимум 2 подогрева).

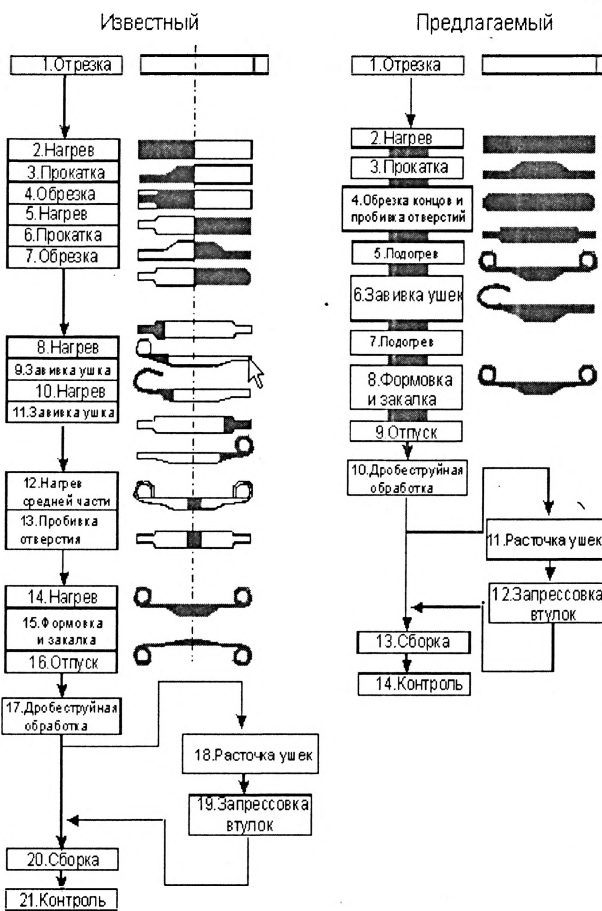


Рис. 3. Методы производства параболических рессор

Способ изготовления полос с переменным по длине профилем и оборудование для его осуществления защищены 10 авторскими свидетельствами бывшего СССР, патентами Республики Беларусь, Великобритании США и Германии.

В результате промышленного освоения данного способа создан комплекс СП1298 для прокатки заготовок малолистовых рессор большегрузных автомобилей МАЗ (принципиальная схема представлена на рис. 4, внешний вид — рис. 5) и автоматическая линия МА067 (рис. 6). Весь комплекс оборудования изготовлен отделом станкостроения и кузнечно-штамповочным производством Минского автозавода.

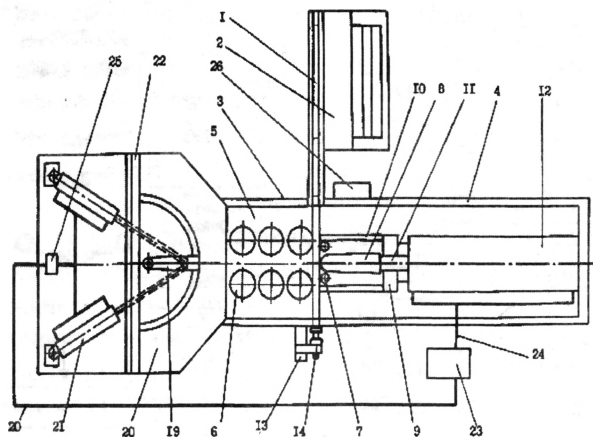
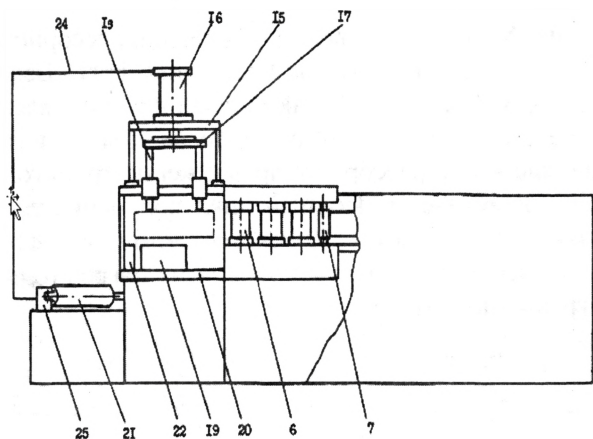


Рис. 4. Схема стана для прокатки заготовок малолистовых рессор

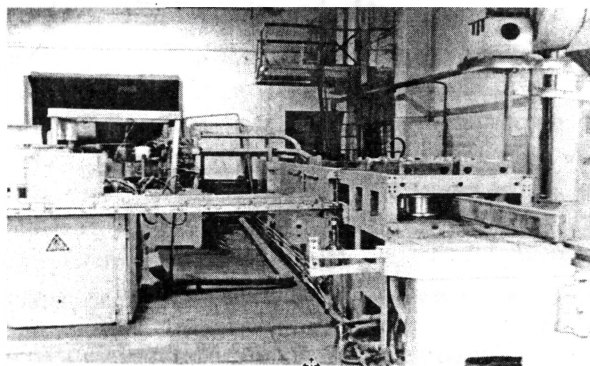


Рис. 5. Комплекс для прокатки заготовок СП1298

Многие зарубежные фирмы проявили большой интерес к данной технологии. Американская фирма «Итон Корпорэйшн» (Детройт) приобрела лицензию на производство заготовок малолистовых рессор. Интерес американских автопроизводителей к разработкам белорусских ученых показателен хотя бы тем, что, имея в своем распоряжении семь установок «Daniel Heuзер», крупнейший производитель рессор на американском континенте фирма «Еатон» делает все возможное для

внедрения на своих заводах новейших технологий. На одном из дочерних предприятий этой фирмы (г. Чадем, Канада) под руководством и непосредственном участии сотрудников ФТИ, БНТУ и МАЗа спроектирована, изготовлена и запущена в производство автоматическая линия по изготовлению заготовок малолистовых рессор по данной технологии. Производительность этой автоматической линии достигает двух тысяч заготовок за смену. Планируется расширения ассортимента рессор, изготавливаемых по разработанной технологии.

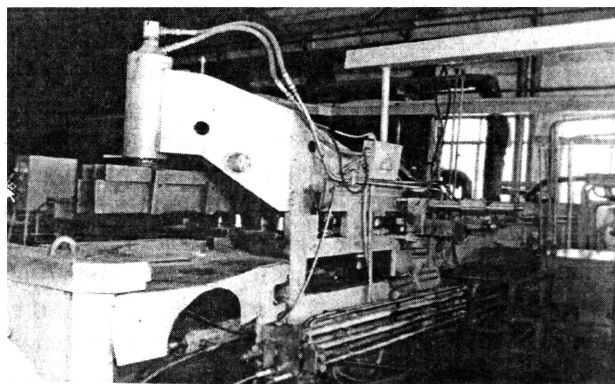


Рис. 6. Автоматическая линия MA067

В последнее время в практике конструирования подвески транспортных средств, в частности, для автомобилей большой грузоподъемности, все большее внимание привлекают конструкции с использованием пневмоцилиндра, установленного в комбинации с направляющим элементом. Практически стандартной стала схема подвески современного европейского грузовика с малолистовыми рессорами на передней оси и многолстовыми, или пневмоподушкой — на задней. Профиль заготовки малолистовой рессоры, направляющего элемента и конструктивные исполнения направляющего элемента пневмоподвески представлены на рис. 7, 8, 9 соответственно.

Для изготовления направляющих элементов пневмоподвески разработана новая схема прокатки несимметричных полосовых заготовок с переменной по длине толщиной, заключающаяся в том, что нагреву подвергают только ту часть заготовки, которая, впоследствии, подвергается периодической прокатке. Холодную часть заготовки используют для ее удержания на профилированной оправке. В качестве удерживающего устройства использован клиновый механизм, зажимающий заготовку за боковые поверхности от гидроцилиндра, расположенного на концевой части профилированной подвижной оправки. Принципиальная схе-

ма установки для безотходной прокатки заготовок направляющих элементов пневмоподвески представлена на рис. 10, внешний вид на рис. 11.

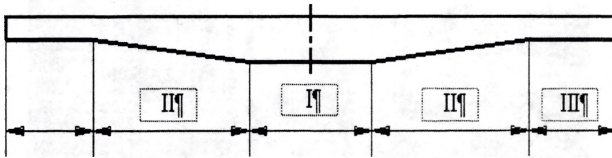


Рис. 7. Форма профилированной заготовки малолистовой рессоры: I — центральная часть; II — параболический или клиновидный профиль; III — концевые гладкие участки

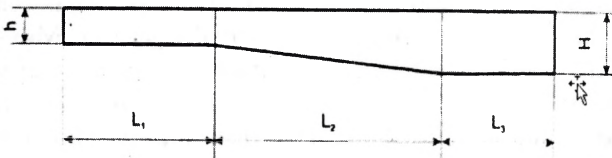


Рис. 8. Форма профилированной заготовки направляющего элемента пневмоподвески: $L_1=300-500$ мм; $L_2=300-600$ мм; $L_3=200-900$ мм; $H=40-50$ мм; $h=18-25$ мм

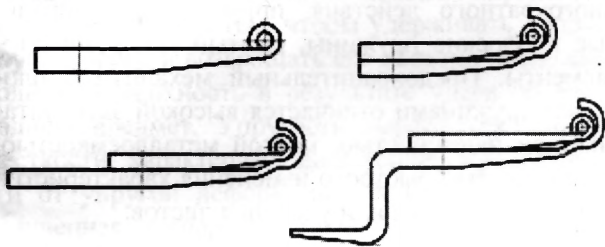


Рис. 9. Конструкции направляющего элемента пневмоподвески большегрузных автомобилей

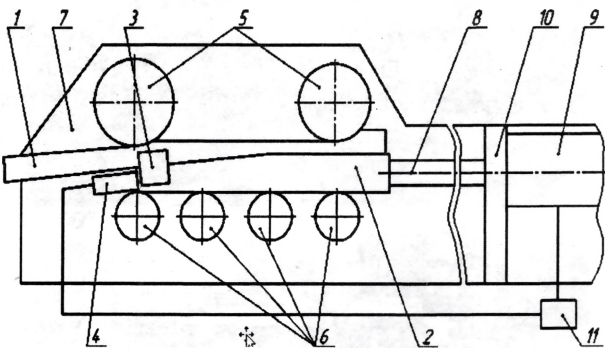


Рис. 10. Принципиальная схема стана для прокатки заготовок направляющих элементов пневмоподвески: 1 — заготовка; 2 — оправка; 3 — зажим; 4 — гидроцилиндр зажима; 5 — валки; 6 — опорные ролики; 7 — станина клетки; 8 — шток главного гидроцилиндра; 9 — главный гидроцилиндр; 10 — станина привода

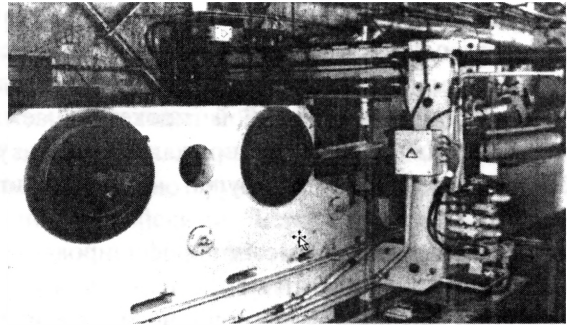


Рис. 11. Стан для прокатки заготовок направляющих опор пневмоподвески

Схема прокатной клетки выбрана с двумя последовательно расположенными парами валков и системой опорных роликов, по которым имеет возможность перемещаться возвратно - поступательно плита. На верхней части плиты закреплена калиброванная оправка. Привод плиты вместе с оправкой осуществляется от гидроцилиндра.

Нагрев деформируемой части заготовки до температуры 950–1050 °С осуществляется в индукторе щелевого типа. Длина нагреваемого участка составляет от 40 до 80% полной длины заготовки в зависимости от типа рессоры. Наличие холодного участка заготовки не только позволяет экономить электроэнергию, но и облегчает ее транспортировку и загрузку в рабочую клетку. Результатом вышеупомянутых разработок стало создание в РБ современного рессорного производства, полностью обеспечившего все потребности МАЗа.

В тоже время ресурс отечественных рессор оказалась несколько ниже, чем у западноевропейских производителей. Остро стал вопрос увеличения долговечности. В рамках выполнения ГНТП «Технологии» ФТИ НАН Б разработана технология и создано оборудование для упрочнения рессорных листов. Согласно предложенному способу, снятие остаточных растягивающих напряжений и поверхностное упрочнение рессорной полосы осуществляется только с одной стороны. Поэтому и инструмент для обработки полос рессор должен обеспечивать поверхностную пластическую деформацию с одной стороны и упругую — с другой. Кроме того, для уменьшения усилия деформирования и мгновенной затрачиваемой мощности обработка должна производиться на части поверхности полосы путем последовательного непрерывного перемещения инструмента по всей обрабатываемой поверхности. Конструкция инструмента должна обеспечивать за один технологический проход полную или

дискретную регулируемую по площади и глубине обработку одной стороны рессорной полосы. Наиболее полно указанным требованиям удовлетворяет процесс продольной прокатки между двумя валками, один из которых имеет гладкую рабочую поверхность, а другой — винтовую с определенным профилем.

При прокатке полосы между профилированным и гладким валком пластическая деформация возникает при внедрении клиновидного профиля в полосу. Металл полосы течет, как видно из рис. 12, в зазор между клиньями, обжимается по высоте за счет внедрения клина в полосу, а также в продольном направлении.

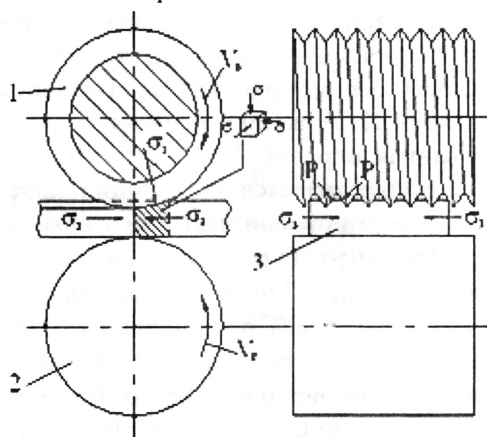


Рис. 12 — Принципиальная схема упрочняющей обработки листов рессор: 1, 2 — валки; 3 — полоса

Результаты стендовых испытаний листов, подвергнутых поверхностному упрочнению, показали, что их долговечность в 1,5–2,0 раза выше, чем у аналогичных упрочненных согласно традиционной технологии дробеструйной обработкой и вплотную приближается к лучшим мировым образцам. На Минском рессорном заводе внедрена опытно-промышленная установка для упрочнения листов рессор (рис. 13). Прокатная клетка с нажимным устройством представлена на рис. 14.

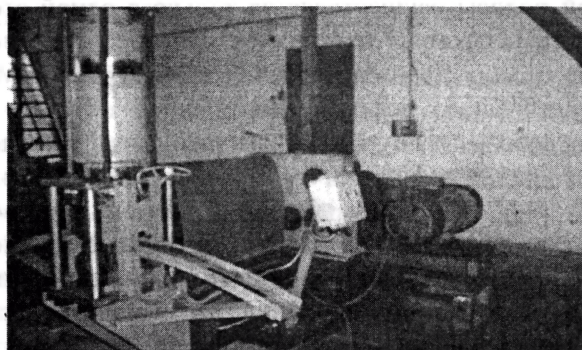


Рис. 13. Опытно-промышленная установка для упрочнения листов рессор

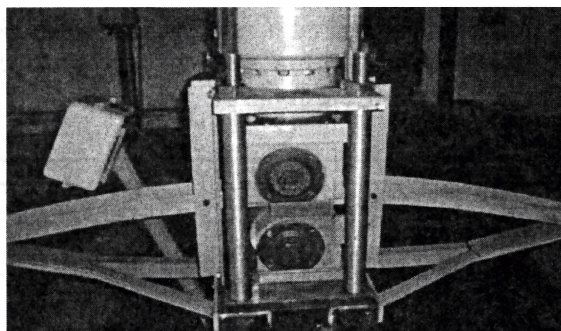


Рис. 14. Прокатная клетка

Но не только в автомобильной технике нашли применение упругие элементы переменного профиля. Подобными деталями широко оснащаются сельскохозяйственные машины и агрегаты. Минский завод шестерен выпускает широкую гамму почвообрабатывающей техники, в том числе плуги различных типов (рис. 15). Для защиты рабочих органов при наезде на имеющиеся в почве инородные предметы (камни, пни и др.) почвообрабатывающие машины оснащены предохранительными механизмами. В качестве упругого элемента, используемого в предохранительных механизмах многократного действия, применяются спиральные и плоские пружины, сжатый газ, резиновые элементы. Предохранительный механизм с плоскими пружинами отличается высокой эксплуатационной надежностью, низкой металлоемкостью, возможностью быстрого изменения характеристик за счет добавления или удаления листов.

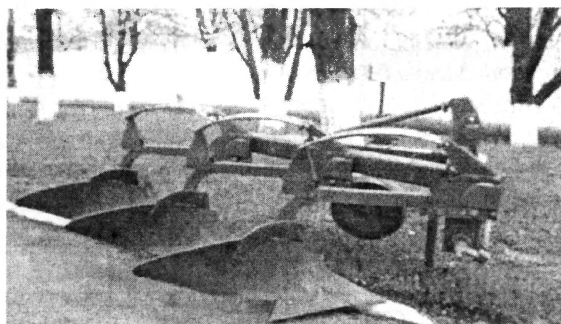


Рис. 15. Плуги с плоским защитным элементом (рессорой)

В настоящее время плоские пружины изготавливают из полосы шириной 140 и 170 мм толщиной 3,5–4,0 мм из рессорно-пружинных сталей 50ХГФА, 60С2, 65Г и др. Попытки изготовить плоскую пружину из листа успеха не имели. Микродефекты структуры, возникающие на боковой кромке листа при рубке, приводили к очень быстрому его разрушению. Схема работы защитного элемента представлена на рис. 16.

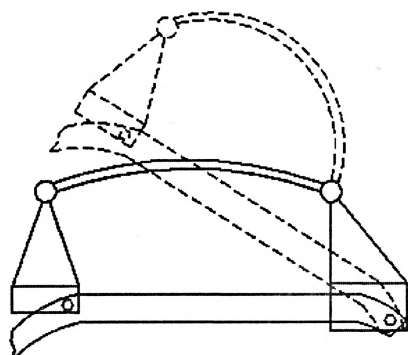


Рис. 16. Схема работы защитного элемента при «наезде» корпуса плуга на препятствие

Защитный элемент должен обладать определенной упругостью, с тем, чтобы удерживать корпус плуга в почве и возвращать его обратно после выхода на поверхность в результате удара об инородный предмет. Упругость выражается кривой жесткости, характеризующей усилие в зависимости от упругой деформации. Кривая жесткости, полученная экспериментальным путем в отделе почвообрабатывающих машин РУП «Минский завод шестерен» в результате многочисленных испытаний лучших образцов защитных элементов представлена на рис. 17. При разработке новых конструкций и технологий изготовления плоских защитных элементов следует стремиться к максимально точному соответствию данной кривой.

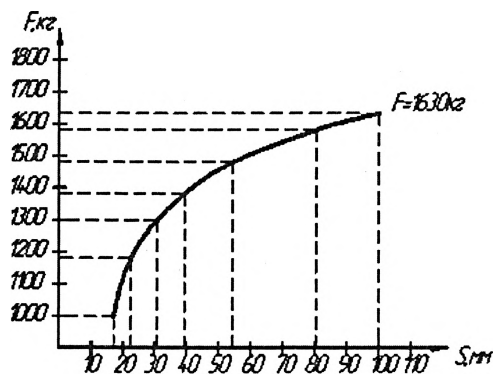


Рис. 17 – Кривая жесткости защитного элемента при нагружении в осевом направлении

Практически все известные мировые производители почвообрабатывающих машин используют плоские защитные элементы, состоящие из листов постоянной толщины 3,5–4,0 мм, шириной 140–180 мм, представленные на рис. 18. Данный профиль из рессорно-пружинной стали производится западноевропейскими металлургическими предприятиями в ограниченных объемах и его цена достаточно высока. Традиционные поставщики металлопроката в Республику Беларусь – Россия и Украина не освоили прокат такого сортамента.

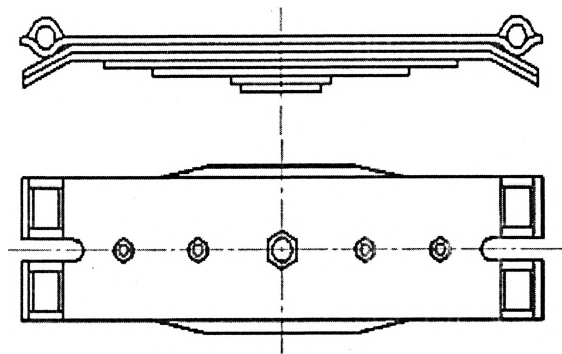


Рис. 18. Защитный элемент из 7 листов постоянной толщины

Поскольку предприятия России и Украины не производят нужного профиля, белорусским производителям плугов приходится импортировать металл из стран дальнего зарубежья, преимущественно из Франции, где его стоимость превышает цену российского в несколько раз. Регулярность и сроки поставок в значительной степени зависят от общеевропейских экономических и политических процессов.

Как показывает опыт автомобилестроения, многолистовая рессора из листов постоянного профиля может быть с успехом заменена на малоллистовую из листов переменной толщины, имеющую вес на 15–30% ниже при лучших эксплуатационных характеристиках.

Расчетным путем установлено, что кривой жесткости, представленной на рис. 3 в пределах деформаций до 90 мм наиболее точно соответствуют два установленных параллельно листа шириной 60–65 мм и толщиной 8–10 мм в центральной части и 3,5–4,0 на концах (рис. 19). Защитный элемент такой конструкции с успехом может быть использован для обработки «легких» почв с небольшим содержанием инородных предметов. При обработке каменистых почв больше подойдет черырехлистовой защитный элемент (рис. 20), допускающий осевую деформацию до 150 мм.

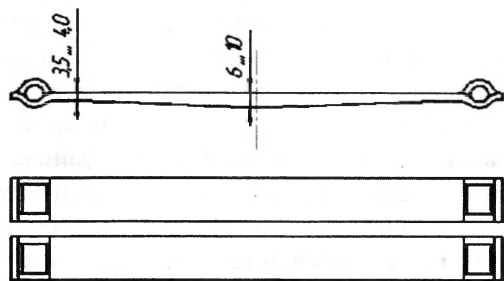


Рис. 19. Защитный элемент из 2 листов переменной толщины

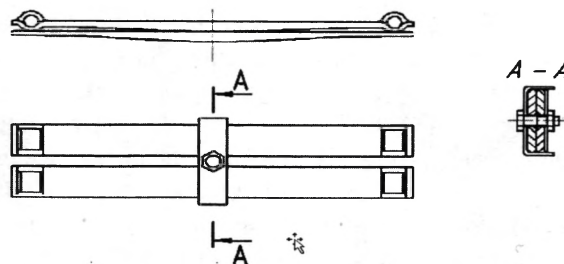


Рис. 20. Защитный элемент из 4 листов переменной толщины

Использование листов переменного профиля, полученного непосредственно в Беларуси из российского металла, для изготовления предохранительных элементов корпусов плугов позволит

значительно снизить себестоимость продукции и повысить экономическую прогнозируемость производства сельскохозяйственной техники.

Литература

1. Марголис С.Я. Мосты автомобилей и автопоездов: Расчет, конструкции и испытания. – М.: Машиностроение, 1983. – 159 с.
2. Савец В.Е. Производство и применение экономичных профилей проката. – М.: Metallurgy, 1967. – 76 с.
3. Периодические профили продольной прокатки / Н.М. Воронцов, В.Т. Жадан, Н.Ф. Грищук и др. – М.: Metallurgy, 1978. – 232 с.
4. Прокатка полос переменного профиля / А.В. Степаненко, В.А. Король, Л. А. Смирнова.– Гомель: ИММС НАНБ, 2001. – 180 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВОЙ ПРОКАТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Кожевникова Г.В.

Физико-технический институт НАН Беларуси

В настоящее время в машиностроении методом поперечно-клиновой прокатки (ПКП) изготавливается широкая номенклатура изделий типа тел вращения с удлиненной осью. Их конфигурация может быть самой разнообразной: цилиндрические, конические и сфероидальные поверхности со всевозможными канавками и выступами (рис. 1).

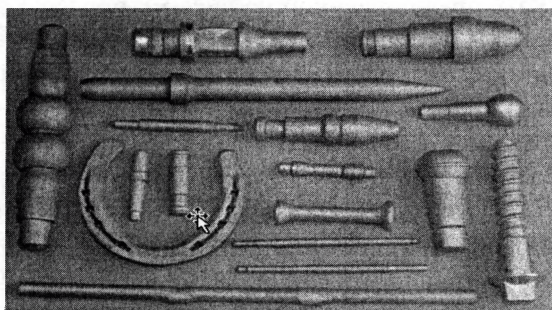


Рис. 1. Поковки, полученные ПКП

ПКП успешно зарекомендовала себя в автомобилестроении, тракторостроении, сельхозмашиностроении, станкостроении, приборостроении, энергетическом машиностроении, авиастроении, в горном и дорожном машиностроении, в атомной и оборонной промышленности, при производстве деталей велосипедов и мотоциклов, бытовой техники. Применение метода ПКП в металлообрабатывающей промышленности позволяет создавать высокопроизводительные малоотходные технологии изготовления профилированных заготовок под последующую точную штамповку или иные процессы пластического формообразования. Кроме того, существует достаточно обширная группа изделий, например, валы и оси в сельхозмашиностроении, для которых данный метод позволяет получить готовую деталь.

Схема ПКП плоским инструментом представлена на рис. 2. Механизмом передачи заготовка

подается в рабочую клетку стана и укладывается поперек заходной части неподвижного клинового инструмента. При прямом ходе верхней плиты стана заготовка-полуфабрикат прокатывается между подвижным верхним и неподвижным нижним клиновыми инструментами. Оба инструмента имеют боковые наклонные грани, которые заставляют перемещаться избытки металла по направлению к торцам, тем самым, удлиняя заготовку; оставшаяся часть металла прокатывается между инструментами. На заключительной стадии профилирования ножи, установленные по обе стороны инструмента, отрезают концевые отходы от окончательно оформленной детали, и она скатывается в приемную тару. Подвижный инструмент возвращается в исходное положение. Цикл обработки повторяется.

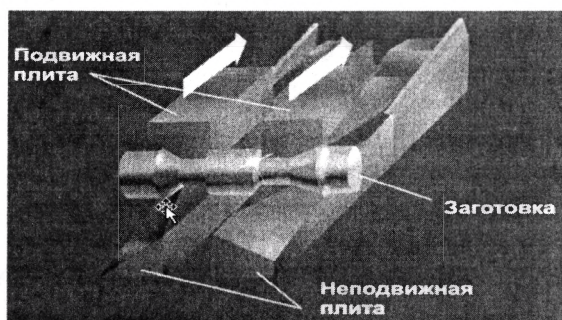


Рис. 2. Схема ПКП

Уже более 30 лет ПКП — одно из основных направлений исследований, разрабатываемых в Физико-техническом институте Национальной академии наук Беларуси. Разработана классическая теория поперечной прокатки, положенная в основу теории и технологии ПКП, проведены глубокие исследования вязкого разрушения при пластических деформациях [1]. Белорусская школа исследователей и технологов ПКП по общепринятой оценке занимает одно из лидирующих мест в мире. Косвенным подтверждением этому служит обладание ГНУ «ФТИ НАН Беларуси» 30% изобретений в мире в области ПКП.

Методом ПКП могут обрабатываться практически все конструкционные стали, ряд инструментальных сталей, а также сплавы на основе меди, титана, никеля, циркония. В процессе эксплуатации прокатанные изделия отличаются более высокой прочностью и износостойкостью. За один проход инструмента диаметральные размеры могут быть уменьшены в 4-8 раз. При этом обеспечивается изготовление деталей или полуфабрикатов диаметром от 2 мм до 120 мм длиной от

40 мм до 1000 мм, максимально достигаемая точность 0,01 мм (на диаметре 7 мм), максимально достигаемая чистота поверхности — 0,6 Ra.

Разработанные технологии и соответствующая технологическая оснастка ПКП обеспечивают: коэффициент использования металла — 0,8–0,98, стойкость плоско-прокатного инструмента до его полного выхода из строя — около 1 млн штук изделий, производительность процесса в зависимости от конфигурации изделия и схемы прокатки — 300–600 шт/час, повышение эксплуатационных характеристик прокатанных изделий на 10–15%.

50% оборудования ПКП в мире производится в Беларуси. Более 100 единиц прокатного оборудования различной модификации поставлено в страны ближнего и дальнего зарубежья. Белорусское оборудование работает в России, на Украине, в Болгарии, Польше, Чехии, Германии, Испании, Турции, США, Мексике, Индии, Южной Корее.

ФТИ НАН Беларуси ведет международное сотрудничество практически со всеми иностранными институтами и фирмами, где изучают и используют поперечно-клиновую прокатку. В настоящее время поддерживаются творческие научные контакты с ВНИИМетМАШ (Россия), Люблинским техническим университетом (Польша), Fraunhofer Institute for Machine Tools and Forming Technology IWU (Germany), Питсбургским университетом (США) и государственным университетом г. Кампиноса (Бразилия). Продолжается сотрудничество с целым рядом научных учреждений Республики Корея и Китая. Регулярно в ФТИ НАН Беларуси проводятся международные научно-технические конференции и семинары, посвященные технологиям поперечно-клиновой прокатки. Они позволяют представителям разных школ и направлений поперечно-клиновой прокатки обсудить результаты своей исследовательской деятельности и наметить перспективы и пути сотрудничества. Следующая международная научно-техническая конференция «Теория и практика поперечно-клиновой прокатки» состоится в ФТИ НАН Беларуси в сентябре 2008 г.

Схемы ПКП. Из известных принципиальных схем ПКП наибольшее применение получили плоско-клиновая и валковая, на основе которых спроектированы соответствующие виды оборудования. В процессе эксплуатации каждого вида определились их преимущества и недостатки.

Валковые станы характеризуются более высокой производительностью за счет отсутствия холостых ходов. К недостаткам валковых станом

следует отнести сложность и высокую трудоемкость изготовления гравюры валкового инструмента, которая выполняется на специальных токарных станках. Применяемая последующая термообработка не обеспечивает твердость, соответствующую твердости плоского инструмента. Как результат, более низкая стойкость валкового инструмента по сравнению с плоским. Кроме того, токарная обработка гравюры даёт более низкую её точность по сравнению со шлифованной гравюрой плоского инструмента, что ведёт к снижению точности прокатанных изделий.

Плоско-прокатные станы обладают рядом преимуществ по сравнению с валковыми станами:

- простота изготовления, высокая точность и низкая себестоимость плоского клинового инструмента, поскольку он изготавливается на универсальном фрезерном и шлифовальном оборудовании;
- стабильное положение детали на плоскости инструмента, в то время как при валковой прокатке деталь необходимо удерживать в зоне прокатки направляющими линейками;
- более высокая точность получаемых изделий, обеспечиваемая высокоточным плоско-клиновым инструментом и точным положением детали в процессе прокатки относительно плоского инструмента;
- более высокая стойкость плоского клинового инструмента (до 0,5 млн. деталей), достигаемая за счёт изготовления его составным, применения качественных марок сталей и качественной термообработки деформирующих клиньев.

Стоимость валкового инструмента, как правило, составляет до 10% от стоимости оборудования; плоский инструмент стоит 2÷4% от стоимости оборудования. В целом себестоимость производства прокатанных деталей на плоском стане на 25% ниже, чем на валковом.

Оборудование ПКП конструкции ФТИ НАН Беларуси. В ФТИ НАН Беларуси разработана гамма прокатного оборудования для прокатки деталей диаметром 5÷120 мм и длиной 30÷1000 мм [2]. Разрабатываемое оборудование соответствует лучшим мировым образцам. Конструкции оборудования постоянно совершенствуются в соответствии с требованиями, предъявляемыми заказчиками. На рис. 3 представлен новый стан ПКП конструкции ФТИ НАН Беларуси ПМ 5.150, вступивший в действие на «БЕЛКАРД» (Гродненский завод карданных валов) в 2006 г.

Разработанные технологии ПКП. Рассмотрим несколько из новых технологий ПКП, разработанных в ФТИ НАН Беларуси и стабильно рабо-

тающих на производстве. На рис. 4 показана фотография мерной прутковой заготовки, профилированной заготовки после ПКП под последующую точную штамповку и штамповки вилки карданного вала. Технология освоена на ОАО «БЕЛКАРД» с использованием стана ПКП конструкции ФТИ НАН Беларуси ПМ 5.150.

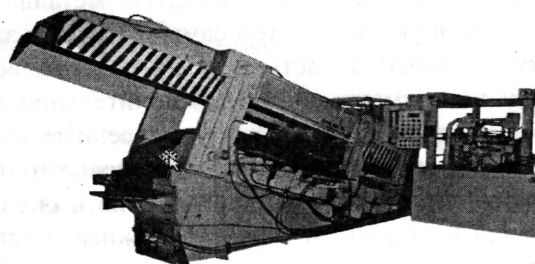


Рис. 3. Стан ПМ 5.150 внедрен на ОАО «БЕЛКАРД» (Гродненский завод карданных валов) в 2006г.

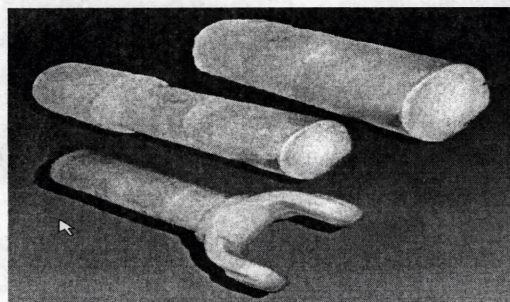


Рис. 4. Технология ПКП и штамповки вилки карданного вала

На рис. 5 показана накатка резьбы шурупа железнодорожного. Особенность новой прогрессивной технологии заключается в том, что при резьбе диаметром 24 мм, используется заготовка диаметром также 24 мм [3]. Это стало возможным за счет применения ПКП резьбы. Все это позволяет осуществить безоблойную штамповку головки шурупа. По старой технологии исходный диаметр заготовки был 20 мм, при накатке резьбы плоскими плашками или 22 мм, при накатке резьбы тремя роликами. В этих двух случаях высадка головки осуществлялась с облоем и требовалась дополнительная операция его обрезки.

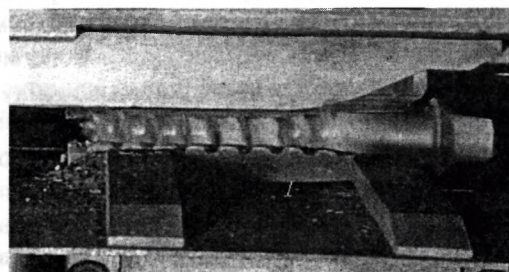


Рис. 5. ПКП шурупа железнодорожного

На рис. 6 представлена технология ПКП и штамповки гаечного ключа. Методом ПКП прокатывается заготовка под последующую безоблойную штамповку с того же нагрева.

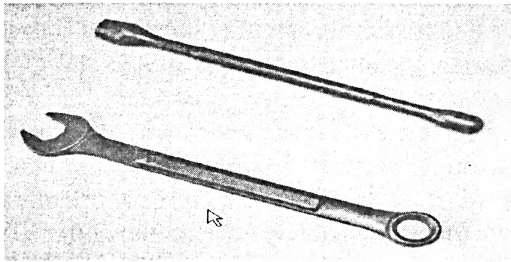


Рис. 6. Технология ПКП и штамповки гаечного ключа

Создана многофакторная компьютерная модель поперечно-клиновой прокатки. Решены задачи управления пространственным развитием процесса пластического формообразования для различных технологических процессов поперечно-

клиновой прокатки. Разработанная компьютерная модель позволяет проводить анализ с учетом различных особенностей геометрической конфигурации клиньев, их размеров, материала заготовок и закономерностей их формообразования, не прибегая к непосредственному изготовлению изделия. Моделирование позволило повысить эффективность процесса за счет наиболее полного использования ресурса пластических свойств металлов и сплавов.

Дальнейшее развитие ПКП видится в решение научной проблемы повышения эффективности процесса за счет наиболее полного использования пластических свойств металлов. Перспективным направлением в ближайшего времени будет создание автоматических комплексов нового уровня, обеспечивающих реализацию практически безотходных технологий с коэффициентом использования металла 0,95–0,98 и получение готовых изделий без применения чистовых операций механической обработки.

Литература

1. Щукин В.Я. Основы поперечно-клиновой прокатки. – Минск: Наука и техника, 1986. – 223 с.
2. <http://www.fti-cwr.narod.ru>.
3. Кожевникова Г.В. Развитие теории и технологии формообразования осесимметричных ступенчатых деталей поперечной прокаткой. – Мн.: Издательский дом «Белорусская наука», 2005. – 250 с.

О ВОССОЗДАНИИ РАКИ ПРЕПОДОБНОЙ ЕВФРОСИНИИ ПОЛОЦКОЙ

Кузьмич Н.П., Купченко Г.В.

В 2002 году Белорусский экзархат принял решение о воссоздании православной святыни — раки преподобной Евфросинии Полоцкой. Указ о закупке серебра и безвозмездной передаче его церкви подписал лично Президент Беларуси. Изготовление полуфабрикатов для воссоздания раки было поручено Физико-техническому институту НАН Беларуси, где из представленных Управлением делами Президента четырех слитков серебра было изготовлено 106,7 кг пластин из сплавов серебра, 12 кг проволоки, 5,5 кг припоя.

Для воссоздания раки большое значение имел выбор материалов и получение высококачественного листа, проволоки и припоя. Разработанная технология должна была обеспечить оптимальные механические свойства — прочность, твердость, упругость, пластичность, способность материала к глубокой вытяжке. Учитывая техноло-

гические и эстетические свойства, были выбраны сплавы серебра SrM925 , SrM960 и в качестве припоя эвтектический сплав ПСr72 .

Сплав серебра 925 пробы, известный как «стерлиговое серебро», обладая высокими физико-механическими свойствами, пригоден для эмалирования и чернения. Термической обработкой можно изменять в широких пределах механические свойства сплава: прочность, пластичность и твердость. Цвет сплава такой же, как у чистого серебра.

Сплав SrM960 из-за меньшего содержания меди более пластичен, чем SrM925 . Очень хорошо поддается обработке давлением, глубокой вытяжке, чеканке, волочению для получения тонкой проволоки.

Эвтектический сплав ПСr72 применялся в качестве припоя. Он характеризуется высокой твердостью, прочностью и низкой пластичностью.

Корпус раки святой Евфросинии Полоцкой изготовлен в древневизантийском стиле из серебра 960 пробы. Размер 2200×900×800 мм — по образу и подобию раки, изготовленной еще до революции. По сути, это новое произведение, созданное в современной Беларуси. Лицевая сторона в центре представляет собой рельеф из бронзы «перенос мощей из Иерусалима в Киев». По бокам установлены литые бронзовые византийские кресты, прямоугольник венчают полуколонки из бронзы. Обратная сторона — рельеф «все белорусские святые», в центре рельефа «Евфросиния Полоцкая закладывает храм с лопатой в руках». В ногах изображение древнего Полоцка, в голове — «крест Евфросинии Полоцкой в сиянии». Все рельефы выполнены из бронзы методом литья в мастерской «ООО Миоран», (г. Минск), золочение выполнено гальваническим методом в мастерской РПП (г. Софино, Россия) (см. иллюстрации на 2 стр. обложки).

Сам остов раки собран из бруса и доски клена и сосны. Серебро: прокат, проволока, припой — изготовлено в Беларуси специалистами Физикотехнического института под руководством д.т.н. Купченко Г.В.

Для работы над конструкцией была применена тактика подрезки серебра специальным резцом и гибка по прямой. Этим было достигнуто совершенное трансформирование плоскости и угла. Все плоскости были уложены листом толщиной

0,6 мм. Швы не паялись, а состыковывались и прибивались гвоздями из сплава CrM925. Все накладные украшения выполнены методом литья. Применялось как литье воска инжектором, так и литье воска в форму с последующим подрезанием до нужной толщины стенки восковки. Этим достигался минимальный вес изделия. Крышка раки, с рельефом Евфросинии Полоцкой в полный рост, исполнена на бетонной матрице методом выколотки. Листы 0,6 мм предварительно паялись. Когда в процессе обработки припой трескался и отшелушивался, бракованные листы приходилось перепаявать. Оптимальным было бы сваривать листы. К сожалению, этот технологический прием применен не был. После чернения из-за разности проб металла остается шов, который убрать невозможно.

Все эмали из-за их многообразия и большого объема выполнялись методом литья с повторением. Температура обжига 800...850°C. Оснастка для матриц изготавливалась из твердого воска, резьба по воску с последующим переводом в серебро.

Иконы в ризе исполнены на холсте маслом. Венец исполнен методом литья, сборки и установки камней и жемчуга. Боковая надпись на крышке выполнена методом тиснения на матрице.

5 июня 2007 года в присутствии Президента Александра Лукашенко воссозданная рака с мощами преподобной Евфросинии Полоцкой была торжественно освящена митрополитом Филаретом.



Краткая справка

Крест Евфросинии Полоцкой. Особое место в Спасо-Преображенском храме занимал Крест, который по заказу Евфросинии был создан в 1161 году полоцким мастером-ювелиром Лазарем Богшей.

Крест представлял собой ковчег, в котором находились великие христианские святыни, привезенные из Иерусалима и Константинополя.

Основание креста было обито 22 золотыми пластинами и 20 серебряными с позолотой. Крест был украшен драгоценными камнями, изысканным орнаментом, жемчугом и 20 миниатюрными эмалевыми иконками.

В 1921–1922 годах советскими властями из монастыря были изъяты Евфросиниевский Крест, святые иконы и другие ценности. Крест в 1921 году был передан в Полоцкий финотдел, а затем — в Минск, где некоторое время находился в

Белорусском государственном музее. В 1929 году святыню перевезли в Могилевский музей, а оттуда — в здание Могилевского обкома партии. Крест преподобной Евфросинии находился там до начала Великой Отечественной войны, а в 1941 году он бесследно исчез.

В 1992 году в г. Бресте начались работы по воссозданию Креста преподобной Евфросинии Полоцкой и в 1997 году воссозданный Евфросиниевский Крест был торжественно привезен в Спасский монастырь. Изготовленный брестским мастером Николаем Петровичем Кузьмичем (затем выполнявшим работы по воссозданию раки преподобной Евфросинии) в древневизантийской технике перегородчатой эмали (см. илл. на 2 стр. обложки), Крест хранит в себе частицы тех же святынь, которые некогда помещались в древнем.

Рака Евфросинии Полоцкой. 22 мая 1910 года святые мощи Евфросинии Полоцкой были пере-

несены крестным ходом в Спасо-Преображенский храм и помещены в драгоценную серебряную раку (*рака — гробница, большой украшенный ларец, в котором помещаются, часто вместе с гробом, мощи святого*), украшенную барельефами, эмалевыми изображениями и орнаментами. Эта рака была изготовлена на добровольные пожертвования верующих. Она весила около 40 пудов (около 640 кг), 8 пудов из которых составляло серебро (около 128 кг).

Во время Первой мировой войны, в 1915 году, святые мощи преподобной Евфросинии были эвакуированы в Ростов Великий, где находились

в Богоявленском Авраамиевом монастыре в течение нескольких лет. В 1921 году драгоценная серебряная рака, в которой почивали святые мощи, была реквизирована вместе с другими монастырскими ценностями.

В 2002 году Белорусским экзархатом было принято решение о воссоздании раки Евфросинии Полоцкой.

5 июня 2007 года воссозданная рака с мощами преподобной Евфросинии Полоцкой была торжественно освящена митрополитом Филаретом в Спасской обители.



ВИБРАЦИОННЫЕ ПРУЖИННЫЕ МЕЛЬНИЦЫ С РАДИАЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

*Сиваченко Л.А., д.т.н., Кемова В.А., ассистент,
«Белорусско-Российский университет»*

В современных технологиях производства строительных и отделочных материалов, резинотехнической, радиотехнической, полимерной, электротехнической отраслях промышленности тонкодисперсные порошки и суспензии являются основными компонентами, влияющие главным образом на качество готовых изделий.

В настоящее время для этих целей достаточно широко применяются струйные, вибрационные и бисерные мельницы [1, 2]. К новым видам машин для тонкого и сверхтонкого помола можно отнести электромагнитные и пружинные мельницы. Последний вид оборудования предложен в Могилевском машиностроительном институте в 1979 году авторами статьи [3].

Все перечисленные аппараты широко представлены в научно-технической литературе, где также приведен их критический анализ. В настоящей работе мы представляем одно из направлений совершенствования пружинных мельниц.

Механизм реализации процесса разрушения представлен на рис. 1.

Принципиально новой конструкцией пружинной мельницы является использование для целей тонкого помола схемы, показанной на рис. 2.

В технологическом плане получен аналог бисерной мельницы, лишенный ее главных недостатков — необходимости уплотнения одной из

опор, находящихся в рабочей среде, дороговизны мелющих тел и очень высокой энергоемкости процесса измельчения

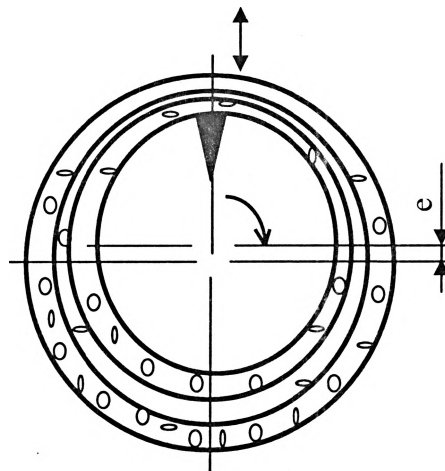


Рис. 1. Механизм реализации процесса разрушения

В основу предлагаемой нами конструкции положен чрезвычайно прогрессивный способ передачи механической энергии от силовой установки в рабочую камеру — виброинерционный, а мелющие тела выполнены в виде пакета пружин, разгруженных от действия значительных знакопеременных нагрузок. Характер воздействия на обрабатываемую среду сводится к тому, что в кольцевом рабочем пространстве с неподвижным внешним и под-

вижным внутренним кольцом мелющее тело, например, пружина, совершает радиальные колебания и производит разрушение твердых частиц или диспергирование композиций.

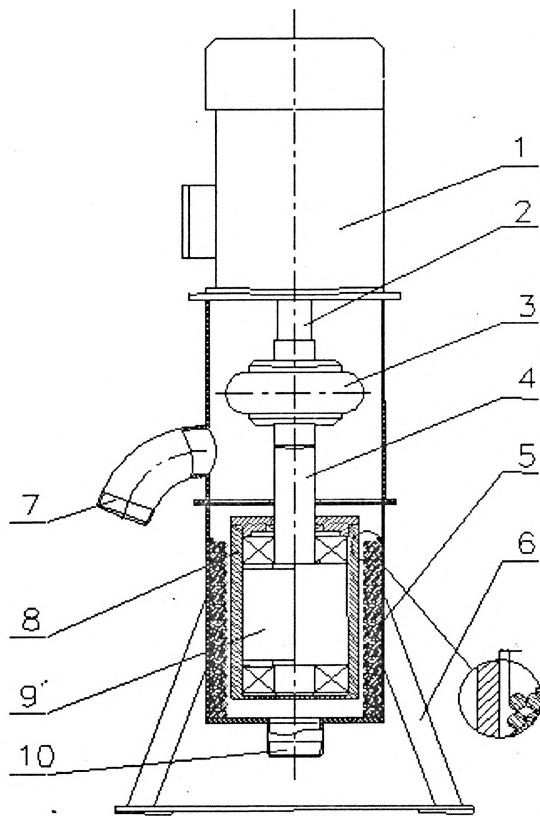


Рис. 2. Вибрационная пружинная мельница с радиальным движением рабочих элементов

Новая мельница представляет собой установленный на опорной раме 6 цилиндрический стакан с размещенным внутри него инерционным вибровозбудителем 9. Кольцевое пространство между стаканом и ограничителем 8 вибровозбудителя заполнено пакетом пружин 5, установленных с определенным зазором между собой. Выходной конец вала 4 вибровозбудителя через эластичную муфту 3 связан с выходным валом 2 электродвигателя 1, смонтированным на стакане

посредством стоек. Для подачи исходного материала и отвода обработанного продукта предусмотрены соответствующие патрубки 10 и 7. Мельница предназначена для мокрого измельчения и работает следующим образом. Включается электродвигатель и через муфту приводит в колебательное движение корпус вибровозбудителя. Под давлением исходный материал через патрубок подается в рабочую камеру, где попадает в сходящиеся пространства между витками пружин пакета и интенсивно разрушается. Большая контактная поверхность мелющей загрузки, равномерность и упорядоченность рабочих зон позволяет получить высокую степень измельчения и производительность. Определенным аналогом работы устройства в целом может служить конусная инерционная дробилка конструкции ВНИПИ «Механобр» с главными отличиями в исполнении измельчительной гарнитуры. Отвод отработанного продукта происходит через патрубок. Мельница с радиальным движением рабочих элементов находится у истоков своего развития. Ожидается, что она сможет хорошо перерабатывать жидкотекучие композиции с максимальной исходной крупностью частиц не более 3-5 мм и получать продукт крупности менее 10 мкм.

Расчетная производительность одного рабочего модуля по проходу на суспензии может достигать 10...50 т/час, прочность перерабатываемого материала на сжатие может варьироваться в пределах от 10 до 200 МПа, а энергоемкость процесса не превышает 10 кВт·ч/т. Нарботка на отказ и износостойкость аппарата пока не определены, но очевидно, что эти параметры будут значительно лучше, чем у разработанных нами ранее пружинных мельниц вращательного действия. Опытный образец пружинной мельницы с радиальным движением рабочих элементов готовится к технологическим испытаниям. Эти и другие исследования будут изложены в последующих публикациях.

Литература

1. Денисов, Г. А. Оборудование и технологии для вибрационного измельчения материалов с различными физическими свойствами / Г. А. Денисов, Л. П. Зарогатский, В. Я. Туркин: - С-П.: АО «Механобр-техника», 1992. - 119 с.
2. Производительность бисерных мельниц / И.А.Орешкин [и др.] // Технологические процессы и оборудование для дезинтеграции различных материалов и производства порошков: межвед. сб. науч. тр. – Л.: «Механобр», 1991. С. 92-95
3. Сиваченко, Л. А. Создание винтовых пружинных аппаратов для помола и смешивания, исследование их рабочих процессов и разработка методов расчета основных параметров: автореф. дис. докт. техн. наук. – М. : 1995. – 47 с.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Голубев В.С., зав. лабораторией лазерной обработки материалов
Физико-технический институт НАН Беларуси*

В Физико-техническом институте более 20-ти лет проводятся работы в области лазерных технологий применительно к машиностроению и металлообработке. В данных материалах приведены примеры развития таких методов обработки как: лазерная резка, сварка, термообработка (закалка, легирование), наплавка и разработка соответствующего оборудования

Лазерная резка

Преимущества:

- минимальное механическое воздействие, оказываемое на материал;
- широкий диапазон разрезаемых материалов (дерево, стекло, асбест, керамика, металл...);
- возможность осуществления резки по сложному контуру при минимальной ширине реза, что приводит к значительной экономии разрезаемого материала.

Технология нашла применение при производстве разбрасывателей удобрений («Бобруйскагро-маш»), корпусных деталей («Опытный мех. завод Белбыта»), рекламных щитов («Славнефть-старт») и др.

Может использоваться для фасонной резки труб, изготовления штамповочных форм для производства картонной упаковки и т.п.

В институте разработан ряд технологического оборудования для осуществления указанных процессов. Создан также комплекс гибридного типа, когда на едином технологическом портале возможно осуществление процесса как лазерной, так и плазменной резки.

Лазерная сварка

Преимущества:

- высокое качество получаемых сварных соединений;
- прочность швов близка к прочности основного

материала;

- минимальное коробление сварных узлов и конструкций;
- возможность надежного соединения трудносвариваемых традиционными методами материалов;
- простота организации защиты места сварки от вредного воздействия на металл окружающего воздуха.

Лазерно-плазменная резка

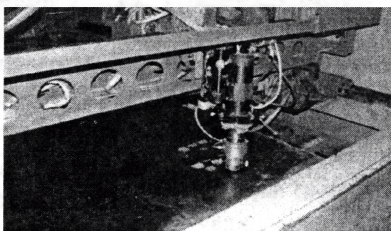


Рис. 1. Лазерная резка

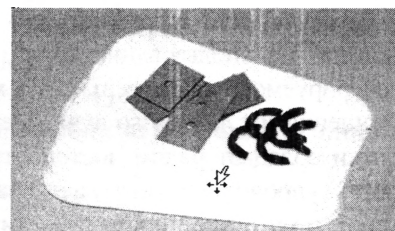


Рис. 2. Детали, изготовленные методом лазерной резки

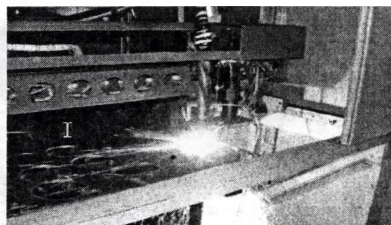


Рис. 3. Плазменная резка

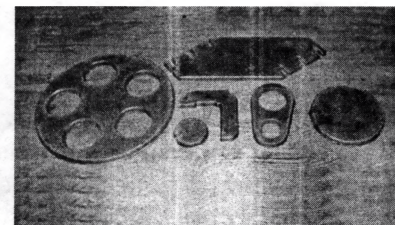


Рис. 4. Детали, изготовленные методом плазменной резки

Технология была апробирована применительно к:

- изготовлению сегментных отрезных алмазных кругов;
- креплению твердосплавных расклинивающих пластин к полотну пил для резки древесины;
- изготовлению биметаллических фрез из различных сталей Р6М5-9ХС;
- изготовлению корпуса датчика давления воды и электромагнитного клапана автомобиля «ВАЗ».

Лазерная сварка отрезных алмазных сегментных кругов

Алмазные отрезные сегментные круги — один из эффективнейших инструментов для резки мрамора, гранита, бетона, железобетона, асфальта, и т.д.

Преимущество лазерной сварки:

- Отсутствие деформации корпусов пил и минимальная зона термического влияния
- Инструмент может работать без использования охлаждающих сред
- Широкий спектр используемых связок (на основе Ni, Co, Fe, Cu и др., разработанных в РБ и СНГ)
- Высокая производительность и стабильность геометрических характеристик.

Лазерная термообработка (закалка, легирование)

Лазерная термообработка основана на использовании тепла, генерируемого на поверхности материала при поглощении им лазерного луча. Метод лазерной обработки обладает рядом достоинств: высокая локальность упрочнения (что дает значительную экономию), отсутствие необходимости применения охлаждающих сред, возможность использования в качестве финишной операции вследствие отсутствия опарности коробления, большие возможности автоматизации процесса и другие.

Лазерная технология упрочнения применима к весьма широкой номенклатуре деталей. В ФТИ НАН Беларуси, например, разработана технология лазерной закалки деталей подвески (кронштейны, проушины) заднего моста автомобиля МАЗ 6422, что позволило повысить их долговечность в 3 раза. Применительно к деталям типа «вал-золотник» (Борисовский завод «Автогидроусилитель»), достигаемая твердость на рабочих шейках составляет 60 ед. HRC при общей твердости всей детали 40 ед. HRC. и т.д.

Перспективно использование лазерного упрочнения в инструментальном производстве. Так, упрочнение режущего и холодновысадочного инструмента, деталей прессоштамповой оснастки позволяет повысить их стойкость в 3–5 и более раз. Технология апробирована на БелОМО, ОАО «Мотовело», КЗТШ, Борисовский з-д «Автогидроусилитель» и др. Эффект в 1,6–3,0 раза наблюдается для металло- и дереворежущего инструмента, в том числе оснащенного твердосплавными вставками.

В институте разработан процесс легирования ковочных штампов из стали 5ХНМ, долговеч-

Лазерная сварка отрезных алмазных сегментных кругов

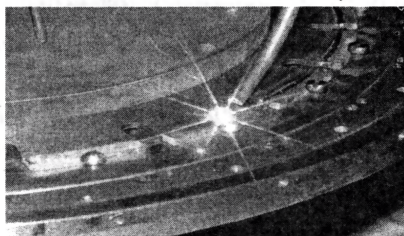


Рис. 5. Лазерная сварка



Рис. 6. Фрагмент алмазного сегментного круга после лазерной сварки

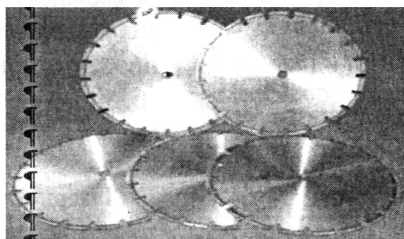


Рис. 7. Алмазные отрезные сегментные круги

ность которых при этом возрастает в 3–4 раза. Метод лазерного легирования позволяет получать на сталях и титановых сплавах слои с твердостью 68–70 ед. HRC, а на сплавах алюминия — слои с твердостью до 25–30 ед. HRC. Эффективно для таких деталей как ножи кормоуборочных машин (ПО «Гомсельмаш»), резцы горнопроходческих комбайнов (ПО «Беларуськалий») и др.

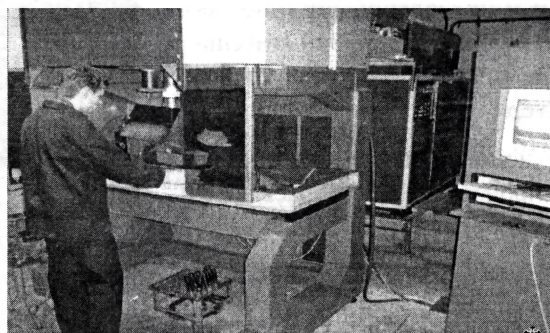


Рис. 8. На заводе «Автогидроусилитель» создан современный технологический участок лазерного упрочнения быстроизнашивающихся деталей гидроусилителя руля мощностью до 150 тыс. деталей в год

Технология и оборудование для лазерного упрочнения быстроизнашивающихся деталей рулевого механизма автомобилей

Разработанная технология лазерного упрочнения перспективна для изделий, долговечность которых лимитируется износостойкостью и сопротивлением усталости, особенно, если закалка другими методами затруднена вследствие сложности конфигурации детали и возможности ее значительного коробления.

Технология основана на использовании высоких скоростей нагрева поверхностного слоя до температур, превышающих температуру фазовых превращений или плавления сплава, и последующего высокоскоростного охлаждения путем основного теплоотвода в массу металла так и дополнительного охлаждения поверхности.

Совместными усилиями специалистов ФТИ НАН Беларуси и РУПП «Борисовский завод «Автогидроусилитель» в период с 2004 г. по 2006 г. в рамках задания 2.25. ГНТП «Технологии»:

- Разработаны и внедрены технологические процессы лазерного упрочнения деталей механизма рулевого управления 5-ти наименований быстроизнашивающихся деталей механизма рулевого управления. Основные преимущества предложенных решений: упрочнению подвергаются только локальные участки на деталях типа «вал-золотник», «кольцо наружное» и др., облегчается последующая их механическая обработка и профилирование. В упрочненном слое глубиной до 1 мм достигаются максимально достижимые 60-62 HRC для стали типа 40X и аналогичных.

- Закреплены позиции РУПП «Борисовский Завод «Автогидроусилитель» на российском рынке. Внедрение технологии локального упрочнения поверхностей деталей позволило предприятию освоить производство современных механизмов рулевого управления интегрального типа (ШНКФ 453461.103, ШНКФ 453461.200, ШНКФ 453461.400, ШНКФ 453461.420). За указанный период произведено и поставлено на экспорт около 200 тыс. механизмов ГУРов на сумму более 60.0 млрд. руб. РБ для оснащения ими автомобилей семейства ГАЗ, КАМАЗ, МАЗ и др.
- Оценка практической значимости показывает, что внедрение разработанных технологий позволяет повысить культуру и технический уровень производства, увеличить ресурс работы конкретных деталей и всего механизма рулевого управления в целом в 2 и более раз.

Экономический эффект от внедрения лазерной

Лазерное упрочнение

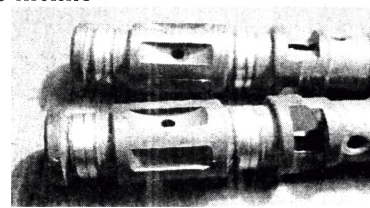
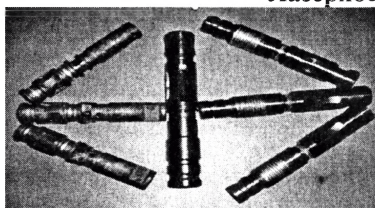


Рис. 9. Различные типы деталей «вал-золотник»

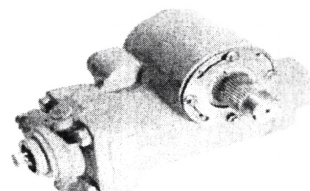
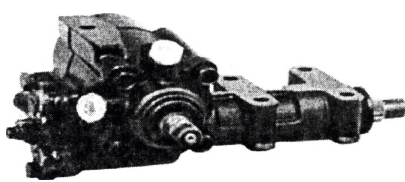


Рис. 10. Различные типы гидроусилителей руля

технологии упрочнения составил 1.8 млрд. рублей, окупаемость затраченных бюджетных средств составила 125 раз.

Лазерное модифицирование рабочих органов с/х машин

Лазерное модифицирование

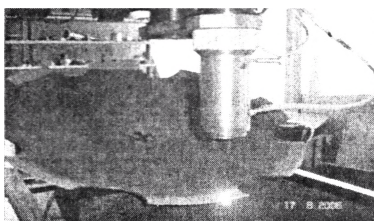


Рис. 11. Лазерное модифицирование рабочей поверхности диска бороны

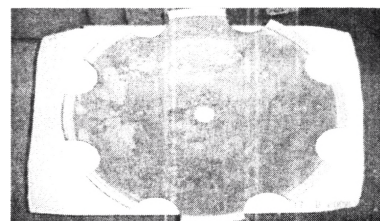


Рис. 12. Диск бороны

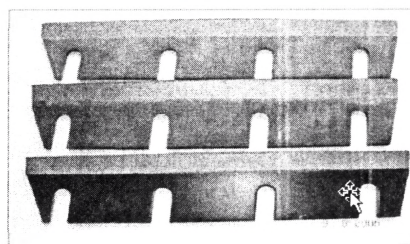


Рис. 13. Ножи кормоуборочного комбайна «Ягуар»

Лазерная наплавка

По сравнению с традиционными методами лазерная наплавка обеспечивает минимальную зону термического влияния, значительное снижение остаточных деформаций в детали, минимальное перемешивание наплавляемого материала с материалом основы и т.п.

В ФТИ НАН Беларуси разработаны и внедрены

технологические процессы по восстановлению стальных деталей, из титановых, алюминиевых и медных сплавов. Технология прошла апробацию в производстве авиаремонтного завода № 407 ГА, для литейной и штамповой оснастки на БелОМО, ЗАО «Атлант» и др.

Восстановление и упрочнение точных матриц, штампов и прессформ

Лазерное модифицирование

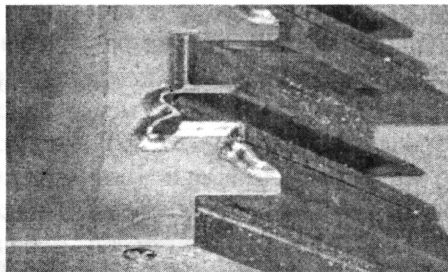
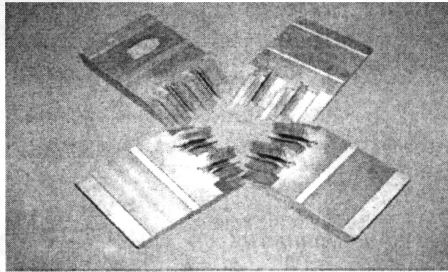


Рис. 14. Изношенный профиль фильер литья уплотнителя холодильника

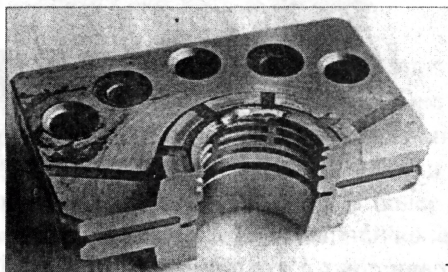
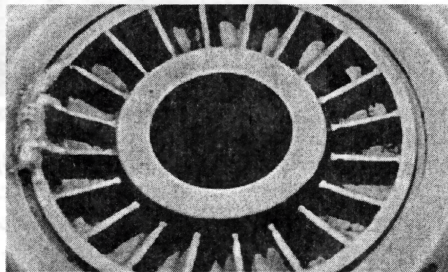


Рис. 15. Формы литья газовой горелки и горлышка бутылки ПЭТ после лазерной наплавки

Упрочнение и восстановление деталей машин с использованием лазерного излучения

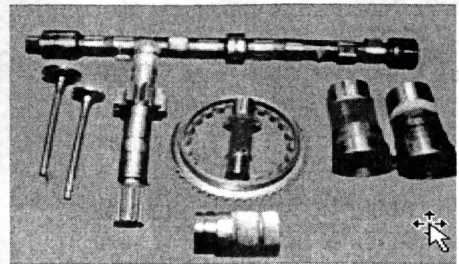


Рис. 16. Широкий спектр деталей, подвергаемых лазерной обработке

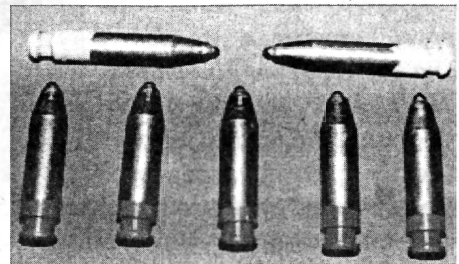


Рис. 17. Резцы РКС-1 горнопроходческого комбайна

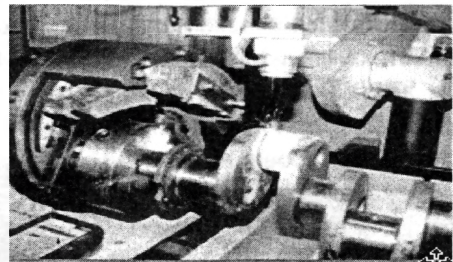


Рис. 18. Коленвал дизель-локомотива

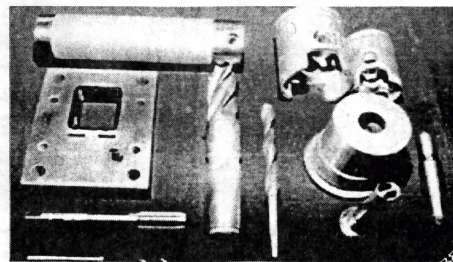


Рис. 19. Прессо-штамповая оснастка и инструмент

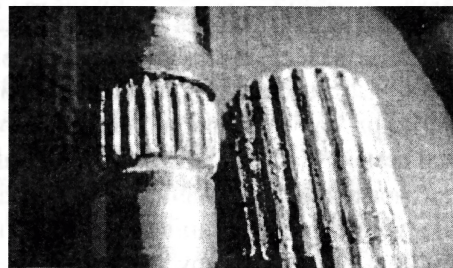
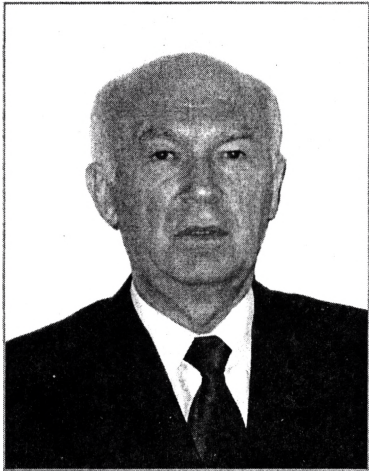


Рис. 20. Восстановленные шлицы



70 АКАДЕМИК ДОСТАНКО АНАТОЛИЙ ПАВЛОВИЧ

2 июля 2007 года исполнилось 70 лет заведующему кафедрой электронной техники и технологии Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, академику НАН Беларуси, доктору технических наук, профессору, заслуженному изобретателю СССР, Заслуженному деятелю науки и техники Белорусской ССР, дважды лауреату Государственных премий БССР в области науки и техники (техника и за учебники), лауреату премии Совета министров Республики Беларусь, лауреату премии Президиума АН СССР по проблемам микроэлектроники, лауреату премии НАН Беларуси **ДОСТАНКО Анатолию Павловичу**.

Анатолий Павлович Достанко (р. 2.07.1937 г., д. Обчин Любанского района Минской области) — ученый в области твердотельной микроэлектроники. Академик с 1991 г. (чл.-корр. с 1986 г.) доктор технических наук (1979 г.), профессор (1979 г.), Заслуженный деятель науки и техники БССР (1984 г.), Заслуженный изобретатель СССР (1987 г.).

Окончил Таганрогский радиотехнический институт (1962 г.). С 1962 г. сотрудник этого института. С 1970 г. доцент, с 1975 г. заведующий кафедрой, с 1985 г. первый проректор по учебной работе Минского радиотехнического института. С 1993 г. председатель Высшей аттестационной комиссии при Совете Министров Республики Беларусь, в 1995–2001 гг. председатель Государственного высшего аттестационного комитета Республики Беларусь и член Правительства Республики Беларусь, одновременно заведующий кафедрой Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

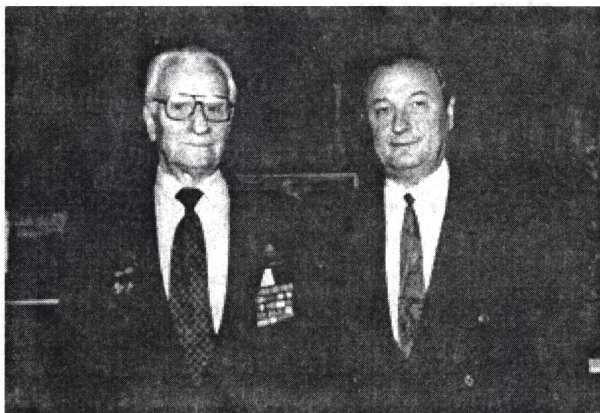
Основные работы по проблемам микроэлектроники, физики и техники пучковых технологий, пленочное материаловедение, диагностики технологических процессов и технологии электронной аппаратуры. Создал физико-химические основы модифицирования микрообъемов твердых тел в пористых структурах высокоэнергетическими потоками частиц. Теоретически обосновал и экспериментально реализовал физические явления селективного распыления, фазового расслоения в многокомпонентных пленочных структурах и восходящей диффузии легкой компоненты под воздействием ионной бомбардировки. Разработал принципы построения программно-управляемых модульных технологических систем на базе ионных и электронных пучков, потоков инфракрасного излучения и СВЧ разрядов, а также интегральные технологии излучения многофункциональных твердотельных структур микро- и оптоэлектроники. Государственная премия БССР 1982 года за исследование, разработку и внедрение комплекса высокоэффективных технологических процессов и оборудования для производства изделий микроэлектроники. Премия Совета Министров Республики Беларусь 1991 года за разработку и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих экономию остродефицитных и драгоценных материалов. Государственная премия Республики Беларусь 1996 года за цикл учебников и учебных пособий для высших и средних специальных учебных заведений по технологии производства ЭВМ, физико-химическим и технологическим дисциплинам радио и электронновычислительного профиля.

Автор более 600 научных работ, в т.ч. 19 монографий, учебников и учебных пособий. Имеет более 300 патентов и авторских свидетельств на изобретения.

Редакция журнала «Инженер-механик» поздравляет Анатолия Павловича с юбилеем, желает здоровья, новых творческих успехов.

ГЛАВНЫЙ КОНСТРУКТОР ЯДЕРНОГО ЩИТА

Шпилевский Э.М., к.ф.-м.н., зав. отделом «Новые материалы» Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси



На праздновании в БГУ им. В.И. Ленина (1980г.) А.А. Бриш и декан физического факультета Э.М. Шпилевский

В мае 2007 года исполнилось 90 лет лауреату Ленинской и Государственных премий, Герою Социалистического Труда, Заслуженному деятелю науки и техники Российской Федерации, доктору технических наук, профессору Аркадию Адамовичу Бришу, одному из создателей ядерного оружия в СССР, уроженцу г. Минска, который он самоотверженно защищал в годы Великой Отечественной войны.

В должности главного конструктора ядерных боеприпасов СССР А.А. Бриш работал с 1964 года до времени развала страны, затем 12 лет — в должности Главного конструктора ядерных боеприпасов России, с 1996 года — Почётный руководитель Предприятия (РФНИИ авиационной автоматики).

За успешное выполнение специальных заданий Правительства, за храбрость, стойкость и мужество, проявленные в партизанской борьбе против немецко-фашистских захватчиков, за заслуги перед государством, большой личный вклад в развитие атомной промышленности А.А. Бриш был удостоен государственных наград: Золотая медаль «Серп и молот» (1983); четыре Ордена Ленина (1955, 1962, 1966, 1983 гг.); Орден Октябрьской революции (1976 г.); два ордена Трудового Красного Знамени (1951, 1954 гг.); орден Отечественной войны II степени (1985 г.); орден Красной Звезды (1948 г.); медаль «Партизану Отечественной войны» I степени (1944 г.); медаль «За победу над Германией в Великой Отечественной войне

1941–1945 гг.» (1945 г.), более 10 других медалей за значимый вклад в ратные и трудовые дела.

Истоки

Аркадий Адамович Бриш родился 14 мая 1917 года в семье белорусского учителя физики. Отец, начавший учительский путь в 1901 году, смог привить маленькому Аркаше такие важные для любого человека качества как трудолюбие, обязательность и ответственность, а ещё любовь к технике, к математике и физике как фундаменту инженерного дела.

После окончания 7-ми классов средней школы Аркаша Бриш поступил в фабрично-заводское училище. Трудовую деятельность начал в 14 лет (в октябре 1931 года) учеником электромонтера Белорусской конторы Всесоюзного электротехнического объединения. В 1932–1935 годы работая электромонтёром, учится в вечерней школе Западной железной дороги. После окончания средней школы в 1935 году поступает на физико-математический факультет Белорусского государственного университета. В 1940 году дипломированный физик А.А. Бриш направляется на научную работу в НАН БССР. Молодого специалиста-физика определяют в институт химии НАН БССР с заданием: рентгенографические исследования структуры и фазового состава различных веществ. В должности младшего научного сотрудника названного института Аркадий Адамович успешно работал вплоть до оккупации фашистами г. Минска.

Война

Война. Это отдельная страница в жизни Аркадия Адамовича, которая не просто оставила свой неизгладимый след в его памяти, но и, думается, в какой-то степени предопределила его жизненный путь. Сразу же после прихода немецко-фашистских захватчиков в Минске начали создаваться подпольные группы, в окрестностях города формировались партизанские отряды. В одну из таких подпольных групп, которую возглавляла Анастасия Фоминична Веремейчик, вошёл Аркадий Адамович Бриш. Эта группа добывала и передавала в партизанский отряд разведывательные данные, оружие, боеприпасы и медикаменты. На счету этой группы изъятие и сохранение сейфа с архивом народного писателя Беларуси Якуба Ко-

лоса, организация нелегального прослушивания радиопередач из Москвы, распространение листовок. Аркадий Адамович принимал самое активное участие в деятельности подпольной группы. Он организовал вывоз из Минска оборудования и материалов для подпольной типографии, был связным, разведчиком, а затем вошёл в разведгруппу штаба бригады им. К. Ворошилова, действующей в Узденском районе. А.А. Бриш ходил на боевые задания, участвовал во многих боях с оккупантами, в частности в декабре 1943 года принимал участие в разгроме крупной колонны фашистских автомашин, охраняемых броневиками, на шоссе Минск – Слуцк.

За участие в боевых операциях в тылу врага он награжден орденом Красной Звезды и медалью «Партизану Отечественной войны» I степени.

В 1944 году решением штаба партизанского движения Белоруссии Аркадий Адамович был откомандирован для продолжения научной работы в институт машиноведения АН СССР.

Москва. Первые научные успехи

1944 год. А.А. Бришу 27 лет. Война еще идет. Но страна нацелена на мирное строительство. Освобожденной Беларуси потребуются высококвалифицированные кадры, в том числе машиностроители. Ведь планируется строительство крупного автозавода именно в городе Минске. Институт машиноведения АН СССР — это то, что надо его Республике. Он физик, изучал различные материалы до войны. Что-то забылось, но какая-то база есть. Младший научный сотрудник Аркадий Бриш проявляет интерес и старания: лаборатория – библиотека – лаборатория. Как лучшего сотрудника его рекомендуют к вступлению в партию. В 1946 партийной организацией Отделения технических наук АН СССР Аркадий Адамович Бриш принят в члены КПСС. (Отмечу, что прием в члены партии, особенно научных работников, был возможен при высоких производственных показателях и примерном поведении).

Об успехах молодого ученого из Беларуси можно судить по публикации в газете «Комсомольская правда» от 23 мая 1947 года. В небольшой заметке на 3-ей странице сообщается, что в Белом зале Дома ученых открылась конференция молодых учёных Института машиноведения Академии наук Союза ССР. «В первый день конференции было заслушано пять сообщений. Особое внимание привлёк доклад тов. А.А. Бриш «Электромагнитные методы измерений деформаций и напряжений в деталях машин». Этот вопрос явля-

ется сейчас одним из очень важных в машиностроении. Ни одна новая конструкция не может быть создана без полных предварительных исследований напряжений и возможных деформаций деталей во время её работы. ... Молодой ученый А.А. Бриш предложил в своём докладе гораздо более чувствительный способ измерения напряжений и деформаций деталей, чем это практикуется сейчас».

Саров. Исследование процессов и продуктов взрыва

В июле 1947 года, после непродолжительной работы в институте машиноведения АН СССР, решением Совета Министров Аркадий Адамович Бриш откомандирован в КБ-11 официально «в научно-экспериментальную лабораторию Приволжской конторы Главгостроя СССР», ныне Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (ВНИИЭФ), где занимались разработкой ядерного оружия.

Ехал Аркадий Адамович в «Арзамас-16» (г. Саров) с твердым намерением непосредственно участвовать в укреплении и развитии оборонной мощи страны, продолжать и после войны, в силу своих знаний и возможностей, отстаивать честь, свободу и независимость своего Отечества. Если и были сомнения, так только «Справлюсь ли? Хватит ли знаний? Достаточно ли способен?»

Направлен А.А. Бриш был в лабораторию В.А. Цукермана, где уже работали Л.В. Альтшулер, З.А. Азарх, К.К. Крупников, Б.Н. Леденев, Д.М. Тарасов, А.А. Баканова и другие.

Конечно, вначале не хватало знаний, особенно умения их применять к конкретному делу. Да и выбор пути решения поставленных задач давался не легко. Все вместе постепенно осваивали новое — основы газодинамики, основные методики исследования процесса взрыва. А.А. Бриш сначала занимался совершенствованием методики фотохронметрической регистрации, но уже в октябре 1947 года начались его самостоятельные взрывы с попыткой измерить давление в детонационной волне. Вскоре Аркадием Адамовичем и его группой был установлен новый физический эффект — появление высокой электрической проводимости продуктов взрыва под действием сильных ударных волн.

Для расчёта ядерного заряда были необходимы знания о давлении, вызывающем детонацию взрывчатого вещества, которое может быть применено в конструкции заряда. Решение этого непростого вопроса в 1948 году было поручено

А.А. Бришу, который привлек несколько методик и определил необходимые величины. Однако полученные результаты серьёзно расходились с расчетными и обоснованность расчёта ядерного заряда вновь была поставлена под сомнение. Потребовались новые расчеты и новые эксперименты. После существенных усовершенствований теоретических и экспериментальных подходов в начале 1949 года были получены все необходимые и надежные результаты для расчёта и изготовления атомного заряда. Испытание первого атомного заряда в августе 1949 года прошло успешно.

Успешные испытания первого атомного заряда выдвинули новые, более сложные задачи, среди них задачу создания внешнего импульсного нейтронного источника для подрыва атомного заряда. В 1950 году Ю.Б. Харитон, научный руководитель ВНИИЭФ, поручает А.А. Бришу разработку принципиально новой системы подрыва с внешним источником нейтронов. Работы по созданию новой системы автоматики подрыва были выполнены в течение 1950–1954 гг. под руководством А.А. Бриша. В 1954 году в СССР была впервые внедрена новая автоматика подрыва и нейтронного инициирования атомного оружия. В дальнейшем результаты этих работ легли в основу развития научно-технического направления по созданию «чистых» ядерных зарядов.

Москва. Автоматика для ядерного оружия

С целью разработки автоматизированных систем для ядерного оружия в 1955 году А.А. Бриш переведен в Москву в НИИ авиационной автоматики заместителем главного конструктора. В 1964 году назначен главным конструктором.

С 1955 года началось серийное производство авиабомб с новой автоматикой и систематические натурные испытания создаваемых ядерных боеприпасов, в том числе и с водородными зарядами.

Используя опыт специалистов, пришедших из авиации, были разработаны разнообразные бортовые приборы ядерных боеприпасов в эксплуатации — создана унифицированная контрольная аппаратура.

В 1957 году удалось создать унифицированную автоматику подрыва для различных типов боеприпасов. К 1960 году вес автоматики был уменьшен в 15 раз по сравнению с первоначальным, а к 1970 году — в 50 раз. Продолжаются работы по дальнейшему совершенствованию и расширению функциональных возможностей автоматики подрыва и нейтронного инициирования. Все большую роль играет автоматика подрыва в

обеспечении безопасности эксплуатации ядерного оружия. Начало работ по созданию внешнего нейтронного источника у нас и в США произошло примерно в одно и то же время, но практическое применение автоматики подрыва с внешним нейтронным источником у нас было осуществлено раньше, чем в США.

Будучи высококвалифицированным специалистом, опытным организатором и ученым широкого диапазона в области физики, электрофизики и электроники, Бриш А.А. успешно руководит и умело направляет работу больших коллективов научных работников, исследователей на реализацию планов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию новой специальной техники.

За годы работы в институте под его руководством и при личном участии был выполнен ряд важных работ, имеющих большое государственное значение, разработаны, испытаны и переданы в серийное производство многие образцы новых высокоэффективных изделий для комплексов оружия различных видов Вооруженных Сил СССР.

Созданные в институте специальные изделия, входящие в них бортовые приборы и контрольная аппаратура отличались высокими научно-техническими показателями, высокой надежностью, практической безопасностью, стойкостью и удобством эксплуатации. Некоторые из них не имеют аналогов в мировой практике до наших дней.

Внедрение новейших достижений науки и техники, новых принципов конструирования и новых технологических процессов, использование новых материалов и элементов, в том числе элементов микроэлектронной техники, позволили получить высокие удельные характеристики изделий.

При непосредственном участии и под руководством Бриша А.А. выполнен ряд теоретических и экспериментальных работ, результаты которых легли в основу разработки новых, более эффективных изделий и приборов, обеспечивших непрерывный прогресс новой отрасли и техники.

В 1958 году ему присуждена ученая степень доктора технических наук. А в 1965 году он утвержден в ученом звании профессора. В 1955 году А.А. Бришу присуждена Государственная премия I степени, а в 1960 — Ленинская премия, в 1983 — звание Героя Социалистического труда. В 1996 году присвоено почетное Звание «Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации».

Деятельность Аркадия Адамовича Бриша и его неоценимый вклад в развитие и совершенствова-

ние науки и техники были оценены в ученых кругах, среди коллег. Так академик Ю.Б. Харитон в своем отзыве о научно-технических работах А.А. Бриша еще в 1958 году писал: «А.А. Бриш является научным работником и инженером, исключительно удачно соединяющим в себе способности к тонкому физическому эксперименту со способностью блестящего конструктора, умеющего успешно доводить до технического совершенства созданные им приборы и аппаратуру, имеющих практическое назначение».

Научные разработки А.А. Бриша были связаны с созданием специальной аппаратуры, которая позволила существенно усовершенствовать работу атомного заряда. В своей работе по созданию вакуумных приборов Аркадий Адамович Бриш показал себя как первоклассный экспериментатор и большой знаток электрических процессов в вакууме. После решения электровакуумных вопросов Аркадий Адамович принял участие в разработке комплекса специальной аппаратуры. Под общим руководством А.А. Бриша создана по существу некоторая область элетроприборостроения. Успешное развитие этой области в значительной мере связано с большой научно-исследовательской работой, которую выполнил Аркадий Адамович Бриш и руководимый им коллектив. Прекрасный экспериментатор и блестящий знаток всех тонкостей современной электроники, он обеспечил создание и успешное развитие новой отрасли приборостроения.

Ряд законченных под руководством Бриша А.А. работ отмечен присуждением Ленинских и Государственных премий СССР, премий Ленинского комсомола. Большая заслуга принадлежит Аркадию Адамовичу, в обеспечении успешного выполнения Правительственного задания по укреплению обороноспособности страны, за что НИИ авиационной автоматики в 1982 году был награжден орденом Октябрьской Революции.

Аркадий Адамович Бриш имеет свыше 300 научных работ и 30 авторских свидетельств на изобретения.

Сегодня. Разработка методов безопасного хранения ядерных зарядов. Редакторская работа

Аркадий Адамович отсчитал не один десяток напряженных, трудных, но плодотворных и счастливых лет. Учеба, война, снова учеба, научная и конструкторская работа, учеба, учеба, учеба... у руководителей и подчиненных, по книгам и статьям, на совещаниях, на работе и дома, в будни и праздники, в бессонные ночи раздумий.

Ведь работа, как правило, выполнялась в условиях острой нехватки оборудования, материалов, сжатости сроков. На пройденном пути столько волнений, встреч, столько, казалось, безвыходных ситуаций,... и столько успешных решений, заслуженных наград. Прожитые годы Аркадий Адамович вспоминает с гордостью. Поздравляя автора этой статьи с 62-ой годовщиной Победы в Великой Отечественной войне, Аркадий Адамович написал: «Те годы были для нас трудным, но одновременно счастливым временем, о котором я вспоминаю с любовью и нежностью».

Являясь почетным научным руководителем Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н.Л. Духова, Аркадий Адамович активно работает по новым направлениям: обеспечение безопасного хранения ядерных зарядов, использованию их в мирных целях (в частности для борьбы с астероидами), занимается редакторским делом.

Аркадий Адамович Бриш интереснейший человек, с такой необыкновенной, насыщенной и колоритной биографией (которую он сам считает обыкновенной для человека своего времени). Он молод и красив свежестью мысли, личным обаянием, излучающей теплотой, тонким юмором, дружеской заботой и вниманием. И сегодня он выглядит жизнерадостным, полным сил и какой-то внутренней энергии, невероятно деятельным, молодежью, статным. Аркадий Адамович и сегодня ведет научную работу по безопасному хранению и мирному использованию накопленных ранее ядерных зарядов. Он активно работает по упорядочению научного наследия и сохранению отечественного приоритета в этой, ранее столь секретной, области науки. Его издательскую деятельность красноречиво иллюстрируют уникальные книги «Военная мощь Советского Союза: от Сталина до Горбачёва», «Человек столетия Юлий Борисович Харитон», в которых не только большие статьи Аркадия Адамовича, но и его научное редактирование, и организационная работа как члена редколлегии.

Белорусский мотив

Белорусский мотив у Аркадия Адамовича очень сильный. Аркадий Адамович приезжал по служебным делам, на юбилеи Белорусского государственного университета, навестить могилы своих родителей, которые похоронены на Калядичском кладбище, на встречи с однополчанами.

Моё знакомство с Аркадием Адамовичем состоялось в 1981 году. В преддверии 60-летия Бе-

лорусского государственного университета готовился юбилейный стенд. Мне, тогда декану физического факультета, хотелось на этом стенде как можно более полно отразить успехи наших выпускников. Высшим признанием любого специалиста (в том числе учёного) в то время была золотая звезда Героя Социалистического труда, а для учёного — Ленинская премия, которая в нашей стране практически приравнивалась Нобелевской.

Начиная с первого выпуска, по архивам были составлены списки всех выпускников-физиков. Во все средние школы Белоруссии были направлены списки выпускников-физиков, проживавших ранее в их районе с просьбой найти родственников и выяснить их судьбу. Были задействованы преподаватели вузов, учёные, ведущие специалисты промышленных предприятий Минска, Москвы, Ленинграда, Хабаровска, других городов страны. Среди 8-ми Героев Социалистического труда и 6-ти лауреатов Ленинской премии Аркадий Адамович — Герой и Лауреат. На наше приглашение приехать в Минск Аркадий Адамович отозвался с радостью. Прислал фотографии, на празднование юбилея БГУ приехал с женой, очаровательной Любовью Семеновной. С этого момента мы поддерживаем теплые отношения: встречаемся в Минске и Москве, обмениваемся поздравлениями на праздники, изредка звоним друг другу.

Всякий раз Аркадий Адамович горячо интересовался университетом, с большим удовольствием встречался со студентами, преподавателями, учеными, при этом не только рассказывал, но интересовался уровнем подготовки, задавал много вопросов студентам. Что их волнует? Какие курсы лекций наиболее их интересуют? Почему? Какие виды приработка они предпочитают? Как проводят каникулы? Какой процент студентов во время учебы создают семьи? Где собираются применять полученные в университете знания? Как много желающих уехать работать за рубеж? Много ли желающих идти в науку? Поступать в аспирантуру?

С большой радостью Аркадий Адамович встречает гостей из Минска в московской квартире. Всегда угощения, среди которых большинство из продукции белорусских предприятий (даже здесь проявляется приоритетность) и расспросы о делах ваших личных и ваших близких, общих знакомых, о физическом факультете университета, о руководителях разного уровня, об общей обстановке в городе и стране, о финансировании науки, и т.д. Аркадий Адамович и его (ныне уже покойная)

супруга Любовь Семеновна (выпускница геофака БГУ) всегда угостят разносолами, окружают вниманием, найдут интересную тему, сделают всё, чтобы гость почувствовал себя непринуждённо и, сколько позволяет время, сам не хотел уходить.

Беларусь не только место, где прошли 27 лет жизни, место, где родился, рос, учился, воевал Аркадий Адамович. Здесь однополчане, знакомые леса, дома и улицы, друзья юности и новые знакомые. Здесь был родительский дом. Здесь могила отца, умершего в 1961-ом, и матери лишь на пять лет пережившей своего мужа, отца Аркадия Адамовича. Как-то поздней осенью мы вместе с Аркадием Адамовичем искали под запорошенной листвой могилы его родителей. Когда нашли и смели обильный слой кленовых и березовых листьев, Аркадий Адамович долго стоял с непокрытой головой у могил близких и дорогих ему людей. Чтобы не мешать я отошёл к другим могилам. Потом, уже в машине Аркадий Адамович сказал: «Что-то связывает нас с тем миром. Побыл на могилах и как бы поговорил. Я физически чувствую необходимость приезжать сюда. Побываю на могилах, становится легко. Пройдет какое-то время, чувствую: надо опять ехать».

А зачем?

Все дальше и дальше время отделяет нас от страны носившей имя Союз Советских Социалистических Республик. Для многих представителей старшего поколения это имя неразрывно связано с гордостью за могущество и процветание родного Отечества — СССР.

Гордостью за Великую победу над фашизмом, за Первый спутник, за Гагарина, за многие научные открытия мирового значения и масштаба, которые были сделаны в СССР. Ядерное оружие, созданию которого посвятил многие годы наш земляк Аркадий Адамович Бриш, хотя и было повтором, вынужденной мерой, навязанной США гонкой вооружений, позволило нашей стране отрезвить ретивых поборников управлять другими народами и распоряжаться их судьбой.

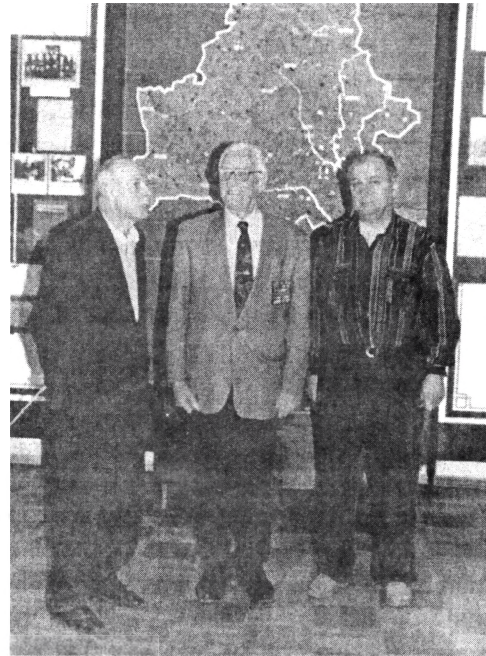
Мне вспоминаются студенческие годы. Лекция по физике прерывается необычным ревом моторов. Уже во дворе университета наблюдаем выскок в небе эскадру незнакомого вида самолётов и вторую эскадру (уже наших) пытающихся их атаковать, но им явно не хватало высоты, а выстрелы не достигали цели. Эта картина повторялась несколько дней. Потом из сообщений ТАСС мы узнали, что самолёты США в районе Минска неоднократно нарушали воздушное пространство

СССР, что попытка вынудить эти самолёты к посадке не имела успеха. Мы не имели тогда ракет, а самолеты не умели подниматься так высоко, как американские. До 1 мая 1961 года и сбитого над Уралом Паурса у конструкторов и учёных было много, много нерешенных проблем.

Сегодня общепризнано, что наличие мощного ядерного оружия, в первую очередь у Великих держав, явилось сдерживающим фактором, обеспечившим в течение более 60-ти лет мир и жизнь на Земле. Ядерное оружие многие годы служило

щитом для народов мира, в самый опасный период «холодной войны» сдержало «горячие» головы от амбиций и безрассудных приказов.

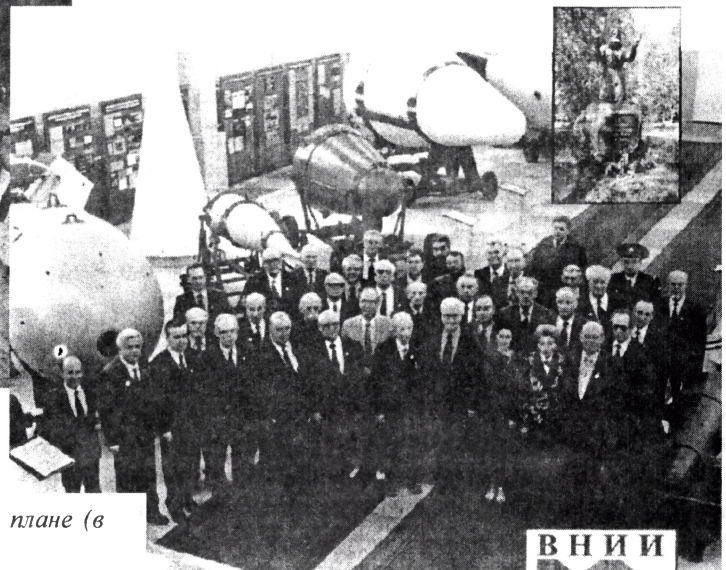
Думается, что в этом и состоит великая роль создания ядерного оружия, что оправдывает причастных к его созданию людей в глазах тех, кто еще сомневается в целесообразности и человечности мотивов его создания. А кто не сомневается, те уверены: не будь в СССР ядерного оружия, мир сегодня разговаривал бы о «свободе» не только на другом языке, но и в другом смысле.



В Национальной академии наук Беларуси и в музее истории НАН Беларуси



На физфаке БГУ им. В.И. Ленина — на переднем плане А.А. Бриш и декан факультета Анащик В.М.



В музее ядерного оружия РФ на переднем плане (в центре) Ю.Б. Харитон и А.А. Бриш

ВНИИ

РАКЕТНЫЕ ТРЕКИ

«Космос начинается на Земле» — эти слова были у всех на слуху лет пятьдесят назад. И действительно, каждый запуск нового «изделия» — ракеты, спутника или космического аппарата предварялся тщательной отработкой взаимодействия всех его систем в земных условиях, имитирующих полетные. Стремление к опережающим темпам совершенствования военной техники во времена холодной войны между Советским Союзом и США привело к созданию принципиально новых, эффективных и универсальных средств испытаний ракетной техники. Для этого в нашей стране в 1950-х годах были построены специальные высокоскоростные железные дороги, получившие название «ракетные треки».

На ракетных треках воспроизводят близкие к натурным условиям движения с дозвуковыми и сверхзвуковыми скоростями головных частей ракет, испытывают взрыватели, парашюты, стекла кабин самолетов на устойчивость к ударам и другие системы.

Ракетные треки имеют две рельсовые направляющие с шириной колеи 1–2 м, протяженностью до 11 км, на жестких балках, связанных с фундаментным основанием. Узлы крепления направляющих к балкам установлены с шагом от 0,3 до 1,5 м по всей длине ракетного трека.

По рельсам перемещаются тележки с пороховыми реактивными двигателями, которые опираются на скользящие опоры — башмаки, огибающие головку рельса своими нижними захватами. Для достижения высоких скоростей применяют многоступенчатую систему: три-четыре тележки с реактивными двигателями.

Головные части ракет испытывали в так называемых прямых и обращенных пусках. В прямых пусках боевую головную часть ракеты разгоняли до скорости 600–700 м/с. В конце трека стояли мишени из бетона, стали, бревен, по разрушению которых при взрыве оценивали эффективность действия ракеты по цели. В обращенных пусках моделировали условия удара головных частей ракет о землю, воду, бетон и другие материалы. Головную часть ракеты с датчиками подвешивали между направляющими, а контейнеры с материалами разгоняли до скорости 200–300 м/с. Вес воды и земли в одном контейнере достигал 20 тонн.

В начале шестидесятых годов прошлого столетия на ракетном треке испытывали парашют, предназначенный для торможения космических кораблей, опускающихся на Землю после возвращения с Луны. Его купол был не сплошным, а имел вид сетки из отдельных лент.

Сначала силу аэродинамического сопротивления корабля при входе в плотные слои атмосферы воспринимает, нагреваясь, теплоизоляционный слой.

Затем выбрасывается ленточный парашют. Перед его куполом на сверхзвуковых скоростях возникает скачок уплотнения (давление, в несколько раз превышающее атмосферное). Отработав, этот парашют отцепляется от корабля, и раскрывается сплошной купол второго парашюта. Перед самой землей корабль тормозит система мягкой посадки.

Ленточный парашют испытывали на тележке с пороховыми реактивными двигателями: двумя ПРД-15 и девятью «Овод» (общая масса пороха — около тонны) (рис. 1, 2). Парашютный контейнер располагался на высоте 3 м от рельсов, радиотелеметрическая аппаратура была смонтирована внутри конуса-обтекателя, тележка скользила на четырех фрикционных башмаках. Установка в режиме работы второй ступени разгонялась до 700 м/с, после чего раскрывался парашют. Усилие, возникающее в этот момент, и его зависимость от скорости регистрировали тензометрические датчики. Информация с них передавалась на бортовую измерительную систему, а затем на наземную радиотелеметрическую станцию.

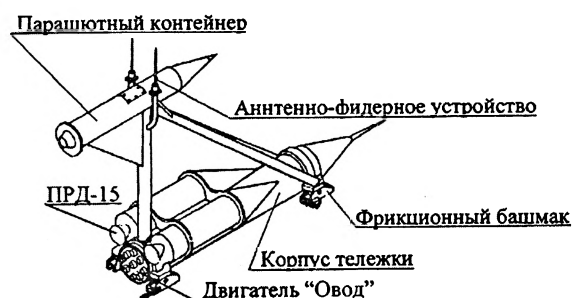


Рис. 1. Установка для испытания тормозного ленточного парашюта

На рис. 3 приведена схема испытаний цилиндрического изделия диаметром 150 мм и длиной около 1,5 м, которое разгоняли до скорости 600 м/с, а затем тормозили. Ракетная система состояла из двух ступеней. Первая ступень (толкатель) представляла собой пороховой реактивный двигатель, на

котором крепилась пара башмаков. В заднем — находились поршни фрикционного тормозного устройства (ФТУ), приводимого в действие порховым аккумулятором давления (ПАД — рис. 4).

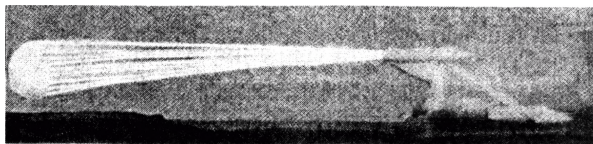


Рис. 2. На снимке, полученном с помощью скоростной киносъемки, показано движение установки с раскрытым парашютом при скорости 300 м/с. Под действием совместных усилий парашюта и сил трения в башмаках установка тормозилась

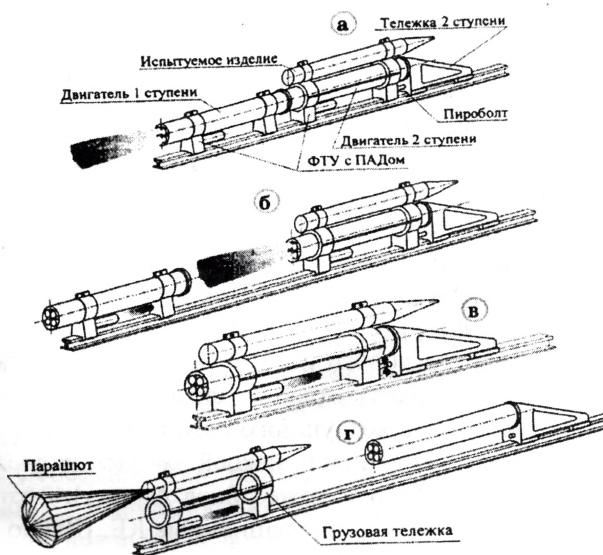


Рис. 3. Схема испытаний цилиндрического изделия: а — начало работы первой ступени, разгоняющей ракетную систему до скорости 280 м/с; б — одновременное включение двигателя второй ступени и ПАДа первой ступени; в — электрический импульс привел в действие ПАД и пироболт; г — выброшен тормозной парашют

Вторая ступень состояла из порохового реактивного двигателя, смонтированного внутри пары колец, на которых сверху крепилось испытуемое изделие. В нижней части кольца были связаны с башмаками. В заднем башмаке (рис. 5) находилось ФТУ с ПАДом, а передний башмак соединялся с тележкой второй ступени пироболтом, который тянул за собой испытуемое изделие. Цилиндрический пироболт имел ослабленное сечение — выточку посередине. С обеих его сторон находились пиропатроны с навеской пороха между ними.

После окончания работы порохового реактивного двигателя второй ступени электрическим

импульсом приводили в действие ПАД и пироболт. Одновременно выбрасывался парашют, реактивный двигатель второй ступени по инерции уходил вперед, а изделие тормозили парашют и фрикционное устройство.

Наземные испытания на ракетных треках помогли создать надежную парашютную систему, безукоризненно сработавшую при посадке на Землю космических аппаратов «Луна-16», «Луна-20» и «Луна-23», доставивших образцы лунного грунта.

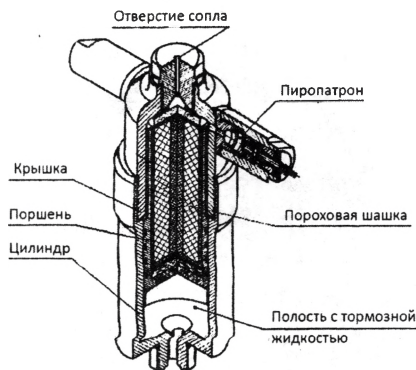


Рис. 4. Пороховой аккумулятор давления — ПАД. В цилиндре, закрытом крышкой, находится поршень с пороховой шашкой, которая при срабатывании пиропатронов воспламеняется со стороны верхнего торца и начинает гореть. Давление внутри ПАДа регулируется диаметром отверстия сопла. Пороховые газы толкают поршень, который сжимает жидкость в полости тормозного цилиндра, создающего нормальную нагрузку на фрикционные элементы, контактирующие с рельсом

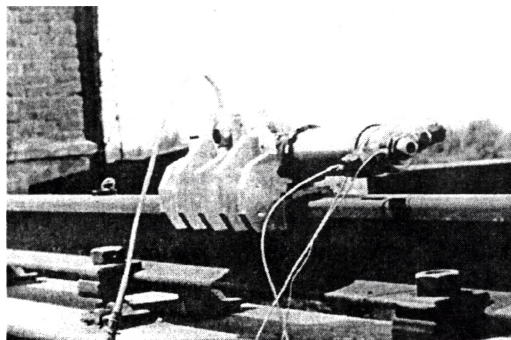


Рис. 5. Фрикционный башмак с пороховым аккумулятором давления ПАДом

Литература

1. Балакин В.А. Трение и износ при высоких скоростях скольжения. — М.: Машиностроение, 1980.
2. Балакин В.А. Проблемы трения и износа на ракетных треках // Международный журнал «Трение и износ», 1991, т. 12, № 5.

По материалам статьи
д.т.н., профессора Балакина В.
«Наука и жизнь», № 2, 2006

ОДИН ИЗ ГЛАВНЫХ КОНСТРУКТОРОВ

Клеванец Ю.В.

Семен Ариевич Косберг, доктор технических наук, главный конструктор авиационной и ракетно-космической техники, родился в 1903 году в Слуцке, в многодетной еврейской семье. Отец его был кузнецом.



Биография этого, несомненно, одаренного человека, как и многих его ровесников, обычна и необычна: крутой поворот придала ей Октябрьская революция. В шестнадцать лет Семен уже помогал отцу в кузнице. Затем, отслужив, как положено, в армии, он в 1927 году отправился поступать в Ленинградский политехнический институт. Поступил, но через два года перевёлся в только что открытый тогда Московский авиационный институт (знаменитый МАИ).

После окончания МАИ новоиспечённого инженера направили на работу в опять же только что организованный Центральный институт авиационного моторостроения (ЦИАМ). Молодому специалисту на его первом месте работы были поручены исследования, связанные с возможностью оснащения поршневых авиационных моторов системой непосредственного впрыска бензина в цилиндры — по типу дизеля. Если идея непосредственного впрыска была бы реализована в металле, то это, во-первых, позволило бы кардинально решить проблему питания двигателя самолёта во время выполнения им фигур высшего

пилотажа. А во-вторых — это давало надежду на прирост мощности и повышения экономичности.

То есть от молодого, может быть, неопытного еще инженера Косберга не отмахнулись, а дали ему новый, по-настоящему сложный и перспективный участок работы.

В исследованиях свойств разного вида плунжерных пар и форсунок прошло около десяти лет. Кроме правильного выбора всех параметров узла, учёному нужно было добиться ещё и слаженной работы многоплунжерных агрегатов и — тоже немаловажный момент — разработать технологии их серийного выпуска. Наш герой в процессе этих работ был и руководителем, и исследователем, и конструктором, и рабочим — он сам освоил токарный и фрезерный станки. К началу Великой Отечественной войны у Косберга как раз появились вполне работоспособные проекты.

В октябре 1941 года С. А. Косберг был назначен главным конструктором самостоятельного бюро. В это время его дороги пересеклись с А.Д. Швецовым, чьё КБ разработало неплохой и перспективный двигатель воздушного охлаждения М-82. Однако, возможно, в силу некоей «моды» (а среди авиаконструкторов тоже такое бывает), этот мотор не заинтересовал авиационные КБ. Швецову для привлечения внимания к своей разработке нужно было оснастить её какой-нибудь «изюминкой». Тут-то и пригодился агрегат непосредственного впрыска.

В 1942 году мотор М-82 (в дальнейшем — АШ-82) с агрегатом непосредственного впрыска НБЗУ прошёл государственные испытания и был запущен в серийное производство.

На новый мотор обратил внимание конструктор Лавочкин: ему как раз необходимо было повысить боевые качества своего ЛаГГа. Так появилась знаменитая серия самолётов: Ла-5, за ним — Ла-5ФН (форсированный, с непосредственным впрыском) и Ла-7. Эти истребители заслуженно стоят в ряду лучших самолётов времен Второй мировой войны.

После Победы КБ Косберга продолжило оснащение отечественных поршневых авиационных двигателей агрегатами непосредственного впрыска — причём как рядных, так и звездообразных. Кроме того, конструкторы этого КБ занимались проектированием топливной аппаратуры, агрега-

тов управления и топливных насосов для авиационных реактивных моторов. Под руководством Косберга бюро разработало целый ряд пусковых стартеров для реактивных двигателей. Это же КБ создавало и ракетные двигатели (в том числе — ускорители) для авиации. Здесь надо сделать пояснение. Первые воздушно-реактивные двигатели были ещё очень прожорливы и не очень надёжны. Поэтому в СССР все военные годы и несколько лет после войны параллельно с реактивной техникой развивалась линия ракетных истребителей-перехватчиков, начатая самолётом БИ (о нём — см. «Инженер-механик» № 2, 2004 г.). Принципиальное повышение характеристик ракетных самолётов по сравнению с их прародителем — БИ дало применение топливных насосов конструкции КБ Косберга (в БИ, как, впрочем, и в американских ракетных самолётах Х-1, топливо подавалось в двигатели сжатым азотом из специальных баллонов).

Конструкторам КБ удалось добиться стабильной работы своих ракетных двигателей при многократном включении-выключении, а также реализовать возможность работы «на малом газу».

Для повышения экономичности в ракетных двигателях КБ Косберга был организован дополнительный впрыск топлива (в обычных кислородно-керосиновых двигателях кислород расходуется не на 100%).

Особенностями разработок Косберга а именно — длительностью работы и возможностью включения-выключения в полёте) заинтересовался Сергей Королёв и предложил Семёну Ариевичу сотрудничество. Таким образом, с весны 1958 года бюро Косберга из авиационного превратилось в космическое. Всего за девять месяцев им был разработан двигатель для последней ступени ракеты, которая готовилась к полёту к Луне. Этот двигатель обязан был при необходимости «подправлять» траекторию движения космического аппарата, а значит — многократно включаться и выключаться. То есть в нём были задействованы особенности, характерные для прежних разработок бюро Косберга.

Впоследствии за разработки по лунной тематике именем Косберга был назван кратер на обратной стороне Луны.

Ещё раньше, в 1959 году, на основе «лунного» двигателя был создан двигатель для последней ступени ракетно-космической системы «Восток». Без него полёт Гагарина был бы невозможен:

включение этого двигателя в конструкцию ракеты позволило довести массу груза, выводимого на орбиту искусственного спутника Земли, до 4,5 тонн.

В этом же бюро разрабатывались двигатели для последующих космических кораблей и аппаратов: «Восхода», «Союза», «Зонда», «Венеры», «Марса», которые открыли для людей возможность многодневных полётов, познакомили их с миром других планет.

Ещё одно направление работы КБ Косберга — это ракетные турбогенераторы. Такие генераторы, забирающие часть газов из камеры сгорания двигателя, необходимы для питания бортового радиоэлектронного оборудования.

Автор этой статьи в своё время работал в цехе, изготавлившем такие турбогенераторы для ракет ПВО. Простые с виду детали изделий изготавливались по самым передовым тогда технологиям, которые до сих пор неизвестны в «обычном» машиностроении. Так, например, чашки ресивера — ёмкости, предназначенной для смягчения перепадов давления (ни в одном ракетном двигателе нет «ровного» течения газов), имели объём около одного литра, толщину стенок до 0,7 мм и выдерживали рабочее давление в 40 атмосфер. Получались же такие ёмкости холодной раскаткой небольших таблеток нержавеющей стали. Или ещё: бандаж рабочего колеса турбинки генератора намертво крепился к миниатюрным лопаточкам методом диффузионной сварки в вакууме. В то же время все те операции, которые не влияли на тактико-технические характеристики изделия, выполнялись на обыкновенных рабочих местах токарями, слесарями, фрезеровщиками средней квалификации. Очень простой была и сборка агрегата.

Лауреат Ленинской премии (1960), Герой Социалистического Труда (1961) Семён Ариевич Косберг погиб в 1965 году в автомобильной катастрофе.

Литература

1. Я. Голованов. Дорога на космодром. М., 1983.
2. Я. Голованов. Королёв. Факты и мифы. М., 1994.
3. В. Иваненко. О жизни и деятельности С. А. Косберга. // Исследования по истории и теории авиационной и ракетно-космической техники. М., 1986.
4. Б. Черток. Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны. М., 2002.

СОЛНЕЧНАЯ БАШНЯ «ПОЖИНАЕТ» ЛУЧИ С ЗЕРКАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ

Завораживающее и загадочное сооружение возвышается с недавних пор над полями в районе Санлукар-ла-Майор, недалеко от центра Севильи. PS10 - первая в Европе коммерческая термальна́я солнечная электростанция довольно редкого типа — «солнечная башня» официально вступила в строй 30 марта нынешнего года. Мощность станции, возведенной в Андалусии, составляет 11 МВт.

Принцип ее работы прост: поле из множества гелиостатов — зеркал, отслеживающих движение Солнца, собирает свет и направляет его на вершину высокой башни, где яркий солнечный зайчик превращает воду в пар. Пар бежит по трубам и, в конечном счете, крутит турбины, соединенные с электрическими генераторами.

По такой схеме не раз создавались установки во многих странах, но электростанция, управляемая компанией Solucar Energia, филиалом промышленного гиганта Abengoa, пожалуй, самая внушительная из всех.

Ее 624 зеркала, площадью по 120 кв. м каждое, направляют свет на красивую бетонную башню, высотой 115 м. Башню эту можно назвать произведением искусства — огромный фигурный вырез в ней придает сооружению визуальную легкость.

Не меньшее впечатление производит и свет вокруг.

Новая испанская электростанция может генерировать до 24,3 гигаватт-часов в год.

С новой станцией Испания вырвалась вперед в данной технологии утилизации солнечного света, но сама идея таких башен далеко не нова.

Из крупных сооружений такого типа можно вспомнить проект Solar One – Solar Two. Эта демонстрационная солнечная электростанция работала и развивалась с 1981 по 1999 гг. в пустыне Мохаве (Калифорния). В последней версии (Solar Two) солнечную башню этой станции окружали 1926 гелиостатов, общей площадью почти 83 тыс. кв. м. Ее мощность превышала 10 МВт. Башня и поле зеркал никуда не делись и сейчас. Только в 1999 г. ученые переделали Solar Two в гигантский детектор черенковского излучения для изучения воздействия на атмосферу космических лучей.

Опыт американцев не пропал: при их помощи и по аналогичному проекту в Испании должны возвести станцию Solar Tres на 15 МВт.

Проект предусматривает постройку высокой солнечной башни, окруженной 2493 зеркалами по 96 кв. м каждое (смотрите также страничку проекта). Общая площадь зеркал составит 240 тыс. кв. м.

Вместительное хранилище расплавленной соли (нагретой до температуры 56 градусов по Цельсию) сможет обеспечивать работу парогенераторов в течение 16 часов после захода Солнца. Так что летом генераторы станции не будут останавливаться ни днем, ни ночью.

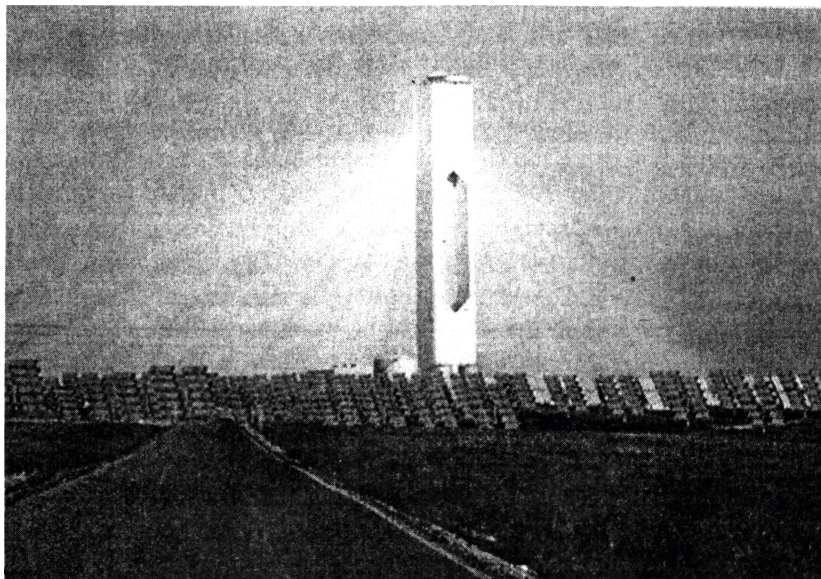
Еврокомиссия выделила на это чудо 5 млн. евро. Создает станцию международная организация Solar-PACES, участвовавшая и в создании PS10. При этом в проектировании и постройке Solar Tres задействованы компании из Испании, Франции, Чехии и США.

Интересно, что и в PS10 предусмотрено аккумулирование энергии, только непосредственно в виде горячего водяного пара, сохраняемого в наборе из больших цистерн. Его запаса хватает на один час работы турбин без Солнца, так что ночной перерыв эта система не перекрывает, но все же дает станции некоторую гибкость на случай временно набежавших тучек.

Всего к 2013 г. различные по принципу действия солнечные установки, которые развернут (и уже разворачивают) на площадке в Sanlucar la Mayor, должны производить 300 МВт электрической энергии, что эквивалентно потребностям такого города, как Севилья.

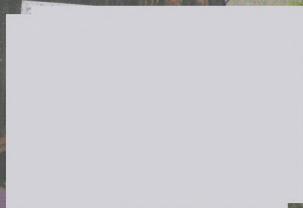
Эти установки предостроят выборос 600 тыс. т углекислого газа в год. Что можно назвать приятным бонусом.

По материалам: www.membrana.ru



PS10. Свет от сотен больших зеркал столь ярок, что заставляет светиться пыль и влагу в воздухе, благодаря чему и видны лучи, атакующие красивую белую башню. Кстати, те зеркала, что видны на переднем плане – не работают на башню. Это просто стоящие рядом фотоэлектрические панели с концентраторами. Зеркала же, направленные на солнечную башню, с этого ракурса не видны

Любимый город



Любимый город

