

Расчет себестоимости одной пары стелек представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет себестоимости одной пары стелек

Наименование	Стоимость, руб.
Катушка пластика eTPU-95A Esun	330
Электроэнергия	12,50
Заработная плата рабочих	2000
Итого	2342, 50

В ходе работы был разработан прототип ортопедических стелек, рассчитана себестоимость одной пары стелек, разработан рекламный сайт.

Библиографический список

1. Блудова, С. Н., Экономика : учебное пособие / С. Н. Блудова, А. П. Новосельцева, М. А. Эренценова, В. А. Гладилин. — Москва : Русайнс, 2022. — 239 с.
2. Борисов, Е. Ф. Экономика : учебник и практикум / Е. Ф. Борисов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 383 с.
Васильева, Е.В. Экономическая теория: Конспект лекций / Е.В. Васильева, Т.В. Макеева. - М.: Юрайт, 2018. — 191 с.
3. Днепров, М. Ю. Экономическая теория : учебник для вузов / М. Ю. Днепров, О. В. Михайлюк, В. А. Николаев. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 216 с.

УДК 338.33

Производство кумулятивных болванок аддитивным методом

*Буторин Данил Дмитриевич, Ладыженко Кирилл Васильевич,
Логина Вера Андреевна
Руководитель – Лобанов Виктор Сергеевич*

*Трехгорный технологический институт – филиал
Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"
(ТТИ НИЯУ МИФИ), Трехгорный*

osivnator@rambler.ru

В статье рассматривается возможность производства кумулятивных болванок аддитивным методом. Сравняется экономическая рентабельность классического метода с предложенным. Определяются преимущества и недостатки применения

аддитивных технологий в области тонких малопрочных корпусах. Предлагаем экономическую часть производства.

Ключевые слова: Аддитивные технологии, машиностроение, кумулятивный эффект, кумулятивный заряд, перфоратор, 3D-моделирование, 3D-моделирования.

Production of cumulative ingots using the additive method

*Butorin Danil Dmitrievich, Ladyzhenko Kirill Vasilyevich,
Loginova Vera Andreevna, Lobanov Victor Sergeevich*

*Tryokhgorny Technological Institute, the branch of the National Research Nuclear
University "MEPhI", Tryokhgorny*

The article discusses the possibility of producing cumulative ingots using the additive method. The economic profitability of the classical method is compared with the proposed one. The advantages and disadvantages of using additive technologies in the field of thin, low-strength enclosures are determined. We offer the economic part of production. Keywords: Additive technologies, mechanical engineering, cumulative effect, shaped charge, hammer drill, 3D modeling, 3D modeling.

Кумулятивный заряд – заряд взрывчатого вещества с конической, сферической или конусообразной выемкой, действие которого основано на кумулятивном эффекте.

Кумулятивный эффект – кумуляция, усиленное в определённом направлении действие взрыва. Кумулятивный эффект возникает за счет взрывчатого вещества, которое имеет углубление – кумулятивную выемку, обращенную к мишени. Она покрыта металлической облицовкой, её толщина варьируется в зависимости от диаметра заряда. Механизм действия кумулятивного заряда состоит в следующем. После взрыва капсюля-детонатора, возникает детонационная волна, которая перемещается вдоль оси заряда. Волна разрушает коническую оболочку, начиная от её вершины, и сообщает материалу оболочки большую скорость, визуализация представлена на рисунке 1.

Давление продуктов взрыва, достигающее $\sim 10^{10}$ н/м² (10^5 кгс/см²), во много раз превосходит предел прочности металла. Поэтому движение металлической оболочки под действием продуктов взрыва подобно течению жидкой плёнки (подчеркнём, что течение металла не связано с его плавлением, а вызвано чрезвычайно высокой механической нагрузкой). Движущийся металл образует сходящийся под углом поток, который переходит в тонкую металлическую струю, перемещающуюся вдоль оси с очень большой скоростью (~ 10 км/сек). Действие

этой струи и обуславливает высокую пробивную способность взрыва кумулятивного заряда. Высокоскоростная струя пробивает стальную броню подобно тому, как мощная струя воды проникает в мягкую глину. Глубина проникновения (равная примерно длине струи) пропорциональна образующей конической оболочки. Давление, возникающее при столкновении струи с броневой плитой, настолько превышает напряжение разрушения стали, что прочность мишени не играет существенной роли.[1, с. 7]

При схлопывании конической оболочки скорости отдельных частей струи оказываются несколько различными, в результате струя в полёте растягивается. Поэтому небольшое увеличение промежутка между зарядом и мишенью увеличивает глубину пробивания из-за удлинения струи. При значительных расстояниях между зарядом и мишенью струя разрывается на части, и эффект пробивания снижается. Использование заряда с кумулятивной выемкой, но без металлической облицовки снижает К. э., поскольку вместо металлической струи действует струя газообразных продуктов взрыва.

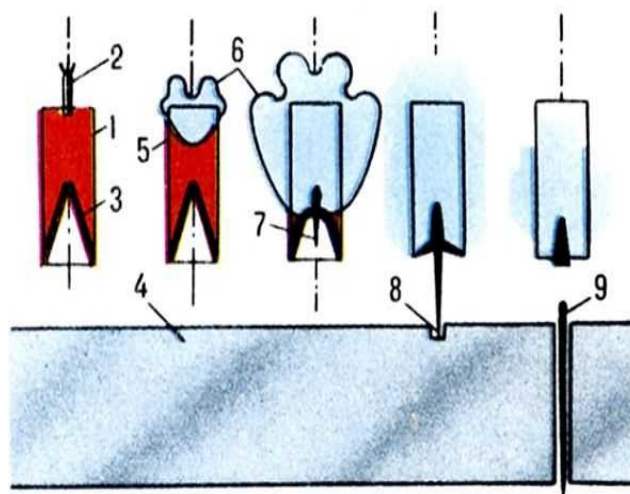


Рисунок 1 – Этапы детонации кумулятивного заряда: 1 – заряд; 2 – детонатор; 3 – облицовка; 4 – пробиваемая преграда; 5 – фронт детонационной волны; 6 – продукты детонации; 7 – начало формирования кумулятивной струи; 8 – струя пробивает преграду; 9 – струя оторвалась и пробила преграду

Кумулятивные заряды применяются в бронебойных снарядах, в капсулах-детонаторах и в зарядах, предназначенных для дробления негабаритных камней на карьерах и др. объектах. Используют также при борьбе с природными катаклизмами, например: Подрыв льда, ликвидация и предотвращение оползней, схода лавин и т.д.

Классическим способом производства корпусов кумулятивных зарядов является обработка заготовки станком ЧПУ или литье с последующей обработкой станком ЧПУ.

В данной работе был предложен альтернативный способ производства тонких малопрочных корпусов для кумулятивных зарядов.

Были проанализированы различные методы производства и проведены расчеты для выяснения наиболее эффективного производства. Результаты представлены в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Рентабельность производства

Статья	Аддитивный метод	Классический метод	Изменение
Объем производства, шт. в год.	1200	1200	0
Численность основных производственных рабочих, чел.	3	12	-9
Общая численность работающих, чел.	6	16	-10
Фонд оплаты труда ППП, руб.	200000	800000	-600000
Стоимость основного материала на 1 ед. продукции, руб.	90	710	-620
Затраты на электроэнергию, руб.	12,86	26,34	-13,48
Амортизационные отчисления, руб.	21,29	45,38	-24,09
Итоговая расчетная цена за деталь, руб.	2113,94	8760,82	-6646

Исходя из данных из таблицы 1. можно сделать вывод, что производство тонких малопрочных корпусов аддитивным методом более чем в 4 раза выгоднее для потребителя чем классический метод, при соблюдении требований предоставленными заказчиком к готовому изделию.

Экономический анализ был заключительным этапом рассмотрения выбора производства. Дальнейшей стадией был выбор оборудования и изготовление рабочего прототипа корпуса изделия. Выбор оборудования обуславливался наличием на территории Трехгорного технологического института – филиала Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ" (ТТИ НИЯУ МИФИ) полностью выполняющего все заявленные требования к готовому изделию, 3D принтера. Получив экспертное мнение, от ответственного за данное оборудование, был выбран Picaso Designer X Pro, это 3D принтер нового поколения, в котором реализованы последние технические разработки компании Пикасо. Благодаря этому модель можно отнести к классу полупромышленных устройств.

Перед рабочей группой стоял выбор использования исходного материала пластика для изготовления готовой детали. Были проанализированы такие пластики как UltraX пластик X-line и PLA пластик U3 ALUMINIUM. При разборе и анализе их характеристик были сделаны следующие выводы:

1. UltraX пластик X-line имеет более высокую прочность и стойкость к внешним воздействиям что обуславливает его эффективность при использовании в карьерах и других мест в экстремальных условиях;

2. PLA пластик U3 ALUMINIUM хоть и обладает более низкой стойкостью и прочностью, но имеет особый состав идеально подходящий для усиления взрывчатых свойств, а именно содержание в нем алюминиевой пудры, являющейся сенсбилизатором при протекании взрывчатых реакций.

Главным основным фактором при подборе материала стало отношение функциональных характеристик к стоимости. В итоге при выборе материала мы остановились на двух наиболее важных утверждения:

- PLA пластик U3 ALUMINIUM экономически более выгодный и будет взят за основу при производстве, имея отличительный исключительный состав в отличии от остальных материалов;

- Если компания изготовитель UltraX пластика X-line добавит в свой состав алюминиевую пудру, то выбор материала останется за данным пластиком даже при условии увеличения цены.

После выбора материала были спроектированы сборные образцы корпуса без элемента крепления. Рисунки представлены далее.

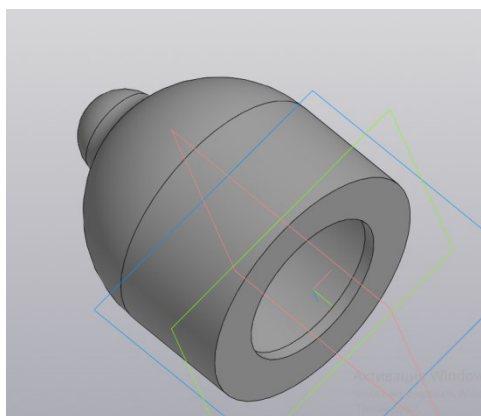


Рисунок 2 – Корпус кумулятивного заряда

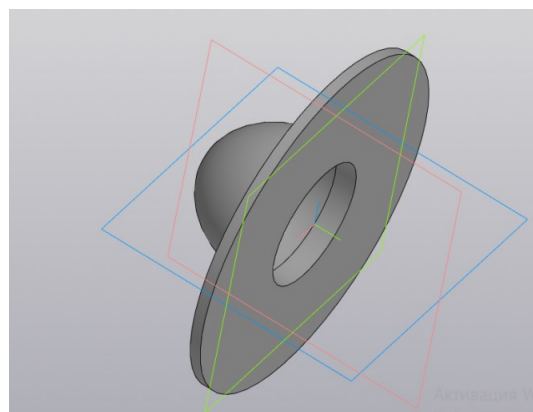


Рисунок 3 – Кумулятивная облицовка

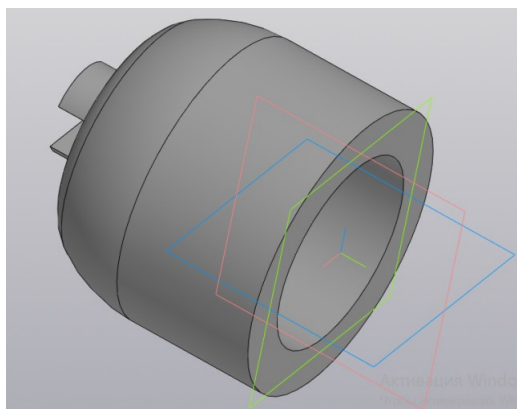


Рисунок 4 – Стакан кумулятивного заряда

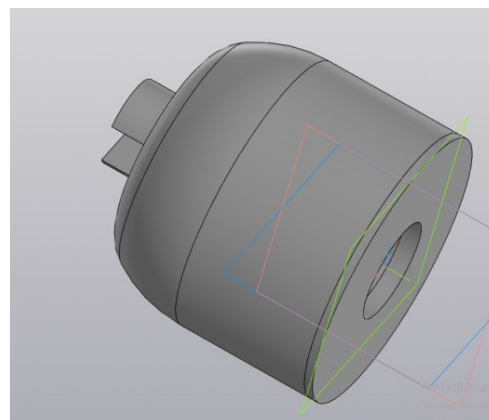


Рисунок 5 – Сборка корпуса кумулятивного заряда

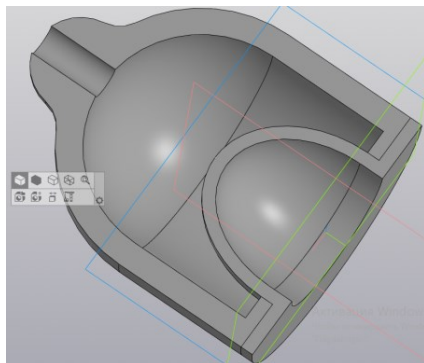


Рисунок 6 – Разрез сборки корпуса кумулятивного заряда

На рисунке 2 представлен корпус кумулятивного заряда. В сборке данная деталь является резервуаром для заряда взрывчатого вещества. Указанным на рисунке 1 элементом 5. Особенностью данной детали является требования, предъявляемые к внутренней поверхности. Внутренняя поверхность не должна взаимодействовать с взрывчатым веществом. Материал PLA пластик U3 ALUMINIUM и UltraX пластик X-line полностью подходят под данное требования .

Допускается нанести на внутреннюю поверхность пластика, инертными покрытиями.

На рисунке 3 представлена кумулятивная облицовка, закупаемая отдельно. Производство ее не целесообразно. О подробностях о ее свойств и задачах можно прочитать в патенте RU174806U1 или аналогах.

На рисунке 4 представлен стакан кумулятивного заряда. Данная деталь является отражающим зеркалом для формирования кумулятивного импульса и направления его по одному рабочему направлению для формирования кумулятивной струи. Допускается производство данного изделия из стали 20 для многоразового использования. В данной работе предложен вариант стакана, функционально имитирующего установку в системы скважинных перфораторов.

На рисунке 5 представлена сборка корпуса кумулятивного заряда.

На рисунке 6 представлен разрез сборки корпуса кумулятивного заряда.

Была проведена печать данных моделей с заполнением в 20%. После обработки детали имеют все заявленные требования и готовы к последующей поставке компаниям.

Библиографический список

1. Минин В. Ф., Минин И. В., Минин О. В.; Способ и устройство (варианты) формирования высокоскоростных кумулятивных струй для перфорации скважин с глубокими незапестованными каналами и с большим диаметром. Патент № 2412338 РФ, МПК E21B 43/117; Заявл. 07.12.2009; Опубл. 20.02.2011, Бюл. № 5.