



**ИССЛЕДОВАНИЕ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА
ПРОИЗВОДСТВА В ЦЕХУ ПО СМЕШЕНИЮ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ
СОСТАВОВ**

**RESEARCH ON IMPROVING THE QUALITY OF PRODUCTION IN THE
WORKSHOP FOR MIXING PYROTECHNIC COMPOSITIONS**

Денисов Дмитрий Андреевич, студент кафедры «Техносферная безопасность», Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени А. Г. и Н. Г. Столетовых, E-mail: dimadenisov2018@mail.ru

Булкин Владислав Венедиктович, профессор кафедры «Техносферная безопасность», Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени А. Г. и Н. Г. Столетовых, E-mail: vvbulkin@mail.ru.

Denisov Dmitry Andreevich, Student of the Technosphere Safety Department, Murom Institute (branch) Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletov, E-mail: dimadenisov2018@mail.ru

Bulkin Vladislav Venediktovich, Professor of the Technosphere Safety Department, Murom Institute (branch) Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletov, E-mail: vvbulkin@mail.ru.

Аннотация: В статье охарактеризованы исходные вещества пиротехнического состава - окислитель и горючие вещества. Представлены методы производства пиротехнического состава. Произведен расчет получения смеси, в котором было выявлено, что окислителя при приготовлении пиротехнической смеси должно быть больше, чем горючего вещества. Разработана методика производства пиротехнической смеси, с помощью которой, в дальнейшем производстве в цеху, поможет улучшить качество продукта и его количественное производство. Описаны методы по улучшению безопасности производства смешения пиротехнических составов.

Abstract: The article characterizes the initial substances of pyrotechnic composition - oxidizer and combustible substances. Methods of production of pyrotechnic composition are presented. The calculation of the mixture was made, in which it was revealed that the oxidizer in the preparation of the pyrotechnic mixture should be more than the combustible substance. A method for the production of pyrotechnic mixture has been developed, with the help of which, in further production in the workshop, it will help to improve the quality of the product and its quantitative production. Methods for improving the safety of the production of mixing pyrotechnic compositions are described.

Ключевые слова: пиротехнические составы, окислитель, горючие вещества.

Keywords: pyrotechnic compositions, oxidizer, combustible substances.

Введение

Пиротехнические составы - смеси компонентов, которые имеют способность к самовоспламенению или горению при контакте с кислородом. В процессе горения происходит образование газов и конденсированных продукты. При протекании реакции происходит выделение тепловой, световой и механической энергии. А также создаются различные оптические, электрические, барические и иные специальные эффекты.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Они применяются в различных областях, включая фейерверки, киноиндустрию, театральные представления, спортивные мероприятия, пиротехнические устройства для военных и гражданских целей, а также для развлекательных мероприятий и праздников. Пиротехнические смеси позволяют создавать разнообразные и красочные эффекты, которые делают мероприятия более зрелищными и запоминающимися.

Актуальность темы смешения пиротехнических составов обусловлена постоянным спросом на пиротехнические эффекты в различных сферах. Кроме того, смешение пиротехнических составов имеет важное значение для разработки новых эффектов и улучшения существующих, что делает эту тему актуальной для индустрии производства военной продукции и различных мероприятий. Также важно учитывать, что правильное смешивание пиротехнических составов имеет прямое отношение к безопасности, поскольку неправильное соотношение компонентов или неправильное смешивание может привести к авариям и несчастным случаям. Поэтому актуальность данной темы также связана с необходимостью обеспечения безопасности при производстве и использовании пиротехники.

Производство пиротехнических составов представляет собой чисто механический процесс. Сущность метода смешения пиротехнических составов заключается в том, что различные химические вещества смешиваются в определенных пропорциях, чтобы создать желаемый пиротехнический эффект. Это может включать в себя смешивание порошков, гранул, жидкостей или других форм пиротехнических материалов для достижения определенной яркости, цвета, длительности или других характеристик эффекта. Точное соблюдение пропорций и правильное смешивание материалов является критически важным для обеспечения безопасности и достижения желаемого результата.

Целью статьи является изучение свойства смешения пиротехнических составов, определение мероприятий, которые следует проводить для

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

улучшения качества производства, разработка методики производства пиротехнических смесей и расчёт количества готового продукта.

Задачи, направленные на достижение поставленной цели:

- рассмотреть, какими химическими и физическими свойствами обладает состав из пиротехнической смеси;
- определить методы смешения пиротехнических составов;
- рассчитать, какое количество в процентном соотношении получается готового продукта;
- разработать методику производства пиротехнической смеси;
- определить, какие методы необходимы, чтобы качество безопасности на производстве было увеличено.

Характеристика исходного сырья

Исходными продуктами пиротехнического являются окислители и горючие вещества.

1. В качестве окислителя применяют такие вещества, которые имеют большое количество кислорода в их молекулярной структуре. Они должны легко воспламеняться и разлагаться при высоких температурах (400-1100 °С) [1].

К окислителям относятся: нитраты, сульфаты, перхлораты, соли хромовых кислот, оксиды металлов. Наиболее распространёнными соединениями являются: $KClO_4$, $KClO_3$, KNO_3 , $NaNO_3$, $Ba(NO_3)_2$, $Sr(NO_3)_2$, BaO_2 , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 .

2. Вторым компонентом являются горючие вещества, которые производят большое количество тепла и энергии. Горючие вещества могут быть как органическими, так и неорганическими. К ним относятся: металлы, смолы, масла, углеводороды и нитросоединения [2].

Методы смешения пиротехнических составов

Производство пиротехнических составов представляет собой чисто механический процесс. Сущность метода смешения пиротехнических составов заключается в том, что различные химические вещества смешиваются в

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

определенных пропорциях, чтобы создать желаемый пиротехнический эффект. Это может включать в себя смешивание порошков, гранул, жидкостей или других форм пиротехнических материалов для достижения определенной яркости, цвета, длительности или других характеристик эффекта. Точное соблюдение пропорций и правильное смешивание материалов является критически важным для обеспечения безопасности и достижения желаемого результата.

Важно учитывать соотношение компонентов в смеси, так как оно может влиять на стабильность реакции, скорость горения и общий результат. Например, некоторые компоненты могут усиливать друг друга, а другие - ослаблять. Кроме того, необходимо учитывать термические характеристики, такие как температура плавления и кипения компонентов, их теплоемкость и теплопроводность. Эти параметры могут влиять на процесс смешивания и хранения смеси. В общем, для определения исходного состава веществ, для получения пиротехнической смеси необходимо провести комплексный анализ химических и физических свойств компонентов, а также учитывать желаемые эффекты и условия использования смеси.

Расчет смешения пиротехнической смеси

Для расчета смешения пиротехнических смесей необходимо учитывать химические свойства каждого компонента, их соотношение и реакционные возможности. Важно также учитывать термические и кинетические характеристики реакций, чтобы избежать нежелательных последствий, таких как взрывы или пожары.

Для проведения расчетов используются специальные программы и методы, которые позволяют определить оптимальное соотношение компонентов для достижения желаемых эффектов при минимальном риске. Также важно проводить испытания и тестирование смесей на безопасность и эффективность перед их промышленным использованием.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

В целом, расчет смешения пиротехнических смесей требует серьезного подхода и специализированных знаний в области химии, физики и безопасности, чтобы обеспечить безопасность и качество процесса.

Наиболее распространенные исходные вещества окислители для получения пиротехнического состава являются перхлорат калия и нитрат бария. Перхлорат натрия (NaClO_4) и нитрат бария ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$) оба являются хорошими окислителями из-за высокой энергии связи между атомами в их структуре. Это означает, что они легко могут отдавать кислородные атомы или принимать электроны от других веществ, что приводит к окислительно-восстановительным реакциям. Такие соединения могут использоваться в различных химических процессах, включая производство пиротехнических смесей, ракетного топлива и взрывчатых веществ.

А горючим веществом является магний. Он проявляет активные свойства из-за своей химической природы. Магний имеет два валентных электрона во внешней оболочке, что делает его склонным к образованию ионов с положительным зарядом. Это делает его реакционноспособным и способным легко вступать в химические реакции, включая окисление на воздухе. Эти активные свойства делают магний полезным для промышленных процессов.

Пример - 1. Реакция горения смеси, содержащей перхлорат калия и магний, может быть выражена уравнением [3]:



Рассчитаем общее количество состава исходных веществ для смешения пиротехнической смеси.

Найдем атомные массы каждого элемента в KClO_4 .

Атомная масса калия (А.м. $\text{K}=39$ а.е.м. – атомная единица массы).

Атомная масса хлора (А.м. $\text{Cl}=35,5$ а.е.м.).

Атомная масса одного атома кислорода (А.м. $\text{O}=16$ а.е.м.), а четыре атома кислорода будет $=16 \cdot 4 = 64$ а.е.м. соответственно.

В итоге молярная масса $M(\text{KClO}_4) = 39 + 35,5 + 64 = 138,5$ г/моль или округлённо 139 г/моль.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

На магний приходится 4 моля вещества, умножая атомную массу = 24,3г/моль на количество вещества = 4, получаем - 24,3г/моль*4моль = 97,2г., округлённо 97г.

Общее количество состава - 139+97=236г.

$$\text{KClO}_4 - 139*100\%/236=58,9\%,$$

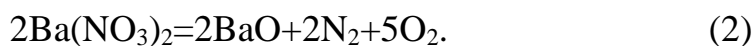
$$4\text{Mg} - 97*100\%/236=41,1\%.$$

Исходя из полученной реакции, видно, что окислителя в составе исходных веществ больше чем горючего вещества.

Округляя полученные цифры, получаем 59% KClO_4 и 41% Mg. Пример -

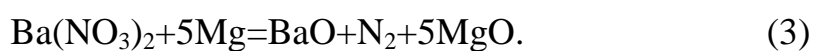
2. Найти рецепт смеси, содержащей нитрат бария и магний.

Нитрат бария разлагается по уравнению [4]:



Магний сгорает до MgO.

Исходя из этого, составляем уравнение реакции:

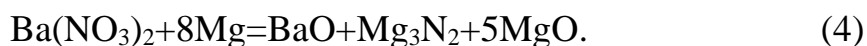


И по приведённой выше схеме находим рецепт состава:

$$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2-68\%,$$

$$\text{Mg}-32\%.$$

Но известно, что недостаток магния может реагировать и с азотом и поэтому может быть написано другое уравнение реакции горения, в котором образуется нитрид магния.



В этом случае получаем следующий рецепт состава:

$$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2-57\%,$$

$$\text{Mg}-43\%.$$

Получив результаты из двух уравнений, видно, что также окислителя для смешения пиротехнического состава необходимо больше, чем горючего вещества[5].

Таким образом, расчет показал, что в составе пиротехнических смесей, большее количество приходится на окислитель, чем на горючее вещество. Тем

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

самым может привести к более интенсивному горению и увеличению температуры в процессе сгорания. Это может повысить риск возникновения пожара или взрыва. Поэтому важно тщательно контролировать соотношение окислителя и горючего вещества при смешении пиротехнических составов и следовать соответствующим стандартам и требованиям безопасности.

Методика производства пиротехнической смеси

Для производства пиротехнической смеси на основе перхлората натрия и нитрата бария можно использовать следующую методику:

- подготовка перхлората натрия: растворите хлорат натрия в воде и добавьте хлороводородную кислоту, чтобы превратить его в перхлорат натрия. Затем отфильтруйте раствор, чтобы удалить любые оставшиеся примеси;

- подготовка нитрата бария: растворите барий в азотной кислоте и добавьте натрий или калий для образования нитрата бария. Затем отфильтруйте раствор, чтобы удалить любые оставшиеся примеси;

- смешивание: смешайте перхлорат натрия и нитрат бария в правильных пропорциях, чтобы получить желаемый эффект пиротехнической смеси. Для различных эффектов могут быть использованы разные пропорции и добавлены другие компоненты;

- формование: полученную смесь можно формовать в различные формы, такие как звезды, фейерверки или другие пиротехнические устройства;

- испытания: перед использованием пиротехнической смеси необходимо провести испытания, чтобы убедиться в ее безопасности и эффективности.

Улучшение качества безопасности при смешении пиротехнических составов.

Для улучшения качества безопасности при смешении пиротехнических составов, можно применять следующие методы:

- использование специальных защитных средств, таких как перчатки, маски и специальная одежда, чтобы защититься от воздействия вредных веществ;

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

- проведение работы в специально оборудованных помещениях с хорошей вентиляцией, чтобы минимизировать риск отравления или взрыва;
- соблюдение всех правил и инструкций по безопасности при работе с пиротехническими составами, включая правильное хранение, транспортировку и использование;
- использование автоматизированных систем смешивания, чтобы исключить возможность человеческой ошибки;
- регулярные проверки оборудования и инструментов, чтобы обеспечить их надлежащее состояние и предотвратить возможные аварийные ситуации;
- обучение персонала, по безопасному обращению с пиротехническими материалами и реагированию на чрезвычайные ситуации. Эти меры помогут улучшить качество безопасности при смешении пиротехнических составов и предотвратить возможные происшествия.

Мероприятия, которые помогут улучшить качество безопасности при производстве смешения пиротехнических составов:

- анализировать и контролировать соотношение окислителя и горючего вещества при смешении пиротехнических составов, чтобы избежать преобладания окислителя;
- использовать специальное оборудование и технологии для точного дозирования и смешивания компонентов;
- проводить регулярные проверки оборудования и условий производства для выявления возможных угроз безопасности;
- разрабатывать и внедрять процедуры по обработке аварийных ситуаций и предотвращению пожаров и взрывов;
- соблюдать все требования и стандарты безопасности, установленные законодательством и нормативными документами.

При смешении пиротехнических составов необходимо учитывать ГОСТы и стандарты, которые регулируют процесс и обеспечивают безопасность. Например, в России действует ГОСТ, который устанавливает основные требования к безопасности пиротехнических изделий, включая смешение

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

составов [6]. Также существуют международные стандарты, которые также регулируют процесс смешения пиротехнических составов. Кроме того, при смешении пиротехнических составов необходимо учитывать требования к экологической безопасности и воздействию на окружающую среду. В этом контексте важным является соблюдение нормативов по выбросам вредных веществ и учет возможных негативных последствий для окружающей среды. Таким образом, при смешении пиротехнических составов необходимо учитывать различные ГОСТы и стандарты, которые регулируют процесс, обеспечивают безопасность и учитывают воздействие на окружающую среду.

Вывод

В работе была представлена характеристика исходных веществ, проведён расчет смешения пиротехнической смеси, который показал, что окислитель преобладает над горючем веществом, разработана методика производства пиротехнической смеси, описаны методы, с помощью которых можно улучшить качество безопасности при производстве смешения пиротехнических смесей.

Список литературы

1. Шидловский А. А. Основы пиротехники. Издание четвертое, переработанное и дополненное. Москва "Машиностроение" 1973.
2. Васильев А. В., Горбунов В. В. и др. О горении смесей сульфатов металлов с магнием или алюминием. - «Физика горения и взрыва», 1971, Т. 7, вып.,1, стр. 150.
3. Свиридов Л. Н., Осыка А. А., Королев Д. В. Расчет рецептур пиротехнических составов: Методические указания к лабораторным работам.- СПб.: ГОУ ВПО СПбГТИ(ТУ), 2007. - 31 с.
4. Горбунов В. В. и др. Способность к горению смесей порошков высококалорийных металлов с органическими веществами формулы $S_xH_yO_z$.— «Физика горения и взрыва», -1968, Т. 4, вып. 2.
5. Андреев К. К. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ., «Наука», 1966, 2-е изд.

6. ГОСТ 33732-2016. Изделия пиротехнические. Общие требования безопасности: Межгосударственный стандарт: дата введения 2023-01-01/ Федеральное агентство по техническому регулированию. - Изд. официальное. - М.: Стандартиформ, 2020. – 16 с.

Bibliography

1. Shidlovsky A. A. Fundamentals of pyrotechnics. Fourth edition, revised and expanded. Moscow "Mechanical Engineering" 1973.
2. Vasiliev A.V., Gorbunov V.V. et al. On the combustion of mixtures of metal sulfates with magnesium or aluminum. - "Physics of Combustion and Explosion", 1971, Vol. 7, issue 1, p. 150.
3. Sviridov L.N., Osyka A.A., Korolev D.V. Calculation of recipes for pyrotechnic compositions: Guidelines for laboratory work. - St. Petersburg: GOU VPO SPbGTI (TU), 2007. - 31 p.
4. Gorbunov V.V. et al. Combustion ability of mixtures of high-calorie metal powders with organic substances of the formula C_xNuO_g . - "Physics of Combustion and Explosion", -1968, Vol. 4, no. 2.
5. Andreev K.K. Thermal decomposition and combustion of explosives., "Science", 1966, 2nd ed.
6. GOST 33732-2016. Pyrotechnic products. General safety requirements: Interstate standard: date of introduction 2023-01-01/ Federal Agency for Technical Regulation. - Ed. official. - М.: Standartinform, 2020. – 16 p.

© Денисов Д.А., Булкин В.В., 2023 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №6/2023*

Для цитирования: Денисов Д.А., Булкин В.В. Исследование по улучшению качества производства в цеху по смешению пиротехнических составов // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №6/2023