

Министерство образования Российской Федерации

Казанский государственный технологический университет

Краткая энциклопедия по пиротехнике

Под редакцией Ф.П.Мадякина

Издание второе, переработанное

Казань 1999

200-14084
УДК 662.1

Краткая энциклопедия по пиротехнике/ Под ред.
Ф.П.Мадякина. Казань, 1999. 244 с. J SBN 5-7882-0096-2

Приведены сведения о пиротехнических средствах,
компонентах пиротехнических составов, пиротехнических
составах и технологии их приготовления и переработки.

Энциклопедия может быть полезна студентам, аспи-
рантам инженерно-техническим работникам пиротехниче-
ской промышленности.

18.00
53102

Под редакцией Ф.П. Мадякина

Рецензенты: д-р техн. наук, заслуженный деятель науки
России, лауреат Государственной премии
СССР, проф. Ю.М. Григорьев;

д-р техн. наук, дважды лауреат Государствен-
ной премии СССР, проф. А.И. Сидоров

ISBN 5-7882-0096-2

© Казанский государственный
технологический университет,
1999 г.

Авиационный дымовой генератор - трассирующее
средство, содержащее пиротехническую шашку из дымового пи-
ротехнического состава и электрокапсюльную втулку, предна-
значенное для образования цветных дымовых трасс (следов) са-
молета при выполнении фигур высшего пилотажа и учебно-
тренировочных полетов.

Ф.П.Мадякин

Азиды - соли азотистоводородной кислоты HN_3 , а также
неорганические и органические соединения, содержащие одну
или несколько групп $-\text{N}_3$, например, хлоразид ClN_3 , иодазид
 IN_3 , тринитротриазидобензол $\text{C}_6(\text{NO}_2)_3(\text{N}_3)_3$, нитрогуанилазид
 $\text{HN}=\text{C}(\text{NHNNO}_2)\text{N}_3$, 5-азидотетг изол $\text{HN}-\text{N}=\text{N}-\text{N}=\text{CN}_3$

циануртриазид $\text{C}_3\text{N}_3(\text{N}_3)_3$. Большинство солей HN_3 обладают
взрывчатыми свойствами. Исключение составляют азиды щелочных металлов, которые при нагревании разлагаются с большой скоростью, но не взрываются. Азиды тяжелых металлов по-

лучают из азидов натрия. Они трудно растворимы в воде, весьма чувствительны к удару и трению даже во влажном состоянии. Азид свинца широко используется в качестве инициирующего взрывчатого вещества (ИВВ) в чистом виде или в смеси с другими ИВВ. Азид бария в сочетании с металлическими горючими используется для получения паров бария. Значительными взрывчатыми свойствами обладают азиды йода, хлора, аммония, а также многие органические азиды. Относительно термостойкими являются полимерные соединения, содержащие азидные группировки у атомов углерода, которые связаны с атомом углерода, не содержащим водорода. (См. Азид натрия, Азиды органические).

Ф.П.Мадьякин

Азид натрия (А.н.) NaN_3 – натриевая соль азотистоводородной кислоты. Получается действием закиси азота на амид натрия при 200°C : $\text{NH}_2\text{Na} + \text{N}_2\text{O} = \text{NaN}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Технический азид натрия содержит примеси Na_2CO_3 и NaOH , хорошо растворяется в воде (40,16 г при 10°C в 100 г H_2O); химически чистый NaN_3 растворяется в воде несколько хуже, чем технический (35,3 г при 10°C в 100 г H_2O). В 100 г спирта при 16°C растворяется всего 0,31 г NaN_3 , поэтому очистку технического А.н. осуществляют перекристаллизацией в воде с последующим осаждением спиртом. А.н. токсичен, легко вступает во взаимодействия со многими кислород- и галогенсодержащими соединениями, а также с

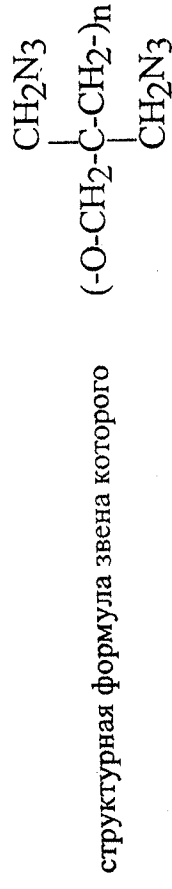
металлами, образующими устойчивые нитриды. При взаимодействии А.н. с кислородсодержащими соединениями образуется оксид натрия, а с галогенсодержащими соединениями – галогениды натрия (NaF , NaCl) и выделяется азот. Смесь А.н. с оксидом железа используется для получения чистого высокотемпературного азота. При сгорании смесей А.н. с металлическими горючими получается соответствующий нитрид металла и паробразный натрий. А.н. широко используется для синтеза других неорганических и органических азидов, а также в составах для наддува спасательных подушек, накачки лазеров, получения паробразного натрия, нитридов металлов, в топливах для двигателей коррекции, составах и изделиях для пожаротушения и т.д.

Лит.: Смирнов Л.А., Силин В.С. Конверсия. Пороха, смеси ТТ, пиротехнические изделия и взрывчатые вещества для мирных целей. М.: ЦНИИИТКИПК, 1993. Ч.1.

Ф.П.Мадьякин

Азиды органические – соединения, имеющие азидные группировки. Среди органических азидосоединений в качестве компонентов гетерогенных горючих систем (ГГС) исследованы азидэтанол, 2,4,6-азидоэтоксимметричный триазин (ТА) и поли-3,3-бис(азидометил)оксетан (азидопентон, АП-3,3). Азидэтанол улучшает специальные характеристики многих пиротехнических составов и топлив, но обладает значительной летуче-

стью, что делает его практическое использование проблематичным. Возможно использование ТА в ГТС, однако его выпуск не освоен промышленностью. Одним из наиболее перспективных азидосоединений является азидопентон, который получается нуклеофильным замещением хлора на азидную группу в поли-3,3-бис(хлорметил)оксетане (пентоне). Азидопентон представляет собой термопластичный полимер линейного строения,



В связи с тем, что он получается методом полимераналогичных превращений, его свойства зависят от свойств исходного полимера, в частности, от молекулярной массы. Однако эти различия не существенны. Так, температура стеклования азидопентона, полученного из различных марок пентона, колеблется в пределах $-27 \div -32^\circ\text{C}$, температура текучести $-70-76^\circ\text{C}$, начала разложения $-175-185^\circ\text{C}$, начала интенсивного разложения $-190-205^\circ\text{C}$, энтальпия образования $-544,5-599,3$ ккал/кг.

Азидопентон и композиции на его основе можно перерабатывать всеми методами, присущими термопластам. Образцы, запрессованные методом проходного прессования, при атмосферных условиях и давлении окружающей среды до $8,5$ МПа

после воспламенения затухают. Горение становится стабильным при давлении 9 МПа. При давлении 10 МПа скорость горения составляет 30 мм/с. Наличие бронирования из органических веществ снижает давление устойчивого горения до $2-3$ МПа, при этом происходит ускоренное сгорание по месту контакта бронезащиты с образованием конуса. Смеси азидопентона с окислителями и/или горючими могут сгорать при атмосферных условиях. Азидопентон растворяется в диметилформамиде, метиленхлориде, циклогексаноле и других растворителях. По чувствительности к механическим воздействиям и взрывчатым характеристикам он близок к нитратам целлюлозы и порохам на их основе. Азидопентон представляет интерес как компонент газогенерирующих составов, твердых топлив, пиротехнических аэрозольобразующих составов термовозгонного типа, составов и топлив для активного воздействия на облака и т. д.

Ф.П.Мадякин

Алюминий (А.) – легкий металл серебристо-белого цвета, пластичен, хорошо полируется. Температура плавления $A. 658^\circ\text{C}$, теплота плавления $10,8$ кДж/моль, удельная теплоемкость жидкого $A. 31$ кДж/(кг·К). Температура кипения при атмосферном давлении, определенная разными исследователями, $2000-2500^\circ\text{C}$. А. обладает высокой химической активностью. Во

всех устойчивых соединениях он трехвалентен, но при высоких температурах может быть одно- и двухвалентным. А. горит в ряде окислительных сред – кислороде, парах серы и др.; с хлором и бромом реагирует при обычной температуре, с иодом – при нагревании или в присутствии воды, играющей роль катализатора. При температуре 700-800°C А. реагирует с азотом и углеродом, непосредственно с водородом не взаимодействует. При окислении в среде O_2 , CO , CO_2 частицы А. покрываются плотной оксидной пленкой и окисление вплоть до 2000°C протекает по параболическому закону. Вследствие образования оксидной пленки он устойчив в сильно разбавленных и концентрированных HNO_3 и H_3PO_4 . Защитные свойства пленки ослабевают в щелочных средах.

Возможность воспламенения и время задержки воспламенения зависят от размера и формы частиц А. Частицы алюминиевой пудры и мелкие частицы А. сферической формы (<50 мкм) воспламеняются при температуре порядка 1500°C, частицы размером более 100 мкм в пламенах газовых горелок и смесевых топливах не воспламеняются вообще или воспламеняются при температурах выше температуры плавления оксида А. Время задержки воспламенения зависит от размера и концентрации частиц А., температуры окислительной среды. Снизить тем-

пературу воспламенения крупных частиц можно, добавляя к ним мелкие частицы или покрывая их специальными пленками. Поверхность горящих частиц А. находится в расплавленном состоянии, а вокруг них образуется светящаяся зона диаметром в 1,5-3,5 раза больше диаметра исходных частиц. Температура горения А. близка к температуре кипения его оксида, а время сгорания пропорционально диаметру частицы в степени 1,5 и мало зависит от температуры пламени и давления. Состав продуктов сгорания А. в топливах и пиротехнических составах разнообразен – Al_2O_3 , Al_4C_3 , AlN и т.д. Промышленность выпускает А. в виде порошка ПА-1(ПА-2, ПА-3, ПА-4), АСД-1(АСД-2, АСД-3, АСД-4) и АСД-Т, а также пудры пиротехнической. А. широко применяется в смесевых топливах и практически во всех видах пиротехнических составов.

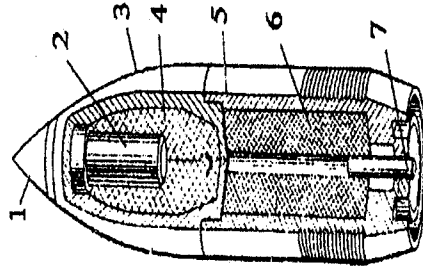
Лит.: Фролов Ю.В., Похил П.Ф., Логачев В.С. Воспламенение и горение порошкообразного алюминия в высокотемпературных газовых средах и составах гетерогенных конденсированных систем//Физика горения и взрыва. Новосибирск: Наука. 1972. Т. 8. № 2; Вуд В.А. Горение металлов в быстрогорящих топливах//Исследование ракетных двигателей на твердом топливе. М.: ИЛ, 1963.

Ф.П.Мадякин

Активно-реактивный снаряд (мина) – один из видов артиллерийских боеприпасов, в котором для увеличения дальности

сти полета размещен реактивный двигатель (рисунк). Газы метательного заряда разгоняют снаряд в канале ствола орудия или миномета. На траектории начинает работать реактивный двигатель, сообщая снаряду дополнительную скорость. Это обеспечивает увеличение дальности полета на 20-30% по сравнению со стрельбой обычным снарядом того же калибра.

Активно-реактивный снаряд



1 – взрыватель; 2 – дополнительный детонатор; 3 – корпус разрывной части снаряда; 4 – взрывчатое вещество; 5 – корпус двигателя; 6 – заряд твердого топлива; 7 – сопло

А.С.Михайлов

Антрацен (А.) $C_{14}H_{10}$ представляет собой бесцветные кристаллы, хорошо растворяющиеся в горячем бензоле, плохо - в спирте и эфире. В пиротехнических составах применяется тех-

нический (сырой) А., являющийся смесью А. с его гомологами (фенантроном и карбазолом) и содержащий 12-18% антраценового масла. Температура вспышки технического А. 150-160°C. Он применяется в дымовых составах черного и белого цветов. Недостатком сырого А. является расслоение его ингредиентов, в результате чего возникает необходимость перед применением производить перемешивание (усреднение, перелопачивание).

Составы на таком А. обладают недостаточными свойствами физической стабильностью, поэтому в последнее время при разработке аэрозолеобразующих составов, составов ИК-излучения, твердых топлив пиротехнического типа используют химически чистый А.

Ф.П.Мадякин

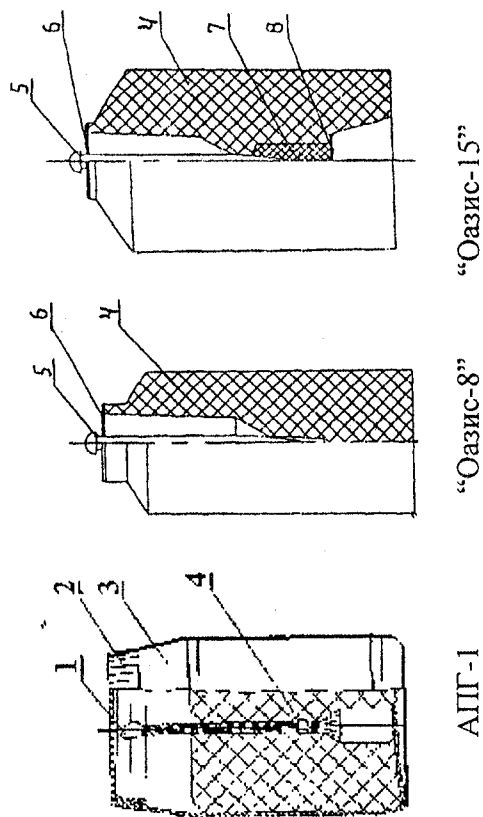
Аэрозолеобразующие составы для воздействия на переохлажденные облака и туманы. Одним из способов предотвращения града и вызывания осадков является введение в переохлажденное облако аэрозоля веществ (реагентов), являющихся центрами нуклеации паров воды. Аэрозоль можно создавать различными методами, но наиболее предпочтительным считается сжигание пиротехнических составов в генераторах. Существуют два типа пиротехнических составов, образующих при горении аэрозоль реагента. В первом реагент вводится в состав в виде по-

рошка и в результате сгорания термической основы возгоняется, образуя аэрозоль; во втором реагент получается в процессе сгорания смеси. В России в качестве реагента используется AgI, который возгоняется за счет сгорания термической основы, содержащей перхлорат аммония. При этом высокий выход активных частиц (АЧ) достигается при горении составов с резко отрицательным кислородным балансом (КБ) при температуре продуктов сгорания порядка 2200 К. Основным требованием, предъявляемым к составам, является обеспечение максимального выхода АЧ (не менее $5 \cdot 10^{12}$ ч/г) при температуре тумана -10°C . Для обеспечения такого выхода в состав вводили до 60% AgI. Современные составы содержат 2% AgI. Разработаны составы с содержанием AgI порядка 0,4%. При применении в качестве термической основы энергетически выгодных азотсодержащих соединений (азидопентона, нитратов целлюлозы) высокий выход АЧ наблюдается при КБ смеси, близком к нулевому, что позволяет использовать их одновременно в качестве источника АЧ и топлива, обеспечивая экологическую чистоту продуктов сгорания.

Ф.П.Мадякин

Аэрозолеобразующие средства пожаротушения. Существуют различные способы пожаротушения: понижение темпе-

ратуры пламени за счет ввода в очаг хладагента, разбавление воздуха инертным газом, ограничение доступа воздуха к очагу горения, отрыв пламени от источника горючего, ингибирование процессов горения и т.д. Для подавления пламени в закрытых помещениях наиболее эффективными считаются средства, снаряженные аэрозолеобразующими составами (АОС). Дисперсная фаза образующихся аэрозолей должна состоять из соединений калия или натрия, преимущественно карбонатов, хлоридов, оксидов и гидроксидов. Эффективность гашения пламени в условиях закрытых помещений оценивают гасящей концентрацией (Wc). Величина Wc равна, г/м^3 : для хладонов 1100, порошкообразных веществ 800, пиротехнических составов 10-80. Разработкой аэрозолеобразующих пожаротушащих составов и средств занимается большое количество организаций. Все разрабатываемые составы можно разделить на три типа: на основе нитратов целлюлозы, горюче-связующих и порошкообразных пиротехнических компонентов. Рецептуры некоторых из них приведены в табл. 1. Промышленность выпускает генераторы огнетушащего аэрозоля: «СОТ», «Вьюга-М», «Оазис», ПАГ различных марок и т.д. Основные характеристики ПАГ, выпускаемых НИИПХ (г. Сергиев-Пасад), приведены в табл. 2, а генераторов аэрозолей Пермского завода им. С.М.Кирова - в табл. 3, на рис. 1 и 2.



1 – узел воспламенения; 2 – крышка; 3 – корпус; 4 – состав АОС; 5 – запал-спичка; 6 – мембрана; 7 – стружка АОС; 8 – заглушка

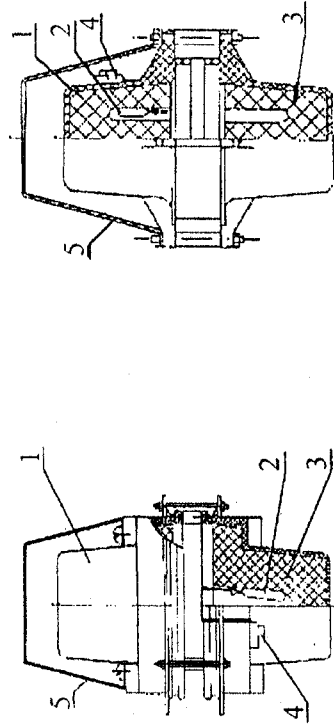
Рис. 1

Для тушения подземных пожаров применяются сгорающие без образования пламени пиротехнические составы, содержащие, %: 1) окислитель (KClO_3 , KNO_3 , NaNO_3 , NH_4NO_3) 35-50, мочевины или нитрогуанидин 15-40, СФ-0112А 3; 2) гексахлорэтан 67-75, кварцевый песок 18-25, алюминиевую пудру 7-8.

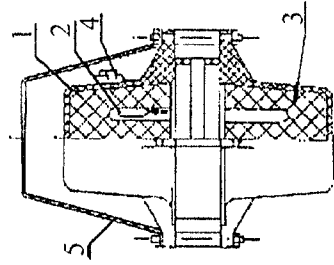
Параметры				Значения параметров для											
Табличные размеры, мм:		длина	диаметр	Масса, кг:		генератора	АОС	Способ запуска	ручной (огнепро-водный шнур)	ручной (терочный воспла-менитель)	электровоспламе-нитель, напряже-ние запуска 12-36 В	Время работы генератора, с		Защищаемый объем, м ³	
												60	15	50	8
АПГ-1	АПГ-1М	АПГ-3	АПГ-10	140	85	1,00	0,95	1,30	0,85	1,30	1,30	4,80	2,80	13,50	9,00
				135	65	0,85	0,85	85	135	215	365	248			

Основные характеристики аэрозольобразующих генераторов
Пермского завода им. С.М.Кирова

Схемы аэрозолеобразующих пожаротушающих генераторов



АПГ-3



АПГ-10

1 - корпус; 2 - узел воспламенения; 3 - АОС; 4 - клеммная колодка; 5 - скоба

Рис. 2

Лит.: Баратов А. Н. Пожаровзрывобезопасность. 1992. №2; Коростелев В. Г. Гашение углеводородных пламен аэрозолегенерирующими пиротехническими составами. Материалы XXI Международного пиротехнического семинара. М.: АНР. С. 444-458; Жуков Б. П., Денисюк А. П., Шепелев Ю. Г. и др. Высокоэффективное пожаротушающее топливо. Там же. С. 1018-1032; Силин Н. А., Емельянов В. Н., Сидоров А. И., Вареных Н. М. Пиротехнические аэрозолеобразующие составы и средства объемного пожаротушения на их основе. Там же. С. 1043-1058; Денисюк А. П., Жуков Б. П., Алферов В. Г., Шепелев Ю. Г. и др. Твердые топлива для эффективных пожаротушающих средств/Конверсия. 1994. Вып. 11; Смирнов Л. А., Силин В. С. Конверсия. М.: ЦНИИТИКП, 1993. Ч.1

Ф. П. Мадякин

Безгазовое горение – гетерогенное горение конденсированных систем, сопровождающееся образованием только конденсированных продуктов. Возможность такого горения обусловлена большим тепловыделением в зоне реагирования и термической стабильностью конечных продуктов. При горении происходит безотходный химический синтез тугоплавких соединений – оксидов, боридов, силицидов, карбидов и др.

А. С. Михайлов

Безгазовые и малогазовые составы (Б.м.с.) представляют собой самостоятельную группу пиротехнических так называемых тепловых составов, которые находят широкое применение в народном хозяйстве, космической и военной технике. Одним из видов Б.м.с. являются термитные составы, широко используемые для сварки проводов, рельсов, приварки к ним элементов заземления, в зажигательных боеприпасах, в качестве замедлителя, для получения электрического тока, подогрева пищи, получения новых материалов и т.д. Отличительное свойство, присущее большинству Б.м.с. – малая зависимость скорости горения от внешнего давления. Термин «безгазовые» составы можно отнести к разряду условных, так как в момент реакции, протекающей при высокой температуре, они образуют некоторое количество газообразных продуктов, при охлаждении превра-

шающихся в твердые вещества. В качестве горючих в Б.м.с. используются порошки металлов, а окислителей - оксиды и хроматы металлов.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973.
И.А.Абдуллин

Бенгальская свеча (Б.с.) представляет собой стальную проволоку с нанесенным на определенную ее часть пиротехническим форсовым составом. Воспламенение Б.с. происходит от быговой спички. При горении состава должны разбрасываться яркие искры и не должно образовываться дыма. Солодовников В.М. приводит следующую рецептуру искристого состава для свечей, %: азотнокислый барий 50, декстрин или крахмал 12-14, опилки металлические вороненные 30, металлическое горючее 6-8. В качестве металлического горючего рекомендуется использовать пудру алюминиевую, порошок магния или сплава АМ. Один из современных составов Б.с. содержит, %: барий азотнокислый 40,4; пудру алюминиевую ПАК-1 (ПАК-2) 5,2; порошок железный ПЖ-3М (ПЖ-4М, ПЖ-5М) 40,6; декстрин кукурузный 10,8; крахмал кукурузный 3,0. В этот состав иногда добавляют 0,1-0,2 % порошкообразного мела и 0,1-0,4 % углерода. Б.с. выпускаются длиной 210, 330 и 650 мм со временем работы 40, 120 и 240 с соответственно. Технология их изготовления включает

следующие операции: приготовление клея и состава, нанесение состава на проволоку, сушку. Последние две операции повторяют четыре раза. Сначала готовится декстринокрахмальный клей (6,4-6,8 ч. декстрина и 1,5-2,1 ч. крахмала на 55-60 ч. воды): в нагретую до 90°C воду вводится декстрин, содержащее перемешивается и в приготовленный раствор загружается растворенный в 5ч. воды крахмал. Масса доводится до кипения, охлаждается и выдерживается в течение 8 ч. В готовый клей вводятся последовательно азотнокислый барий, алюминиевая пудра, железный порошок, мел и углерод. Масса перемешивается в течение 20-25 мин, процеживается через сито и заливается в ванну. Набранная стержнями кассета опускается в смесь, затем вынимается, выдерживается над ванной для стекания излишней массы и отправляется в сушильную камеру с температурой 70-80°C. Эта операция повторяется дважды. Операция окунания повторяется еще дважды, но сушка производится при 100°C. Б.с. сжимаются вдали от легковоспламеняющихся предметов (вата, ткань, бумага и т.д.).

Лит.: Солодовников В.М. Пиротехника. Производство и сжигание фейерверков. М.: Оборонгиз, 1938.

Ф.П. Мадякин

Бор (Б.) имеет аморфную или кристаллическую структуру. Аморфный Б., как правило, представляет собой тонкодис-

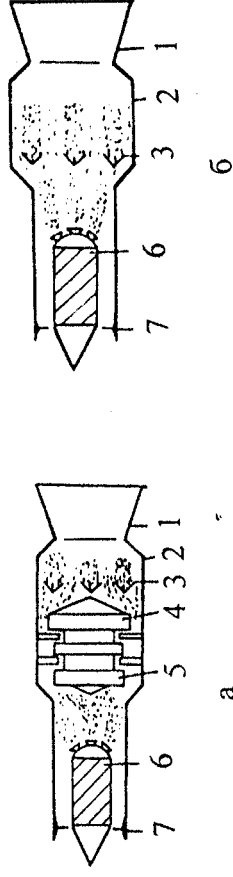
перный порошок (основная масса частиц менее 5 мкм); очень реакционноспособен, легко окисляется и воспламеняется. Добавка В. в пиротехнические составы и топлива облегчает их воспламенение, поэтому он находит применение в воспламенительных, реже безгазовых составах и твердых топливах. Применение его сдерживается значительной агломерацией частиц при горении состава, невысокими полнотой сгорания и температурой горения, что объясняется низкой температурой плавления образующейся на частицах В. пленки оксида В. (около 450°C), а также затратами тепла на его плавление и испарение. Учитывая высокую расчетную теплотворную способность В. и легкость воспламенения, были предприняты попытки повысить полноту его сгорания в гетерогенных горючих системах за счет использования в качестве окислителя перхлората натрия и введения в состав серы и тиокола. Однако это увеличение оказалось незначительным. Более существенные результаты получены при сжигании В. в виде аэрозвеси, а также при использовании борорганических соединений.

Ф.П.Мадякин

Воздушно-ракетный двигатель (В.р.д.) – комбинированный ракетный двигатель, в котором сочетаются рабочие циклы воздушно-реактивного и ракетного двигателей. Двигатели, в которых осуществляются циклы прямого воздушного воздушно-реактивного

двигателя и жидкостного ракетного двигателя (ЖРД), называются ракетно-прямоточными, а турбореактивного и ЖРД – ракетно-турбинными (рисунок). В.р.д. могут использоваться для воздушно-космических летательных аппаратов.

Воздушно-ракетные двигатели



а – ракетно-прямоточный; б – ракетно-турбинный

1 - реактивное сопло; 2 - камера дожигания; 3 - форсунки
выпуска дополнительного горючего; 4 – турбина;
5 - компрессор; 6 - камера сгорания; 7 - воздухозаборник

Лит.: Теория воздушно-реактивных двигателей / Под ред. С.М.Шляхтенко. М.: Машиностроение, 1975.

А.С.Михайлов

Воспламенительные пиротехнические составы (В.п.с.)

– пиротехнические составы, обладающие повышенной чувствительностью к тепловому и механическому импульсу. Применяются для снаряжения воспламенительных средств, подпрессовки к основному пиротехническому составу (ОПС) или нанесения на

пирозлементы. Основными требованиями, предъявляемыми к В.п.с., являются легкость воспламенения от начального импульса и надежное воспламенение ОПС, заряда жидкого или твердого топлива (ТТ). Для этого при сгорании В.п.с. в основном пиротехническом составе или ТТ должны создаваться запас тепла и градиент температуры, близкие к таковым при их стационарном горении. Для воспламенения трудновоспламеняющихся пиротехнических составов (ПС) между воспламенительным и основным составами размещают один или несколько переходных, представляющих собой смесь воспламенительного и основного составов, с постепенным увеличением в них доли последнего. Для воспламенения ТТ при сгорании В.п.с. должны образовываться нагретые до высокой температуры конденсированные продукты, обладающие значительной теплоотдачей, и газообразные, обеспечивающие создание факела повышенных размеров. Для увеличения температуры горения и образования конденсированных продуктов сгорания в В.п.с. вводят металлические горючие Mg, Al, Zn, Ti, сплав AM и др. В большинстве случаев используются составы с небольшим отрицательным кислородным балансом. Возможно воспламенение ПС и ТТ химическим путем, т.е. за счет экзотермических реакций между продуктами сгора-

ния В.п.с. и компонентами основного состава. Наиболее распространенным В.п.с. является дымный ружейный порох. В зависимости от назначения и применения основного состава к В.п.с. могут предъявляться специальные требования. Например, В.п.с. для трассирующих составов в пулях и снарядах должен устойчиво сгорать при повышенных давлениях, не гаснуть при резком спаде давления при вылете их из ствола, не образовывать яркого пламени, демаскирующего стреляющего. Учитывая большое разнообразие основных составов и условий их воспламенения, использовать какой-то один универсальный В.п.с. не представляется возможным. Применяется широкий круг В.п.с., отличающихся природой и соотношением между компонентами.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *Ф.П.Мадякин*

Воспламенительное устройство (В.у.) – пиротехническое средство, объединяющее в одном корпусе средство воспламенения, усилитель (пороховой или пиротехнический) и иногда замедлитель. В.у. предназначаются для возбуждения горения зарядов твердых топлив, пиротехнических составов, порохов и ВВ. Для воспламенения зарядов твердых топлив в РДТГ используют В.у. коробочного, корзиночного и газогенераторного типов.

Н.Х.Валеев

Газообразующий состав (Г.с.) - пиротехнический состав, горение которого сопровождается интенсивным выделением газообразных продуктов. Применяется в качестве рабочего тела в пиротехнических средствах или для получения чистого газа. Г.с. используются в средствах для наддува топливных баков, катапультирования пилотов, размыкания и замыкания электрических устройств, приведения в действие клапанов, резачков, пуска турбин, вытеснения жидкостей и т.д. В зависимости от применения к Г.с. предъявляются различные требования по скорости горения и составу образующихся газов, однако в подавляющем большинстве случаев они должны развивать минимальную температуру и не образовывать агрессивных продуктов. Их можно разделить на составы, у которых: 1) все продукты сгорания газообразные, 2) одна часть продуктов сгорания газообразная, а другая находится в конденсированном состоянии и остается на месте сгорания. В некоторых случаях допускается образование газообразных и диспергируемых конденсированных продуктов. Принципы разработки составов первого и второго типов и используемые компоненты для них отличаются весьма существенно. При разработке первого типа используются окислители, разлагающиеся с образованием только газообразных веществ (нитрогуанидин, гуанидиннитрат, нитрат и перхлорат аммония), и органические

горючие, сгорающие также с образованием газообразных продуктов. В некоторых случаях допускается введение в эти составы небольшого количества катализаторов и стабилизаторов горения, например, бихромата аммония и калия, оксидов меди и ванадия. При получении чистых газов (N_2 , O_2 , Cl_2 , H_2 и т. д.) невозможно, чтобы все продукты сгорания состава представляли одно вещество. В этом случае Г.с. следует строить таким образом, чтобы газообразные продукты состояли только из необходимого вещества, а конденсированные (шлаки) оставались в виде исходного пироэлемента на месте сгорания (составы второго типа). Например, при горении смеси $NaN_3 + Fe_2O_3 + Al_2O_3$ образуется газообразный N_2 и конденсированные Na_2O и Fe , которые совместно с Al_2O_3 остаются на месте сгорания, сохраняя первоначальную форму образца. Такая же картина наблюдается при горении смеси дициандиамида-титана без доступа воздуха, но в этом случае газом является водород, а конденсированными продуктами - нитрид и карбид титана.

Ф.П.Мадьякин

Гексаметилентетрамин (уротропин) $C_6H_{12}N_4$ получается конденсацией формальдегида с аммиаком. При комнатной температуре хорошо растворяется в воде (в 100 г воды растворяется 167 г уротропина) и плохо - в этиловом спирте и бензоле. Разлагается под действием кислот; термически стоек (в вакууме воз-

гоняется при 230-270°C почти без разложения); теплота образования 126 кДж/моль. Уротропин является основой брикетов "сухого спирта", широко используется в медицине и при производстве взрывчатых веществ. Чистый уротропин сгорает бесцветным, не коптящим пламенем, что особенно ценно при его применении в составах цветных огней. В сочетании с кислородом, содержащими окислителями он выполняет роль горючего и при сгорании образует CO, CO₂, H₂O и N₂. Смеси уротропина с металлическими горючими без доступа кислорода воздуха сгорают с образованием соответствующих карбидов, нитридов, водорода и выделением значительного количества тепла. **Ф.П.Мадьякин**

Гексахлорбензол (Г.) C₆Cl₆ - бесцветное кристаллическое вещество, представляющее собой полностью замещенное галогенпроизводное соединения бензола, содержащее 75% хлора (по массе). Его плотность при нормальной температуре 2044 кг/м³, в расплавленном состоянии 1569 кг/м³; коэффициент Демидова 1,34; температура плавления 227-231, кипения 309-323°C; теплота плавления 25,52 кДж/моль; он легко сублимирует (теплота сублимации 97,97 кДж/моль); давление паров Р (Па) в диапазоне 114-227°C выражается уравнением lgP=10,492-3242/T; теплота образования кристаллического гексахлорбензола -130,96 кДж/моль; энтальпия 260,24 Дж/(моль·К); теплоемкость

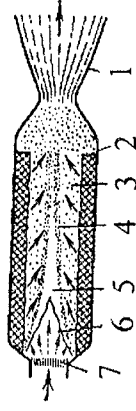
при температуре 298 К 175,31 Дж/(моль·К), а при 100 К - 260,83 Дж/(моль·К). Температура начала разложения 550, интенсивного разложения 650-750°C. Г. не растворяется в воде и холодном спирте, не гидролизуетсся водой; растворим в горячем спирте, бензоле, эфире, хлороформе. Умеренно токсичен, ПДК 0,9 мг/м³. Летучесть Г. меньше, чем у гексахлорэтана. Применяется в составах цветных огней, маскирующих и сигнальных дымов.

Ф.П.Мадьякин

Гексахлорэтан (Г.) C₂Cl₆ относится к галогенпроизводным предельных углеводородов алифатического ряда и представляет собой бесцветное кристаллическое вещество со слабым камфарным запахом, существующее в трех модификациях: ромбической (устойчивой ниже 43,6°C), триклинной (43,6-71,1°C) и кубической (выше 71,1°C). Его плотность при 20°C 2091-2100 кг/м³, коэффициент Демидова 1,11. В запаянном капилляре Г. плавится при температуре 186,9-189,0°C; теплота плавления 9,75 кДж/моль; теплота образования кристаллического Г. -192,46÷-225,52 кДж/моль, а газообразного 141,2-150,62 кДж/моль; удельная теплоемкость при 25°C 171,8 Дж/(моль·К). Температура начала разложения Г. 400°C; температура начала интенсивного разложения 650-760°C. Г. не растворяется в воде, умеренно растворяется в спирте и эфире, хорошо растворяется в CS₂. Реакции взаимодействия Г. с метал-

Гибридный ракетный двигатель — ракетный двигатель, работающий на сочетании твердых и жидких компонентов топлива, причем один из них, находящийся в твердом состоянии, как правило, размещается в камере сгорания, куда подается другой компонент в жидком состоянии (рисунок). Обычно твердый компонент — горючее, жидкий — окислитель. Первый гибридный ракетный двигатель (двигатель 09) создан в СССР в 1933 году.

Камера гибридного ракетного двигателя



1 - реактивное сопло; 2 - заряд твердого горючего; 3 - зона смешения продуктов газификации горючего и продуктов сгорания; 4 - зона активного горения; 5 - зона смешения окислителя и продуктов сгорания; 6 - холодный окислитель; 7 - форсуночная головка для распыления окислителя

Лит.: Волков Е.Б., Мазинг Г.Ю., Шикин Ю.Н. Ракетные двигатели на комбинированном топливе. М.: Машиностроение, 1973. *А.С.Михайлов*

Гибридное топливо (Г.т.) — топливо, состоящее из веществ разного агрегатного состояния (жидких и твердых). Г.т. предназначены для гибридных ракетных двигателей (ГРД) и подразделяются на двух- и трехкомпонентные; содержащие

лами (Zn, Al, Mg, Fe и др.), а также с их оксидами могут протекать в форме горения с образованием углерода, оксида углерода и хлоридов металлов. Смеси Г. с Al и Mg сгорают с большими скоростями. Для уменьшения скорости добавляют инертные и малоактивные компоненты (хлористый аммоний, карбонаты и др.). Г. с порошком железа горит медленно, выделяя бурный дым хлорного железа. Смеси Г. с Al или Mg в прочной оболочке могут взрываться от капсуль-детонатора №8. При взаимодействии Г. с силицидом кальция образуется летучий SiCl_4 , дающий при взаимодействии с влажным воздухом аэрозоль кремниевой кислоты. Полное окисление горючего в смеси с Г. происходит при следующем его содержании, %: Zn 45,3; Mg 23,5; Al 18,6; Fe 32,1. При горении составов на основе Г. образуется аэрозоль серого цвета, так как содержит некоторое количество углерода. Г. широко используется в дымовых (металлохлоридных) и составах цветных огней. Недостатком Г., препятствующим широкому применению, является его значительная летучесть (при 60°C давление паров составляет 0,798 кПа, что в 3 раза выше, чем у нафталина). Ввиду этого вместо Г. используют C_6Cl_6 или $\text{C}_{10}\text{Cl}_{12}$.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Ellern H. Modern Pyrotechnics. Fundamentals of applied physical pyrotechnistry. New York, Chemical Publ. Co., 1961. *Ф.П.Мадьякин*

жидкий окислитель и твердое горючее (ГРД прямой схемы); жидкое горючее и твердый окислитель (ГРД обратной схемы); топлива, в которых твердое горючее или окислитель представляют собой смесь окислителя и горючего с преобладанием того или другого вещества (топливо ГРД смешанной схемы). Г.т. должно обеспечивать устойчивую работу двигателя в заданном режиме, возможно большой удельный импульс тяги, обладать высокой плотностью и стабильностью при хранении. В качестве окислителя в Г.т. используют кислород, перекись водорода, азотную кислоту, четырехокись азота, тетранитрометан, фтор, оксид фтора, трифторид хлора; твердых горючих - полиэтилен, каучуки, гидриды лития и алюминия, алкомогидрид лития и др.; твердых окислителей - нитрат аммония, перхлораты аммония, нитрония, нитрозила, перхлорат аммония в смеси с нитратом гидразина; жидких горючих - водород, гидразин, несимметричный диметилгидразин, керосин, пентаборан.

Лит.: Волков Е.Б., Мазинг Г.Ю., Шишкин Ю.Н. Ракетные двигатели на комбинированном топливе. М.: Машиностроение, 1973. *А.С.Михайлов*

Гидрореагирующие составы (Г.с.) представляют собой гетерогенные смеси металлического горючего (Mg, Al, B, Zr, Li) и небольшого количества окислителя (нитраты или перхлораты щелочных металлов). Г.с. имеют резко отрицательный кислородный баланс и предназначены для генерации тепла и рабочего тела (преимущественно водорода) при взаимодействии продуктов их первичного горения с водой. Применяются Г.с. при термомеханической обработке скважин с целью повышения их дебета, для наддува понтонов при подъеме затонувших объектов, в качестве топлива в гидроактивных двигателях. Основными характеристиками Г.с. являются: количество тепла, выделяющееся в результате сгорания зарядов при взаимодействии металлического горючего с водой; количество воды, необходимое для сгорания одного килограмма состава; газопроизводительность. Теплота сгорания Г.с. в зависимости от природы металлического горючего составляет 16-26 МДж/кг.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *А.С.Михайлов*

Горение конвективное - режим горения, когда передача теплового импульса, инициирующего химическое превращение в исходной смеси, осуществляется конвекционным переносом тепла при фильтрации теплоносителя в направлении распространения фронта реакции. Конвективное горение является промежу-

жучонной стадией между устойчивым (послойным) горением и низкоскоростным режимом взрывчатого превращения.

Лит.: Фролов Ю.В., Коростелев В.П. Горение газопроницаемых пористых систем//Распространение тепловых волн в гетерогенных средах. Новосибирск: Наука, 1988. С. 71-87.
А.С.Михайлов

Горючее металлическое – компонент пиротехнических составов. В пиротехнической промышленности используется значительное количество металлических горючих (М.г.), существенно отличающихся по свойствам, количеству тепла, выделяемого при взаимодействии с окислительным агентом (кислородом, галогеном, углеродом, азотом, фосфором, серой, металлоидом), а также свойствам образующихся продуктов сгорания (таблица). Отличительной особенностью М.г. является образование на поверхности частиц пленки оксида, гидрата оксида, хлорида, фторида, нитрида или карбида, которая во многом определяет их воспламенение и полноту сгорания. По закономерностям окисления и горения к металлам относят сплавы на основе металлов, бор, кремний и сплавы на их основе. Сплошность пленки и ее защитные свойства определяются коэффициентом Пиллинга-Бедворса, вычисляемым по формуле $\beta = M_{ок} \rho_{Me} / \rho_{ок} A_{Me} \cdot n$, где $M_{ок}$, $\rho_{ок}$ – молекулярная масса и плотность оксида;

Физико-химические свойства металлических горючих

Вещ- ство	Be- р, кг/м ³	Температура, °С		Теплота, кДж/моль		Коэффи- циент де- мидо- ва	β	C ^{p298} , Дж/(моль·К)	ΔH°, кДж/моль (для газа)
		самовос- пламе- ния в O ₂	самовос- пламе- ния в воз- духе	плам- ления	испа- рения				
Be	1850	1284	2477	800	>800	14,7	309	0,56	16,4
B	2340	2075	3860	500-900	900	23,0	530	0,45	4,00
Mg	1740	651	1107	500-600	550	9,2	132	1,52	0,81
Al	2740	659	2494	800	1300	10,8	293	1,12	1,45
Si	2330	1423	3309	~1000	>900	49,2	356	0,88	1,88
Si	4500	1670	3277	200-600	600	15,0	410	1,50	1,73
Cu	8960	1083	2543	~1000	-	13,0	302	3,96	1,72
Zn	7130	420	907	400-500	-	7,2	115	4,07	1,55
Zr	6450	1852	4377	150-500	240-350	14,6	558	2,85	1,45
Nb	8580	2497	4927	500-600	-	28,0	662	2,32	2,68
Ta	16600	3015	5500	-	-	34,7	745	4,50	3,30
W	19320	3420	5680	-	-	61,5	769	3,81	-
									24,3
									844,7

A_{me} , ρ_{me} — атомная масса и плотность металла; n — число атомов металла в оксиде. При $\beta < 1$ пленка оксида имеет рыхлую ячеистую структуру и не может надежно защищать металл от дальнейшего окисления. Если $\beta \geq 1$, то образующаяся пленка имеет компактную, сплошную структуру, препятствует диффузии реагирующих компонентов через нее и тем самым защищает металл от дальнейшего окисления (характерно для Al, Si, Be). При $\beta \gg 1$ в пленке могут возникнуть напряжения, приводящие к образованию трещин и уменьшению ее защитных свойств. Время задержки воспламенения и полнота сгорания М.г. определяются не только природой металла и свойствами образующейся при окислении пленки, но и формой, размером, концентрацией частиц горючего, природой и давлением среды, в которой окисляется горючее и т.д. При прочих равных условиях легче воспламеняется и сгорает с большей полнотой система мелкодисперсных частиц неправильной формы. Показатель степени зависимости времени задержки воспламенения и сгорания частиц от их диаметра для различных М.г. находится в пределах 1,5-2,0.

Лит.: Кофстад П. Высокотемпературное окисление металлов. М.: Мир, 1969; Гуревич М.А., Озерова Г.Е., Степанов А.М. Критические условия само-

воспламенения полидисперсной газозвеси частиц твердого горючего//Физика горения и взрыва. Новосибирск: Наука, 1971. Т. 7; Кляузов А.К., Арш М.М., Мадякин Ф.П., Филаретова Г.А. Воспламенение порошков металла в продуктах горения модельного топлива//Горение и взрыв. Материалы III Всесоюзного симпозиума по горению и взрыву. М.: Наука, 1972.

Ф.П.Мадякин

Гранулирование пиротехнических составов — одна из операций в технологическом процессе их приготовления; его целью является улучшение технологических (например, сыпучих) свойств состава. Гранулирование производится после провалки состава, приготовленного с применением раствора смолы (полимера). Содержание остаточного растворителя в составе перед гранулированием должно составлять 0,5-0,7%, при меньшем гранулы не образуются, а при большем — слипаются. Гранулирование пиротехнического состава осуществляется путем его пропускания через сетку с ячейкой определенного размера вручную (при гранулировании малых количеств состава с повышенной чувствительностью к механическим воздействиям) или на специальных аппаратах (грануляторах). В пиротехническом производстве применяются вибрационные грануляторы ПВГ-1 и ПВГ-2. Возможна водно-эмульсионная грануляция некоторых составов.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. А.М.Коробков, А.М.Новцов

Двигатели комбинированные (Д.) – это такие, в которых отдельные типы воздушно-реактивных двигателей конструктивно объединены друг с другом или с реактивным двигателем в единой двигательной установке, например, турбопрямоточный, ракетно-прямоточный, ракетно-турбинный. В турбопрямоточном двигателе используется жидкое топливо (керосин); в ракетно-прямоточном можно применять как жидкое, так и твердое ракетное топливо, но с некоторым избытком горючего; в ракетно-турбинных двигателях используются двухкомпонентные жидкие ракетные топлива при разном соотношении горючее – окислитель (в зависимости от режима работы двигательной установки).

Лит.: Теория воздушно-реактивных двигателей//Под ред. С.М.Шляхтенко. М.: Машиностроение, 1975.

А.С.Михайлов

Дициандиамид (ДЦДА) $C_2N_4H_4$ - порошок белого цвета; негигроскопичен; в 100 г холодной воды растворяется всего 2,2 г ДЦДА; хорошо растворяется в ацетоне, горячей воде и горячем спирте, не растворяется в бензоле; теплота образования 18,8 кДж/моль. При нагревании выше 180°C от него отщепляется аммиак. При горении составов на его основе выделяется значительное количество азота, поэтому в аэрозолеобразующих составах он используется одновременно как горючее, разрыхлитель и

пламегаситель. Представляет интерес в качестве основного компонента составов для получения нитридов и карбидов металлов в волне горения.

Ф.П.Мадыкин

Дозирование компонентов - одна из операций на фазе приготовления или формирования составов. Различают ручное и автоматическое, периодическое и непрерывное, по массе (весовое) и объему (объемное) дозирование. Операция дозирования осуществляется с помощью специальных устройств - дозаторов и организовывается в зависимости от степени опасности компонента или состава и чувствительности их к механическим и тепловым воздействиям.

А.М.Коробков, А.М.Новицов

Дробление - одна из операций на фазе подготовки компонентов. Операции дробления подвергаются склонные к слеживанию гигроскопичные окислители, цементаторы (канифоль, идитол и др.), металлические горючие (сплавы железа с кремнием, кальция с кремнием). Для дробления применяются аппараты для грубого механического измельчения - щековые, зубчатые, молотковые и валковые дробилки. *А.М.Коробков, А.М.Новицов*

Дымовая завеса (Д.з.) - облако, образующееся при срабатывании дымовых средств или при работе стационарных и передвижных установок. Для постановки Д.з. используется горение, испарение, диспергирование взрывом и с помощью механиче-

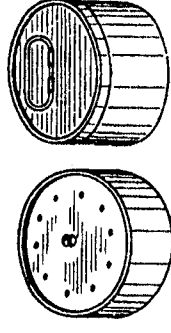
ских устройств. Д.з. применяется для ослепления противника, защиты от лазерного оружия и поражающего действия светового излучения ядерного взрыва, маскировки войск и различных объектов от средств обнаружения, функционирующих в оптическом диапазоне излучения. В зависимости от вида объекта и способа постановки Д.з. бывают вертикальными и горизонтальными. К ним предъявляются требования по эффективности, времени существования и экологичности. Маскирующее действие Д.з. заключается в уменьшении контраста яркости и цвета объекта от фона, искажении поля яркости объекта или снижении сигнала от объекта до уровня помех в аппаратурном канале. Мерой маскирующих свойств Д.з. является длина непросматриваемой части завесы и маскирующая оптическая толщина. Эффективность Д.з. зависит от ее микроструктуры и взаимного положения завесы, источника излучения, объекта и средства наблюдения. Свойствами Д.з., не зависящими от условий наблюдения, являются объемные коэффициенты рассеяния, поглощения и ослабления излучения. Высоконагреваемые Д.з. могут использоваться для временного выведения из строя оптико-электронных средств обнаружения. Время существования Д.з. определяется временем действия и мощностью дымового средства, летучестью и седиментационной устойчивостью аэрозоля, метеорологическими усло-

виями. Благоприятными являются изотермия и инверсия атмосферы.

Лит.: Вейцер Ю.И., Лучинский Г.П. Маскирующие дымы. М.: Химиздат, 1947; Грин Х., Лейн В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. Л.: Химия, 1969.
Л.И.Кельдышева

Дымовая шашка (Д.ш.) - маскирующее пиротехническое средство, представляющее собой металлический корпус, заполненный дымообразующим и воспламенятельным составом с пиротехническим воспламенителем. Общий вид Д.ш. показан на рисунке.

Открытая и закрытая дымовые шашки



Ф.П.Мадьякин

Дымовой состав (Д.с.) - пиротехнический состав, горение которого сопровождается образованием большого количества дыма при отсутствии пламени. Применяется для снаряжения маскирующих, трассирующих, имитационных, сигнальных и пестицидных средств. Д.с. подразделяются на маскирующие, цветных дымов и пестицидные. Составы цветного дыма исполь-

зуются в сигнальных, трассирующих, имитационных и маскирующих средствах. При горении Д.с. должен образовываться аэрозоль, обеспечивающий в течение заданного времени требуемый специальный эффект, определяемый назначением средства. Так, Д.с. для снаряжения маскирующих средств должен создавать устойчивый во времени аэрозоль с максимальной кроющей способностью и минимальным контрастом с местностью и защищаемым объектом, а сигнальный Д.с. - генерировать аэрозоль, обеспечивающий видимость и различимость сигнала (цвета). Для сигнализации используются Д.с., образующие облака красного, желтого, зеленого и синего (фиолетового) цветов. При горении пестицидных Д.с. должен образовываться аэрозоль, губительно действующий на различные вредные организмы (клещи, насекомые, черви, моллюски, грибы, бактерии и т.д.). В зависимости от конкретного назначения пестицидные Д.с. делятся на инсектицидные, акарицидные и фунгицидные. Независимо от назначения все Д.с. можно разделить на два типа. Одни содержат дымобразующее вещество в готовом виде, в других оно получается при горении. Составы первого типа обычно состоят из термической основы (окислитель+горючее), дымобразователя и пламегасителя-разрыхлителя. В качестве окислителя используют KClO_3 , а горючего - свекловичный и молочный сахар, тиомочевину и/или дициандиамид; два последних в Д.с. выполняют одновременно роль горючего и пламегасителя-разрыхлителя. В ка-

честве дымобразователя в маскирующих Д.с. применяют хлористый аммоний, антрацен, нафталин и др.; в составах цветных дымов - красители, а в пестицидных - дилор, трилан и др. Составы второго типа используются в основном в маскирующих средствах. К ним относятся металлохлоридные Д.с. и составы на основе фосфора или его смеси с NH_4Cl . В последнее время разрабатывают Д.с., которые образуют аэрозоль с требуемыми свойствами без наличия оболочек. Это составы цветного и инсектицидного дымов на основе эластомеров, систем порошкообразный ВМС-пластификатор, азидонентона и нитратов целлюлозы.

Ф.П.Мадыкин

Дымовые составы для защиты растений от заморозков предназначены для предотвращения критического охлаждения приземного слоя воздуха на открытых площадях и воздуха в неотапливаемых теплицах, парниках. Повышение температуры воздуха может быть достигнуто за счет снижения теплового излучения земной поверхности вследствие его рассеяния и поглощения дымом; тепла, выделяющегося при горении дымового состава; выделения тепла при конденсации парообразных продуктов горения и водяного пара, содержащегося в воздухе, на гигроскопических частицах дыма и при растворении, гидратации и гидролизе частиц дыма. В связи с этим продукты горения дымового состава для защиты растений от заморозков могут содержать ангидриды, хлорангидриды, хлориды, сажу, частицы, способные увеличивать-

ся при нагревании или набухать во влажной среде. Установлена эффективность фосфорных и металлохлоридных составов, однако их применение ограничивается фитотцидными (ожигающими) свойствами дыма по отношению к некоторым видам растений на ранней стадии вегетации. Более широко применяются хлоратно-нашатырно-антраценовые составы, их аналоги и составы на основе древесных отходов или торфа.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973.
Л.И.Кельдышева

Зажигательное средство (З.с.) - пиротехническое средство, предназначенное для уничтожения материальных ценностей, средств нападения и обороны противника, а также для поражения его живой силы. Общими требованиями к З.с. являются: высокая температура горения; время и интенсивность горения, обеспечивающие передачу поджигаемому материалу тепла в количестве, необходимом для его воспламенения и горения; способность легко воспламеняться от обычных воспламенительных составов; тушение их должно быть затруднительным. З.с. должны удовлетворять также ряду специальных требований, которые обуславливаются свойствами поджигаемого материала (горючие жидкости, дерево, взрывчатые вещества, самолеты, танки и т.п.) и конструктивными особенностями поражаемой цели. З.с. под-

разделяются на средства авиации, артиллерии, пехоты, танковых и инженерных войск.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973.
И.А.Абдуллин

Зажигательный состав (З.с.) - пиротехнический состав, горение которого сопровождается образованием высокотемпературного пламени и шлаков, обладающих прожигающей способностью. З.с. применяются для снаряжения зажигательных бомб, снарядов, мин и т.п. К З.с. относятся также огнеметные смеси. З.с. делятся на две группы: содержащие окислитель (термиты и термитно-зажигательные составы) и без него - зажигательные вещества, сгорающие за счет кислорода воздуха (жидкие нефтепродукты, загущенные жидкие нефтепродукты, магниевый сплав "Электрон", белый фосфор, его соединения и сплавы). Все З.с. должны воспламеняться от воспламенительных составов, иметь большую теплоту и температуру горения, сгорать со скоростью, наиболее выгодной в условиях их применения. Скорость горения З.с. зависит от состава и конструкции боеприпаса. Так, сгорание З.с. в зажигательных пулях происходит почти мгновенно, скорость горения запрессованных термитных составов составляет несколько миллиметров в секунду, а жидкие нефтепродукты горят еще медленнее. В таблице приведены основные показатели некоторых З.с. и веществ.

Свойства зажигательных составов и веществ

Зажигательный состав или вещество	Теплота сгорания, кДж/кг	Температура горения, °C	Плотность, кг/м ³
Железоалюминивый термит	3352	2500	~3200 (пресс.)
Сплав "Электрон"	25140	~2000	1800
Фосфор белый	24300	~1300	1800
Напалм	41900	~ 900	800-900

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *И.А.Абдуллин, А.Р.Абдуллазянов*

Замедлительные составы (З.с.) используются для снаряжения пиротехнических замедлителей, специальных нагревательных изделий, дистанционных труб и взрывателей, вспомогательных систем ракетно-космической техники. Основные требования к З.с. - малая зависимость скорости горения от внешнего давления, небольшое значение температурного коэффициента скорости горения, легкость воспламенения от начального импульса и надежное воспламенение следующего звена огневой цепи. В качестве горючих в З.с. используются порошки циркония, марганца, хрома, вольфрама, бора, кремния и их сплавов; в качестве окислителей - хроматы бария и свинца. Известны следующие составы для изготовления замедлителей к электрозапа-

лам, %: 1) хлорат калия 5, селен 47, металлический висмут 48; 2) свинцовый сурик 76, кремний 24, коллоксиллин 1,4 св. 100.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *И.А.Абдуллин*

Звуковые составы - пиротехнические составы, сгорающие с сильным звуковым эффектом и используемые для снаряжения имитационных и фейерверочных средств. В имитационных изделиях для получения звукового эффекта применяются зерненные пороха или смесь перхлората калия с алюминиевой пудрой. В частности, для этой цели используется состав, содержащий 70% $KClO_4$ и 30% Al , который в неуплотненном виде сгорает с сильным звуковым эффектом, световой вспышкой и образованием белого дыма.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *Ф.П.Мадьякин*

Измельчение (И.) - одна из операций на фазе подготовки компонентов. И. подвергаются промышленные порошкообразные материалы или компоненты, прошедшие операцию дробления. В пиротехническом производстве И. измельчаются в основном окислители, цементаторы и различного рода добавки (катализаторы и ингибиторы горения, цветопламенные добавки и т.д.). В отличие от дробления измельчение приводит к образованию частиц размером менее 1 мм (от 40 до 800 мкм). Для измельчения

применяются барабанные, вибрационные, струйные (пневматические) мельницы, дезинтеграторы и дисмембраторы.

Лит.: Ш и д л о в с к и й А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *А.М.Коробков, А.М.Новцов*

Имитационное пиротехническое средство, имитационное средство (И.с.) - пиротехническое средство для имитации действия различных боеприпасов. В зависимости от конкретного назначения конструкция И.с. и получаемый при действии эффект могут быть самые различные. Они имитируют звук выстрела, разрыва снаряда, действия атомной бомбы и т.д. *Ф.П.Мадьякин*

Имитационный патрон - пиротехническое средство для имитации разрыва снарядов, представляющее собой гильзу с электровоспламенителем или электродетонатором, пиротехническим составом и шапками из ВВ. *Ф.П.Мадьякин*

Искристо-форсовые (И.ф.с.) и искристо-пламенные составы (И.п.с.). Для снаряжения комет и высотных фейерверков используются форсовые составы на основе пороховой мякоти: 1) КМ-57, содержащий, %: пороховую мякоть 61, ПАМ-2 30, уголь древесный 9; 2) ФБК-67, содержащий, %: пороховую мякоть 37,5, $KClO_4$ 27, алюминиевую пудру ПП-3 25, дробь чугунную ДЧК-10, смолу СФ-0112А 0,5. При горении состава ФБК-67 об-

разуется форс белых искр, а состава КМ-57 - шлейф из мерцающих искр белого цвета. Однако оба эти состава пылят, расслаиваются и обладают высокой чувствительностью к удару и трению. Для уменьшения этих недостатков пороховая мякоть заменена на дымный ружейный порох ДРП-2 (ДРП-3) и дополнительно (св. 100%) введен 1% каучука СКФ-32 (в виде лакового раствора в ацетоне). Рецептуры и основные характеристики некоторых из И.ф.с. приведены в табл. 1. Очень красивый эффект получается при сжигании составов в виде гранул размером 2-5 мм, содержащих, %: 1) титан марки ПТМ или ПТС 74, KNO_3 13, лак АК-20 (22,8%-ной концентрации) 13; 2) титан марки ПТМ 74, KNO_3 13, каучук СКФ-32 (в виде лакового раствора в ацетоне) 13, графит (св. 100%) 3. Гранулы получают в процессе мешки в смесителе 6ЛС под вакуумом и при нагревании. Оба эти состава хорошо воспламеняются (чувствительность к лучу огня: верхний предел 50, нижний 250 мм) и сгорают с золотистым свечением шлаков в течение 5 с. Составы чувствительны к удару и трению. В табл. 2 приведены рецептуры трех составов, при горении которых образуется яркое пламя и красивые искры.

Т а б л и ц а 1

Искристо-форсовые составы на основе
дымного ружейного пороха

Шифр состава	Рецептура		И, мм/с	Эффект при горении
	наименование компонен- тов	содержание, %		
П-85-01	ДРП-2	57	7,5	Мощный форс из крупных и мелких искр золотистого цвета
	Титановый порошок ПТМ	31		
	МПФ-1	9		
	Графит II	3		
	Каучук СКФ-32 (св. 100%)	1		
П-85-02	ДРП-2	57	4,8	Мощный форс из крупных ярко-белых искр
	ПАМ-1	11		
	ПАМ-2	20		
	МПФ-1	9		
	Графит II	3		
П-85-03	Каучук СКФ-32 (св. 100%)	1		
	ДРП-2	57	6,0	Мощный форс из крупных белых и мер- цающих розо- ватых искр
	Дробь чугунная ДЧК	31		
	МПФ-1	9		
	Графит II	3		
	Каучук СКФ-32 (св. 100%)	1		

Т а б л и ц а 2

Искристо-пламенные составы

Шифр состава	Рецептура		Эффект при го- рении
	наименование компо- нентов	содержа- ние, %	
П-85-09-01	NaNO ₃	30	Яркое желтое пламя и круп- ные голубые искры
	МПФ-3	64	
	Стеарин	1,5	
	Стеарат кальция	3,5	
	Индустриальное масло	1	
П-85-09-02	МПФ-3	46	То же
	NaNO ₃	46	
	SiCa	4	
	Каучук СКФ-32*	4	
	МПФ-3	40-50	
-	Sr(NO ₃) ₂	30-40	Красное пламя с голубым оре- олом и голу- быми искрами
	ПВХ	15	
	Стеарат кальция	5	

* Вводится в виде лакового раствора в ацетоне.

Ярко-красное пламя с голубым ореолом и голубыми ис-
крами получается при горении звездок из состава, содержащего,
%: Sr(NO₃)₂ 30, МПФ-3 50, ПАМ-4 7, ПВХ 12, индустриальное
масло 1 и 20-40% гранул (св. 100%) размером 0,5-1,5 мм из сме-
си, содержащей 97% SiCa и 3% каучука СКФ-32 (вводится в виде
лакового раствора в ацетоне).

Пирозлементы из всех вышеприведенных составов формируются только методом глухого прессования. В 1973 г. был разработан И.п.с. на основе каучука СКН-40, который можно перерабатывать методом проходного прессования. Он содержит, %: NH_4ClO_4 50-55, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 2-4, смолу СФ-0112А 5-7, CuS 10-14, искробобразователь 10-20 и каучук СКН-40 8-12 (в виде лакового раствора в метилхлориде или его смеси с ацетоном). Состав легко воспламеняется и сгорает с образованием фиолетового пламени и ярких искр. Недостатками его являются необходимость использования значительного количества летучего растворителя для получения лакового раствора каучука, усложнение технологии приготовления состава и пирозлементов. Значительно более технологичны составы на основе порошков хлорнаирита или ВА-15 с пластификаторами. Искристо-пламенные составы на основе хлорнаирита содержат, %: NH_4ClO_4 14-28, МПФ-3 (МПФ-4) 4-6, алюминиевую пудру ПП-3 или порошок ПА-4 14-16, дициандимид 4-6, вазелиновое масло 0,5 и цветопламенную добавку 31-37. В качестве цветопламенной добавки в состав красного огня вводятся нитрат стронция, зеленого - нитрат бария, желтого - нитрат натрия, фиолетового - нитрат стронция и оксид меди (за счет ди-

циандимида). Составы сгорают со скоростью 1,1-1,3 мм/с, силой света с единицы поверхности горения 600-1100 кд/см² и чистой цветовой температуры (Р) 82-96%. При горении звездок в полете образуется шлейф искр длиной 5-6 м.

Искристо-пламенные составы на основе сополимера ВА-15 под проходное прессование содержат, %: NH_4ClO_4 20, МПФ-3 7, АСД-4 (ПА-4) 15, сополимер ВА-15 14, трибутилфосфат (ТБФ) 7, цветопламенную добавку 37. В качестве цветопламенной добавки в состав красного огня вводится нитрат стронция, зеленого - нитрат бария, желтого - нитрат натрия, фиолетового - смесь нитрата стронция и сернистой меди. Состав белого огня содержит, %: KClO_4 46, CuS 3, МПФ-3 15, АСД-4 15, ВА-15 14, ТБФ 7. Цвет пламени и характер искрообразования аналогичны составам на основе хлорнаирита. Белое пламя с красным форсом искр образуется при горении состава, содержащего, %: KClO_4 52, ПАМ-4 30, полистирол 12, дибутилфталат 6. Состав можно формировать методами глухого и проходного прессования. Образцы диаметром 24 мм сгорают со скоростью около 1 мм/с и имеют силу света 15-85 кд. На пирозлементы, полученные методом проходного прессования, необходимо наносить

воспламенятельную смесь, например, дымный ружейный порох с воспламенятельным составом на основе фторполимеров.

На основе ВА-15 получены составы, сгорающие с образованием насыщенного пламени и форса искр, которые можно гра- нулировать и уплотнять методом глухого прессования. Эти со- ставы отличаются тем, что в них не содержится ТБФ; вместо не- го увеличено содержание цветопламенной добавки и введен 1% коллоксилина (в виде 5%-ного лакового раствора в ацетоне). Со- ставы обладают хорошей сыпучестью, имеют чувствительность к трению 7-14 кл., удару 3-8 кл., сгорают со скоростью 1,35-4,46 мм/с и силой света с единицы поверхности горения 1160-4560 кд/см².

Очень красивый форс искр и бездымное пламя получают- ся при горении составов на основе пироксилина, рецептуры ко- торых приведены в табл. 3. В этих составах пироксилин можно заменить на измельченные утилизируемые пироксилиновые по- роха.

Т а б л и ц а 3

Искристо-пламенные составы на основе пироксилина

Цвет пламен	Содержание компонентов, %										Удель- ная свето- сумма, л-т/м, кд-с/т	Дли- на нириую- то- та све- че- ния фор- са, с	Чис- ло- ни- ри- у- ю- то- та све- че- ния фор- са, с
	Sr(NO ₃) ₂	Ba(NO ₃) ₂	NaNO ₃	CuS	KClO ₄	Al порошок	пироксилин	ДФА	хлорпарафин				
Крас- ный	17-25	-	-	-	-	10-20	41,5- 68,5	0,5-1,5	4-14	2850- 2930	613- 618	92-93	5,8-6,6
Зеле- ный	-	17-25	-	-	-	10-20	41,5- 68,5	0,5-1,5	4-14	1980- 2080	529- 534	79-81	5,3-5,6
Жел- тый	-	-	17-25	-	-	10-20	41,5- 68,5	0,5-1,5	4-14	3600- 3680	588- 590	92-94	5,5-6,0
Оранже- вый	17-20	-	-	2-4	-	10-20	49,5- 66,5	0,5-1,5	3-9	1500- 1610	601- 606	93-94	5,2-6,0
Голу- бой	-	-	-	-	13-18	10-20	40,5- 51,5	0,5-1,5	6-10	1190- 1250	458- 460	8-10	5,4-6,0
Фиоле- товый	10-13	-	-	-	-	10-20	41,5- 52,8	0,5-1,5	10-14	870-900	499- 602	70-71	5,8-6,0

На баллистичной основе (коллоксиллин+пластификатор) разработаны составы, которые перерабатываются в шнуровые изделия на гидравлических и шнек-прессах при давлении 10-30 МПа. Они предназначены для высотных и наземных фейерверков. Составы в виде стержня диаметром 1-3 мм сгорают с образованием красивого бездымного пламени и дробящихся в виде звездочек искр. Образец вставляется на 6-10 мм в держатель (например, в полиэтиленовую трубку) и поджигается бытовой спичкой. В качестве примера приведем рецептуру состава желтого огня, содержащего, %: баллистичную основу 88-94, кремнефтористый натрия 2-4, порошок титана 4-8.

Ф.П.Мадякин, Н.А.Тихонова

Карбонаты (К.) - соли угольной кислоты. Из большого количества солей этого класса в качестве компонентов гетерогенных горючих систем интересны несколько. Основные их свойства приведены в таблице.

Основные характеристики карбонатов

Вещество	Массовая доля O ₂ , %	ρ, кг/м ³	T _{н.р.} , °C	-ΔH ₂₉₈ , кДж/моль	S ⁰ ₂₉₈ , Дж/(моль·К)	C ⁰ _{р298} , Дж/(моль·К)
Na ₂ CO ₃	45,3	2450	400	1129	136	111
MgCO ₃	56,9	3020	350	1096	70	76
CaCO ₃	48,0	2700	500	1206	93	82
SrCO ₃	32,5	3650	930	1218	100	81
BaCO ₃	24,3	4350	900	1202	112	85

К. разлагаются с образованием соответствующего оксида и СО₂ и используются как пламегасители-разрыхлители в аэрозолеобразующих составах. Применение карбоната натрия из-за его гигроскопичности ограничено. Особый интерес представляют карбонаты кальция, бария и стронция, которые практически не растворяются в воде. На их основе разработаны составы цветных огней, приготовление которых осуществляется в водной среде по технологии баллистичных порохов. К. могут использоваться также в качестве цветопламенной добавки в составах цветных огней на основе измельченных утилизируемых пироксилиновых и баллистичных порохов.

Ф.П.Мадякин

Качество смешения пиротехнических составов (ПС) оценивают коэффициентом неоднородности (вариации) V_c, используемым в математической статистике для определения величины рассеяния значений опытных данных. Коэффициент неоднородности характеризует величину среднеквадратичного отклонения содержания определенного компонента в ПС, %:

$$V_c = 100 \sigma_n \cdot C_0^{-1} = 100 \cdot C_0^{-1} \sqrt{\sum_{i=1}^n (C_i - C_0)^2 \cdot n^{-1}},$$

где σ_n – среднеквадратичное отклонение содержания компонента в пробах; C₀ – концентрация ключевого компонента при идеальном распределении или по рецептуре; C_i – отдельные значения

того же компонента в пробах; n – общее число взятых проб (число проб по указанной формуле выше 50). Отбор проб производится по специальным методикам. В качестве ключевого выбирается компонент, содержание которого в ПС наименьшее или который определяет специальный эффект. При $n < 10$ для расчета V_c (%) рекомендуется формула:

$$V_c = 100 \cdot C_0^{-1} \sqrt{\sum_{i=1}^n (C_i - C_0)^2} \cdot n_1 \cdot (n-1)^{-1},$$

где n_i – число проб в каждой группе с концентрацией C_i .

Качество смещения ПС считается удовлетворительным при V_c равном 6-8, хорошим – 4-6 и отличным – менее 4%. Концентрация компонента в ПС определяется весовым или химическим анализом. Возможно использование таких инструментальных способов, как спектрофотометрический, фотоколориметрический, пламенная фотометрия, по электропроводности состава и др.

А.М.Новцов, А.М.Коробков

Классификация – одна из операций на фазе подготовки компонентов в пиротехническом производстве. Предназначена для разделения порошкообразного сыпучего компонента на фракции (группы частиц с определенным размером), контрольного просева или выделения нужной фракции. Классификация производится на специальных аппаратах – классификаторах. В

пиротехническом производстве распространены механические (сито-грохот, вибрационное или гирационное сито) и воздушные (пневматический сепаратор) классификаторы.

А.М.Коробков, А.М.Новцов

Компонент пиротехнического состава (К.п.с.) – вещество, являющееся составной частью пиротехнического состава. К ним относятся пиротехнические окислитель, горючее и добавка. Последняя обеспечивает получение или усиление специального эффекта при горении пиротехнического состава, безопасность и его технологичность. Содержание добавки может изменяться от долей процента до 60%. В одних случаях добавка должна участвовать в процессе горения (связующее, флегматизатор, цветопламенные добавки и т. д.), в других, наоборот, необходимо, чтобы она не разлагалась и не вступала в химическое взаимодействие с компонентами пиротехнического состава, продуктами их превращения (аэрозолеобразователи, реагенты). Добавки можно назвать веществами специального назначения. В последние годы разработаны пиротехнические составы, в которых роль окислителя и горючего (термической основы) выполняют нитраты целлюлозы и утилизируемые пироксилиновые и баллиститные пороха.

Ф.П.Мадакин.

Кремний (К.) по теплотворной способности близок к алюминию, однако очень трудно окисляется и воспламеняется. Составы на его основе сгорают с малыми скоростями, значительной агломерацией и малой полнотой сгорания. К. используется в зажигательных, безгазовых и малогазовых составах, а также для изготовления сплавов: Si-Al, Si-Mg, Si-Al-Mg. Сплав, содержащий, %: Si 32, Mg 68 (сплав К-20) хорошо измельчается, легко окисляется и сгорает в среде O_2 , NO_2 , Cl_2 , HCl , HF , H_2O и на воздухе. Смеси на основе К-20 горят с большими скоростями и высокими светотехническими показателями.

Ф.П.Мадьякин.

Лента термохимическая (Л.т.) представляет собой гибкий пиротехнический элемент. Основой Л.т. является термитный состав, содержащий каучук в качестве связующего. Области применения Л.т. - подогрев кромок трубопроводов перед сваркой, термообработка сварных стыков трубопроводов для снятия остаточных напряжений в них, локальный разогрев различных объектов (картеров и карбюраторов двигателей), разогрев пищи и т.п. Продукты горения Л.т. должны обеспечивать максимальную передачу тепла нагреваемому объекту и не оказывать токсического воздействия на теплокровных.

И.А.Абдуллин, О.И.Белобородова

Магний (М.) — один из наиболее распространенных на земле элементов. Плотность М. 1733 кг/м^3 , температура плавления $650-651^\circ\text{C}$, теплота плавления $8,97 \text{ кДж/моль}$, теплоемкость $23,9 \text{ Дж/(моль}^\circ\text{K)}$, температура кипения 1107°C . М. активно реагирует с O_2 , S_2 , N_2 , галогенами, а также соединениями, содержащими эти элементы. С металлами М. образует твердые растворы и интерметаллические соединения. При окислении М. на воздухе и в парах воды на частицах образуется рыхлая оксидная пленка; реакция протекает по линейному закону. Температура воспламенения М. на воздухе 575 , в парах воды 630 , в среде CO_2 710 , CO 700 , в закиси азота $765-780^\circ\text{C}$. Эти данные свидетельствуют о том, что воспламенение происходит при температуре, когда образующаяся оксидная пленка на частицах твердая. Реакция взаимодействия М. с азотом протекает довольно быстро с образованием Mg_3N_2 , но воспламенения не происходит. М. сгорает в паровом виде с образованием вокруг частицы светящегося ореола. Время задержки воспламенения и сгорания пропорционально квадрату диаметра частиц. В зависимости от размера частицы М. могут воспламеняться на поверхности горения пиротехнического состава или топлива (мелкие частицы) или на некотором расстоянии от нее. Данные по температуре горения пиротехнических составов и топлив на основе М. весьма противоречивы.

Промышленность выпускает М. фрезерный четырех марок: МПФ-1, МПФ-2, МПФ-3 и МПФ-4, которые отличаются гранулометрическим составом, средним диаметром частиц и удельной поверхностью. По мере увеличения цифры после МПФ средний диаметр частиц уменьшается от 311 до 56 мкм, а удельная поверхность увеличивается от 39 до 144 м²/кг (по прибору Дерягина). В последние годы были получены порошки М. со сферической формой частиц. М. является одним из основных горючих и применяется практически во всех типах пиротехнических составов (осветительных, сигнальных, трассирующих, зажигательных, воспламеняющих, имитационных, звуковых и т.д.).

Лит.: 1. Окисление металлов/Под ред. Ж.Бенара. М.: Металлургия, 1969. Т.2; Гуревич М.А., Озеров Е.С., Чивилихин С.А. Предел воспламенения конгломерата металлических частиц/Физика горения и взрыва. Новосибирск: Наука, 1972. № 4; Ф.П.Мадьякин, Силин Н.А. Компоненты гетерогенных горючих систем. М.: ЦНИИИТИ, 1984. **Ф.П.Мадьякин**

Маскирующее средство (М.с.) - пиротехническое средство для создания дымовых завес, маскирующих расположение своих войск, а также для задымления (ослепления) войск противника с целью затруднения его боевых действий. Используются во всех родах войск. М.с. могут быть пашки, гранаты, мины, снаряды, авиабомбы. Образующаяся завеса должна обладать вы-

сокой кроющей способностью, быть устойчивой в течение заданного времени, сохраняя свои маскирующие свойства.

Ф.П.Мадьякин

Маскирующие свойства пиротехнических составов. Основными свойствами маскирующей дымовой (аэрозольной) завесы, образующейся при горении пиротехнического состава, являются объемные показатели рассеяния K_p (м⁻¹), поглощения K_n (м⁻¹), ослабления K_o (м⁻¹) и угловая зависимость (индикатриса) рассеяния излучения. В качестве величины, не зависящей от концентрации дыма, используется безразмерная величина Π - вероятность выживания фотона, характеризующая степень черноты дыма: $\Pi = K_p / (K_p + K_n)$. При разработке маскирующих дымовых средств основной задачей является оценка эффективности дымового состава, предназначенного для их снаряжения. Основными свойствами маскирующих дымовых составов являются: дымообразующая способность (ДС) и маскирующая способность (МС): $ДС = C_m (W/m)$, $МС = K_o (W/m)$, где C_m - массовая концентрация дыма, г/м³; m - масса состава, г; W - объем дыма, м³.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. **Л.И.Кельдышева**

Нафталин (Н.) C₁₀H₈ - белое кристаллическое вещество, нерастворимое в воде, со специфическим запахом. Хорошо растворяется в горячем спирте, эфире, бензоле. Теплота образова-

ния Н. 67 кДж/моль, теплоемкость жидкого нафталина при 87°C 1,68 Дж/(г·град); скрытая теплота плавления 145, а испарения 316 кДж/кг. В процессе горения пламенных пиротехнических составов Н., как правило, сгорает до CO_2 , CO , H_2O и С. Нафталин обладает достаточно высокой летучестью, поэтому в дымовых составах частично возгоняется. В зависимости от рецептуры состава можно регулировать доли возгоняемого и сгораемого Н. и получать черный или белый дым. Основным недостатком Н. является его летучесть. Он представляет интерес как компонент твердых топлив для РПД и ПВРД, составов ИК-излучения, составов для получения карбидов металлов и водорода в волне горения.

Ф.П.Мадякин

Нитрат бария (Н.б.) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ имеет кубическую кристаллическую решетку, негигроскопичен, плохо растворяется в воде (раствор соли имеет нейтральную реакцию), хорошо - в аммиаке (27,84 г в 100 г аммиака), слабо - в этиловом спирте (1 г в 100 г спирта), в метиловом спирте и ацетоне практически не растворяется. Медленное разложение Н.б., начинающееся при 525°C, сопровождается выделением O_2 и образованием $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$. При более высокой температуре и в условиях горения пиротехнических составов Н.б. разлагается до BaO , O_2 и N_2 . При нагревании смесей нитрат бария-металлическое горючее наибольший

экзотермический эффект наблюдается при использовании в качестве горючего магния и сплавов на его основе с алюминием (АМ) и кремнием (К-20). Соотношение между Н.б. и сплавом АМ незначительно влияет на температуру начала экзотермического эффекта. Удаление образующихся газообразных продуктов из зоны реакции (путем разрежения) приводит к резкому уменьшению выделяемого тепла. Сплав АМ интенсивно взаимодействует не только с нитратом, но и с продуктами его разложения: $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$, BaO_2 и BaO . Н.б. является одним из широко применяемых окислителей в пиротехнических составах различного назначения. Несколько меньшее количество свободного кислорода, содержащегося в нем по сравнению с другими нитратами, компенсируется малой гигроскопичностью, стабильностью физико-химических характеристик, низкой чувствительностью составов на его основе к механическим воздействиям (трению и удару). При горении двойных стехиометрических смесей Н.б. с Mg или Al образуется всего 7-8% (мас.) газообразных продуктов сгорания. Удельная теплота сгорания этих смесей 5,85-7,10 кДж/г. Конденсированные продукты сгорания имеют температуру 2000-3000°C. Это дает возможность использовать Н.б. в осветительных, фотоосветительных, зажигательных и воспламенительных составах. По характеристикам излучения пиротехнические со-

ставы на основе Н.б. приближаются к наиболее эффективным смесям на основе нитрата натрия. Наличие монохлорида бария в пламени сообщает ему зеленую окраску, поэтому Н.б. применяется в сигнальных и трассирующих составах. Известно применение Н.б. в различных иницирующих смесях и пиротехнических источниках газа высокого давления.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Вспомогательные системы ракетно-космической техники. Пер. с англ. Под ред. И.В.Тишунина. М.: Мир, 1970; Ф.П.Мадякин, Силин Н.А. Компоненты гетерогенных горючих систем. М.: ЦНИИИТИ, 1984.

Ф.П.Мадякин

Нитрат калия (Н.к.) (калиевая селитра) KNO_3 хорошо растворяется в воде и разбавленном спирте, в абсолютном спирте почти не растворяется. Примеси солей Са, Na, Mg и Mn увеличивают его гигроскопичность. По данным ДТА термическое разложение Н.к. становится заметным при температуре 628°C , т.е. значительно превышающей температуру плавления. Однако медленное разложение Н.к. наблюдается при более низких температурах ($350-400^\circ\text{C}$). Реакция $\text{KNO}_3 \rightleftharpoons \text{KNO}_2 + 0,5\text{O}_2 - 108,8 \text{ кДж}$ в диапазоне температур $600-700^\circ\text{C}$ обратима. Энергия активации разложения Н.к. при $500-650^\circ\text{C}$ составляет $83,51 \text{ кДж/моль}$, а при $650-700^\circ\text{C}$ – $232,09 \text{ кДж/моль}$. При температурах, соответствующих горению большинства пиротехнических составов, разложе-

ние Н.к. происходит по уравнению $2\text{KNO}_3 = \text{K}_2\text{O} + \text{N}_2 + 2,5\text{O}_2 - 631,8 \text{ кДж}$. Н.к. как окислитель известен давно. Высокое содержание свободного кислорода, низкая гигроскопичность Н.к. и достаточная устойчивость составов на его основе к механическим воздействиям позволяют применять этот окислитель в различных составах. Наиболее часто Н.к. применяют для изготовления дымного пороха, который используется для снаряжения дистанционных трубок, передаточных и вышибных зарядов в шрапнелях, зажигательных и осветительных снарядах, замедлителей и усилителей луча пламени в трубках и взрывателях, пороховых лепешек в капсюльных втулках, огнепроводного шнура, воспламенительно-разрывных зарядов в изделиях типа «Салют». На основе Н.к. работают воспламенительные составы для РДТТ и пиротехнических составов. Известны рецептуры смесевых твердых ракетных топлив на основе Н.к., преимуществом которых, наряду с достаточно высоким удельным импульсом тяги (1960 Н·с/кг), является низкая температура продуктов сгорания (около 1750°C), что позволяет обеспечить высокую живучесть элементов двигателя. Н.к. применяют также в качестве окислителя в твердых пиротехнических топливах для ПВРД, металлизированных зажигательных огнесмесях, сигнальных составах.

И.В.Тишунина. М.: Мир, 1970; Ф.П.Мадякин, Силин Н.А. Компоненты гетерогенных горючих систем. М.: ЦНИИИТИ, 1984. **Ф.П.Мадякин**

Нитрат рубидия (Н.р.) $RbNO_3$ имеет четыре кристаллические модификации ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$). При обычной температуре Н.р. имеет δ -структуру, при $164^\circ C$ происходит ее превращение в γ , которая при $219^\circ C$ переходит в β , а последняя при $291^\circ C$ превращается в α -структуру. Расплавленный Н.р. является сильным окислителем. Он гигроскопичен, хорошо растворяется в воде, плохо - в спиртах, пиридине, эфире, диоксане и кетонах. При исследовании Н.р. методом ДТА обнаружены полиморфные превращения при 167 и $221^\circ C$. Плавление Н.р. происходит при температуре $294^\circ C$. Температура начала разложения Н.р. с образованием $RbNO_2$ и O_2 по различным литературным источникам отличается весьма существенно ($340-430^\circ C$). Давление кислорода, равное атмосферному, достигается при $548,5^\circ C$. Реакция разложения может быть ускорена добавлением слабых восстановителей (свинца, ртути и др.). При нагревании выше $700^\circ C$ продуктами разложения Н.р. являются Rb_2O , N_2 и O_2 . Энергия активации реакции термического разложения Н.р. в диапазоне $500-600^\circ C$ равна $81,4$ кДж/моль, в диапазоне $600-700^\circ C$ - 159 кДж/моль. В разреженном воздухе с давлением $0,665$ Па при $450-500^\circ C$ нитрат рубидия возгоняется без разложения. Сырьевая

нагрева оказывают незначительное влияние на температуру начала экзотермического эффекта, а увеличение магния приводит к ее снижению. Н.н. содержит значительное количество активного кислорода и относительно легко отдает его. Он имеет широкую сырьевую и производственную базу. Смеси на его основе обладают невысокой чувствительностью к механическим воздействиям и с большинством металлических горючих сгорают со значительными скоростями и образованием яркого пламени. Поэтому, несмотря на относительно высокую гигроскопичность, Н.н. находит применение в самых различных гетерогенных горючих системах, но наиболее широко - в осветительных составах, используемых для снаряжения осветительных патронов, факелов, снарядов и бомб. Осветительные средства на основе Н.н. обладают высокими светотехническими характеристиками. Н.н. входит в сигнальные, газогенерирующие, воспламеняющие и трассирующие составы, дымный (черный) порох, пиротехнические топлива для реактивных двигателей различного назначения. Известно применение Н.н. в качестве одного из компонентов металлизированных жидкофазных огнесмесей.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Волнов И.И. Перекиси, надперекиси и озониды щелочных и щелочноземельных металлов. М.: Наука, 1964; Вспомогательные системы ракетно-космической техники. Пер. с англ./Под ред.

база Н.р. небольшая, поэтому он широкого применения не нашел.

Лит.: Бордюшкова Е.А., Проценко П.И., Венеровская Л.Н. О кинетике термодинамической диссоциации и устойчивости расплавов нитратов щелочных металлов//Журнал прикладной химии. 1967. Т. 40. Вып. 7.

Ф.П.Мадякин

Нитрат стронция (Н.с.) $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ имеет кубическую кристаллическую решетку. Полиморфных превращений соль не имеет. Безводная соль негигроскопична. Примеси обычно увеличивают гигроскопичность Н.с. и приводят к его слеживаемости. Н.с. хорошо растворяется в воде, жидком аммиаке (40,4 г в 100 г аммиака), хуже - в пиридине (0,7 г в 100 г пиридина), плохо - в гидразине (0,012 г в 100 г гидразина) и не растворяется в спирте и ацетоне. По данным ДТА Н.с. плавится с одновременным его разложением. В диапазоне температур 400-500°C при разложении образуется $\text{Sr}(\text{NO}_2)_2$, NO и N_2 , выше 700°C - NO , N_2 , O_2 и NO_2 . Энергия активации процесса разложения Н.с. 53,4 кДж/моль. При высоких температурах, соответствующих горению пиротехнических составов, разложение Н.с. идет по уравнению $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 = \text{SrO} + \text{N}_2 + 2,5\text{O}_2 - 372,4$ кДж. Методом ДТА установлено, что наиболее эффективными восстановителями для Н.с. являются Mg и сплав AM . Разрежение при нагревании смесей сплав AM -нитрат стронция приводит к резкому снижению

экзотермического эффекта. Н.с. применяется в сигнальных и трассирующих составах красного огня, реже - в составах белого и желтого огня, загущенных огнесмесьх.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Вспомогательные системы ракетно-космической техники. Пер. с англ./Под ред. И.В.Тишунина. М.: Мир, 1970; Ф.П.Мадякин, Силин Н.А. Компоненты гетерогенных горючих систем. М.: ЦНИИИТИ, 1984.

Ф.П.Мадякин

Нитрат цезия (Н.ц.) CsNO_3 имеет две кристаллические модификации (α и β). При обычной температуре модификация β - CsNO_3 имеет гексагональную структуру. При температуре 151,5-154°C происходит переход гексагональной модификации в кубическую. Расплавленный Н.ц. является сильным окислителем, разрушающим кварц, платину и многие металлы. Н.ц. хорошо растворим в воде, плохо - в спиртах, пиридине, эфирах, кетонах, диоксане. Экспериментально определенная температура плавления Н.ц. равна 414°C. Энергия активации реакции разложения Н.ц., вычисленная по уравнению Аррениуса, в диапазоне 500-600°C равна 101,23 кДж/моль, а в диапазоне 600-700°C - 145,5 кДж/моль. Давление кислорода, равное атмосферному, достигается при 584°C. Реакции разложения Н.ц. протекают аналогично RbNO_3 . В разреженном воздухе с давлением 0,665 Па

Н.д. возгоняется без разложения. Применение Н.д. в пиротехнических составах ограничено.

Лит.: Плющев В.Е., Степин Б.Д. Химия и технология соединений лития, рубидия и цезия. М.: Химия, 1970.
Ф.П.Мадыкин

Нитраты (Н.) - неорганические и органические соли азотной кислоты. Неорганические Н. - бесцветные или белые кристаллические вещества, составляющие большую группу окислителей пиротехнических составов. Увеличение массы катиона Н. приводит к уменьшению доли O_2 в нем и, как правило, увеличению его плотности (таблица). Удельная теплоемкость и теплота образования Н. щелочноземельных металлов приблизительно в два раза выше, чем щелочных. Все Н. щелочных металлов, за исключением $LiNO_3$, при нагревании претерпевают полиморфные превращения. Переход $\beta \rightarrow \alpha$ у $NaNO_3$ происходит при 275, KNO_3 – 127,7, $RbNO_3$ – 291, $CsNO_3$ – 156°C и связан с затратами тепла (например, для KNO_3 затраты тепла равны 5,45 кДж/моль). Разложение Н. щелочных металлов начинается при нагреве выше температуры плавления на 100-200°C и протекает по реакции $2MeNO_3 = 2MeNO_2 + O_2$.

Основные характеристики нитратов металлов и аммония

Вещество	Массо- доля О ₂ , %	ρ, кг/м ³	C ⁰ _{p298} , Дж/(моль·К)	-ΔH ⁰ ₂₉₈ , кДж/моль,	Плавление	Температура, °С	раз- ложение	актив- ного О ₂ , %	Коэф- фици- ента деми- нации	Q _{раз} , кДж/моль	
LiNO ₃	69,62	2360-2380	89,12	482,29	254	25,52	435	520-600	58,0	1,72	-194,0
NaNO ₃	56,47	2170-2260	93,16	467,40	308	15,90	510	520-600	47,1	2,13	-259,7
KNO ₃	47,48	1930-2110	96,27	492,71	337	11,72	530	628-700	39,6	2,53	-311,7
RbNO ₃	32,55	3112	97,07	490,40	315	5,61	512	609-700	27,1	3,69	-325,1
CsNO ₃	24,63	3643	97,00	494,13	414	13,60	555	531-700	20,5	4,87	-335,1
Sr(NO ₃) ₂	45,36	2930-2990	160,48	975,92	618	-	600	580-618	37,8	2,65	-384,7
Ba(NO ₃) ₂	36,73	3200-3243	150,92	991,60	590	25,10	605	600-675	30,6	3,27	-432,7
NH ₄ NO ₃	60,00	1725-1730	-	365,40	170	5,44	170	210	20,0	5,00	119,0

Данные в последних трех графах рассчитаны для случая разложения Н. металлов до оксидов металла, N_2 и O_2 , Н. аммония – до H_2O , N_2 , O_2 .

При температуре 460-600°C разложение протекает по реакции $2\text{MeNO}_2 = \text{Me}_2\text{O} + \text{N}_2 + 1,5\text{O}_2$, а при 600-800°C процесс разложения сопровождается выделением бурых паров оксида азота. При температуре выше 800°C, особенно в присутствии сильных восстановителей, реакция разложения заканчивается образованием свободных металлов. Н. щелочноземельных металлов полиморфных превращений не претерпевают, но их разложение также протекает в несколько стадий, включающих стадии образования нитрита и оксидов. При увеличении радиуса катиона у Н. щелочных и щелочноземельных металлов наблюдается повышение температур плавления и разложения.

Реакции разложения Н. всех металлов эндотермичны, протекают достаточно энергично и носят аутокаталитический характер. Чем больше атомная масса катиона, тем выше теплота разложения Н. и тем больше необходимо затратить тепла на выделение грамма кислорода. Большинство металлических горючих (порошки Zr, Ti, Al, Mg, сплавов K-20 и AM) снижают температуру разложения Н. и увеличивают скорость разложения. Начало интенсивного взаимодействия между Н. и сплавом AM ($T_{\text{пл}}$ 464°C) при скорости нагрева 20°C/мин в зависимости от

природы Н. может происходить ниже температуры плавления сплава (с NaNO_3 при 420-440°C) или выше этой температуры (с $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ при 465-490°C, с $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ при 510°C). Этот факт является важным и отражается на процессе горения смесей металл-окислитель. Если взаимодействие окислителя со сплавом AM начинается до плавления частиц сплава, то к моменту плавления они покрываются прочной оксидной пленкой, которая предохраняет частицы от агломерации. В случае использования в качестве окислителей нитратов стронция и бария такая пленка не образуется и в процессе горения наблюдается значительная агломерация частиц сплава. Нитраты металлов находят применение в осветительных, трассирующих, сигнальных, воспламенительных и других пиротехнических составах и топливах пиротехнического типа. Неметаллические нитраты начинают разлагаться при низкой температуре с образованием только газообразных продуктов и выделением тепла. Практического применения в пиротехнических составах они не нашли.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Миневич М.А. Соли азотной кислоты (нитраты). М.: Госхимиздат, 1946.

Ф.П.Мадякин

Огневая цепь пиротехнических изделий состоит из средства воспламенения, замедлителя, усилителя и основного за-ряда (пирозлемента). В отдельных случаях усилитель или замед-литель может отсутствовать. Пирозлемент содержит контактный воспламенительный состав или воспламенительную смесь, со-стоящую из воспламенительного состава и дымного ружейного пороха, переходную смесь из основного и воспламенительного состава (иногда две переходные смеси в различных соотношени-ях).

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973.
Н.Х.Валеев

Оксиды и пероксиды металлов. Основные характери-сти некоторых оксидов и пероксидов, применяемых в гетероген-ных горючих системах, приведены в таблице. Массовая доля ки-слорода в большинстве оксидов и пероксидов находится на уров-не нитратов Rb, Cs, Ba и Sr. Все они обладают высокой плотно-стью, как правило, негигроскопичны и не растворяются в воде.

Основные характеристики оксидов и пероксидов

Веще-ство	Мас-совая доля O_2 , %	P , кг/м ³	$T_{пл}$, °C	$Q_{пл}$, кДж/моль	$T_{нр}$, °C	$-\Delta H_{298}^\circ$, кДж/моль	S_{298}° , Дж/(моль·К)	C_{p298}° , Дж/(моль·К)
Fe ₂ O ₃	30,0	5240	1562-1565	-	1665	821,3	89,96	103,76
Fe ₃ O ₄	27,6	5000-5400	1526-1597	138,07	1550	1116,7	151,46	143,39
CuO	20,1	6400	1026-1336	37,24	800	155,6	42,68	44,77
Cr ₂ O ₃	31,6	5210	1990-2400	104,60	1500	1142,2	82,76	104,60
PbO ₂	13,4	9330 (β)	-	-	220-230 (α)	276,6	76,44	62,89
Pb ₃ O ₄	9,3	8860	-	-	500-550	734,5	211,29	147,03
MnO ₂	36,8	4700-5000	-	-	530-570	520,9	53,14	54,02
MoO ₃	33,3	4500-4700	795	52,51	-	738,5	77,74	73,60
WO ₃	20,7	6500-7230	1200-1473	71,13	-	842,9	75,91	73,76
BaO ₂	18,9	5000	450	23,85	400-450	636,2	65,69	59,41

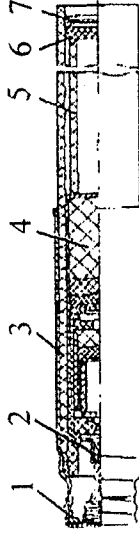
Температуры плавления и начала разложения, теплота образования и теплоемкость в зависимости от природы оксидов отличаются весьма существенно. Это позволяет получать пиротехнические составы на их основе с самыми различными скоростями горения. Оксиды и пероксиды металлов широко используются для изготовления малогазовых и безгазовых составов. На основе оксидов железа и хрома, а также пероксида марганца готовят термитные составы, используемые для сварки и в зажигательных средствах. В зажигательных составах применяют также BaO_2 , Pb_3O_4 , PbO_2 , CuO и др., а в составах для генерации маскирующих и цветных аэрозолей - MnO_2 , ZnO , Fe_2O_3 . Оксиды и пероксиды металлов входят в воспламенительные и замедлительные составы, составы цветных огней, баллистичные и смесевые топлива.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Справочник химика/Под ред. Б. П. Никольского. Л.-М.: Госхимиздат, 1962-1968. Т.1. С. 1071; Т.2. С. 1168; Т.3. С. 1005; Т.4. С. 919; Т.5. С. 974; Т.6. С. 1011; Т.7. С. 507; Вольнов И. И. Перекиси, надперекиси и озониды щелочных и щелочноземельных металлов. М.: Наука, 1964; Вспомогательные средства ракетно-космической техники. Пер. с англ./Под ред. И. В. Тишунина. М.: Мир, 1970. **Ф. П. Мадякин**

Осветительные реактивные патроны (О.р.п.) - реактивные патроны с пиротехническим элементом из осветительно-

го пиротехнического состава. Выпускаются диаметром 30, 40 и 50 мм. Предназначены для освещения местности. О.р.п. (рис. 1) состоит из пусковой трубки и помещенной в нее ракеты.

30-мм реактивный беспарашютный осветительный патрон



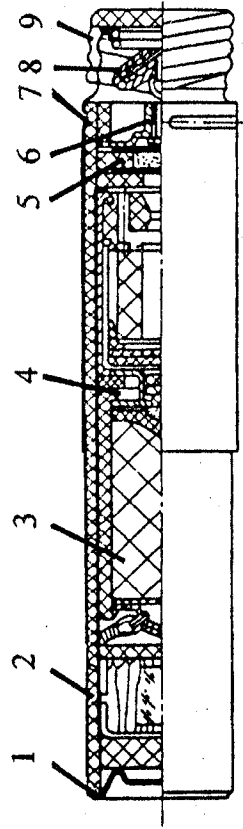
1 - колпачок; 2 - воспламенительное устройство; 3 - пусковая трубка; 4 - ракета; 5 - поджигающая трубка; 6 - картонный кружок; 7 - крышка

Рис. 1

Пусковая трубка представляет собой бумажную картонную оболочку, на которую насажена металлическая трубка с закрепленным в ней терочным воспламенительным устройством. Ракета - это алюминиевый корпус, в который запрессованы осветительный и воспламенительный составы, помещены вышибной заряд, картонное кольцо и вставлен пиропороховой двигатель. 30-мм О.р.п. приводится в действие следующим образом: сняв крышку и держа пусковую трубку в руке вертикально, выдерживают терку. Терочный состав, воспламеняясь, поджигает воспламенительный состав пиротехнического сопроводителя в активной части, а от него воспламеняется и порох. Пороховые газы истекают через дюзные отверстия соплового блока и вы-

брасывают ракету с пиротехнической шашкой. После сгорания пиротехнического проводителя срабатывает вышибной заряд, который выбрасывает из корпуса остатки реактивной части и поджигает шашку из осветительного состава. 40- и 50-мм О.р.п. снабжены парашютом для обеспечения длительного времени ос- вещения и по конструкции подобны. Парашютный 40-мм О.р.п. (рис. 2) состоит из пусковой трубки, в которой размещены вос- пламенительное устройство, воспламенительно-вышибной заряд и ракета с осветительной шашкой и парашютом.

Реактивный парашютный осветительный патрон РПСП-40



1 - колпачок; 2 - парашют; 3 - ракета с осветительной шаш- кой; 4 - вышибной заряд; 5 - воспламенительно-вышибной заряд; 6 - воспламенительное устройство; 7 - пусковая труб- ка; 8 - вытяжной шнур; 9 - крышка

Рис. 2

Патроны запускаются из пусковых устройств или с руки стреляющего. При выдергивании вытяжного шнура с теркой сра-

батывает терочный капсюль-воспламенитель, от которого зажига- ется воспламенительно-вышибной заряд, выбрасывающий ракету из пусковой трубки и приводящий в действие пиропороховой дви- гатель. После сгорания пиропорохового заряда двигателя и замед- лителя импульс от последнего передается вышибному заряду, при срабатывании которого из корпуса ракеты выбрасываются вос- пламенившаяся шашка и парашют. Шашка с определенной скоро- стью продолжает движение и увлекает за собой парашют, кото- рый раскрывается под действием набегающего воздушного пото- ка; горящая шашка начинает опускаться на парашюте с заданной скоростью. Характеристики О.р.п. приведены в таблице.

Основные характеристики осветительных реактивных патронов

Характеристика	Значения характеристик для О.р.п. ка- либра, мм	
	30	40
Дальность полета, м	350	400
Время горения, с	8	20
Сила света, ккд	100	240
Диаметр, мм	32	41
Масса, г	186	390
		800

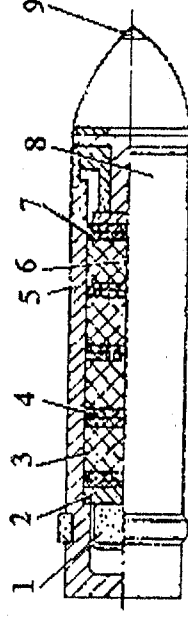
Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973.

Ф.П.Мадякин

Осветительное средство (О.с.) - пиротехническое средство для освещения местности при разведке, наблюдении, бомбометании и т.д. О.с. должны давать максимальную силу света в течение заданного промежутка времени, который в зависимости от назначения средства может изменяться от 5 с (для ориентировки на местности) до 6 мин (при бомбометании). Они подразделяются на средства: артиллерии - снаряды, мины, реактивные осветительные снаряды; авиации - авиабомбы, посадочные осветительные авиабомбы и факелы; общевоинские (осветительные средства ближнего боя) - 26-мм патроны, выстреливаемые из ракетницы, 30-, 40- и 50-мм реактивные патроны, осветительные бомбы и гранаты, выстреливаемые из мортир или гранатомета; инженерные - осветительные мины. О.с. бывают парашютные и беспарашютные. Общий вид осветительного беспарашютного снаряда представлен на рис. 1, парашютного - на рис. 2, а осветительной авиабомбы САБ-3М - на рис. 3. В беспарашютном осветительном снаряде помещается до 16 осветительных элементов (сегментов) по 3-4 в каждом ряду. Время сгорания элементов в зависимости от калибра снаряда (76-122-мм) составляет 15-25 с, сила света одного элемента - 20-40 кд. Факел 122-мм парашютного снаряда имеет силу света 500 кд, а САБ-3М - 220 кд, время горения первого 50-55 с, второго - не менее

2,2 мин. Время горения факелов некоторых осветительных авиабомб достигает 8 мин, а сила света - более $6 \cdot 10^3$ кд.

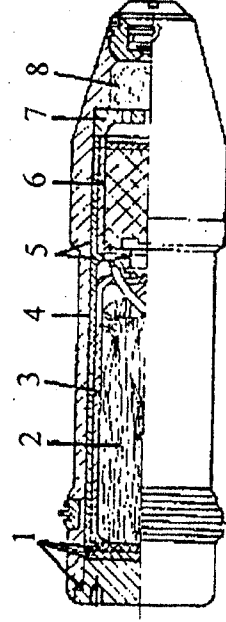
Осветительный беспарашютный снаряд



1 - вышибной заряд; 2 - диафрагма; 3 - сегмент; 4 - картонная прокладка; 5 - опорная прокладка; 6 - стопин; 7 - воспламенятельный состав; 8 - корпус; 9 - дистанционная трубка

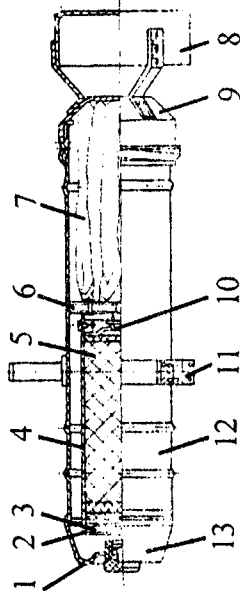
Рис. 1

Осветительный парашютный снаряд



1 - прокладки; 2 - факел с парашютом; 3 - обертка; 4 - корпус в собранном виде; 5 - нижний полуцилиндр; 6 - осветительный факел; 7 - диафрагма; 8 - вышибной заряд

Рис. 2



- 1 - втулка; 2 - пороховая петарда; 3 - опорное кольцо;
4 - бумажная гильза; 5 - факел; 6 - обтюратор; 7 - парашют;
8 - стабилизатор; 9 - крышка; 10 - дно факела; 11 - бутель;
12 - корпус; 13 - головка

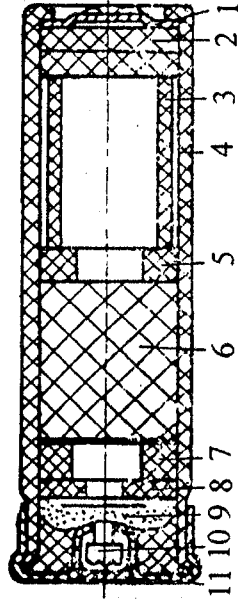
Рис.3

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *Ф.П.Мадякин*

Осветительный патрон (О.п.) - пиротехнический патрон с пирозлементами из осветительного состава. Он является наиболее массовым осветительным общевойсковым средством. Промышленность выпускает беспарашютные (рис. 1) и парашютные 26-мм О.п. (рис. 2), выстреливаемые из пистолет-ракетницы. При выстреле из ракетницы капсюль воспламеняет вышибной заряд, продукты сгорания которого воспламеняют осветительный пирозлемент и выбрасывают его вместе с пыжами и металлическим кружком. При выстреле под углом 45-50° пирозлемент поднимается на высоту 50-60 м; дальность полета 120 м,

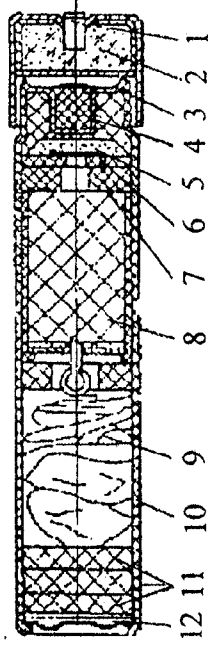
время горения 7-9 с, сила света не менее 50 ккл, радиус освещаемой площади 100 м. При использовании 26-мм парашютного О.п. из ракетницы вылетает гильза с замедлителем, снаряженная дополнительным вышибным зарядом, пирозлементом и прикреплённым к нему парашютом. В верхней точке траектории замедлитель воспламеняет дополнительный вышибной заряд, а последний - пирозлемент и выбрасывает его вместе с парашютом. При выстреле под углом 45° пирозлемент поднимается на высоту 40-60 м и горит в течение 15-20 с с силой света не менее 20 ккл, медленно опускаясь на парашюте.

26-мм осветительный беспарашютный патрон



- 1 - металлический кружок с тремя выпуклыми точками;
2, 8 - картонный кружок; 3 - бумажная гильза; 4 - картонная гильза; 5, 7 - войлочный кружок; 6 - осветительная шашка;
9 - вышибной заряд; 10 - капсюль с наковаленкой;
11 - медная головка

Рис. 1



- 1 - капсуль KBM-3; 2 - вышибной заряд; 3 - лагунная гильза; 4 - замедлитель; 5 - дополнительный вышибной заряд; 6 - картонный кружок; 7 - войлочный кружок; 8 - осветительная шашка; 9 - парашют; 10 - бумажная гильза; 11 - войлочный пыж; 12 - металлический кружок

Рис. 2

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. **Ф.П.Мадякин**

Отбор проб пиротехнических составов производят с целью определения в них содержания компонентов, влаги и летучих продуктов, а также для снятия специальных характеристик. Отбор проб производится, как правило, в зданиях для сушки или хранения составов, иногда в кабинах для мешки и грануляции в соответствии с конструкторской документацией и соблюдением мер предосторожности, установленных производственными инструкциями. Пробы отбирают от каждой партии, для чего из трех емкостей высыпают по 1/3 состава, причем из одной - верхней

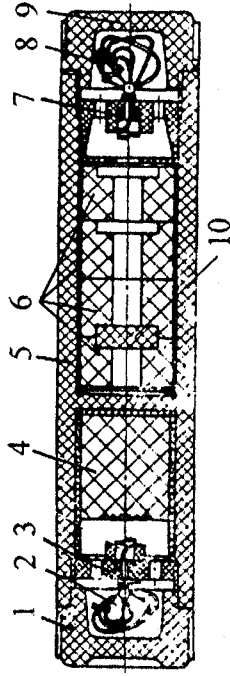
слоя, из другой - средний, из третьей - нижний. Составы уśredняют, отбирают пробу в количестве 0,03-0,19 кг и передают на анализ.

А.М.Новцов, А.М.Коробков

Парафин (П.) - смесь насыщенных углеводородов общей формулы C_nH_{2n+2} . Используется мягкий П. с молекулярной массой ~224 и температурой плавления $\sim 40^\circ C$, а также твердый П. с молекулярной массой ~423 и температурой плавления $55-58^\circ C$. Он плохо растворяется в бензине, эфире, хлороформе, сероуглероде, минеральных маслах и не растворяется в воде. Кислоты и щелочи на него не действуют. В пиротехнических составах используется как горючее, флегматизатор и технологическая добавка.

Ф.П.Мадякин

Патрон сигнальный ночного и дневного действия - пиротехническое сигнальное средство, предназначенное для подачи сигналов бедствия днем и ночью, например, экипажами самолетов и вертолетов, потерпевших аварию. Патрон сигнальный ночного и дневного действия (рисунок) состоит из корпуса, разделенного горизонтальной перегородкой на две камеры, и размещенных в них элементов дневного и ночного сигналов.



1,9 – крышка; 2, 8 – шнур с кольцом; 3, 7 – воспламеняющее устройство; 4 – пирозлемент ночного сигнала; 5 – корпус; 6 – пирозлемент дневного сигнала; 10 – воспламенятельная таблетка

Элемент ночного сигнала состоит из бумажной трубки и запрессованного в нее состава красного огня, дневного - из вставляемых в бумажный стаканчик четырех шашек оранжевого дыма и воспламенятельной таблетки. В корпус патрона с обоих концов ввернуты воспламенятельные устройства. Крышки навинчены с кольцами из резины, которые обеспечивают плотность их прижатия к корпусу патрона и герметичность. Крышка, навинченная на корпус со стороны ночного сигнала, имеет углубление для опознавания сигнала в ночное время. Патрон приводится в действие следующим образом. При быстром продергивании терки через капсюль-воспламенятель при помощи шнура с кольцом она проходит через пиротехнический состав и вызывает его воспламенение. Луч пламени от капсюля-воспламенятеля

поджигает воспламенятельную таблетку и шашки оранжевого дыма. Дым, образующийся при горении дымовых шашек, прорывает кружок из фольги, закрывающий отверстия в диафрагме, и выходит из корпуса, давая сигнал в виде оранжевого облака. Ночной сигнал приводится в действие аналогично дневному и при горении образует факел пламени красного цвета. Время действия сигналов (ночного и дневного) не менее 25 с, дальность видимости ночного сигнала не менее 20 км, а дневного - 5 км.

Ф.П.Мадякин

Перхлорат калия (П.к.) KClO_4 изоморфен с перманганатом калия и образует с ним смешанные кристаллы. Полиморфное превращение орторомбической модификации в кубическую происходит при температуре $293-310^\circ\text{C}$, сопровождается значительным увеличением объема и поглощением тепла $13,76 \pm 0,17$ кДж/моль. Плотность кубической модификации составляет $2150-2180 \text{ кг/м}^3$. П.к. при нормальной температуре слабо растворим в воде, но с повышением температуры растворимость возрастает. Слеживаемость и гигроскопичность чистого П.к. незначительна; наличие примесей повышает последнюю. В органических растворителях П.к. растворяется слабо, он стоек к кислотам. Смеси П.к. с горючими менее чувствительны к тепловым и механическим импульсам, чем смеси на основе хлората калия.

Ускоряют разложение П.к. добавки меди и оксидов марганца, магния, хрома, меди, железа, кобальта, вольфрама; оксид алюминия и карбонат кальция на разложение не влияют. Наиболее высокой каталитической активностью отличается смесь двуокиси марганца и окиси никеля, взятых в соотношении 2:1. Разложение П.к. в присутствии органических горючих и воспламенение смесей горючее-перхлорат калия начинается при температуре 230-290°C, а смесей перхлорат калия-углерод — 300-360°C. Снижают температуру разложения и металлические горючие. Высокое содержание свободного кислорода (46%), малая гигроскопичность (за 10 сут при выдержке над водой при 20°C поглощает всего 0,45% воды) и относительно низкая чувствительность смесей на его основе к механическим воздействиям определили широкое использование П.к. в пиротехнических составах различного назначения — осветительных, фотоосветительных, сигнальных, трассирующих, воспламенительных, зажигательных, замедлительных, звуковых.

Лит.: Хорунжий Б.И., Ильин К.Г. Термографическое исследование перхлоратов калия, натрия и лития// Изв. вузов. Химия и химическая технология, 1972. Т. 15. Вып. 2; Мадякин Ф.П., Силин Н.А. Компоненты гетерогенных горючих систем. М.: ЦНИИИТИ, 1984.

Ф.П.Мадякин

Перхлорат лития (П.л.) LiClO_4 обычно является тригидратом. Теплота гидратации равна 59,41 кДж/моль. При 100°C тригидрат теряет две молекулы воды, а при 130°C образуется безводная соль (в вакууме или при сушке в потоке сухого воздуха). С аммиаком П.л. образует три аммиаката, содержащих 2, 3 и 5 молекул аммиака на молекулу соли. В спирте и органических растворителях растворимость П.л. выше, чем у всех остальных перхлоратов щелочных металлов. Заметное разложение П.л. начинается при температуре выше температуры плавления. В интервале температур 400-450°C при его разложении образуется O_2 , LiClO_3 и LiCl . Последний оказывает каталитическое влияние на процесс разложения П.л. При температурах выше 800°C в газовой фазе продуктов разложения П.л. появляется Cl_2 , который также оказывает каталитическое действие. П.л. отличается высоким содержанием активного кислорода (60,1%), что дает возможность снизить содержание окислителя в топливах до 75% и тем самым улучшить их технологические и физико-механические характеристики. П.л. не токсичен, обладает высокой плотностью, термостабилен (температура начала разложения на 160°C выше, чем у перхлората аммония), смеси на его основе отличаются малой взрывоопасностью. Главным недостатком, сдерживающим широкое применение П.л. в качестве окислителя твердых ракетных топлив, является высокая относительная молекулярная масса продуктов сгорания, что снижает удельный

импульс. Кроме того, температура продуктов сгорания топлив, содержащих П.л., выше, чем топлив, содержащих NH_4ClO_4 , а количество образующегося дыма больше. Другим недостатком П.л. является трудность удаления из него кристаллизационной воды и высокая гигроскопичность. Высушенный П.л. очень быстро поглощает влагу из воздуха даже при 20%-ной относительной влажности. Он является довольно дорогим и дефицитным продуктом; в пиротехнических составах не применяется.

Лит.: Шумахер И. Перхлораты. Свойства, производство и применение. М.: Госхимиздат, 1963; Хорунжий Б.И., Ильин К.Г. Термографическое исследование перхлоратов калия, натрия и лития//Изв. вузов. Химия и химическая технология, 1972. Т. 15. Вып. 2. **Ф.П.Мадякин**

Перхлорат натрия (П.н.) NaClO_4 имеет кубическую кристаллическую решетку; гигроскопичен; хорошо растворим в воде, спирте, ацетоне и других органических растворителях; с водой образует моногидрат (теплота гидратации 8,41 Дж/моль), а с аммиаком - тетрааммиакаг. На термограммах, полученных методом ДТА, отмечаются эндотермические эффекты полиморфного превращения при 313 и плавления - при 473°C. При 570-640°C наблюдается комбинация эндо- и экзотермического процессов (накладывающиеся друг на друга процессы разложения П.н. и кристаллизации NaCl). MnO_2 и его смесь с NiO сдвигают начало разложения в сторону более низких температур (до плавления),

причем разложение носит экзотермический характер. Продуктами разложения П.н. являются NaCl и O_2 . Известно применение П.н. в твердых ракетных топливах, осветительных и фотоосветительных составах. Широкому использованию П.н. препятствуют высокая гигроскопичность и значительная чувствительность смесей на его основе к внешним воздействиям.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Ормонд Б.Ф. Структура неорганических веществ. М.-Л.: Гостехиздат, 1950; Шумахер И. Перхлораты. Свойства, производство и применение. М.: Госхимиздат, 1963. **Ф.П.Мадякин**

Перхлораты (П.). Перхлораты щелочных металлов и аммония представляют собой белые или бесцветные кристаллические вещества. Все они, за исключением перхлората лития, при нормальной температуре имеют ромбическую решетку, которая при повышенных температурах переходит в кубическую. При этом чем больше масса катиона, тем ниже температура полиморфного превращения. Перхлорат лития плавится при температуре 235-247°C, теплота плавления 20,3 кДж/моль. Остальные П. не имеют определенной температуры плавления, так как они начинают разлагаться еще до плавления, и плавится уже смесь П. с продуктами его разложения. Быстрое разложение перхлоратов щелочных металлов происходит сразу же после плавления, при этом на термограммах отмечается экзотермический эффект.

Температура начала кипения NaClO_4 соответствует 527, KClO_4 - 619, RbClO_4 - 635, CsClO_4 - 630°C. Установлено, что стабильность иона ClO_4^- возрастает с увеличением радиуса катиона, что объясняется его поляризующим действием. Энергия активации реакции разложения для NaClO_4 , KClO_4 и CsClO_4 составляет соответственно 117, 125,5 и 146 кДж/моль. Эффективным катализатором разложения этих П. является MnO_2 . Кривые разложения LiClO_4 и NaClO_4 имеют аутокаталитический характер. Разложение KClO_4 , RbClO_4 и CsClO_4 описывается уравнением 1-го порядка. Разложение перхлоратов лития, натрия, магния и щелочноземельных металлов протекает с выделением тепла 25-30 кДж/моль. Перхлораты щелочноземельных металлов полиморфного перехода не имеют. В результате разложения перхлората бария образуются оксид и хлорид бария, хлор и кислород. Разложение перхлоратов магния и свинца идет до оксидов металла, хлора и кислорода. Добавка большинства органических горючих приводит к резкому снижению температуры начала разложения П., при этом начавшийся процесс сопровождается взаимодействием продуктов разложения с горючим и выделением значительного количества тепла. Интенсивное взаимодействие перхлоратов калия, натрия и бария со сплавом АМ начинается при температуре выше 464°C, т.е. после плавления сплава. Основные характеристики П. приведены в таблице.

Основные характеристики перхлоратов металлов и аммония

Вещество	$P, \text{ кг/м}^3$	$T_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{н.р.}}, ^\circ\text{C}$	$-\Delta H_{298}^\circ, \text{ кДж/моль}$	$S_{298}^\circ, \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$	$C_{298}^\circ, \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$	Содержание активного $\text{O}_2, \%$	Коэффициент Демпхова
LiClO_4	2430	235-247	380-510	380,74	125,52	105,02	60,2	1,66
NaClO_4	2540	468-482	482-600	382,75	142,26	111,29	52,3	1,91
KClO_4	2530	525-620	440-600	430,12	151,04	112,40	46,2	2,16
RbClO_4	3010	588-606	457-642	434,59	163,59	-	34,6	2,89
CsClO_4	3320	562-577	380-628	434,55	175,31	108,49	27,5	3,63
$\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$	2600	240	380-490	-	-	-	50,2	1,99
$\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$	2740	505	400	-	-	-	33,3	3,00
NH_4ClO_4	1950	сублимирует	320-450	295,77	184,18	128,07	34,0	2,10

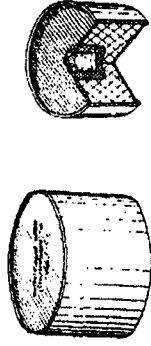
Данные двух последних граф получены при условии разложения LiClO_4 , NaClO_4 , KClO_4 , RbClO_4 и CsClO_4 до хлорида и кислорода; $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ и $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$ - до оксида металла, хлора и кислорода; NH_4ClO_4 - до HCl , H_2O , N_2 и O_2 .

Лит.: Карапетьянц М.Х., Карапетьянц М.Л. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ. М.: Химия, 1968; Шидловский А.А. Термохимия перхлоратов металлов//Труды Московского хим.-технол. ин-та им. Д.И.Менделеева, 1967. Вып. 53.
Ф.П.Мадякин

Пестицидная шашка - пестицидное пиротехническое средство для обеззараживания зерно- и овощехранилищ, теплиц и других помещений. Она представляет собой шашку из пестицидного пиротехнического состава с пиротехническим воспламенителем. (См. Пестицидное средство). **Ф.П.Мадякин**

Пестицидное средство (П.с.) - пиротехническое средство для борьбы с вредными организмами. П.с. могут быть в оболочке (рисунки) и без нее (серные таблетки, таблетки на основе перметрина, шнуровые составы на основе γ -изомера гексахлорциклопексана, дилора, трилана и др.). Шашки Г-17 используются для протравливания семян, борьбы с вредителями овощей, плодовых и других сельскохозяйственных культур.

Шашка Г-17



а — в оболочке; б — в разрезе

Ф.П.Мадякин

Пестицидный состав (П.с.) - пиротехнический состав, горение которого сопровождается образованием аэрозоля, содержащего вещества, губительно действующие на различные вредные организмы. Применяется для снаряжения пестицидных средств. Среди П.с. выделяются инсектицидные - для уничтожения вредных насекомых; акарицидные - для борьбы с клещами и фунгицидные - для борьбы с грибами, бактериальными и вирусными заболеваниями растений, клубней, плодов и т.д. Фунгицидные составы можно использовать для обеззараживания и дезинфекции обмундирования, помещений и военной техники, стерилизации космических аппаратов и создания лекарственных аэрозолей при борьбе с рядом эпидемий. В большинстве П.с. аэрозолеобразователь (инсектицид, акарицид, фунгицид или лекарственное вещество) вводят в готовом виде; при сгорании состава он возгоняется, образуя аэрозоль. Пестициды должны обладать высокой активностью по отношению к вредным насекомым, вирусам и т.д. при малом расходе токсиканта, а также быть относительно безвредными для животных и людей; они не должны терять свою активность под воздействием воздуха и солнечного света в течение заданного времени, иметь неприятный запах и угнетать растительность. В качестве инсектицидов используются γ -изомер гексахлорциклопексана (ГХЦГ), хлорциклодиены и др.

Для возгонки пестицидов применяются термические смеси на основе KClO_3 , органических горючих и пламегасителей. Составы на основе γ -изомера ГХЦГ используются для снаряжения шашек Г-17, "Гамма". Для уничтожения вредных насекомых в помещениях разработаны пиротехнические составы на основе перметрина. Для борьбы с мучнистой росой роз, яблонь и других культур используется фунгицидный состав, содержащий, %: дихлорнафтохинон 58, хлорат калия 22, хлористый аммоний 10, дициандиамид 5, антрацен 5. На основе параформальдегида разработан бактерицидный состав. В акарицидных составах используют тедион, кельтан и дилор. Для обеззараживания теплиц, парников и овощехранилищ разработаны серные шашки, содержащие 75% серы и 25% термической основы. На основе γ -изомера ГХЦГ, трилана и дилора с использованием эластомеров и латексов разработаны термопластичные составы, сгорающие с образованием аэрозоля без наличия на пироэлементе оболочки. Универсальной термической основой аэрозолеобразующих составов являются нитраты целлюлозы, азидопентон и измельченные пороха.

Ф.П.Мадьякин

Пироболт - пиротехнический энергодатчик, представляющий собой корпус с запрессованным пиротехническим составом и пиротехническим воспламенителем, предназначенный

для соединения и последующего автоматического разъединения путем расплавления паяных швов различных узлов в ракетно-космической технике.

Ф.П.Мадьякин

Пирозажигательный патрон - воспламенительное пиротехническое средство для зажигания жидкого ракетного топлива, представляющее собой корпус с запрессованным в него воспламенительным пиротехническим составом с электровоспламенителем или капсюлем-воспламенителем.

Ф.П.Мадьякин

Пиронагреватель - пиротехнический энергодатчик для приведения в действие электрохимических батарей путем разогрева электрохимических элементов, представляющий собой пиротехнический элемент со строго контролируемыми составом, массой и размерами.

Ф.П.Мадьякин

Пиротехника. Общие понятия. Пиротехника - отрасль науки и техники, занимающаяся разработкой и производством пиротехнических составов и средств, изучением закономерностей процессов горения составов и эффектов действия средств.

Пиротехническое средство - устройство для получения пиротехнического эффекта, обеспечиваемого горением пиротехнического состава.

Пиротехнический состав (П.с.) - механическая смесь тонкоизмельченных твердых или твердых и жидких компонентов,

выделяющая при горении световую и тепловую энергии и образующая газообразные и конденсированные продукты.

Инертный состав - механическая смесь измельченных твердых или твердых и жидких веществ, не воспламеняющаяся от воздействия кратковременных механических и тепловых импульсов. Применяется в качестве предохранительного слоя, для инертного снаряжения боеприпасов и макетов изделий, а также при отработке технологического оборудования.

Пиротехнический элемент, пирозлемент - тело определенной геометрической формы из пиротехнического состава в оболочке и без нее.

Пиротехническая шашка, шашка - пиротехнический элемент в оболочке, предназначенный для снаряжения пиротехнических средств.

Пиротехнический факел, факел - пиротехническая шашка из осветительного П.с. и П.с. сигнального огня.

Пиротехническая таблетка, таблетка - пиротехнический элемент без оболочки, предназначенный для последующего прессования из него шашек, а также применяемый как самостоятельный элемент для снаряжения пиротехнических средств.

Пиротехнический патрон, патрон - устройство, в котором посредством гильзы объединены пиротехнические элементы, метательный заряд и средство инициирования.

Реактивный патрон - устройство, состоящее из пусковой трубки (гильза и средство инициирования), корпуса с пиротехническими элементами и реактивного двигателя.

Компонент пиротехнического состава, компонент - вещество, являющееся составной частью П.с.

Пиротехнический окислитель, окислитель - компонент П.с., служащий для окисления горючего и добавок при горении П.с.

Пиротехническое горючее, горючее - компонент П.с., способный вступать в реакцию горения с окислителем с выделением тепловой энергии.

Пиротехническая добавка, добавка - компонент П.с., обеспечивающий получение или усиление эффекта при горении П.с., безопасность, а также улучшение технологичности изготовления составов и пиротехнических элементов из них.

Ф.П.Мадякин

Пиротехнический состав (П.с.) - это гетерогенная смесь, способная к самостоятельному горению и дающая при горении световой, тепловой, дымовой или динамический эффекты. П.с.

используются в военном деле и народном хозяйстве (в промышленности, на транспорте, для фейерверков и салютов, при научных исследованиях). В зависимости от назначения П.с. делятся на осветительные, фотоосветительные (фотосмеси), трассирующие, инфракрасного (ИК) излучения, зажигательные, сигнальные, аэрозолеобразующие, безгазовые, газогенерирующие, воспламенятельные, свистящие, имитационные, целеуказательные и т.д. Многие из этих составов применяются в различных средствах, например, осветительные составы можно использовать в трассирующих и сигнальных средствах. Среди П.с., применяемых в народном хозяйстве, следует выделить фейерверочные, термитные, для воздействия на переохлажденные облака и туманы, газогенерирующие, пестицидные, для получения тугоплавких металлов и соединений, чистых газов, подогрева пищи и защиты садов, составы для уменьшения усадки и образования раковин в процессе охлаждения расплавленного металла, подогрева металла перед сваркой, создания плазмы и выработки электроэнергии, снятия напряжений в сварных швах и т.д. П.с. также делятся на пламенные (белопламенные, цветопламенные, составы с преимущественным излучением в ультрафиолетовом или ИК-областях спектра) и беспламенные (тепловые), с равномерным и периодическим излучением, аэрозолеобразующие (белого

и черного, цветного, инсектицидного дыма, для воздействия на облака и туманы и т.д.) и газогенерирующие. По технологическим свойствам П.с. делятся на порошкообразные, включая и гранулированные, термозластопластичные и литьевые. Порошкообразные и гранулированные составы перерабатываются в глукхим, порционным или гидростатическим прессованием, вибрацией или шнекованием. Термозластопластичные П.с. можно перерабатывать методами глухого и проходного прессования, литья под давлением, вальцевания и гидростатического прессования. Из литьевых составов изделия готовят литьем под вакуумом или свободной заливкой с последующим отверждением или вулканизацией жидкой составляющей. Независимо от назначения П.с. должны давать при сгорании максимальный специальный эффект при минимальном расходе состава. Специальный эффект определяется назначением состава, его природой и условиями сжигания. Вещества, определяющие специальный эффект, вводятся в состав в готовом виде (краситель, реагент и т.д.) или образуются в результате горения. П.с. должны легко воспламеняться от воспламенительного состава или продуктов сгорания вышибного заряда, но не воспламеняться при небольшом повышении температуры или попадании искры; сгорать равномерно или в пульсирующем режиме с определенной скоростью; обла-

Пиротехнический воспламенитель, воспламенитель - воспламенительное пиротехническое средство для воспламенения пиротехнических составов и твердых ракетных топлив, представляющее собой корпус или мешочек с дымным ружейным порохом (ДРП), воспламенительным составом, электровоспламенителем или без него. ДРП и воспламенительный пиротехнический состав могут помещаться россыпью, в виде таблеток или пирозлементов различной конфигурации. Корпус может быть сплошным и перфорированным, с центральной перфорированной трубкой или без нее. **Ф.П.Мадякин**

Пиротехнический окислитель, окислитель (О.) - компонент пиротехнического состава, служащий для окисления горючего и добавок при горении. В качестве О. могут использоваться различные вещества, которые сами или продукты их разложения обладают способностью окислять горючие или продукты их разложения с выделением тепла и продуктов горения, необходимые для поддержания стационарного горения смеси и обеспечения требуемого специального эффекта. В качестве О. широко применяются неорганические кислородсодержащие соединения - соли (нитраты и перхлораты щелочных и щелочноземельных металлов и аммония; хлораты К, Na и Ba; сульфат Са; хроматы Ba и Pb; бихроматы К и аммония; карбонаты К, Na, Sr и Ba; перманганат К и др.), оксиды (Fe, Pb, Cu, Zn, Bi, W, Mn) и

дать химической и физической стойкостью при длительном хранении (получаемый при горении эффект не должен ухудшаться в течение заданного времени хранения); иметь возможно меньшую чувствительность к механическим импульсам и минимальные взрывчатые характеристики; обладать минимальной зависимостью скорости горения от давления и температуры; не содержать в себе дефицитных, токсичных и не имеющих широкой отечественной сырьевой и производственной базы компонентов. Технологический процесс подготовки компонентов, приготовления составов, формования пирозлементов и снаряжения изделий на их основе должен быть простым, безопасным и допускать возможность механизации и автоматизации производства. Изделия из П.с. должны обладать достаточной механической прочностью и не разрушаться при тряске, транспортировании и эксплуатации. Кроме общих требований к П.с. в зависимости от их назначения и условий применения предъявляется ряд специальных требований, например, устойчивость горения в вакууме, при больших скоростях обдува и вращения, при низких температурах и т.д.

Ф.П.Мадякин

пероксиды (Ba и Sr). Большинство этих соединений могут выполнять роль О. как в смеси с металлическими, так и органическими горючими. В смеси с металлическими горючими (Mg, Al, Zn, Ti и т.д.) роль О. могут выполнять O_2 , S, P, N_2 , C, B и соединения, содержащие кислород (тротил, гексоген, октоген, нитратгуанидина, сахараза, нитраты целлюлозы и др.), галогены (гексахлорбензол, гексахлорэтан, политерфторэтилен и др.), серу (сульфиды металлов), азот (нитриды металлов), фосфор (фосфиды), углерод и азот (уротропин) и т. д. Сложные вещества могут выполнять в смеси роль О., если на их разложение требуется меньше тепла, чем выделяется при окислении горючего продуктами его разложения. Все эти простые и сложные вещества при наличии в смеси более активных окислителей (типа хлоратов, перхлоратов и нитратов) выполняют роль горючих. Таким образом, можно выделить две группы О.: общего назначения и для металлосодержащих смесей. Их также можно разделить на низко- и высокомолекулярные соединения, кислород- и галогенсодержащие и т.д. К О. предъявляются общие, специальные и технические требования. Общие требования - О. должен содержать максимальное количество окислительного агента и легко отдавать его при горении пиротехнического состава, быть не гидро-

скопичным, не слеживающимся, дешевым, доступным и т.д. В зависимости от назначения состава к О. предъявляются специальные требования, например, для составов цветных огней он должен содержать элементы, которые сами по себе или в соединении с другими дают окраску пламени, для газогенерирующих составов все продукты разложения О. должны быть газообразными и т.д. Технические требования, предъявляемые к О.: максимальное содержание основного вещества (не менее 98-99%); минимальное содержание примесей гигроскопичных солей и солей тяжелых металлов; отсутствие горючих примесей и примесей, повышающих чувствительность составов к внешним воздействиям (стекло, песок и др.), понижающих химическую стойкость или ухудшающих специальный эффект состава; определенная степень дисперсности.

Ф.П.Мадякин

Пиротехнический резак - пиротехнический энергодачик для перерезания строп, шнуров, тросов, представляющий собой металлический корпус с закрепленным в нем газообразующим пиротехническим составом, капсулем-воспламенителем, ударным механизмом и ножом, приводимым в действие давлением газов.

Ф.П.Мадякин

Пиротехнический энергодагчик - пиротехническое средство, принцип действия которого основан на использовании рабочего усилия газов или тепла, образующихся при горении пиротехнического состава в замкнутом объеме. К пиротехническим энергодагчикам относятся пиротехнический резак, пироболт, пиронагреватель и др.

Ф.П.Мадякин

Пиротехническое горючее, горючее (Г.) - компонент пиротехнического состава, способный вступать в реакцию горения с окислителем с выделением тепловой энергии. К Г. предьявляются общие, специальные (должны обладать способностью при умеренных температурах вступать во взаимодействие с окислителем и продуктами его разложения; требовать для своего сгорания минимального количества окислительного агента; обеспечивать получение заданного специального эффекта) и технические требования. Получение заданного эффекта в значительной степени определяется количеством тепла, выделяющегося при окислении и сгорании Г., и свойствами продуктов сгорания. В одних случаях Г. должно сгорать с выделением значительного количества тепла и развивать высокую температуру (смесевые топлива, осветительные и фотоосветительные составы), в других при сгорании должно образовывать газообразные

продукты и развивать невысокую температуру (дымовые и сигнальные составы). При сгорании малогазовых составов должны образовываться только конденсированные продукты, а зажигательных - раскаленные и расплавленные шлаки. Осветительные и фотоосветительные составы, топлива для ПВРД и ГРД имеют значительный избыток Г., которое должно легко окисляться кислородом воздуха или воды. Разнообразие пиротехнических составов, а значит, и специальных эффектов, которые они должны давать, обуславливает применение в качестве Г. значительного количества различных по природе и теплотворной способности веществ. По природе все Г. делятся на неорганические, органические и элементоорганические. Неорганические Г.: металлы - Mg, Al, Ti, Zr, Zn, Fe и др. и их сплавы (к металлам относят В и Si); неметаллы - P, C, S и др.; неорганические соединения - гидриды, сульфиды, карбиды, силициды, фосфиды, азиды, роданиды и др. Следует отметить, что P, S, C и соединения, содержащие эти элементы, в смеси с металлами будут выполнять роль окислителя. Органические Г. подразделяются на индивидуальные углеводороды (бензол, толуол, нафталин и др.), смеси углеводородов алифатического и карбоциклического рядов (бензин, керосин, нефть, мазут, парафин), углеводы (крахмал, сахар), органические вещества других классов (стеарин, уротропин, тиомоче-

вина, дициандиамид и др.). Технические требования к Г. различных классов отличаются существенно. Основными свойствами веществ, которые необходимо учитывать при выборе их в качестве горючего, являются: физическое состояние (твердое тело или жидкость); дисперсность и форма частиц; температура и теплоты плавления, кипения и разложения; температура вспышки, воспламенения и самовоспламенения; теплота образования и теплотворная способность; активность по отношению к окислительным агентам (кислороду, хлору, фтору, воде, азоту и т.д.); количество окислительного агента, необходимое для окисления единицы массы горючего, и количество тепла, выделяющееся при этом; состав и свойства промежуточных и конечных продуктов сгорания; полнота сгорания.

Ф.П.Мадякин

Пиротехническое средство (П.с.) - устройство для получения пиротехнического эффекта (светового, дымового, теплового, динамического и др.), обеспечиваемого горением пиротехнического состава. В соответствии с назначением П.с. подразделяются на осветительные (авиабомбы, факелы, снаряды, мины, патроны), предназначенные для освещения местности ночью; фотоосветительные (фотобомбы, фотопатроны), используемые при ночной аэрофотосъемке; трассирующие, делающие видимой траекторию полета быстролетающих объектов (пуль, снарядов, ракет

и т.д.); инфракрасного излучения, используемые в качестве ложных целей и для слежения за полетом снарядов и ракет; ночные сигнальные (авиабомбы, мины, факелы, патроны и т.д.), применяемые для подачи сигналов ночью и днем; дневные сигнальные, применяемые для подачи сигналов в дневных условиях; дымообразующие или аэрозолеобразующие (шашки, кассеты, снаряды, гранаты и т.д.), применяемые для создания дымовых завес и других специальных целей; зажигательные (бомбы, снаряды, пули и т.д.), служащие для уничтожения военных объектов и техники противника; заряды твердого топлива, используемые в двигателях ракет различного назначения и дальности полета; целеуказательные (авиабомбы, снаряды и т.д.), указывающие место нахождения объекта противника; пиротехнические газогенераторы; средства пировавтоматики (пирорезаки, пирозатворы), используемые в космической технике; учебно-имитационные, используемые на маневрах, учениях и в боевой обстановке (для дезориентации противника); воспламенительные (для воспламенения составов и топлив), а также средства для нужд народного хозяйства и научных исследований. В них используются специальные эффекты, возникающие при горении пиротехнических составов. В некоторых П.с. могут использоваться два и более эффекта, например, светодымовой, дымозажигательный и т.д. П.с. делятся также на средства ближнего боя, авиационные, морские, космические, для народного хозяйства. К каждому из П.с. предъявля-

ются специальные требования, определяемые их видом, назначением и применением. Однако независимо от назначения они должны обеспечивать максимальный специальный эффект при минимальных габаритах средства и расходовании состава; быть безопасными в обращении и сохранять свои эксплуатационные свойства в течение заданного времени. Используемые для изготовления пирозлементов составы не должны содержать компоненты, оказывающие токсическое действие на организм человека.

Ф.П.Мадякин

Пиросоставы, используемые при разливе стали. Для уменьшения усадки и предотвращения образования раковин при разливе стали в изложницы засыпают пиросостав, содержащий, %: ферросилиций 70, алюминий 10, нитрат натрия 20. Данный состав стораёт очень интенсивно, в результате чего иногда наблюдается выброс металла из изложницы. В настоящее время разрабатываются и применяются менее активные смеси, рецепты которых приведены в таблице.

Подобные составы применяются и за рубежом. Так, для уменьшения охлаждения литников используется состав, содержащий, %: NaNO_3 10, Al стружка 10, Fe_2O_3 5, $\text{Na}_3\text{AlF}_6 + \text{CaF}_2$ 5, кирпич толченый 67, каучук 3 (в виде лакового раствора).

Рецептуры смесей

Завод, на котором применяется состав							Содержание компонентов, %		
Al	Mg	сплав	графит	древесные опилки	NaNO_3	марганцевая руда	шлакообразователи	Ижевский	«Днепровакская сталь»
15	3	-	-	5	8-12	15-20	50	15	11
-	-	6	-	-	10	20	53	15	55
15	-	-	5	-	10	15	55	Череповецкий	

При сифонной разливке шарикоподшипниковых, хромистых, нержавеющей, немагнитных и конструкционных сталей применяется экзосмесь, содержащая, %: сплав АМ 6, АІ порошок 11, NaNO_3 10, марганцевую руду 20, плавиковый шпат 23, силикатную руду 20, доменный шлак 10. Пакеты со смесью (4,5 кг на тонну стали) закладываются за 20-30 мин до начала разлива; через 7-10 с после открытия стопора смесь воспламеняется и сгорает в течение 10-15 с, выделяя белый дым. Для этих же целей разработан состав, содержащий, %: сплав АМ 5, АІ порошок 8, NaNO_3 16, плавиковый шпат 16, силикатную глыбу 23, доменный шлак 22, обработанный флюс (АНФ-6) 10. Применение пиротехнических составов при разливе стали значительно улучшает качество поверхности и микроструктуру получаемых отливок.

Лит.: Осипов А. И. и др. Улучшение технологии разливки легированных сталей//Сталь, 1973. №8.

Ф.П.Мадякин

Пиротехнические составы для киносьемок. В процессе киносьемок широко используются эффекты световые, дымовые, звуковые и т.д., получаемые при срабатывании пиротехнических средств. Составы цветных огней для этих целей отличаются от сигнальных и фейерверочных тем, что многие из них содержат

серу, а некоторые и хлорат бария (зеленого огня) или хлорат калия и соли меди (синего огня). В качестве примера приведем три рецептуры составов белого огня, содержащие, %: 1) KNO_3 69, Sb_2S_3 14, S 17; 2) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 60, KClO_3 32, S 7, Mg 1; 3) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 56, KNO_3 11, АІ 19, S 8, BaF_2 6, индустриальное масло 5 (св. 100%). Составы, содержащие хлораты и серу, обладают высокой чувствительностью к удару и трению и весьма опасны в обращении. Используются также составы и без серы, например, мало-дымный состав оранжево-красного огня, содержащий, %: $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 65, Mg 11, уротропин 19, озокерит 5, индустриальное масло 0,2 (св. 100%). Для создания вспышек используются составы, включающие, %: KClO_4 60, АІ порошок 40, а для создания вспышек, сопровождающихся искрением - смеси дымного ружейного пороха с чугунными стружками в соотношении 6:4. Для имитации электрических искр применяется смесь нитрат калия-уголь (1:1) с добавкой стальных опилок, облаков - смесь нитрата калия со сплавом АМ (3:7), разрывов снарядов - составы, содержащие, %: 1) хлорат калия 46, нафталин 38, тиомочевину 16, крахмальный клейстер (10%-ный) 15 (св. 100%); 2) хлорат калия 50, тиомочевину 22, антрацен 28. Широко используются составы, образующие дым белого цвета.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973.

Ф.П.Мадякин

Пиротехнические составы для замедлителей должны иметь малую зависимость скорости горения от внешних условий. Такими свойствами обладают малогазовые и безгазовые составы. Наиболее часто для этих целей используется состав СЦ-1, содержащий, %: свинцовый сурик 76, цирконий 24, коллоксилин 2 (в виде лака св. 100%). За рубежом в качестве замедлителей используются в основном три типа составов - на основе марганца, вольфрама и сплавов Zr-Ni. Составы с вольфрамом содержат, %: W 27-58, BaCrO₄ 32-58, KClO₄ 5-10, LiC₂ 5. Скорость сгорания составов при содержании 27% W равна 6 мм/с и повышается с увеличением содержания вольфрама в смеси. В качестве примера состава на основе сплава Zr-Ni приведена рецептура, содержащая, %: сплав Zr-Ni 54, BaCrO₄ 31, KClO₄ 15. Чем больше Zr в сплаве, тем выше скорость сгорания смеси. Составы на основе марганца в качестве окислителей обычно содержат смеси BaCrO₄ и PbCrO₄. В качестве горючих в смесях с BaCrO₄ также используются бор, ниобий и тантал.

Лит.: Вспомогательные системы ракетно-космической техники: Сб. статей. Пер. с англ. / Под ред. И.В.Тишунина. М.: Мир, 1970; Ellern H. Military and Civilian Pyrotechnics, NewYork, 1968; Ellern H. Modern Pyrotechnics. NewYork, 1961.

Ф.П.Мадякин

Пиросоставы для научных исследований. Для изучения верхних слоев атмосферы применяются пиротехнические составы, создающие светящиеся облака из паров натрия, стронция, бария или лития. Впервые для этих целей использовали железисто-алюминиевый термит, содержащий гранулированный натрий (диаметр 3-6 мм). Состав готовится из 3 мас.ч. термита и 1 мас.ч. гранулированного натрия, а затем прессуется в металлический контейнер. При горении термита натрий испаряется и создает светящееся облако. Для получения паров стронция и бария используются смеси: Sr(NO₃)₂+6Mg; Ba(NO₃)₂+6Mg; 3CuO+5Ba. В последнюю добавляют небольшое количество связующего (силиконы, коллодий). При ее горении образуется медь, оксид и пары бария.

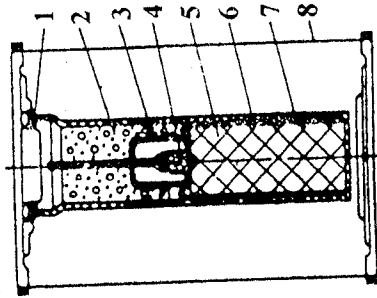
Лит.: Utilisation des Elements Pyrotechnique et Explosifs dans les Systemes Spatiaux. Paris, 1969; Pöppl H. a. oth. Planetry a. Space Science, 1967. V. 15. №. 2.

Ф.П.Мадякин

Пиротехнические составы для подогрева пищи и розжига костра. Для подогрева пищи (консервов, супа, воды и т.д.) используют «безгазовые» составы с относительно невысокой температурой сгорания. Еще во время второй мировой войны для этих целей применяли состав, содержащий, %: Fe₂O₃ 81 и CaSi₂ 19, при сгорании которого образуются CaSiO₃, SiO₂ и Fe.

Английская фирма «Heinz Kidney» разработала консервную банку с пиропатроном, разрез которой показан на рис. 1. Масса пиростова 50 г, а банки с содержимым ~500 г. Через 3-5 мин после сгорания состава содержимое банки нагревается до 50-60°C.

Консервная банка с пиропатроном «Heinz Kidney»



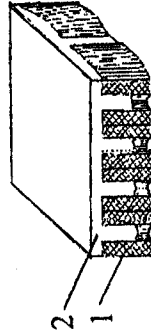
- 1 — крышка; 2 — асбестовая вата; 3 — решетка; 4 — зазор;
5 — пиростав; 6 — асбестовая прокладка; 7 — оболочка тер-
мопатрона; 8 — корпус

Рис. 1

Для разжигания костров ЛНПО «Союз» разработало сред-
ство «Прометей» на основе компонентов, входящих в состав по-
рохов: нитроцеллюлозы, динитролуола, централита, дибутил-
фталата, индустриального масла. «Прометей» обеспечивает раз-
жигание костра в любую погоду. Для этих же целей можно при-

менять утилизируемые трубчатые пороха с закрытым с одного
торца каналом. Однако использование порохов всегда связано с
опасностью и несанкционированным воспламенением. В КГТУ
(КХТИ) были разработаны малогазовые составы на основе жидко-
го натриевого стекла и магния. Составы легко воспламеняются от
бытовой спички, обладают хорошими технологическими свойст-
вами и позволяют готовить из них средства для разжигания кост-
ров и подогрева пищи. Весьма эффективен для этих целей тури-
стический набор «Огонек» (рис. 2), состоящий из термитных ша-
шек (60-70% по массе), скрепленных смесью из жидкого стекла,
магния, загустителя и отвердителя (остальное). Температура сго-
рания шашек 1800-2000°C, а цементирующего состава значитель-
но ниже, что исключает перегрев при подготовке пищи.

Изделие «Огонек»



- 1 — термитная шашка; 2 — цементирующий состав

Рис. 2

Лит.: Смирнов Л.А., Силин В.С. Конверсия. М.:
ЦНИИЭТКПК, 1993. Ч.1. *Ф.П.Мадьякин, И.А.Абдуллин*

Пиросоставы для разогрева твердоэлектrolитных ячеек. Твердоэлектrolитные ячейки представляют собой пластины из Ni и Mg, а также твердого электrolита на основе эвтектической смеси KCl-LiCl, которые полностью законсервированы. Они начинают работать только после расплавления электrolита. Для плавления электrolита используются пиротехнические составы, выделяющие при сгорании минимальное количество газообразных продуктов. В США для этих целей разработан пиротехнический состав на основе порошкообразных циркония и хромата бария.

Ф.П.Мадякин

Пиросоставы для получения конденсированных веществ. Реакции горения широко используются для получения безуглеродистых металлов (Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zr, Mo, W и др.), сплавов металлов (ферросилиция, ферромарганца) и тугоплавких бинарных соединений (боридов, карбидов, нитридов). Металлы и их сплавы получают обычно при сгорании термитных составов, содержащих оксид металла и алюминий. Для облегчения воспламенения и сгорания в них добавляют небольшое количество активного окислителя (оксиды хрома, бихроматы, пероксиды бария и свинца, хлорат калия и др.), сильного восстановителя (кальций, магний, силикокальций и др.) или смесь перед

сжиганием подогревают. Бориды и карбиды получают обычно методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). В качестве компонентов таких смесей используются порошкообразные металлы, бор и углерод. Таким образом синтезируют TiC, ZrC, NiC, TiB, MoB, VB и другие бинарные вещества. Для получения нитридов можно применять смеси порошкообразных металлов с азидом натрия (калия).

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Плинер Ю.А., Игнатенко Г.Ф. Восстановление окислов металлов алюминием. М.: Металлургиздат, 1967; Мержанов А.Г., Боровенская И.П. ДАИ СССР, 1972. Т. 204. Вып. 2; Процессы горения в химической технологии и металлургии: Сб. статей под ред. А.Г.Мержанова. М.: Изд-во АН СССР, 1975; Hardt A.P., Phung P.V. Propagation of Gasless Reactions in Solids. Combustion and Flame. 1973. V. 21. № 1; Phung P.V., Hardt A.P. Ignition Characteristics of Gasless Reactions. Combustion and Flame, 1974. V. 22. № 3; Proceedings of the Fifth International Pyrotechnics Seminar USA, 12-16 July 1976. Colorado; Жигарев В.Д., Суховерков В.Ф., Махонин Н.С., Ложечников Е.Б. Технологический процесс получения тугоплавких соединений в волне автономного горения. М.: АН РФ, 1996.

Ф.П.Мадякин

Пиротехнические составы для «подкачки» лазеров. Генераторы с пиротехническим возбуждением имеют самое высокое отношение величины выходной энергии излучения к мас-

се. Для их снаряжения используется смесь, содержащая, %:
Zr 43, KClO_4 57. Спектральная кривая излучения этой смеси представляет собой континуум, близкий к спектральной кривой АЧТ с цветовой температурой 4800-5200 К, на который наложены узкие линии излучения и резонансного поглощения элементов, входящих в компоненты состава. С использованием этой смеси разработано 29 квантовых генераторов, излучающих в диапазоне длин волн от 1,037 до 2,6 мкм. Пиротехнические лампы возбуждения — это кварцевые колбы диаметром 10-20 и длиной 50-170 мм. Внутри колб на трассерах установлены пластинки из спрессованной пиротехнической смеси, внутри которой по всей длине впрыснута тонкая нихромовая проволока — запал. Установлено, что наибольшую световую отдачу имеют лампы с пластинками массой 50 мг.

Лит.: Каминский А. А., Бодрецова А. И., Левиков С. И. Казинепрерывные ОКГ с пиротехническим возбуждением // Журнал технической физики. 1969. Т. 39. № 3.

Ф. П. Мадякин

Пиросоставы для получения чистых газов. При горении пиротехнических составов можно получать газообразные продукты: O_2 , N_2 , H_2 , Cl , F , SO_2 , HCl , CO , CO_2 , HF и др., которые используются для различных технических целей. Преимущест-

вом этого способа являются простота, высокая надежность, образование значительного объема газа с единицы массы пиротехнического состава. Наиболее часто таким образом получают чистый кислород для космонавтов, альпинистов, подводников и т. д. Окислителями и носителями кислорода обычно являются хлораты калия и натрия или перхлорат лития. В качестве горючего используются порошки железа или марганца, а добавки, уменьшающей образование свободного хлора, — пероксид бария. Приведем три рецептуры составов для получения кислорода, %:

1) NaClO_3 77, Fe 10, BaO_2 4, стеклянное волокно 9; 2) NaClO_3 92, BaO_2 4, стальная вата 4; 3) LiClO_4 84,9, Li_2O_2 4,2, Mn 10,9. При сгорании второго состава выделяется минимальное количество хлора, а третьего — максимальное количество кислорода (49% от массы состава). Для получения водорода обычно используется смесь порошкообразного кремния с гидроксидами натрия и кальция, которая называется гидротенитом; при ее сгорании образуются конденсированные продукты Na_2SiO_3 и CaO , остающиеся на месте сгорания, и газообразный водород (250 мл/г). При горении смеси, содержащей, %: $(\text{CH}_2\text{O})_n$ 56 и Mg 44, образуется 418 мл H_2 /г. Расчеты показывают, что значительно большее количество водорода с грамма состава получается при сгорании смесей TiH_2 -уротропин и TiH_2 -полиизобутилен. Азот можно по-

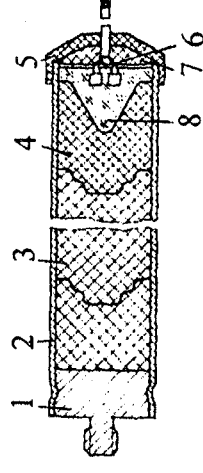
лучить в результате сгорания смеси, содержащей NaNO_2 и NH_4Cl , однако при этом кроме N_2 получаются паробразная вода и примеси оксидов азота. Более чистый азот образуется при сгорании смесей азидов натрия с оксидами или галогенсодержащими веществами. Для уменьшения загрязнения азота, образующегося при горении смесей азидов натрия-оксид, в них вводят избыток последнего или добавляют оксид, не вступающий в реакцию горения. Для получения хлора можно использовать смесь $\text{C}_2\text{Cl}_6 + \text{Mg}$, фтора - $4\text{CoF}_3 + \text{Mg}$, окиси азота - $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 + 3\text{Mg}$.

Лит. Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Ellern H. Modern Pyrotechnics. New York, 1961; Ellern H. Military and Civilian Pyrotechnics. New York, 1968. *Ф.П.Мадьякин*

Пиротехнические инфракрасные излучатели. Инфракрасные (ИК) лучи не видимы человеческим глазом и лучше, чем видимый свет, проходят через атмосферу при наличии дымки, дождя, снегопада, тумана. Эти способности ИК-излучения широко используются для решения ряда практических задач и, в частности, для создания пиротехнических инфракрасных излучателей (ПИКИ). Последние находят широкое применение в трассирующих средствах, предназначенных для слежения за полетом быстролетающих объектов (пуль, снарядов, мишеней, ракет, спутников)

и управления их полетом. ПИКИ также широко используются в качестве ложных тепловых целей (ЛТЦ) и оптических ловушек, которые выстреливаются с самолетов, боевых головок ракет, кораблей и других теплоизлучающих объектов для отвлечения от них ракет, имеющих инфракрасные головки самонаведения. В ПИКИ излучателями являются продукты сгорания пиротехнических составов или специальные материалы, нагреваемые продуктами их сгорания. Типичная конструкция ПИКИ для систем слежения за целью представляет собой цилиндрическую металлическую оболочку, в которую запрессован в несколько приемов пиротехнический состав. ИК-излучатель воспламеняется либо с помощью электрозапалов (рис. 1), либо от пороховых газов двигателя через радиальное отверстие в корпусе излучателя.

ИК-излучатель для систем слежения за целью, воспламеняемый электрозапалом

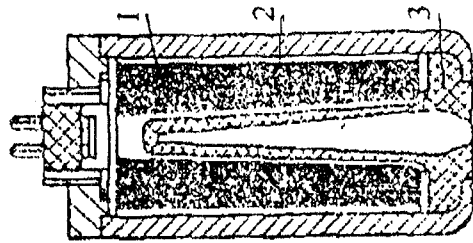


1 - хвостовик; 2 - оболочка; 3 - пиротехнический состав; 4 - переходный состав; 5 - крышка; 6 - электрозапал; 7 - заполнитель из пенопласта; 8 - воспламенятельный состав

Рис. 1

За рубежом получили широкое распространение ПИКИ, моделирующие абсолютно черное тело (рис. 2). В них для нагревания графитовых стенок конической полости используют малогазовый пиротехнический состав термитного типа (алюминий, окись железа, бор, хромат бария и связующее вещество).

ИК-излучатель, моделирующий абсолютно черное тело



1 – малогазовый пиротехнический термитный состав;
2 - втулка из графита, сапфира или плавленного кварца;
3 - излучающий корпус

Рис. 2

В таблице приведены характеристики некоторых американских ИК-излучателей.

Характеристики стандартных пиротехнических ИК-излучателей США

Марка излучателя	Диаметр, мм	Длина, мм	Масса состава, кг	Сила ИК-излучения, Вт/ср, в интервале длин волн 1,8-2,7 мкм	Время горения, с
W 111A (B)	25,4	225-256	0,45	150-250	40
W 112A (B)					
W 211A (B)	50,8	334-377	0,90	1000	90
W 212A (B)					
W 137	35,0	228	0,68	450	40
W 138	35,0	228	0,68	900	20
W 203A	50,8	197	0,45	1000	40
W 203B	50,8	222	0,50	1000	60
W 203C	50,8	420	1,13	1000	40

Для защиты самолетов и вертолетов от поражения управляемыми реактивными снарядами и ракетами широко используют ЛПЦ типа МК английского производства. ЛПЦ состоит из гильзы с электрическим капсюлем-воспламенителем (ЭКВ), выстреливаемой шашки и механического предохранителя. Пиротехническая шашка имеет узкие продольные выступы. Поверхность торцевых поверхности покрыты воспламенительным составом. Шашка вставлена в тонкую алюминиевую оболочку, которая пу-

тем закатки соединена с механическим предохранительным устройством блокировки. При подаче напряжения на ЭКВ происходит его срабатывание и воспламенение вышибного порохового заряда. Под давлением газов шашка совместно с блокирующим устройством и крышкой выбрасывается из гильзы со скоростью 20-30 м/с. На срезе гильзы предохранитель под действием пружины перемещается, открывает доступ продуктам сгорания замедлителя к пороховому заряду, от которых последний воспламеняется по всей поверхности и происходит сброс оболочки непосредственно у среза гильзы. Используют также ЛТЦ без механической блокировки (горящая шашка выстреливается непосредственно из гильзы).

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Вспомогательные системы ракетно-космической техники. Пер. с англ. / Под ред. И.В.Тишунина М.: Мир, 1970; Патенты: Франции №1236416, №1274762, 1971; Великобритании №1236416, №1274762, 1972; ФРГ №170373, 1968; США №3051085, 1962, № 32561731, 1966, № 4452039, 1985.

Ф.П.Мадякин, Н.А.Тихонова

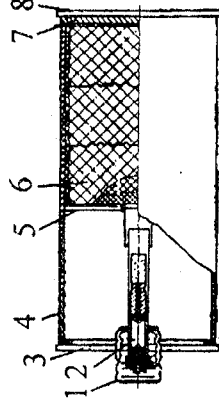
Пиррофорные металлы – металлы, способные в мелко-раздробленном состоянии к самовоспламенению при контакте с воздухом. Пиррофорными свойствами обладают порошки цирко-

ния, титана, железа и др. Применяются как специальные элементы артиллерийских снарядов.

А.С.Михайлов

Плавающая сигнальная пиротехническая шашка – сигнальное пиротехническое средство для подачи сигналов в дневное время. Представляет собой корпус с пиротехнической шашкой из дымового пиротехнического состава, поплавком и грузом для устойчивости на воде (рисунок).

Плавающая сигнальная пиротехническая шашка



1 – колпачок; 2 – воспламенительное устройство; 3 – крышка; 4 – корпус; 5 – диафрагма; 6 – дымовая шашка; 7 – груз; 8 – дно

Корпус шашки стальной цилиндрический с герметично закатанными дном и крышкой. На дне корпуса находится груз, обеспечивающий устойчивость шашки на воде. Пиротехническая дымовая шашка представляет собой бумажную оболочку с запрессованными в нее дымовым и воспламенительным составами. На шашку устанавливается диафрагма со штуцером. В крышку ввернуто воспламенительное устройство ударного типа с кол-

пачком. Свободный объем внутри корпуса обеспечивает плавающую шашку на воде. Шашка приводится в действие следующим образом. С воспламенительного устройства снимают предохранительный колпачок, выдергивают за кольцо чеку из отверстия бойка. Освободившийся боек под действием силы сжатой пружины накапывает капсюль-воспламенитель. Шашку бросают в воду. Луч огня от капсюля-воспламенителя воспламеняет замедлитель, который через 4-5 с поджигает воспламенительный состав. Продукты сгорания последнего направляются по трубке на состав дымового блока и одновременно разрушают фольгу в газовых отверстиях цокольной гильзы. При горении состава дымового блока образуется дым, который через отверстия выходит в атмосферу, создавая цветную полосу аэрозоля.

Ф.П.Мадякин

Плазмообразующие составы - высокотемпературные пиротехнические составы, содержащие соли рубидия и цезия, могут быть использованы для получения плазмы. В частности, для этих целей может быть использована смесь $\text{CsClO}_4\text{-Al}$.

Лит.: Baldwin K. Balwanz M. Plasma Diagnostics in supersonic Flow containing Cesium and Potassium. Transaction on Nuclear Science, 1964. №. 2. **Ф.П.Мадякин**

Подготовка компонентов пиротехнических составов

является одной из фаз пиротехнического производства и включает ряд операций: раскупорку тары, отбор пробы на анализ, дробление, сушку, измельчение, классификацию, усреднение. Вид операций и их последовательность определяются природой и физико-химическими свойствами компонентов. Целью подготовки является придание компонентам необходимых технологических и специальных характеристик перед последующим приготовлением пиротехнического состава.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. **А.М.Коробков, А.М.Новицов**

Подготовка металлических горючих включает операции раскупорки тары, отбора проб на анализ, контрольного просева, усреднения. В некоторых случаях вводится операция сушки (для порошков металлических горючих, поступающих с завода-изготовителя в увлажненном состоянии). Анализ металлических горючих проводится на соответствие содержания в нем активного металла, сульфат- и хлор-иона, наличие тяжелых металлов. Контрольный просев осуществляется с целью отсева крупных включений и случайных предметов. В некоторых случаях прово-

дится классификация порошкообразного металлического горючего по гранулометрическому составу.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *А.М.Новцов, А.М.Коробков*

Полимеры в пиротехнике применяются в качестве компонентов (окислителей, горючих, добавок) пиротехнических составов и топлив, для изготовления корпусов, оболочек, крышек, прокладок и других деталей пиротехнических средств, а также для изготовления оснастки. Феноло-формальдегидные смолы (СФ-0112А, СФ-340, СФ-342) применяются практически во всех типах пиротехнических составов в качестве горючего и добавки, обеспечивающей грануляцию составов через сетку. Поливинилхлорид используется в составах цветных огней (сигнальных, трассирующих, фейерверочных) в качестве горючего и хлорсодержащей добавки, способствующей образованию монохлоридов Sr, Ba, Cu. Фторполимеры (фторлоны и фторкаучуки) используются в топливах, воспламенятельных составах и составах ИК-излучения. Разработаны пиротехнические составы цветных огней и дымовые на основе эластомеров (СКН-40, СКН-26, СКД и др.), латексов, систем порошкообразный ВМС-пластификатор (ВМС - полистирол, хлорнаирит, пластик СНК-МБ, сополимер

ВА-15, Ф-32Л; пластификаторы - ДБФ, ДБС, ТБФ, ТКФ, ТГМ-3, МГФ-9 или их смеси), нитратов целлюлозы (пирооксилина и коллоксилина), измельченных утилизируемых порохов. Составы цветных огней на основе нитратов целлюлозы получают и перерабатываются по технологии пирооксилиновых и баллиститных порохов, отличаются хорошей воспламеняемостью, малой дымностью, красочностью получаемого эффекта. Жидкие олигомеры (смолы и каучуки) широко используются в качестве технологических добавок, связующих и горючих пиротехнических составов, а также основы герметиков и бронирующих покрытий.

Ф.П.Мадьякин

Прессование пиротехнических составов - способ формирования пиротехнических изделий, осуществляемый путем уплотнения состава с использованием пресс-инструмента при определенных механических усилиях (давлении прессования). Необходимое давление прессования создается при помощи гидравлического или механического пресса. Различают следующие виды прессования - глухое (одно- или двухстороннее), гидростатическое, проходное. Разновидностью глухого прессования является порционное и послонное. Способ прессования пиротехнических составов выбирается с учетом геометрических размеров пиротехнического изделия, технологических и реологических

свойств состава, а также его чувствительности к тепловым и механическим воздействиям.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *А.М.Коробков, А.М.Новцов*

Приготовление пиротехнических составов является одной из фаз пиротехнического производства. Включает операции дозирования компонентов, их смешения, проявливания, гранулирования, контроля качества приготовления состава. В зависимости от назначения состава, природы входящих в него компонентов, технологических свойств состава некоторые операции могут отсутствовать (например, проявливание или гранулирование). Приготовление составов осуществляют в отдельных помещениях, оборудованных специальными двориками и вышибными окнами для уменьшения степени разрушения при вспышке состава, в виде последовательных операций на отдельных аппаратах, агрегатах или линиях.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *А.М.Коробков, А.М.Новцов*

Проявливание пиротехнических составов - одна из операций в технологическом процессе приготовления лаковых составов. Целью проявливания является удаление избыточного количества легколетучего растворителя из состава перед грану-

лированием. Осуществляется путем выдержки состава при комнатной или несколько повышенной температуре. Может производиться в смесителе по истечении основного времени смешения состава при подаче воздуха и вращающихся лопастях мешалки.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *А.М.Коробков, А.М.Новцов*

Продукты сгорания металлов. Многие порошкообразные металлические горючие окисляются, воспламеняются и сгорают не только в среде кислорода, но и галогенов, азота, оксидов углерода, паров воды, HCl , HF , а также при горении смесей металлов с серой, техническим углеродом, веществами, содержащими кислород, хлор, фтор, азот, углерод, серу и фосфор. Поэтому при сгорании металлов могут образовываться оксиды, гидраты оксидов, хлориды, фториды, карбиды, нитриды, сульфиды и фосфиды. Независимо от природы горючего количество выделяемого тепла при его окислении фтором значительно больше, чем при окислении кислородом и хлором. По расходу окислителя на окисление 1 кг горючего они располагаются в следующем ряду: $\text{хлор} > \text{фтор} > \text{кислород}$. Поэтому теплотворная способность горючих, отнесенная к единице массы окислителя, более значительна при использовании в качестве окислителя кислорода и минимальна при использовании хлора. Природа окис-

нии смесей, содержащих, %: 1) KNO_3 80, титан 10, тиоксид 10 основными продуктами сгорания являются ($T_{\text{гор}} \sim 2000 \text{ K}$): O_2 , TiO_2 , N_2 , CO_2 , KOH и K_2SO_4 ; 2) KNO_3 50, Ti 40, тиоксид 10 ($T_{\text{гор}} \sim 2941 \text{ K}$) - K, Ti_2O_3^* , Ti_3O_5^* , S, N_2 , CO, TiSi_2 ; 3) KNO_3 20, Ti 70, тиоксид 10 ($T_{\text{гор}} \sim 2924 \text{ K}$) - Ti^* , K, TiO^* , TiN^* , TiC^* , TiS^* (* обозначены конденсированные продукты).

Лит.: Мадякин Ф.П., Силян Н.А. Компоненты гетерогенных горючих систем. М.: ЦНИИИТИ, 1984.

Ф.П.Мадякин

Промышленное производство пиротехнических средств представляет собой комплекс производственных цехов, мастерских, соединенных в единый технологический поток, с четко выраженной дифференциацией технологического процесса по отдельным фазам. Технологический процесс изготовления пиротехнических средств включает четыре основные фазы: подготовку компонентов, приготовление пиротехнических составов, формование пирозлементов, сборку пиротехнических средств. Каждая из этих фаз имеет собственную производственную базу, оснащенную соответствующим оборудованием, приборами и приспособлениями. Кроме работ, выполняемых на указанных фазах, на пиротехнических заводах изготавливают детали многих пиротехнических средств, тару, нестандартное оборудование, оснастку и различные приспособления. Эти работы проводятся в цехах нестандартного оборудования, инструментальных,

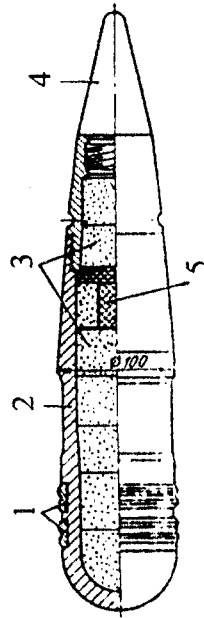
лителя оказывает существенное влияние на свойства продуктов окисления. В подавляющем большинстве случаев наиболее термически устойчивы оксиды, карбиды и нитриды, значительно менее устойчивы хлориды и фториды. Высокие температуры кипения и диссоциации оксидов Al, Mg, Ti и Zr позволяют использовать эти горючие и их сплавы для создания пиротехнических составов, при сгорании которых должны развиваться высокие температуры, а именно твердых смесевых топлив, осветительных и фотоосветительных составов и т.д. Хлориды многих металлов имеют низкие температуры плавления и кипения, что способствует их удалению с поверхности частиц и более полному сгоранию металла при относительно невысоких температурах. Металлические горючие в сочетании с хлорсодержащими горючими используются для получения маскирующих дымов (металлохлоридные дымовые составы). Образующиеся хлориды металлов поглощают из атмосферы влагу, что приводит к увеличению массы аэрозольных частиц и маскирующей способности аэрозоля. Карбиды, сульфиды, фосфиды и нитриды металлов легко взаимодействуют с O_2 , поэтому при горении пиротехнических составов они образуются только в случае его недостатка для полного окисления металлического горючего. Например, при сгора-

механических мастерских. Контрольные испытания пиротехнических средств, характеристики пиротехнических составов и пиротехнических средств производят и определяют на испытательных полигонах, в заводских лабораториях. Уничтожение отходов производства и брака осуществляют на огневых площадках.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *А.М.Новицков, А.М.Коробков*

Противоградовое средство (П.с.) — пиротехническое средство, содержащее шашку активного дыма, используемое для создания активных центров кристаллизации (АЦК) воды и предотвращения образования града. П.с. может быть снарядам («Эльбрус-2») или ракетой (ПГИ, «Облако», «Алазань», «Кристалл» и др.). Общий вид некоторых из них показан на рис. 1-3, а основные характеристики приведены в таблице.

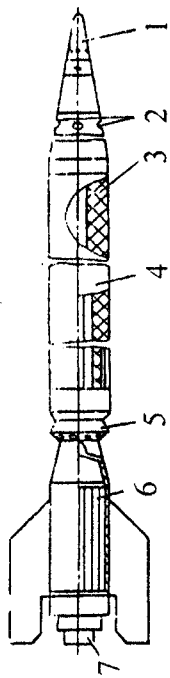
Противоградовый снаряд «Эльбрус-2»



1 — ведущие пояски; 2 — корпус; 3 — ВВ; 4 — дистанционный взрыватель; 5 — шашка из активного реагента

Рис. 1

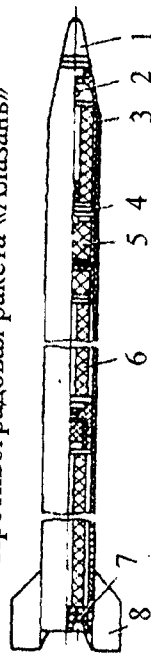
Противоградовая ракета «Облако»



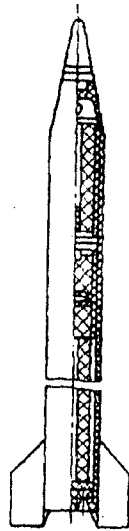
1 — головная дистанционная трубка; 2 — отверстия для выхода парогазовой смеси; 3 — шашка активного дыма; 4 — пиропороховой двигатель; 5 — сопловой блок; 6 — парашютный отсек; 7 — донная дистанционная трубка

Рис. 2

Противоградовая ракета «Алазань»



а



б

а — двухступенчатая; б — одноступенчатая;

1 — дистанционная трубка; 2 — отверстия для выхода парогазовой смеси; 3 — шашка активного дыма; 4 — дистанционный механизм ликвидатора; 5 — ликвидатор; 6 — реактивный пиропороховой двигатель; 7 — сопловой блок; 8 — оперенье стабилизатора

Рис. 3

Характеристики противопожарных средств

Изделие		Время выделе- ния АЦК, с	Масса заряда генера- тора, кг	Расход из- делий для защиты 100 тыс. га, шт	Расход AgI на 100 тыс. га, кг
название	содержа- ние AgI в составе, %				
«Эльбрус-2»	1,0	мгновенно	1,70	986	16,0
	0,5	мгновенно	-	-	8,0
«Облако»	2,0	35	3,70	493	36,5
«Алазань-2М»	2,0	35	0,87	493	7,5
«Алазань-3М»	0,4	35	0,87	493	1,3
«Небо»	2,0	-	0,60	197	5,1
«Кристалл»	2,0	20	0,40	197	1,6

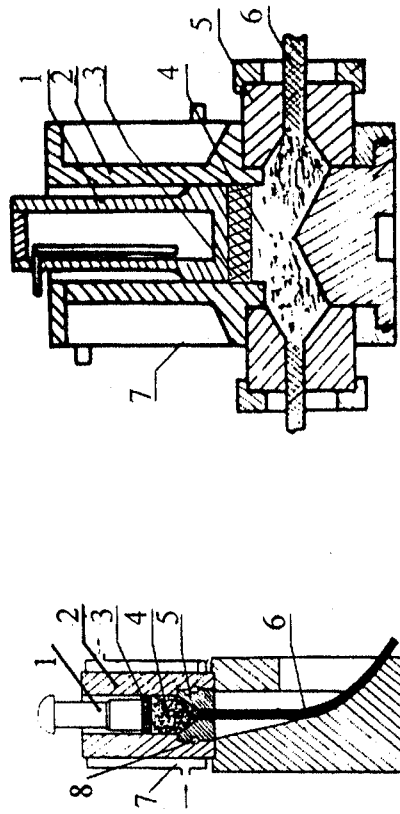
Ф.П.Мадякин

Прокладное прессование. В последние годы разработан новый тип пиротехнических составов различного назначения на основе эластомеров, латексов, систем порошкообразный ВМС-пластификатор (пластизольная система), нитратов целлюлозы, которые являются технологической основой составов и позволяют перерабатывать их методом вальцевания и прокладного прессования в длинномерные изделия различного сечения. Такие составы должны содержать, %: эластомер 10-12, пластизольную основу 10-23, нитраты целлюлозы 50-90; остальными компонентами являются порошкообразные окислители, металлические горючие и

добавки. Переработка их методом прокладного прессования осуществляется на вертикальных гидравлических прессах с использованием пресс-инструментов (рис. 1), горизонтальных (пульсирующих) прессах (рис. 2) или шнек-прессах (рис. 3) с последующим нарезанием шнура на пирозлементы требуемой длины. Качество образующегося шнура и давление прессования зависят от природы состава, содержания в нем технологической основы, геометрических размеров пресс-инструмента (диаметра матрицы D, диаметра d и длины ℓ фильеры, угла входа в фильеру α), скорости нагружения, температуры смеси и пресс-инструмента. Уменьшение содержания технологической основы в составе приводит к резкому повышению давления прессования, а увеличение – к росту шнура после выхода из фильеры и снижению его плотности. Введение пластификатора в составы на основе эластомеров или увеличение его в пластизольной основе приводит к резкому уменьшению давления прессования и повышению эластичности шнура. Давление прессования возрастает с увеличением отношения D/d и ℓ/d . Увеличение D/d приводит к росту плотности шнура, а ℓ/d – к уменьшению роста диаметра шнура после выхода из фильеры. Для большинства составов наиболее оптимальным является отношение D/d 2-3, ℓ/d 3, α 90°. Повышение температуры переработки до определенного предела приводит к уменьшению давления прессования и улучшению качества обра-

зующего шнура. Для большинства составов температура переработки должна быть 80-90°C, а для составов на основе хлорнитрит-пластификатор - 20-30°C. Переработка составов на основе фторкаучуков может осуществляться при температуре выше 100°C.

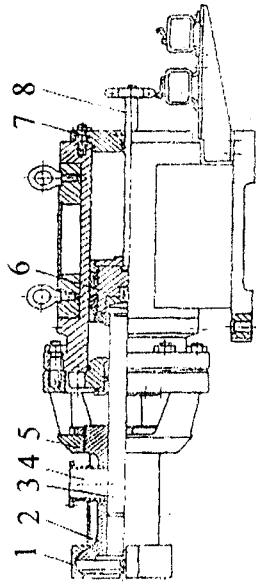
Схемы пресс-инструментов
для проходного прессования



1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – обтюратор; 4 – состав;
5 – фильера; 6 – шнур из состава; 7 – рубашка; 8 – фиксатор

Рис.1

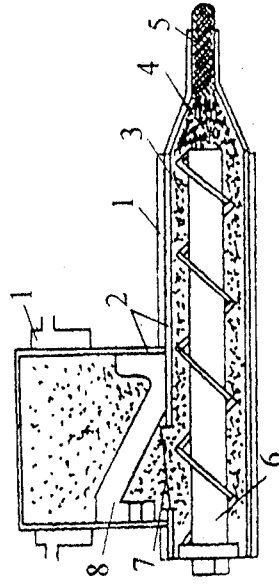
Схема пульсирующего пресса



1 – хомут; 2 – цилиндр с рубашкой; 3 – пуансон; 4 – загрузочный люк; 5 – муфта; 6 – поршень цилиндра пресса; 7 – крышка; 8 – шток

Рис.2

Схема шнек-пресса со смесителем



1 – рубашка; 2 – корпус смесителя и шнека; 3 – состав;
4 – фильера; 5 – образующийся шнур; 6 – шнек; 7 – клапан;
8 – лопасти смесителя

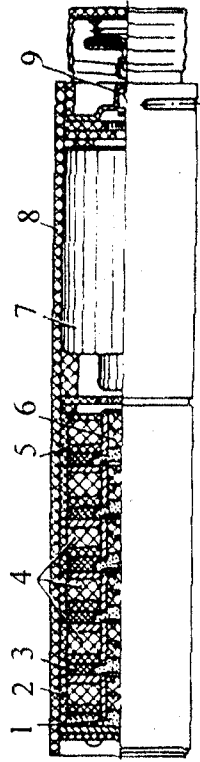
Рис.3

Пульсирующее горение (П.г.). Сгорание порохов, смесевых топлив и пиротехнических составов происходит в виде отдельных очагов, которые возникают и исчезают на поверхности горения. При небольшом размере очагов и значительном их количестве на поверхности горения продукты сгорания образуют факел (пламя) с сохраняющимися во времени усредненными параметрами (температура, состав продуктов сгорания, излучение) и горение воспринимается как равномерное. По мере увеличения поверхности очага и уменьшения одновременного их количества на поверхности горения температура, размеры пламени и интенсивность излучения начинают изменяться во времени весьма существенно. При размере очага (поверхности состава, способной сгореть во время очередного ускорения) равном или большем поверхности горения пламя над поверхностью горения периодически исчезает полностью. Сгорание составов с периодическим регулярным исчезновением пламени называется пульсирующим и наблюдается при горении смесей кислородсодержащей окислитель-металлическое горючее, фторполимер-металлическое горючее, кислородсодержащий окислитель-органическое горючее и других при разрежении, атмосферном и повышенном давлении, отрицательных и положительных температурах, в оболочке и без нее, обдуве и вращении. При П.г. многих гетерогенных систем температура над поверхностью горения периодически оказывает-

ся ниже температуры поверхности образца и, следовательно, следующее воспламенение порции смеси может произойти только за счет процессов в К-фазе. Сила света во время вспышки в несколько раз выше, чем при сгорании смеси в равномерном режиме, а средняя скорость горения меньше. Эта особенность используется для практических целей. Периодическое излучение лучше воспринимается глазом, что важно при разработке сигнальных и трассирующих составов и средств. Поэтому разработанные составы «мерцающих огней» с 1967 г. широко используются во всех изделиях типа «Салют» и обеспечивают красочность эффекта. Факторы, способствующие сгоранию смесей в пульсирующем режиме, определяющие параметры пульсирующего горения и переход на равномерный режим горения смесей окислитель-металлическое горючее описаны в литературе.

Лит.: Мадякин Ф.П. Закономерности пульсирующего горения гетерогенных систем. Материалы XXI Международного пиротехнического семинара. М.: ИХФ АН РФ, 1995. С. 557-576.
Ф.П.Мадякин

Ракета сигнала бедствия (Р.с.б.) - пиротехническое средство, снаряженное пирозлеменами из состава цветного огня и предназначенное для подачи сигнала бедствия с судна или шлюпки. Один из типов морских Р.с.б. показан на рис. 1.



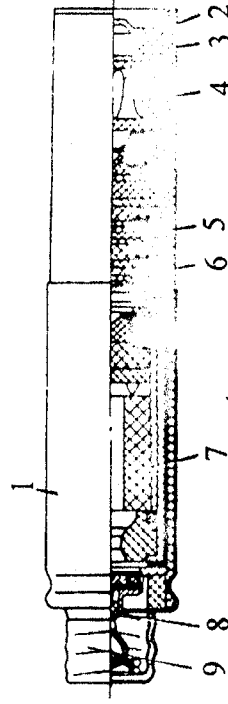
- 1 - вышибной заряд; 2 - металлическая оболочка; 3 - обтю-
ратор; 4 - сигнальные звездки; 5 - сигнальный блок; 6 - за-
медлитель; 7 - ракетный двигатель; 8 - пусковая гильза;
9 - терочный воспламенительный узел

Рис. 1

Р.с.б. состоит из вмонтированного в общую пусковую гильзу ре-
активного двигателя с терочным воспламенительным узлом и
сигнального блока. Для повышения эффективности и надежно-
сти действия сигнальный блок выполнен из последовательно по-
мещенных в металлическую оболочку сигнальных звездок с цен-
тральным каналом, в каждый из которых вставлен запресован-
ный в колпачок замедлитель, а между звездками помещены по-
роховой вышибной заряд и обтюрирующая прокладка. Сигналь-
ные звездки изготовлены из состава красного огня, содержаще-
го, %: $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 43, МПФ-3 40, ПВХ-С 10, смолу феноло-
формальдегидную (в виде 40%-ного спиртоацетонового раство-

ра) 7. Р.с.б. марки РБ-40с обеспечивает подъем пирозлементов на
высоту 350 м, время сгорания которых 18 с, сила света 50 ккд.
Выпускается несколько разновидностей парашютных сигналь-
ных ракет бедствия. Один из типов таких ракет показан на рис. 2.

Парашютная сигнальная ракета



- 1 - пусковая трубка; 2 - крышка с отличительным знаком;
3 - пьж; 4 - парашют; 5 - сигнальная звездка; 6 - оболочка
алюминиевая; 7 - ракетный двигатель; 8 - терочный воспла-
менительный узел; 9 - колпачок

Рис. 2

Парашютная сигнальная ракета состоит из вмонтированного в
алюминиевую оболочку ракетного двигателя, сигнальной звезд-
ки, парашюта и пусковой трубки с терочным воспламенитель-
ным механизмом. Для повышения эффективности действия и по-
лучения прерывистого свечения сигнальная звездка выполнена
многослойной из чередующихся слоев сигнального и замедли-
тельного составов, между которыми имеется термостойкая (на-
пример, асбестовая) прокладка с отверстием, а наружная поверх-

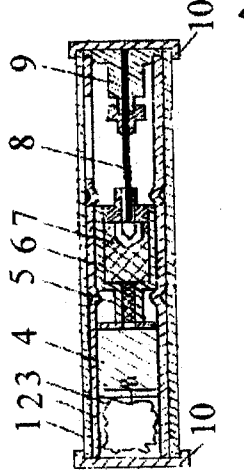
Реактивный сигнальный патрон (Р.с.п.) - сигнальное

пиротехническое средство с пиротехническим элементом из состава сигнального огня или дымового пиротехнического состава. Разработана серия Р.с.п. цветного огня, воспламенившиеся пирозлементы из которых выбрасываются на вершине траектории. Р.с.п. имеют калибр 30, 40 и 50 мм. Р.с.п. калибра 30 мм выпускаются одно-, двух- и трехзвездными красного, зеленого и желтого огня, а также красного и синего дыма. В многозвездных Р.с.п. шашки используются с центральным каналом и выбрасываются из ракеты с помощью двух вышибных зарядов дымного ружейного пороха массой 0,5 г, расположенных у верхнего и нижнего торцов столбика из набранных шашек. 40-мм патроны выпускаются красного, зеленого, белого и желтого огня и предназначены для аэродромных служб ВВС. Они могут быть двухзвездные или парашютные однозвездные. В парашютных сигнальных патронах горящий факел выбрасывается вместе с парашютом, который раскрывается под действием набегающего потока воздуха.

Основные характеристики Р.с.п. приведены в таблице.

ность звездки покрыта слоем жидкого стекла. Сигнальный состав красного огня содержит, %: $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 54, МПФ-3 32, ПВХ 6, СФ-0112А 8. Несколько иная конструкция у парашютной ракеты марки ПРБ-40. Ее характеристики: высота подъема 300 м, время действия 40 с, сила света 30 кд. Ракета сигнала бедствия судовой марки РБ-50с подает мерцающий сигнал красного огня (шесть циклов), обеспечивает высоту подъема 400 м, время свечения сигнала 45 с, силу света 60 кд. Сигнальная ракета с двигателем на твердом топливе представлена на рис. 3.

Сигнальная ракета с двигателем на твердом топливе



1 - пусковая трубка; 2 - корпус; 3 - парашют; 4 - состав цветного огня; 5 - замедлитель; 6 - корпус двигателя; 7 - топливо; 8 - стопин; 9 - узел воспламенения; 10 - крышка

Рис. 3

Ф.П.Мадякин

Изделие	Характер светового сигнала	Высота подъема сигнала, м	Время свечения сигнала, с	Сила света сигнала, кд
30-мм однозвездный РСП-30-1	Непрерывный одно-го огня: красное, зеленое	150	9	10000 9500
30-мм многозвездный РСП-30-М	Два или три разного огня одновременно: красное, зеленое, желтого	150	6	12000 9500 8500
40-мм двухзвездный Р.с.п. огня: красное РДСП-40к, зеленого РДСП-40з, белого РДСП-40б, желтого РДСП-40ж	Два одного огня: красное, зеленое, белое, желтого	400	12	5700 12000 4800 2600
40-мм парашютный Р.с.п. огня: красное РПСП-40к, зеленого РПСП-40з, белого РПСП-40б, желтого РПСП-40ж	Непрерывный одно-го огня: красное, зеленое, желтого	400	40	5600 1100 2500

Ф.П.Мадьякин

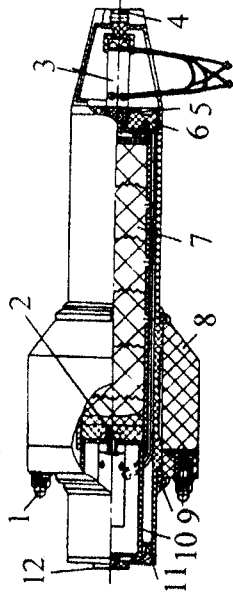
Сборка пиротехнических средств - одна из фаз производственного процесса, заключающаяся в соединении готовых корпусов, деталей, гильз, пирозементов, зарядов, устройств в определенной последовательности, в результате чего получают готовые пиротехнические средства, полностью отвечающие установленным техническим требованиям. Сборка пиротехнических средств может составлять до 60% от общих затрат на изготовление изделий. Она осуществляется в следующей последовательности: подготовка корпусных изделий и деталей; собственная сборка; окраска, лакировка и маркировка собранных изделий; укупорка; формирование партий; испытание средств и сдача их заказчику. Сборка пиротехнических средств массового производства (сигнальные, осветительные, охотничьи патроны; дымовые шашки; осветительные мины; противораковые ракеты и т.д.) производится на автоматизированных и механизированных поточных линиях, оснащенных необходимым технологическим оборудованием и приспособлениями.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *А.М.Новицов, А.М.Коробков*

Светодымящий буй (С.б.) - сигнальное пиротехническое средство для указания местонахождения объекта на воде (рисунк). С.б. представляет собой корпус с шашкой из дымового пи-

ротехнического состава, светильником и поплавком. С.б. предназначен для использования в дневных и ночных условиях.

Светодымящий буй



- 1 – светильник; 2 – электровоспламенитель; 3 – вилка водонепроницаемой батареи; 4 – отсек; 5 – контактная колодка; 6 – груз; 7 – дымовой элемент; 8 – поплавок; 9 – гайка; 10 – корпус; 11 – крышка; 12 – колпачок

С.б. устанавливается на судне в специальное крепление. Перед установкой отворачивается отсек, батареи соединяются вилкой с контактами светильников, на батарею устанавливается подставка и наворачивается отсек. Закрепленный и подготовленный буй приводится в действие автоматически при сбрасывании круга на воду. При опускании буя на воду открываются пробки батареи, в нее попадает вода, батареи начинают питать лампы светильников и электрозапалы воспламенительного узла. После срабатывания электрозапалов загорается воспламенительный со-

став, форс огня которого зажигает дымовой состав. Давлением газов разрушается диафрагма в крышке и сбрасывается колпачок. Продукты сгорания выходят в атмосферу, образуя дым оранжевого цвета. Время действия светового сигнала не менее 45 мин, а дымового - не менее 15 мин.

Ф.П.Мадякин

Светодымовые составы (С.с.). В производстве высотных фейерверочных средств применяются пиротехнические составы, при сгорании которых образуются цветные пламя, форс искр, звук и т.д. С целью увеличения разнообразия эффектов и красочности фейерверков разработан С.с., содержащий, %: NaNO_3 20, МПФ-2 80, СКФ-32 2 св. 100% (в виде лакового раствора в ацетоне). При сгорании пирозлементов из данного состава в воздухе образуется яркое пламя и шлейф дыма. Замена МПФ-2 на ПАМ-2 и введение в состав 10% ферросилиция за счет уменьшения содержания ПАМ-2 позволило разработать состав, при сгорании которого образуется яркое пламя, шлейф дыма и яркие крупные искры, светящиеся порядка 3 с.

Ф.П.Мадякин

Свистящие составы (С.с.) - пиротехнические составы, сгорающие с большой скоростью и газообразованием и образующие в трубках звуковые колебания определенной частоты. Частота звуковых колебаний тем выше, чем больше скорость горения и газообразования и тем меньше, чем длиннее трубка. Та-

кой эффект получается при горении составов хлорат калия (бария)-галловая кислота (75:25). Кроме галловой кислоты в С.с. используются резорцин, флороглюцин, пикриновая кислота, пикрат калия. Следует иметь в виду, что С.с. (особенно на основе пикриновой кислоты и пикрата калия) обладают высокой чувствительностью к механическим воздействиям и могут взрываться.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973.

Ф.П.Мадякин

Сера (С.) при обычной температуре представляет собой твердое вещество желтого цвета. В воде не растворяется, растворяется в сероуглероде, бензоле, эфире, анилине, феноле и спирте. В соединениях С. проявляет валентность от -2 до $+6$. Она химически активна и непосредственно соединяется почти со всеми элементами за исключением азота, йода, золота, платины и инертных газов. Получают С. из самородных руд окислением H_2S и восстановлением SO_2 . С., выплавленная непосредственно из серных руд, называется природной комовой; полученная из сероводорода и сернистого ангидрида - газовой комовой; природная комовая С., очищенная перегонкой, - рафинированной; сконденсированная из паров при температуре выше плавления и затем разлитая в формы - черенковой. Особо высокодисперсная

С. носит название коллоидной. С. является доступным, дешевым, безопасным, стабильным при хранении, легко воспламеняемым продуктом. Вследствие этого она применяется в пиротехнике очень давно. С. - один из основных компонентов дымного (черного) пороха; применяется при производстве спичек, железно-рожных петард, термитно-зажигательных и инсектицидных составов («серных пашек»). В составах С. может выполнять роль горючего (в смеси с окислителем) и окислителя (в смеси с горючим). В первом случае образуется двуокись и трехокись С., в последнем - сульфид. В промышленности следует применять очищенную порошкообразную С., получаемую дроблением кристаллических частиц ромбической формы, образующихся из расплавленной С. с использованием в качестве нейтрализаторов окиси цинка или карбоната калия. Несмотря на относительно низкую температуру воспламенения ($232-300^{\circ}C$), С. является безопасной в обращении. Введение нескольких процентов ее облегчает воспламенение многих составов. При построении рецептов составов с С. следует избегать применения хлората, бромата и перманганата калия, поскольку такие смеси чувствительны к удару, трению и при определенных условиях могут самовоспламеняться.

Ф.П.Мадякин

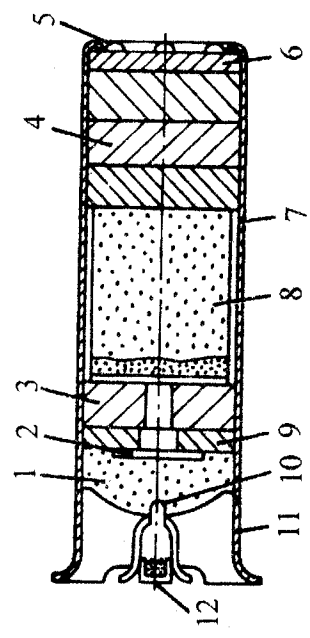
Сигнальное средство (С.с.) - пиротехническое средство для подачи сигнала. В зависимости от условий применения различают дневные, ночные и универсальные (комбинированные). К дневным относятся изделия, создающие цветные дымы, видимые и различимые с заданного расстояния; при горении ночных образуются цветные пламена (огни). К универсальным С.с. относятся изделия, создающие несколько различных по эффекту сигналов, воспринимаемых наблюдателями одновременно или последовательно (например, световой и звуковой, дымовой и огневой и т.д.). Такие средства могут применяться в любое время суток. Огневая пиротехническая сигнализация эффективнее других С.с. благодаря простоте использования и различимости на значительных расстояниях. В зависимости от подаваемого сигнала огневые С.с. подразделяются на одно- и многозвездные, одно- и многоцветные, непрерывного и прерывистого (пульсирующего) свечения. По способу снижения сигнала они классифицируются на парашютные и беспарашютные. Огневые С.с. должны обеспечивать видимость и различимость сигнала с определенного расстояния в течение заданного времени. Наибольшее распространение получила трехцветная система сигнализации с применением

ем красного, зеленого и желтого огней; в ряде случаев в систему вводят синий и белый цвета. Однако отличие последних от желтого на больших расстояниях недостаточно. Огневые С.с. подразделяются на средства ближнего действия, авиационные и морские. К средствам ближнего действия относятся 26-мм патроны, выстреливаемые из ракетницы, реактивные сигнальные патроны, сигнальные мины. В авиации используются 39-мм сигнальные патроны, наземные сигнальные факелы, ориентирно-сигнальные авиабомбы и др. К морским средствам относятся сигнальные патроны, морские факелы и ракеты.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение. 1973. **Ф.П.Мадякин**

Сигнальный патрон (С.п.) - пиротехнический патрон с элементом из пиротехнического состава сигнального огня или дымового. Промышленность выпускает 26-мм С.п. ночного действия, который является огневым сигнальным средством ближнего действия. Он выстреливается из пистолета-ракетницы и бывает одно-, двух-, трехзвездным. Однозвездные С.п. (рисунок) снаряжаются пирозлеменами из составов красного, зеленого или желтого огня.

26-мм сигнальный патрон



1 - вышибной заряд дымного пороха; 2 - марлевый кружок; 3 - войлочная прокладка; 4 - пыж; 5 - опознавательные знаки; 6 - металлический кружок; 7 - бумажная гильза; 8 - пирозлемент; 9 - картонный пыж; 10 - наковаленка; 11 - металлическая головка; 12 - капсюль-воспламенитель

В двухзвездных С.п. вместо одной цилиндрической пашки вставлены две в виде полуцилиндров или колец, а в трехзвездных - только кольцо. Для распознавания сигнала на их металлических крышках проштампованы опознавательные знаки, а сами крышки окрашены в соответствующий сигнал цвет. Выпускаются также 15-мм С.п., выстреливаемые с руки.

Ф.П.Мадякин

Смесители пиротехнических составов - аппараты для приготовления пиротехнических составов. В зависимости от чувствительности пиротехнических составов к механическим и тепловым воздействиям, их реологических свойств в пиротехни-

ческом производстве используются барабанные (для сыпучих и литьевых составов) и лопастные смесители планетарного типа (для лаковых составов). К смесителям такого типа относятся 6-ЛСМ, СВ-35, 54-С и др. На основе подобных смесителей разработаны агрегаты (АПС-3, АПС-4, АПС-5, АПС-11) и линии (ЛПС-2, ЛПС-3) приготовления пиротехнических составов.

А.М.Коробков, А.М.Новицков

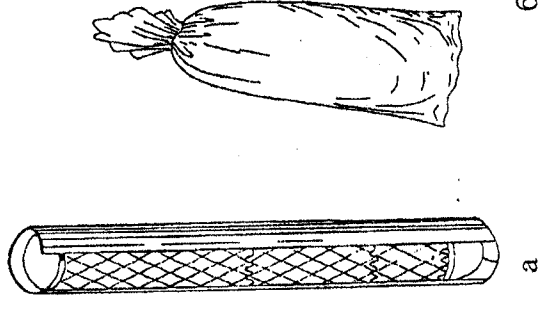
Составы для заполнения мешков безопасности должны иметь небольшое время задержки воспламенения, низкую температуру сгорания и образовывать инертные газы. Поэтому подобные составы разрабатываются обычно на основе азидов Na, K или Ba и образуют при сгорании инертный азот. В качестве примера приведем пиросостав, содержащий, %: BaN_6 80, Pb_3O_4 19, В 1, каучук 2 св. 100% (в виде лакового раствора в толуоле).

Ф.П.Мадякин

Составы и средства для защиты растений от заморозков. Заморозки наносят огромный ущерб сельскохозяйственным культурам. Как правило, резкое понижение температуры длится несколько часов. Поэтому искусственное повышение температуры может значительно сократить повреждение ценных теплолюбивых культур. Одним из эффективных способов борьбы с заморозками является создание дымовых завес, образующихся при сгорании пиротехнических составов. Повышение температуры в приземном слое атмосферы достигается за счет тепла, выделяющегося при горении состава и конденсации продуктов сгорания,

а также снижения излучения земной поверхностью. Для этих целей используются составы двух типов - в одних дымообразующее вещество содержится в готовом виде, в других оно получается в результате горения. Составы первого типа содержат окислитель, как правило, хлорат калия, горючее и дымообразователь (хлористый аммоний, нафталин, антрацен и др., где нафталин и антрацен дополнительно выполняют роль горючего). Типичные дымовые составы данного типа содержат, %: хлорат калия 20-30; хлористый аммоний 50; нафталин или антрацен 20; уголь древесный 0-10. Такие составы помещают в оболочку, снабженную выходными отверстиями. Для снижения вероятности сгорания пламенем в них добавляют 10-15% пламегасителя ($MgCO_3$, $NaHCO_3$ и др.). Типичными представителями составов второго типа являются так называемые металлохлоридные смеси, при сгорании которых образуются дымообразующие вещества - хлориды металлов. В качестве окислителя в таких составах используются гексахлорэтан или гексахлорбензол, а горючего - цинк. В них иногда добавляют оксид цинка, NH_4Cl и др. При сгорании таких составов образуются хлорид цинка и сажа или оксид углерода. С 1960 г. для борьбы с заморозками применяются составы, содержащие, %: гексахлорэтан 74, Al порошок 4, феррофосфор 22. Данным составом снаряжаются дымовые средства - шашка и пакет, получившие название «Урожай», общий вид которых приведен на рисунке.

Изделия «Урожай»



а - шашка; б - пакет (мешок)

Масса шашки и пакета составляет 5 и 2,5 кг, время дымообразования - 20-30 и 6-10 мин, расход состава на 1 га защищаемой площади - 20-25 и 30-40 кг соответственно. Весьма эффективны аэрозоли, получаемые при сгорании фосфора и смеси, содержащей, %: фосфор 10, хлористый аммоний 60 и нитрат калия 30. Расход последнего состава и изделий «Урожай» на порядок меньше, чем составов термовозгонного типа. Однако металлохлоридные и фосфорные составы обладают фитотоксичными (ожигающими) свойствами по отношению к некоторым видам растений, что накладывает ограничения на их практическое применение. В последнее время для борьбы с заморозками разработаны

аэрозолеобразующие составы на основе утилизируемых порохов, древесной муки и опилок. Содержание пороха в таких составах должно быть 40-50%. Для обогрева теплиц предложен состав, содержащий, %: нитрат калия 3-10, натриевую соль карбоксиметицеллюлозы (NaKМЦ) или лигносульфонат 3-10; уголь древесный - остальное. С целью устранения искр, дыма и неприятного запаха в него добавляют 1-3% глицирина и 2-5% перхлората калия.

Краснозаводский химзавод на основе смеси, содержащей, %: уголь древесный 88; нитрат калия 7 и NaKМЦ (тех.) 5 выпускает термодегенерирующие брикеты массой 0,28 кг, диаметром 100 мм и высотой 70 мм. В процессе приготовления состава вначале перемешивают уголь с NaKМЦ, а затем - с KNO_3 . После смешения массу гранулируют (диаметр гранул 5-7 мм), провяливают до влажности 12-20% (исходная влажность 45-50%), прессуют методом глухого прессования при давлении 25 ± 5 МПа и сушат. Таблетки воспламеняют от бикфордова шнура или запал-спички. Время работы 5-6 ч. Таблетки устойчиво сгорают при температуре $-20 \div +60^\circ C$, выделяя 25100 кДж/кг тепла и развивая на поверхности горения температуру порядка $600^\circ C$.

Ф.П.Мадьякин

Состав сигнального огня (С.с.о.) – пиротехнический состав, горение которого сопровождается интенсивным излучением

в определенной части видимой области спектра. Применяется для снаряжения сигнальных, трассирующих и фейерверочных средств. Основными требованиями, предъявляемыми к сигнальным средствам, являются видимость и различимость сигнала с заданного расстояния в течение определенного времени. Для их обеспечения С.с.о. должен образовывать пламя требуемого цвета с чистотой цвета (Р) не менее 70-75% (Р определяется как отношение монохроматического излучения к общему, %), удельной светосуммой $I \cdot \tau / m$, кд·с/г (I – сила света, кд; τ – время горения, с; m – масса образца, г) и силой света с единицы поверхности I/S , кд/см² (S – поверхность горения пирозлемент, см²) не менее нескольких тысяч. Скорость горения сигнальных составов в зависимости от конкретного назначения колеблется от 0,6 до 4,0 мм/с. Наиболее распространена трехцветная сигнализация с использованием составов красного, желтого и зеленого огней. В зарубежных С.с.о. в качестве окислителя применяются $KClO_4$ и NH_4ClO_4 , дополнительного окислителя и цветопламенной добавки - $Sr(NO_3)_2$, $Ba(NO_3)_2$, $NaNO_3$, $Na_2C_2O_4$, металлического горючего – Mg. В отечественных С.с.о. перхлораты не вводятся. Рецептуры и основные свойства некоторых С.с.о. приведены в таблице.

Цвет огня	Рецептура составов		И, мм/с	Гτ/т, кДс/г	Р, %	λ, нм
	наименование компонентов	содержа- ние, %				
Крас- ный	Sr(NO ₃) ₂	59	1,1	1800	96	620
	МПФ-2	15				
	ПВХ-С	20				
	Канифоль	4,5				
	Масло индустри- альное	1,5				
То же	Sr(NO ₃) ₂	66	1,4	1450	86	625
	МПФ-2	14				
	C ₆ Cl ₆	14				
	СФ-0112А	6				
Зеле- ный	Ba(NO ₃) ₂	66	1,9	2300	75	550
	МПФ-3	14				
	C ₆ Cl ₆	14				
	СФ-0112А	6				
То же	Ba(NO ₃) ₂	65	0,9	860	70	550
	МПФ-2	12				
	ПВХ-С	17				
	Канифоль	4,5				
	Масло индустри- альное	1,5				

* λ - доминирующая длина волны

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.:
Машиностроение, 1973. **Ф.П. Мадякин**

Цвет огня	Рецептура составов		И, мм/с	Гτ/т, кДс/г	Р, %	λ*, нм
	наименование компонентов	содержа- ние, %				
Жел- тый	Ba(NO ₃) ₂	54	2,7	3800	80	590
	МПФ-2	19				
	Na ₃ AlF ₆	14				
	SrCO ₃	5				
	СФ-0112А	8				
То же	NaNO ₃	52	2,2	4500	84	590
	ПАМ-3	17				
	СФ-340А	9				
	Na ₃ AlF ₆	15				
	SrCO ₃	7				
	Графит (св. 100%)	1				
« - «	Ba(NO ₃) ₂	64	0,7	880	80	590
	ПАМ-3	11				
	ПВХ-С	3				
	СФ-340А	5				
	SrCO ₃	5				
	Na ₃ AlF ₆	10				
	Олифа	2				
Крас- ный	Sr(NO ₃) ₂	60	1,9	4100	90	620
	МПФ-2	17				
	ПВХ-С	16				
	СФ-340А	7				

Составы цветных огней (С.ц.о.) широко применяются в народном хозяйстве (сигнальные), военном деле (сигнальные, целеуказательные, трассирующие, имитационные) и для увеселительных целей (фейерверочные). Они бывают непрерывного и периодического излучения («мерцающие огни»). Фейерверочные составы должны обеспечивать максимальную красочность и оригинальность зрелищного эффекта, сигнальные - надежную различимость подаваемого сигнала с возможно большего расстояния наблюдения, трассирующие - видимость трассы. Независимо от принципов их построения имеют много общего. Основными характеристиками С.ц.о. являются чистота цвета (насыщенность цвета) пламени P , %, которая определяется по формуле $P = \Phi_{\lambda} \cdot 100 / \Phi_{\text{общ}}$, где Φ_{λ} , $\Phi_{\text{общ}}$ - поток монохроматического и общего излучения, лм или кд; доминирующая длина волны λ , нм; сила света с единицы поверхности горения I/S , кд/см² и удельная светосумма $I \cdot \tau / m$, где I - сила света, кд; τ - время горения, с; m - масса, г. Цветное пламя получается только при присутствии в излучении определенных атомов или молекул. Атомарное излучение используется в составах желтого огня, молекулярное - других цветов. Насыщенное пламя красного цвета

получается при излучении SrCl , зеленого - BaCl и BaOH , голубого - CuCl . Пламя дополнительных цветов может быть получено сложением излучения нескольких типов молекул. В качестве окислителей в С.ц.о. используются соли, при разложении которых образуются продукты, окрашивающие пламя в определенный цвет. В случае применения нитратов и карбонатов для образования в пламени монохлоридов в состав вводятся хлорсодержащие добавки (гексахлорэтан, гексахлорбензол, поливинилхлорид, перхлорат аммония и др.). В качестве горючих используются уротропин, феноло-формальдегидные смолы, порошки магния и сплав его с алюминием (ПАМ-3 и ПАМ-4). В последние годы разработаны С.ц.о. на основе нитратов целлюлозы и утилизируемых порохов, которые отличаются высокой насыщенностью цвета пламени, незначительным количеством дыма и шлаков, прекрасным зрелищным эффектом и лучшей воспламеняемостью по сравнению с традиционными составами цветных огней (не требуется переходной состав). Рецептуры и основные характеристики С.ц.о. пульсирующего горения приведены в табл. 1, а составов на основе нитратов целлюлозы непрерывного излучения - в табл. 2 и 3.

Таблица 1
Фейерверочные мерцающие составы

Цвет огня и шифр со- става	Рецептура составов		И, мм/с	I/S, кл/см ²	f**, Гц
	наименование компонентов	содержа- ние, %			
Красный, МР-67	Sr(NO ₃) ₂	78-84	0,6-0,7	1500	0,4-0,6
	Сплав АМ	16-22			
	СФ-0112А*	1,2-2,5			
Белый, МБ-67	Ba(NO ₃) ₂	70-80	0,4-0,7	2700	0,5-0,6
	Сплав АМ	18-30			
	СФ-0112А*	0-2			
Белый, МБ-72	Ba(NO ₃) ₂ +Sr(NO ₃) ₂	60-74	0,6-0,7	1700	1,4-3,0
	Сплав АМ	25-35			
	MgO	1-5			
Желтый, МЖ-67	СФ-0112А*	0,2-1,0	0,2-0,9	1700	0,9-1,0
	Ba(NO ₃) ₂	65-75			
	Сплав АМ	25-35			
Желтый, МЖ-72	Na ₂ C ₂ O ₄ *	2-8	0,4-0,7	1600	1,1-3,0
	NaNO ₃ +Ba(NO ₃) ₂	63-75			
	Na ₂ C ₂ O ₄ (NaCO ₃)	2-8			
Зеленый, МЗ-67	Сплав АМ	23-35	0,4-0,9	1500	0,7-0,8
	СФ-0112А*	1-2			
	Ba(NO ₃) ₂	70-80			
Фиолето- вый, МФ-72	Сплав АМ	12-17	0,8	1100	15-16
	Cu (пудра)	8-12			
	СФ-0112А	0-2			
	NH ₄ ClO ₄	40-48			
	Sr(NO ₃) ₂	8-12			
	Сплав АМ	26-34			
	CuO	5-11			
	S	5-11			

* - компонент вводится св. 100%

**f - частота пульсаций.

Рецептуры и свойства составов цветных огней на основе пироксилина

Наименование компонентов и параметров излучения		Содержание компонентов, %, и значения параметров излучения для составов огня									
красного	Пироксилин + дифениламин	42-69	42-60	50-65	41-57	50-61	54-50	35-50	45-55	10-20	6-12
	Львотопламенная добавка	15-25	15-25	15-40	28-39	20-35	25-45	35-50	45-55	10-20	6-12
зеленого	Металлическое горючее	10-20	10-20	10-20	15-20	10-15	5-15	5-10	45-55	10-20	6-12
	Усилитель цвета пламени	6-12	6-12	-	-	-	6-10	-	680-900	2940-3010	2940-2990
белого	Удельная светосумма, кл/с/г	92-93	72-74	42-45	90-91	92-93	60-62	68-71	498-502	610-613	532-535
	P, %	92-93	72-74	42-45	90-91	92-93	60-62	68-71	498-502	610-613	532-535
желтого	Удельная светосумма, кл/с/г	92-93	72-74	42-45	90-91	92-93	60-62	68-71	498-502	610-613	532-535
	P, %	92-93	72-74	42-45	90-91	92-93	60-62	68-71	498-502	610-613	532-535
фиолетового	Удельная светосумма, кл/с/г	92-93	72-74	42-45	90-91	92-93	60-62	68-71	498-502	610-613	532-535
	P, %	92-93	72-74	42-45	90-91	92-93	60-62	68-71	498-502	610-613	532-535

Рецептуры и свойства составов цветных огней на баллистичной основе

Наименование компонентов и свойств составов	Содержание компонентов, % и значения характеристик для составов огня									
	красно-зелено-го № 1	желто-го № 1	белого	лило-го	голубо-го	желто-го № 2	красно-желтого и кристо-пламени го № 2	ногот	92	-
Баллистичная основа	73	73	78	78	56	56	97,5	87	92	-
Металлическое горючее	10	10	16	16	16	16	-	-	-	-
Цветопламенная добавка	10	10	6	6	14	22	2,5	5	4	-
Усилитель цвета пламени	7	7	-	-	14	6	-	-	-	-
Микрообразователь	-	-	-	-	-	-	-	8	4	-
I, кг	2000	2500	1500	1800	1350	1920	210	1150	100	-
И, мм/с	1,5	1,5	1,4	1,6	1,8	1,5	0,8	1,2	0,8	-
P, %	98	86	96	-	-	-	98	96	96	-

Ф.П.Мадьякин, Н.А.Тихонова

Спичечные (герочные) составы. Спички - это наиболее массовый вид товара, для изготовления которого расходуются десятки тысяч тонн пиротехнических составов. Данное производство автоматизировано. Первые спичечные составы содержали в качестве окислителя хлорат калия (бертолетову соль), а горючего - фосфор. Одна из таких рецептов включала, мас. ч: бертолетову соль 15, фосфор белый 5, толченное стекло 10, сенегальскую камель 15, ультрамарин 1. Несмотря на значительную опасность и токсичность, спички на основе этих составов до 80-х годов прошлого столетия конкурировали с безопасными «шведскими» спичками, воспламеняющимися только при трении о спичечный коробок с нанесенной на него намазкой, содержащей красный фосфор. В настоящее время окислителем в составе для спичечной головки является также хлорат калия, а горючим - сера и костный клей. Последний используется в виде водного раствора, обеспечивая безопасность приготовления и переработки состава, а после удаления воды предохраняет спички от увлажнения. Кроме этих трех компонентов в спичечный состав вводятся катализаторы разложения бертолетовой соли ($K_2Cr_2O_7$, MnO_2), наполнители (Fe_2O_3 , ZnO и др.), вещества, повышающие чувствительность к трению (молотое стекло), красители. Составы, используемые различными спичечными фабриками, несколько от-

личаются. В качестве примера приведем состав, содержащий, %: KClO_3 51, ZnO 7, Fe_2O_3 6, S 5, MnO_2 4, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1, молотое стекло 15, животный клей 11. Намазка на коробке содержит, %: фосфор красный 37,2; сернистую сурьму 33,5; животный клей 9,3; сурик железный 7,0; декстрин 7,0; двуокись марганца 3,4; мел 2,0; молотое стекло 0,6. В США изготавливаются спички, воспламеняющиеся при трении о любую шероховатую поверхность, что обеспечивается введением в состав P_4S_3 . «Соломку» перед изготовлением спичек для предотвращения ее тления пропитывают 1,5%-ным раствором H_3PO_4 , а затем парафинируют.

Кроме бытовых спичек изготавливаются спички специальные: штурмовые, горящие на ветру, в сырости и под дождем; термитные, развивающие при горении высокую температуру и дающие при сгорании головки значительное количество тепла; сигнальные, образующие при горении цветное пламя; фотографические, обеспечивающие мгновенную яркую вспышку и др.

Очень близки к спичечным терочные составы. Терочный состав, используемый в китайских фейерверочных изделиях, содержит, мас. ч.: хлорат калия 269,5; двуокись марганца 43,2; стеклянный порошок 41,0; эфир гарпиуса 19,0; сажу 5,0; двухромовокислый калий 5,0; клей из коровьей кожи 65,0; воду дистиллиро-

ванную 100. Отечественный терочный состав содержит, %: хлорат калия 60, антимоний 30, связующее 10. Масса, наносимая на терку, содержит, %: красный фосфор 56, стеклянный порошок 24, идиол 20.

Лит.: Вспомогательные системы ракетно-космической техники: Сб. статей. Пер. с англ. // Под ред. И.В.Тишунина М.: Мир, 1970; Хартиг Г. Спички. Пер. с нем. М.: Лесная пром-сть, 1975. *Ф.П.Мадякин*

Сплав алюминия с магнием (АМ). Алюминий и магний сплавляются при любых соотношениях. В пиротехнической промышленности используется сплав, содержащий примерно одинаковое количество Mg и Al и имеющий теплоту образования порядка 205 кДж/моль. Сплав АМ сравнительно легко взаимодействует не только с кислородом, но и с азотом, двуокисью азота, углекислым газом, парами воды и другими газообразными окислителями. Порошкообразный сплав АМ воспламеняется в кислороде, водяном паре и углекислом газе. Процесс горения частиц сплава в воздухе и в смесях кислорода с аргоном является двухстадийным. На первой стадии сгорает магний, а потом - алюминий. Зона свечения на первой стадии длительное время не изменяется, но когда процесс выгорания магния заканчивается,

она уменьшается, приближаясь к поверхности частицы, а ее яркость увеличивается. Время сгорания частиц сплава АМ на воздухе пропорционально их диаметру в степени 1,6. При горении частицы сплава АМ в среде углекислого газа после завершения первой стадии затухают. Место воспламенения частиц сплава АМ при горении топлива и пиротехнических составов зависит от их размера и содержания горючего в смеси. Чем мельче частицы и больше до определенного предела содержание горючего в топливе, тем они легче воспламеняются - воспламенение может происходить на поверхности горения. Введение добавок MnO_2 , V_2O_5 , BaO_2 в топлива на основе перхлората аммония уменьшает время задержки воспламенения частиц сплава АМ в пламени. Выпускаемые промышленностью порошки сплава АМ обозначаются тремя буквами ПАМ, после которых через дефис пишется цифра 1, 2, 3, 4, отражающая дисперсность порошка. По ГОСТ порошок ПАМ-1 должен проходить через сито с сеткой 07, ПАМ-2 - 045, ПАМ-3 - 0315 и ПАМ-4 - 016. В последние годы выпускается более мелкодисперсный порошок ПАМ-5 и сплав АМ со сферической формой частиц АМД-50. Сплав АМ приме-

няется в фотоосветительных, осветительных, зажигательных, сигнальных, трассирующих и других пиротехнических составах.

Лит.: Кляузов А.К., Арш М.М., Мадякин Ф.П., Филаретова Г.А. Воспламенение порошков металла в продуктах горения модельного топлива. В сб.: Горение и взрыв. Материалы III Всесоюзного симпозиума по горению и взрыву. М.: Наука, 1972. **Ф.П.Мадякин**

Сплавы металлов. В пиротехнической промышленности в качестве горючих применяются различные сплавы металлов: Al-Mg, Ti-Si, Si-Ca, Zr-Ti, Fe-Mn и др. Основные свойства некоторых сплавов приведены в таблице.

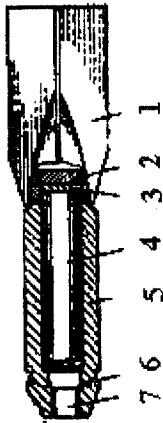
Сплав алюминия с магнием марок ПАМ и АМД находит широкое применение в различных типах пиротехнических составов и топлив; другие сплавы используются в основном в малозажигательных и воспламенительных составах.

Основные свойства сплавов металлов

Сплав	P, кг/м ³	Температура, °C				Коэф-цип-Теплотоворная способность	КДж/кг	КДж/кг	Демп-лоса	Алюминия с магнием (50:50)	2040	1100	-	490-550	1,23	26875	54825	Железа с кремнием (25:75)	3270	1300	разл.	1000	-	1,23	23883	83800	Кремния с кальцием (70:30)	2020	1030	разл.	700	-	1,35	26523	53213																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
плавления	кипение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	самовоспламенение	

Сплав “Электрон” - сплавы на основе Mg трех систем Mg-Al-Zn, Mg-Mn и Mg-Zn-Zr. Сплав “Электрон” нашел широкое применение для изготовления корпусов электронно-термитных авиабомб (рисунок) и электронно-термитных зажигательных элементов артиллерийских снарядов.

Электронно-термитная авиабомба ЗАБ-Э-1



1 – стабилизатор; 2 – донная пробка; 3 – картонные прокладки; 4 – термитно-зажигательная шашка; 5 – “электронный” корпус; 6 – газоотводные отверстия; 7 – очко под взрыватель

Примерный состав сплава, %: Mg 90-94, Al 0,5-8,0, Zn и Mn 1,5-5,0. Корпуса бомбы и пирозлемента выполняют одновременно и роль зажигательного вещества. При горении находящегося внутри них термитного состава корпус шашки и бомбы расплавляется и загорается. Горит он за счет кислорода и азота воздуха, образуя небольшое яркое пламя и белый дым окиси магния; может сгорать за счет кислорода соприкасающихся с ним веществ типа бумаги и древесины. При сгорании выделяется

около 25 кДж/кг тепла и развивается температура до 2000°C. Сплав "Электрон" имеет плотность 1800-1830 кг/м³ и обладает хорошими прочностными характеристиками. Он вполне стоек по отношению к щелочным растворам, но легко корродирует под действием даже слабых растворов кислот, аммониевых солей, морской воды и т.п. Для защиты от коррозии корпус ЗАБ оксидируют, а потом лакируют.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М: Машиностроение, 1973.

Ф.П.Мадякин

Средство воздействия на атмосферные явления - пиротехническое средство для воздействия на атмосферные явления с целью предотвращения градобития, вызывания осадков, рассеивания туманов и облаков.

Ф.П.Мадякин

Средства инициирования (С.и.) - устройства, действующие от простых начальных импульсов (тепло, удар, накол, трение, луч огня, электрический ток), предназначенные для возбуждения горения или детонации пиротехнических составов, порохов и взрывчатых веществ. С.и. делятся на две группы: средства воспламенения и средства возбуждения детонации.

Лит.: ГОСТ В 20142. Средства инициирования и исполнительные механизмы на их основе. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1982.

Н.Х.Валеев

Стопин - быстрогорящий огнепроводный шнур, используемый для передачи огня в пиротехнических средствах. Наиболее широко применяется черный стопин - пучок хлопчатобумажных нитей, пропитанных калиевой селитрой и опудренных снаружи на клею пороховой мякотью; реже используется белый стопин - нити, пропитанные калиевой селитрой с добавленными в нее клеящими веществами (гуммиарабик, идитол). Время горения 1 м стопина на открытом воздухе, с: черного 15-20, белого 45-50; в замкнутом пространстве, например, в картонной трубке (гильзе), стопин сгорает гораздо быстрее.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М: Машиностроение, 1973.

Ф.П.Мадякин

Сульфаты (С.) - соли серной кислоты. Основные характеристики некоторых из них приведены в таблице. С. содержат достаточно большое количество кислорода, имеют высокую плотность и теплоту образования, начинают разлагаться при относительно высокой температуре. Они трудно отдают кислород и могут выполнять роль окислителя только в смеси с высококалорийными металлами. Все С. при определенных температурах претерпевают полиморфное превращение $\beta \rightarrow \alpha$. Температуры полиморфных превращений равны, °C: Na₂SO₄ 240, K₂SO₄ 583, CaSO₄ 1193, BaSO₄ 1149 и CuSO₄ 103; теплоты полиморфных

Вещ- ство	Массовая доля O ₂ , %	ρ , кг/м ³	$T_{пл}$, °C	$Q_{пл}$, кДж/моль	$T_{н.р.}$, °C	$-\Delta H_{298}^{\circ}$, кДж/моль	S_{298}° , Дж/(моль·К)	C_p^{298} , Дж/(моль·К)
Na ₂ SO ₄	44,9	2673	884-890	24,24	1200	1384	149,41	130,79
K ₂ SO ₄	36,7	-	1069	36,70	-	1436	175,98	130,31
CaSO ₄	47,0	2980	1400-1495	28,03	900	1423	106,69	97,45
BaSO ₄	27,4	4500	1350-1580	40,58	1400	1465	131,80	101,70
CuSO ₄	40,1	-	1113	-	-	771	113,55	100,98

Основные характеристики сульфатов

превращений равны, кДж/моль: Na₂SO₄ 7,04; K₂SO₄ 8,13; CuSO₄ 5,61. Во время второй мировой войны в германской пиротехнической промышленности в целях экономии нитратов С. использовались при производстве осветительных и сигнальных составов, например, в осветительные смеси наряду с NaNO₃ вводилось большое количество гипса CaSO₄·0,5H₂O. Однако эти составы характеризовались низкой стабильностью при хранении и не большим сроком годности. Известен сигнальный состав с применением BaSO₄, горящий под водой. Он может также применяться при изготовлении термитно-зажигательных и замедлительных составов. CuSO₄ входит в рецептуру твердых топлив для ПВРД в качестве катализатора скорости горения, K₂SO₄ - в твердые ракетные топлива для устранения эффекта образования факела реактивной струи. Добавка K₂SO₄ в небольших количествах в коллоидные ракетные топлива (IPN, M-13, МК-18) повышает скорость их горения.

Лит.: Ellern Н. Modern Pyrotechnics. Fundamentals of applied physical pyrochemistry. New York, Chemical Publ. Co., 1961; Краткая химическая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1961-1967; Карапетянц М. Х., Карапетянц М. Л. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ. М.: Химия, 1968.

Ф.П.Мадякин

Сушка пиротехнических составов - процесс удаления остаточного растворителя из составов на основе смол или каучуков, приготовленных с применением легколетучих растворителей. Осуществляется периодическим или непрерывным способом в шкафах, камерах или трубчатых сушилках. Температура сушки от 40 до 90°C. Продолжительность сушки устанавливается по времени достижения определенного содержания остаточного растворителя в высушенном составе (0,1-0,2%). Для ускорения сушки процесс проводят при пониженном внешнем давлении или продувке теплого воздуха (30-60°C) через слой состава.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *А.М.Коробков, А.М.Новиц*

Температура пламени (Т.п.) - величина, обеспечивающая получение определенного эффекта при горении пиротехнических составов. Абсолютная температура является мерой кинетической энергии идеального газа. Ввиду того, что продукты сгорания состоят из газов и конденсированных веществ, термин Т.п. приобретает некоторую условность. Т.п. пиротехнических составов зависит от энтальпии образования исходных компонентов и продуктов сгорания, их теплоемкости, условий горения и расширения газа. Температура газа в пламени всегда ниже температуры конденсированных продуктов, поэтому Т.п. имеет чет-

ко выраженную неоднородность в объеме. Наиболее высокая температура, близкая к термодинамической равновесной, находится в ядре пламени. По мере удаления от ядра Т.п. снижается. Основной вклад в свечение пламени вносит зона с наибольшей Т.п., так как согласно законам излучения, чем больше температура, тем выше яркость и сила света. В частности, повышение температуры от 1000 до 3000 К приводит к увеличению яркости в $1,5 \cdot 10^4$ раза. Теоретическим ограничением верхнего предела Т.п. для светящихся пламен является температура кипения излучателя, выше которой последний превращается в газ. Однако для реальных пламен верхним пределом Т.п. является температура плавления излучателя. Расплавленные частицы легко образуют крупные конгломераты, что приводит к шлаковому искрению, в результате чего удельная поверхность излучателя снижается, сила света уменьшается. Такое явление наблюдается при горении пиротехнических составов на основе нитратов металлов с порошком алюминия, температура плавления оксида которого ниже температуры горения состава (2323 К). При горении пиротехнических составов на основе порошков магния шлаковое искрение не наблюдается, так как температура плавления оксида магния выше Т.п. (3082 К). Т.п. составов цветных огней на основе

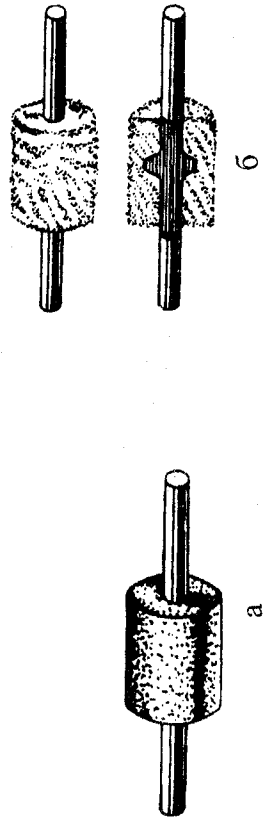
молекулярных излучателей должна находиться в пределах температуры начала и конца диссоциации хлоридов бария и стронция.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Гуторов М.М. Основы светотехники и источники света. М.: Энергоатомиздат, 1983.

Н.Х.Валеев

Термитная сварка (Т.с.) - сварка металлических элементов с помощью термитных составов, которая выгодно отличается от других способов сварки независимостью от источников электроэнергии или газа, отсутствием необходимости в сложном оборудовании. Поэтому она широко используется для сварки электрических проводов, арматуры, газовых и водопроводных труб, приварки стыковых соединений к рельсам, заземляющих проводов к металлическим конструкциям и т.д. Для сварки однопроволочных стальных, многожильных сталесплавниевых и медных проводов применяют термитно-муфельные шашки (рис.1) и патроны (рис.2). Устройство для сварки проводов с помощью термитно-муфельных шашек показано на рис. 3.

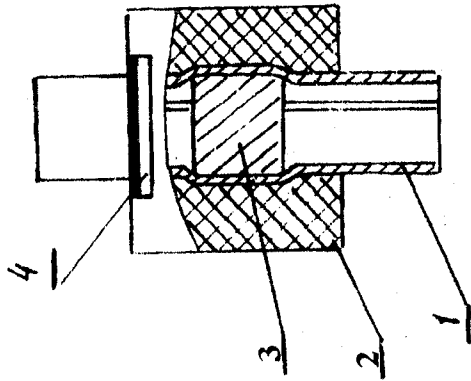
Термитно-муфельная шашка до и после сварки



а - до сварки; б - после сварки

Рис. 1

Термитный патрон



1 - кокиль; 2 - термитный состав; 3 - вкладыш; 4 - этикетка
Рис. 2

Устройство для сварки проводов с помощью термитно-муфельных шашек

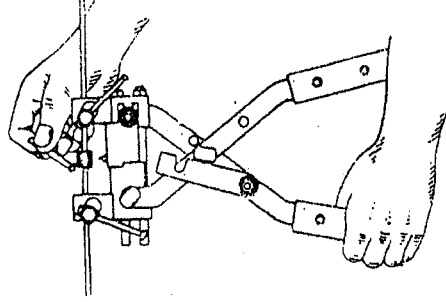
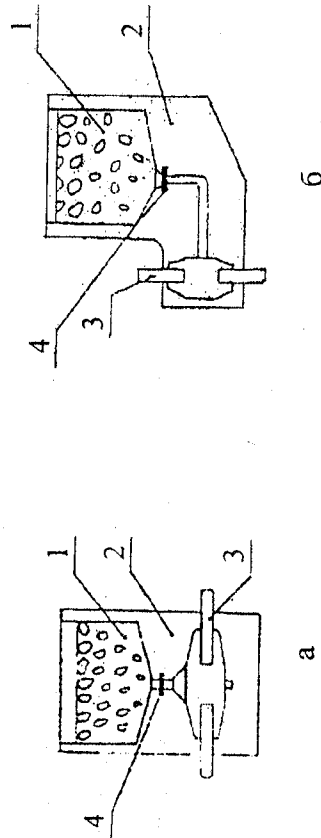


Рис. 3

К термитным составам, используемым для изготовления термитных шашек и патронов для сварки проводов, предъявляются следующие требования: термитные смеси при горении должны прогревать детали до температуры, достаточной для их оплавления, но не приводящей к разрушению (пережугу) изделий; образующиеся в процессе горения продукты должны сохранять первоначальную форму и легко удаляться после остывания. Этим требованиям удовлетворяет состав, содержащий, %: же-

лезную окалину 75, магниевый порошок 25 и нитролак 1,5 (св. 100%). При сварке одножильных проводов тепло термитной реакции непосредственно передается от термитной шашки к свариваемому участку, оплавляя его, а при сварке многожильных проводов тепло передается через стальной кокиль к алюминивому или бронзовому вкладышу (см. рис. 2). Под воздействием тепла происходит плавление вкладыша и концов проводов, падающих в зону сварки, в результате чего формируется монолитное соединение в виде стержня, в котором соединены оба конца свариваемых проводов. Для термитной сварки арматурных стержней используются тигли, показанные на рис. 4, а для приварки проводов к трубопроводу — на рис. 5. Для приварки стальных проводников к газопроводу используются железный термит, содержащий, %: железную окалину 72,5; алюминий 18; магний 4,5; ферромарганец 5 и медный термит, содержащий, %: медь (II) окись 66,7; алюминивую пудру 8,4; порошок медный 11,6; ферромарганец (Mn 80%) 13,3. Термит упаковывают в картонную трубку, края которой закатывают внутрь на глубину 3-5 мм на картонный пыж. Расфасованный таким образом состав поставляет потребителю в комплекте с упакованными в металлические коробки термоспичками.

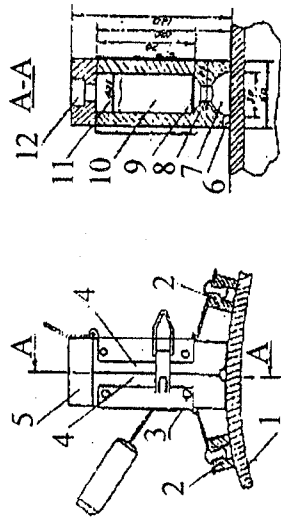
Схема термитной сварки арматурных стержней горизонтальных (а) и вертикальных (б) стыков



1 – термитная смесь; 2 – песчаная полуформа; 3 – выпуск арматуры; 4 – запорный клапан

Рис. 4

Тигель-форма для приварки выводов электрехимической защиты



1 – газопровод; 2 – магнитные башмаки; 3 – кожух с замком и рукояткой; 4 – полутиги; 5 – крышка; 6 – отверстие выхода электрохимической защиты; 7 – формирующая полость; 8 – литник; 9 – мембрана; 10 – термит; 11 – камера сгорания; 12 – запальное отверстие крышки

Рис. 5

Процесс приварки проводника и сварки проводов заключается в следующем. В процессе термитной реакции получаются жидкие раскаленные шлаки, включающие оксиды алюминия и/или магния, железо и/или медь. Ввиду различия плотностей железа и оксидов происходит их расслоение, в результате чего жидкий расплав железа собирается в нижней части реакционной камеры. За счет высокой температуры происходит проплавление затвора, расплав железа стекает в сварочную камеру, контактирует с участками свариваемых деталей, оплавляя и соединяя их.

Лит.: Емельянов В.А., Вагонов С.Н. Перспективы использования термитных составов. Материалы XXI Международного пиротехнического семинара. М.: АПРФ, 1995; Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973. *Ф.П.Мадьякин, И.А.Абдуллин*

Термитный состав, термит (Т.) – трудновоспламеняемый зажигательный состав, представляющий собой реакцию смесь окиси металла с другим металлом. Наиболее распространен железоалюминиевый Т., состоящий из смеси грубодисперсного алюминиевого порошка с железной окалиной (Fe_3O_4). Т. является основой термитно-зажигательных составов для снаряжения зажигательных средств, содержащих 40-80% Т. Термиты используются для сварки стальных, сталесиликоновых проводов, рельсов и т.п. Характерными особенностями, отличающими горение Т. от дру-

гих пиротехнических составов, являются: почти полное отсутствие газообразных продуктов реакции, что обуславливает беспламенность горения; высокая температура горения ($2400-2600^{\circ}\text{C}$); образование при горении расплавленных огненно-жидких шлаков, которые могут проплавлять металлические листы; большая трудность воспламенения, особенно в запрессованном состоянии (температура самовоспламенения T около 1300°C ; для его воспламенения применяют специальные переходные составы, содержащие 40-60 % T .); сложность тушения (он способен гореть даже под водой). Известны T ., содержащие оксиды других металлов: марганцевый ($4\text{Al}+3\text{MnO}_4$), хромовый ($2\text{Al}+\text{Cr}_2\text{O}_3$) и другие. В термитную основу вводятся различного рода добавки, а вместо алюминия можно использовать магний.

Лит.: Ш и д л о в с к и й А. А. Основы пиротехники.
М.: Машиностроение, 1973 *И.А.Абдуллин, А.В.Романов*

Технологические свойства пиротехнических составов (ПС). Наиболее важными технологическими свойствами ПС являются насыпная плотность, сыпучесть, угол естественного откоса, угол внешнего трения, коэффициенты внутреннего и внешнего трения, формуемость, прессуемость и слеживаемость. Насыпная плотность (γ_n) представляет собой отношение массы ПС

к его объему в свободно насыпанном (без уплотнения) состоянии; она определяется на приборе, состоящем из мерного цилиндра объемом 100 см^3 и внутренним диаметром $45\pm 0,5\text{ мм}$. Для большинства ПС γ_n составляет $0,4-0,6$ от предельной плотности γ_{max} . Насыпная плотность необходима для расчета технологического оборудования и оснастки (смесителей, дозаторов, бункеров, пресс-инструмента и др.). Под сыпучестью понимают способность ПС вытекать из калиброванных отверстий с определенной скоростью. По стандарту определение сыпучести производят на приборе, укомплектованном съемными воронками конусной формы (угол конусности 60°) с диаметром выходного отверстия 4, 6, 8, 10, 14 и 18 мм. Мерой сыпучести является минимальный диаметр выходного отверстия d_{min} , через которое ПС устойчиво вытекает с постоянной скоростью. Массовая (V_m) и линейная (V_l) скорости истечения определяются по формулам: $V_m = m/\tau$, кг/с ; $V_l = 4m/\pi d^2 \tau$, м/с , где m - масса ПС, кг ; d - диаметр выходного отверстия, м ; γ_n - насыпная плотность ПС, кг/м^3 ; τ - время истечения, с. Сравнение сыпучести ПС обычно проводят при диаметре отверстия 10 мм. Угол естественного откоса α характеризует подвижность сыпучих ПС, оценивается величиной угла между образующей поверхностью свободно засыпанного по-

рошка и горизонтальной плоскостью; определяется на приборе, состоящем из бункера и основания с дисками и указателем. Различают угол естественного откоса ПС в покое α_n и движения $\alpha_{дв}$, причем $\alpha_{дв} = 0,7 \cdot \alpha_n$. Значения α используются для расчета технологического оборудования (бункеров, дозаторов, ленточных транспортеров). Угол внешнего трения $\alpha_{вн}$ представляет собой минимальный угол наклона плоскости, при котором частицы материала свободно скатываются с поверхности под действием сил гравитации; он используется для расчета угла наклона стенок бункеров и другого оборудования. Коэффициент внутреннего трения ($K_{в.тр}$) является тангенсом угла внутреннего трения $K_{в.тр} = \operatorname{tg} \alpha_{в.тр}$, а коэффициент внешнего трения ($K_{вн.тр}$) - тангенсом угла внешнего трения $K_{вн.тр} = \operatorname{tg} \alpha_{вн.тр}$. Формуемость (Φ) - характеристика, учитывающая способность ПС сохранять форму после уплотнения. Φ качественно определяется по внешнему виду пиroleмента: наличие трещин, состоянию поверхности и кромок и т.д. Количественно Φ оценивается отношением прочности пиroleмента на сжатие к давлению уплотнения по формуле $\Phi = \sigma / P$, где σ - предел прочности пиroleмента на сжатие, МПа; P - давление уплотнения ПС, МПа. Прессуемость количественно оценивается по давлению уплотнения, которое необходимо для

получения пиroleмента с заданной плотностью, или по степени уплотнения состава при заданном давлении прессования. Для такой оценки используются диаграммы, показывающие изменение плотности сформованных пиroleментов от давления уплотнения. Слеживаемость (С.) характеризует склонность ПС к агрегации при хранении и транспортировании; определяется на приборе, состоящем из цилиндра, в который помещается свежеприготовленный ПС в герметичном полиэтиленовом пакете, и пуансона с грузом общей массой 2 кг. *А.М.Новцов, А.М.Коробков*

Тиомочевина (Т.) $CS(NH_2)_2$ - порошок белого цвета. Теплота образования 88,2 кДж/моль; при 25°C в 100 г воды растворяется 14,2 г Т., а в 100 г этилового спирта - 4 г. В Т. содержится мало углерода и много азота, который в условиях горения выделяется в свободном виде и разбавляет продукты сгорания. Теплота ее сгорания невысока, но наличие в молекуле неокисленной серы сообщает Т. большую реакционную способность. Т. используется преимущественно в составах для получения аэрозолей, выполняя в них роль горючего и пламегасителя. Следует иметь в виду, что составы на основе Т. обладают невысокой термической устойчивостью.

Ф.П.Мадякин

Титан (Т.) представляет собой тугоплавкий серебристо-белый металл. Он имеет две аллотропные модификации: α и β . Превращение $\alpha \rightarrow \beta$ происходит при 882°C ; теплота превращения 2,8-3,56 кДж/г-атом. Модификация α -Ti имеет гексагональную кристаллическую решетку, а β -Ti - кубическую. Плотность α -Ti при 20°C 4505-4540 кг/м³, β -Ti при 900°C 4320 кг/м³; теплоемкость α -Ti при нормальной температуре 25,056 кДж/(кг·К). Т. обладает небольшой прочностью и высокой пластичностью. Температура плавления Т. по различным данным 1665-1725°C, $Q_{\text{пл}}$ 15 кДж/моль, температура кипения 3027-3535°C, скрытая теплота испарения 429,475-471,375 кДж/г-моль, теплота сублимации при 25°C 471,375 $\pm$ 2,9 кДж/моль. При обычной температуре Т. химически инертен, однако при высоких температурах (порядка нескольких сот градусов) он проявляет высокую химическую активность и способен непосредственно соединяться с большинством металлов - водородом, галогенами, кислородом, азотом, углеродом, кремнием, серой, бором. Образующиеся при этом TiN, TiC, TiB и TiB₂ - устойчивые, твердые и тугоплавкие вещества. Т. образует твердые растворы с рядом химических элементов. Время индукции для небольших частиц диаметром 12-40 мкм резко возрастает с увеличением массы частиц; для бо-

лее крупных частиц оно почти не зависит от их массы. Время индукции при воспламенении частиц Т. меньше, чем частиц Al, Mg и сплава Al тех же размеров. Так, при 2800°C (среда CO+0,77O₂) и размере частиц 53-66 мкм время индукции частиц Т. составляет всего 0,9 мс, в то время как у частиц Mg оно равно 1,8 мс, сплава 30%Mg+70%Al - 3,4 мс, Al - 5,9 мс. Т. относится к нелетучим металлам с растворимым окислом, для которых характерно поверхностное горение. Горение частиц Т. обычно сопровождается их дроблением. Основными методами получения Т. являются магнетермический и кальцигидридный, реже используется электролитический. Для получения высокочистого Т. применяют так называемый иодидный метод рафинирования. В пиротехнической промышленности применяется в основном порошок Т., полученный кальцигидридным методом, следующих марок: ПТС (порошок титановый средний), ПТМ (мелкий), ПТОМ (очень мелкий) с удельной поверхностью 0,09; 0,12 и 0,13 м²/г соответственно; насыпная плотность Т. 900-1200 кг/м³. Т. используется в воспламенительных, малогазовых, фейерверочных, трассирующих составах, а также в составах для получения чистых газов, карбидов и нитридов титана.

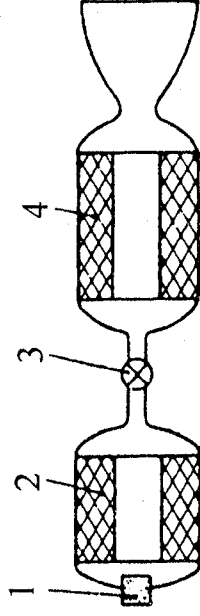
Ф.П.Мадякин

Топливо пиротехническое (Т.п.) – гетерогенная смесь, включающая металлическое горючее, неорганический окислитель и органическое горюче-связующее; по своим свойствам и компонентам оно близко к традиционным пиротехническим составам. По назначению Т.п. подразделяют на топлива для двигателей воздушно-прямоточных реактивных, ракетно-прямоточных, гидрореактивных и комбинированных. Все Т.п. содержат металлическое горючее (Mg, Al, сплав AM и др.) и небольшое количество окислителя (соли неорганических кислот). Горение Т.п. в камере сгорания происходит при повышенном давлении. При истечении продуктов сгорания Т.п. из сопла газогенератора происходит их расширение, ускорение, смешение с набегавшим потоком забортной среды (воздухом, водой) и догорание с выделением тепла и рабочего тела.

Лит.: Ш и д л о в с к и й А . А . Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973.

Топливо для комбинированных ракетных двигателей формируется в зависимости от схемы организации процесса горения и включает составы твердых блоков газогенератора и тяговой камеры (рисунк).

Принципиальная схема ракетного двигателя с разделенными компонентами твердого топлива



1 – воспламенятельное устройство; 2 – блок газогенератора; 3 – регулятор; 4 – блок тяговой камеры

Состав твердого блока газогенератора должен обладать способностью к самостоятельному горению. Это может быть состав, содержащий избыток окислителя, например, перхлорат аммония и нитрат гидразина в соотношении 70:30. В таком случае состав блока топлива тяговой камеры должен содержать избыток горючего, например, каучук с добавкой алюминия. При иницировании воспламенятельного устройства воспламеняется блок топлива газогенератора, продукты сгорания которого через регулятор поступают в канал топливного блока тяговой камеры и воспламеняют его. Двигатели такой компоновки называют ракетными двигателями твердого топлива с разделным снаряжением. Раздельное снаряжение имеет свои преимущества: появля-

ется возможность использовать в разных камерах химически несовместимые компоненты; наличие регулятора дает возможность в определенных пределах регулировать тягу двигателя на траектории.

Лит.: Волков Е. Б., Мазинг Г. Ю., Шишкин Ю. Н. Ракетные двигатели на комбинированном топливе. М.: Машиностроение, 1973.
А. С. Михайлов

Трассирующее средство, трассер (Т.) - пиротехническое средство для наблюдения за траекторией полета снарядов, ракет и других движущихся объектов с целью корректировки стрельбы; наведения снарядов, ракет, авиабомб на цель; регистрации элементов траектории с помощью приборов. Т. может использоваться для подачи сигналов. Т. - шашка из пиротехнического состава (цветного огня, ИК-излучения, цветного дыма), запрессованного непосредственно в корпус пиротехнического средства (пули, снаряда) или в отдельную, как правило, металлическую оболочку. Различают Т. к пулям, артиллерийским и реактивным снарядам, ракетам, авиабомбам и минам. По пиротехническому эффекту Т. делятся на огневые и дымовые (последние применяются редко); по способу воспламенения - на воспламеняемые от пороховых газов при выстреле, воспламенительных устройств и дистанционного взрывателя; по конструкции - на вкладные и за-

прессованные в корпус снаряда; по цвету пламени - Т. красного, зеленого, желтого и белого огня. Известны Т. с постоянной силой света, с силой света, возрастающей по мере удаления от стреляющего, с периодически изменяющейся силой света (мигающие, пульсирующие) и с меняющимся цветом трассы. В некоторых случаях, когда надо скрыть трассу от наблюдения противника или свести к минимуму ослепляющее действие трассы на стреляющего, используют так называемую "тлеющую" или "темную" трассу, которая невидима невооруженным глазом ни днем, ни ночью и предназначена для применения в комбинации с приборами ночного видения.

Лит.: Ш и д л о в с к и й А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973.
Ф. П. Мадьякин

Трассирующий состав (Т.с.) - пиротехнический состав, применяемый для снаряжения трассирующих средств (трассеров), делающих видимой траекторию полета быстролетящих объектов (пуль, снарядов, ракет и т.д.). Т.с. при полете оставляет огневой или дымовой след (трассу). Для снаряжения Т.с. используются составы белого и цветного огня (красного, зеленого, желтого), ИК-излучения и цветного дыма. Т.с., образующие дым, в боеприпасах не применяются. Принципы построения Т.с. белого огня аналогичны построению осветительных, а цветных огней -

сигнальных составов. Т.с. должны устойчиво гореть при вращении и разрежении и эти факторы не должны существенно уменьшать силу света и изменять скорость горения. При сгорании Т.с. в пулях должно оставаться максимальное количество шлаков. Принципы разработки Т.с. ИК-излучения окончательно не сформулированы, но все они строятся таким образом, чтобы при горении образовывалось максимальное количество сажистых продуктов, для чего в них обычно вводят ароматические вещества типа нафталина и антрацена в сочетании с окислителем и металлическим горючим.

Ф.П.Мадякин

Углерод (У.) известен в виде кристаллических модификаций – алмаза и графита, а также технического углерода с неупорядоченной (аморфной) структурой: кокса, сажи, угля древесного и активированного. Для пиротехнической промышленности интерес представляют графит и аморфный углерод (сажа, древесный уголь). Графит имеет серо-черный цвет с металлическим блеском, жирный на ощупь; обладает сильной анизотропией физических свойств. Плотность графита 2265 кг/м^3 ; теплопроводность и электропроводность того же порядка, что и у металлов. При обычных температурах У. химически инертен, однако при достаточно высоких температурах он соединяется со многими элементами и характеризуется сильными восстановительны-

ми свойствами. При нагревании на воздухе аморфный У., графит и алмаз воспламеняются при температурах выше 300-500, 600-700 и 850-1000°C соответственно; продуктами их горения являются CO_2 и CO . Взаимодействие графита со фтором начинается при температуре выше 900°C. Графит применяется для уменьшения коэффициентов внутреннего и внешнего трения, увеличения сыпучести составов и выполняет в них роль горючего. Сажа используется для облегчения воспламенения составов и улучшения специального эффекта. Древесный уголь – твердый пористый высокоуглеродный продукт, получаемый из древесины путем ее нагревания без доступа воздуха (или при незначительном доступе). Свежеприготовленный уголь способен присоединять кислород при обычной температуре и самовоспламеняться. Черный измельченный уголь более подвержен самовозгоранию, чем бурый. Уголь выпускается двух марок: ТЛ (из твердых пород) и СЛ (из древесины смешанных пород). Древесный уголь хорошо воспламеняется сам и облегчает воспламенение гетерогенных горючих смесей. Широко используется для получения дымного (черного) пороха.

Ф.П.Мадякин

Унитарный патрон - боеприпас стрелкового оружия и некоторых пушек (калибр до 120 мм со сгорающей гильзой), в котором пуля (снаряд), пороховой заряд и средство воспламенения соединены в одно целое с помощью гильзы. Он позволяет

заряжать орудия за один прием, что обеспечивает высокую скорострельность.

А.С.Михайлов

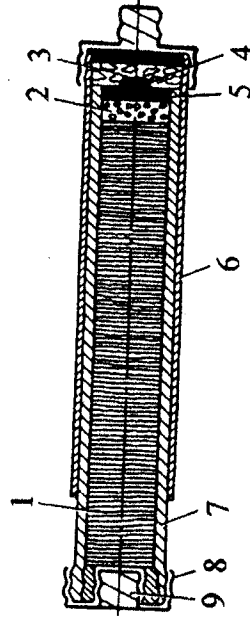
Усреднение (У.) - одна из операций в пиротехническом производстве на фазах подготовки компонентов и приготовления составов. У. предназначено для получения однородной, например, по технологическим свойствам, партии компонента или состава из частных партий; осуществляется на специальных аппаратах - усреднителях механического и пневматического действия. Широко используются биконические усреднители, представляющие собой смесители барабанного типа. В усреднителях пневматического действия У. происходит в камерах турбулизаторах. У. составов осуществляется в механических усреднителях, а компонентов - в усреднителях обоих типов.

А.М.Коробков, А.М.Новцов

Фальшфейер (Ф.) - сигнальное пиротехническое средство, представляющее собой трубку с пиротехническим составом сигнального огня и пиротехническим воспламенителем. Ф. предназначается для подачи сигнала бедствия на акватории и местности. В системе сигнализации на морском транспорте применяются в основном Ф. красного, зеленого и белого огня. Ф. красного огня используются только в тех случаях, когда необходимо показать, что судно терпит бедствие. Для предупреждения опас-

ного сближения судов используют Ф. зеленого или белого огня, для вызова лодмана - голубого (синего). Устройство Ф. показано на рис. 1.

Сигнальный фальшфейер



1 - пиротехнический состав; 2 - воспламенительное устройство; 3 - вата; 4, 5 - воспламенительные составы; 6 - футляр-рукоятка; 7 - гильза; 8 - металлический стакан; 9 - бо-роздки

Рис. 1

Наружная поверхность Ф. покрыта идитоловым лаком, часть гильзы выкрашена в цвет, соответствующий цвету пиротехнического огня. Воспламеняются Ф. резким проведением спичечной коробкой по терочной головке изделия в верхней его части. Время горения состава не менее 1 мин, а сила света Ф. любого назначения (кроме лодманского) не менее 10 ккд. В последние годы выпускается Ф. красного огня Ф-2 в пластмассо-

вом корпусе (рис.2), который соответствует требованиям «Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 г.». Он состоит из пластмассового корпуса, в котором размещены пиротехнический состав и устройство терочного типа. Корпус закрыт герметичной крышкой, торец которой покрашен в красный цвет и имеет два выступа. Перед применением крышка снимается и рывком шнура Ф-2 приводится в действие. Время его работы 60 с, сила света 15 ккд.

Внешний вид фальшфейера Ф-2



Рис.2

Ф.П.Мадякин

Феноло-формальдегидные смолы (Ф.с.) - продукты поликонденсации фенола и формальдегида. Это олигомеры с молекулярной массой 400-4000, выпускаемые в одной из трех товар-

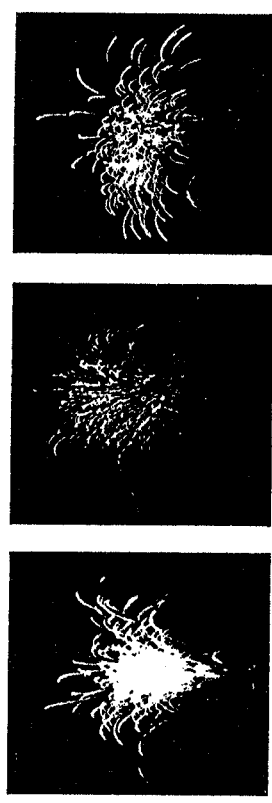
ных форм: твердой, жидкой и лаковой. В пиротехнической промышленности используются твердые Ф.с. и бакелитовый лак. Твердые Ф.с. более устойчивы, легко измельчаются и растворяются во многих растворителях. Вводятся в пиротехнические составы в виде порошка или лака, преимущественно в этиловом спирте. Выполняют роль горючего и вещества (совместно со спиртом), придающего составу способность гранулироваться через сетку на грануляторах типа ПВГ. Применяются практически во всех типах пиротехнических составов. Наибольшее применение находят новолачная смола СФ-0112А (идитол) - продукт поликонденсации фенола и формальдегида и резольные смолы: СФ-340А (смола 211) и СФ-342А (смола 214) - продукты поликонденсации фенола, формальдегида и анилина.

Ф.П.Мадякин

Фейерверочное средство (Ф.с.) - пиротехническое средство для получения декоративных огней, звуковых и других эффектов. Ф.с. известны давно и применяются во многих странах мира. Их можно разделить на высотные («Салюты»), наземные (парковые) и для использования в помещениях. Высотные и наземные Ф.с. выстреливают из мортир, закапываемых на 1/2 высоты в грунт или устанавливаемых на специальных автоматах для пуска салютов. Свойства некоторых наземных изделий приведены в таблице.

Номер групп по ТУ	Наименование изделий, входящих в группу	Основные характеристики			
		наружный диаметр, мм	высота, мм	масса, кг	высота подъема, м
2-0	«Комета»	26	78	0,05	60
	«Комета со звездным дождем»	26	78	0,05	60
	«Римская свеча»	31	400	0,25	60
2-1	«Привет Москвы»	62	130	0,30	80
	«Пиротехнический бурак»	123	75	0,90	80
	«Индийская пальма»	123	114	1,00	60
3-0	«Салют»	62	150	0,50	180
	«Кометный букет»	62	130	0,65	180

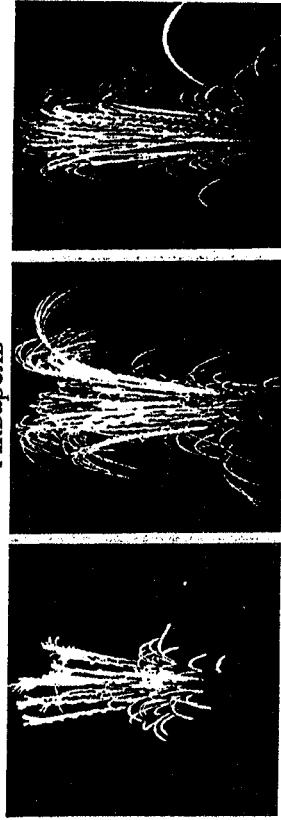
Красочный эффект наблюдается при срабатывании комет «Венец», «Акварель», «Светлячок» (рисунк) и при подъеме изделий типа «Восходящая звезда», «Шмель» и т.д. В настоящее время производят Ф.с., запускаемые с руки, из чемоданчика и т.д. В помещениях используют хлопушки, петарды, фонтаны, бенгальские свечи. Последние изготавливают длиной 210-650 мм со временем работы 40-240 с. Широким спросом пользуются фонтаны настольные с высотой пламени 0,5 м и временем работы не менее 60 с, а также концертные с высотой пламени не менее 1,2 м и временем работы до 240 с.



«Светлячок»



«Акварель»

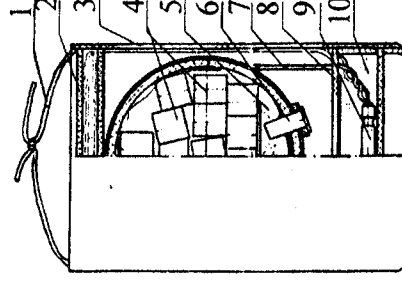


Ф.П.Мадякин

Фейерверочное изделие «Салют» (фейерверочный шар) - фейерверочное средство, представляющее собой сферический корпус с пирозлементами, металельным и разрывным зарядами. Выпускаются изделия с диаметром шара 105, 195, 310 мм; они отличаются разнообразием конструкций, природой и формой используемых пирозлементов, получаемыми эффектами, с трассой и без нее. Для снаряжения шара применяются составы цветных огней непрерывного и периодического излучения («мерцающие огни»), искристо-пламенные, искристо-форсовые и звуковые. 105-мм изделия «Бисер», «Бисер разноцветный», «Одуванчик с красными лентами» (рис. 1) не имеют трассера, а «Фиалка», «Букет с трассой», «Одуванчик» имеют по одному трассеру. Особой красочностью отличаются 195-мм изделия «Огни Ангары», «Огни Родины», «Мираж», «Зарница», «Заря», «Рассвет», «Астра красная с трассой», «Жемчуг» (рис. 2) и 310-мм изделия «Восход», «Родина», «Сказка», «Кристалл», «Юбилей искристый», «Рубин», «Бирюза» (рис. 3), «Космос», «Молния», «Фантазия» (рис. 4), «Союз», «Кумач», «Квант», «Ожерелье» (рис. 5). Все они имеют картонный корпус. 105-мм изделия выпускаются также в пластмассовом корпусе (рис. 6). «Салюты» выстреливаются из мортир, зарытых на 1/2 высоты в

грунт или установленных на специальных автомашинах. Воспламенение вышибного заряда осуществляется с помощью электровоспламенителя. В последние годы разработан ряд изделий типа «Салют» с диаметром шара менее 105 мм.

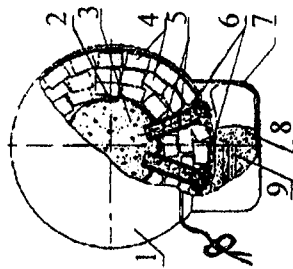
105-мм изделия «Бисер», «Бисер разноцветный»,
«Одуванчик с красными лентами»



1 - лента; 2 - обтюрагор; 3 - корпус; 4 - пирозлементы;
5 - разрывной заряд; 6 - замедлитель; 7 - опорное кольцо;
8 - диафрагма; 9 - электровоспламенитель; 10 - дымный
ружейный порох

Рис. 1

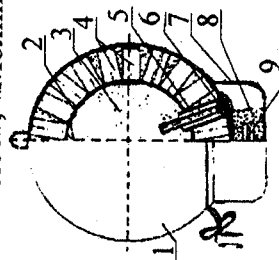
310-мм изделия «Восход», «Родина», «Сказка», «Кристалл»,
«Юбилей искристый», «Рубин», «Бирюза»



1 - корпус; 2 - корпус ВРЗ; 3 - ВРЗ; 4 - пирозлементы;
5 - пороховой усилитель; 6 - замедлитель; 7 - корпус вы-
шибного заряда; 8 - вышибной пороховой заряд;
9 - электровоспламенитель

Рис. 3

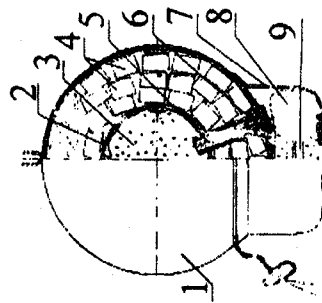
310-мм изделия «Космос», «Молния», «Фантазия»



1 - корпус; 2 - корпус ВРЗ; 3 - ВРЗ; 4 - пирозлементы;
5 - пороховой усилитель; 6 - замедлитель; 7 - корпус вы-
шибного заряда; 8 - вышибной пороховой заряд;
9 - электровоспламенитель

Рис. 4

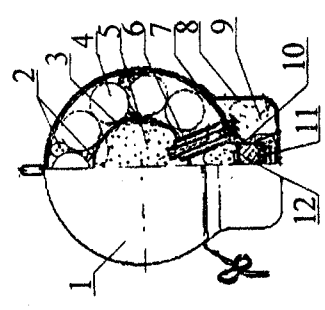
195-мм изделия «Мираж», «Зарница», «Заря», «Рассвет» с цен-
тральным воспламенительно-разрывным зарядом (ВРЗ)



1 - корпус; 2 - корпус ВРЗ; 3 - ВРЗ; 4 - пирозлементы;
5 - пороховой усилитель; 6 - замедлитель; 7 - корпус вы-
шибного заряда; 8 - вышибной пороховой заряд;
9 - электровоспламенитель

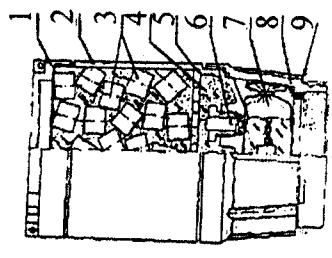
Рис. 2

310-мм изделия с трассером «Союз», «Кумач», «Квант», «Ожерелье»



- 1 – корпус; 2 – мешочки с порохом; 3 – корпус ВРЗ; 4 – сферический пирозлемент; 5 – ВРЗ; 6 – пороховой усилитель; 7 – замедлитель; 8 – корпус вышибного заряда; 9 – вышибной заряд; 10 – электровоспламенитель; 11 – таблетка дымного ружейного пороха; 12 – искристофорсовый заряд

Рис. 5



- 1 – крышка; 2 – корпус; 3 – пирозлементы; 4 – ВРЗ; 5 – диафрагма; 6 – замедлитель; 7 – вышибной заряд; 8 – стакан; 9 – колачок

Рис. 6

Ф.П.Мадякин

Фейерверочный состав (Ф.с.) - пиротехнический состав, используемый для снаряжения фейерверочных средств и изделий. Основное требование к Ф.с. - красочность и оригинальность получаемых эффектов. Они отличаются большим разнообразием рецептов и эффектов. Наиболее широко используются составы непрерывного (красного, зеленого, желтого, оранжевого, белого, синего, фиолетового, голубого огня) и периодического излучения (красного, зеленого, белого, желтого огня); искристые пламенные с различным цветом пламени и искр; форсовые; све-

тодымовые и звуковые. Ф.с. цветного огня должны обладать высокой насыщенностью (чистотой) цвета пламени, скоростью горения, обеспечивающей сгорание пирозлемента в воздухе и опделенной силой света (небольшой для наземных изделий и значительной для высотных). В Ф.с. в качестве окислителя, кроме нитратов, используется NH_4ClO_4 . По технологическим свойствам Ф.с. делятся на порошкообразные (перерабатываемые методом глухого прессования) и на основе термозластопластов (перерабатываемые методами глухого и проходного прессования).

Разработаны Ф.с. цветного огня и искристо-пламенные на основе нитратов целлюлозы и утилизируемых порохов, которые отличаются лучшей воспламеняемостью, малой дымностью и красочностью эффекта.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Патенты России № 1777320, 1776027 от 30.06.94 г.; Патенты России № 2046123, 2046122, 2046121, 2046120, 2046119, 2046118 от 18.10.94 г.

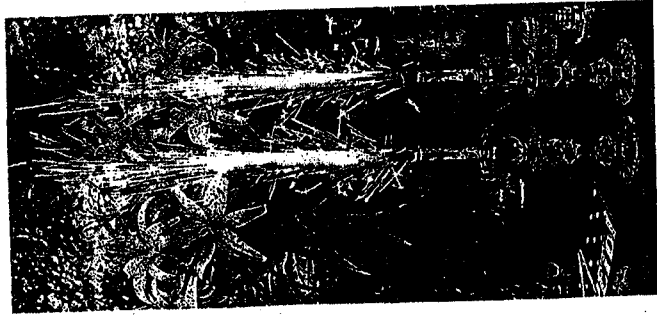
Ф.П.Мадякин

Фонтан (Ф.) представляет собой фейерверочную фигуру, сгорающую с образованием большого количества искр. Обычно Ф. изготавливают диаметром от 10 до 40 мм и сжигают группами. Процесс снаряжения Ф. включает операции приготовления состава, его запрессовки в гильзу, заделки дна фонтана, а также

контрольные испытания и укупорку. Основное требование к Ф. при горении создавать огненную ленту, состоящую из блестящих искр, выбрасываемых на возможно большую высоту. Такому требованию удовлетворяют составы на основе пороховой мякоти и металлических опилок. Чем больше калибр Ф., тем меньше пороховой мякоти должно входить в состав. Солодовников В.М. рекомендует две рецептуры и технологию снаряжения Ф. В первой на 100 частей пороховой массы берется 2 п частей опилок, во второй - 2,5 п, где п - диаметр фонтана в мм. Пороховую мякоть можно заменить на смесь селитры с углем, но в этом случае количество железных опилок должно быть уменьшено. Содержание компонентов в таком составе следующее, мас.ч.: калиевая селитра 81, уголь мелкий 19, опилки металлические п. Ф. можно снаряжать составами, образующими цветные искры. Ф. на пороховой мякоти на 1/3 вкапываются в землю или привязываются к стержню, вбитому в землю. В последнее время в большом количестве выпускаются фонтаны настольные, работающие не менее 60 с, образующие форс искр высотой не менее 0,5 м, и фонтаны концертные, горящие не менее 240 с и образующие факел высотой не менее 1,2 м (рисунок). Состав для снаряжения этих фонтанов содержит, %: стронций азотнокислый 22,2; коллоксилин

38,9; дициандиамид 11,1; магний 5,6; титан 11,1 и индустриальное масло 11,1.

Фонтан



Лит.: Солодовников В. М. Пиротехника. Производство и сжигание фейерверков. М.: Оборонгиз, 1938.
Ф. П. Мадякин

Формование пиротехнических элементов - одна из фаз пиротехнического производства. Осуществляется с целью придания пиротехническим составам определенной формы, плотности и прочности. В пиротехническом производстве нашли применение следующие методы формования: прессование (глухое, проходное и гидростатическое), виброуплотнение, литье, шнекование. Выбор метода формования зависит от технологичности пиротехнического состава, его реологических свойств, геометрических размеров изделий, чувствительности к тепловым и механическим воздействиям, необходимой плотности.

А. М. Новцов, А. М. Коробков

Фосфор (Ф.). Известны три основные аллотропические модификации фосфора: белый, красный и черный. При температуре 25°C и давлении 101 кПа термодинамически наиболее стабилен черный Ф., однако из-за небольшой скорости фазового превращения могут длительно существовать как метастабильные формы белый и красный Ф.. В отличие от белого Ф., состоящего из тетраэдрических молекул Р₄, красный и черный представляют собой нерастворимые в обычных органических и неорганических растворителях полимеры. Белый Ф. образуется в виде белоснежной массы при конденсации паров Ф. в жидкость и затвердевании последней. Технический белый Ф. содержит примеси (следы

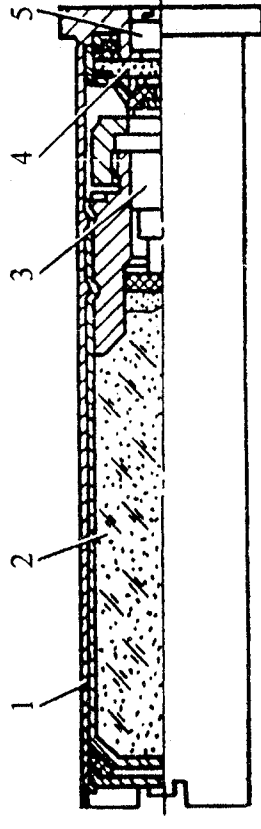
красного Ф., мышьяка и т.д.), которые придают ему желтоватую окраску, поэтому его иногда называют желтым. Существуют две формы белого фосфора. Низкотемпературная ромбическая β -форма при $76,9^{\circ}\text{C}$ и давлении 101 кПа превращается в кубическую α -форму. Лучше всего α -белый Ф. растворяется в сероуглероде, хорошо — в жидких NH_3 и SO_2 , диэтиловом эфире и бензоле; растворимость в воде при 25°C менее $3,3 \cdot 10^{-4}\%$, что позволяет в целях безопасности хранить его под водой. Белый Ф., и особенно его пары, ядовиты. При нагревании он может превращаться в красный или черный. Превращение ускоряется УФ-лучами, поэтому белый Ф. хранят в темноте. Аморфный красный Ф. образуется при нагревании жидкого белого Ф. в закрытом сосуде до $250\text{--}260^{\circ}\text{C}$; теплота превращения $18,436\text{ кДж/моль}$. При нагревании его выше 450°C он приобретает кристаллическую структуру. Физические свойства красного Ф. зависят от условий его получения (степени полимеризации) и колеблются в широких пределах. При нагревании выше температуры плавления, особенно при испарении, красный Ф. превращается в белый. Красный Ф. не ядовит. Черный Ф. образуется при нагревании белого Ф. до $200\text{--}220^{\circ}\text{C}$ при давлении $1212\text{--}1717\text{ МПа}$; по внешнему виду он похож на графит. Сущест-

вует аморфная (плотность 2250 кг/м^3) и кристаллическая (плотность 2690 кг/м^3) формы черного Ф. Черный Ф. — полупроводник. Ф. химически активен и непосредственно взаимодействует с большинством элементов, при этом в зависимости от природы последних проявляет свойства окислителя или горючего. Наиболее активен белый Ф, наименее — черный (с последним можно безопасно работать на воздухе). Окисление Ф. обычно сопровождается хемилюминесценцией. При сгорании Ф. в избытке сухого кислорода образуется пятиокись Ф. (P_2O_5), а при недостатке — трехокись (P_2O_3). Оксиды Ф. легко вступают во взаимодействие с водой с образованием соответствующих кислот (фосфорной и фосфористой). Эти кислоты могут образовываться при сжигании белого и красного Ф. в избытке влажного воздуха, что используется для получения маскирующих аэрозолей, а также в производстве фосфорной кислоты и фосфатов. При повышенных температурах Ф. реагирует с азотом, углеродом, металлами. Белый Ф. хранят под водой в герметичных сосудах, красный — в герметичной укупорке. Вскрытие банок следует производить в атмосфере азота. Горящий Ф. тушат двуокисью углерода, раствором CuSO_4 или песком. Применяется Ф. в воспламенительных средствах, дымовых и зажигательных боеприпасах комбинированного дей-

ствия и спичечной промышленности. В качестве окислителей красного Ф. используются оксиды металлов, пероксид бария, двуокись марганца, хроматы. При быстром сгорании смесей часть красного Ф. испаряется, но сразу же конденсируется в более активной форме, способной к повторному самовоспламенению. Для снижения чувствительности составов и увеличения физико-химической стабильности красный Ф. стабилизируют удалением из порошка очень мелких частиц, добавлением к нему порядка 2-3% оксида цинка, карбоната кальция, оксида и гидроксида алюминия, фосфорной кислоты в сочетании со связующими и последующей грануляцией таких смесей. **Ф.П.Мадякин**

Фотоосветительный патрон, фотопатрон (Ф.п.) — патрон с пиротехническим элементом из фотоосветительного состава и пиротехническим замедлителем. Ф.п. состоит из гильзы с капсюльной втулкой или электровоспламенителем, в которой размещается фотоосветительный элемент, замедлительно-воспламенительное (ЗВУ) и вышибное устройство. Фотоосветительный элемент состоит из оболочки с размещенной в ней фотосмесью и вкладыша для крепления ЗВУ (рисунок).

Фотопатрон



1 — гильза; 2 — фотоосветительный элемент; 3 — ЗВУ;
4 — вышибное устройство; 5 — капсюльная втулка или электровоспламенитель

Принцип действия Ф.п. заключается в следующем. Электровоспламенитель поджигает дымный ружейный порох вышибного устройства, продукты сгорания которого воспламеняют замедлители ЗВУ и выбрасывают фотоосветительный элемент из гильзы. После сгорания замедлителей луч огня передается на детонатор, от импульса которого загорается и разбрасывается фотосмесь, образуя светящееся облако. Ф.п. предназначается для освещения местности при маршрутном воздушном фотографировании с высоты от 100 до нескольких сотен метров и скорости полета самолета-разведчика до 1100 км/ч. Ф.п. размещаются в кассетах до 150 шт. в каждой, что позволяет фотографировать маршрут до 150 км.

Ф.П.Мадякин

Фотоосветительный состав (Ф.с.) – пиротехнический состав, горение которого сопровождается кратковременным свечением высокой интенсивности в видимой части спектра. Ф.с. применяются для снаряжения фотоосветительных (см. Фотоосветительные средства) и имитационных средств. Основным требованием, предъявляемым к фотоосветительным средствам, является обеспечение максимальной силы света вспышки при минимальной ее продолжительности. Сила света зависит от яркости и размера пламени. Яркость определяется природой излучателя и температурой. Температура сгорания Ф.с. должна быть более 3000 К. Для получения высокой температуры при сгорании горючего должно выделяться большое количество тепла, а образующиеся продукты должны обладать высокой излучательной способностью, температурой кипения и диссоциации. С учетом этого в Ф.с. в качестве горючего используются порошки магния, алюминия и их сплавы. Ф.с. делятся на фотосмеси – механические смеси тонкоизмельченных порошков Mg, Al и их сплав с кислородсодержащими окислителями KClO_4 , $\text{Ba(NO}_3)_2$ и порошки металлов, чистые или с добавками, способствующими их диспергированию при взрыве воспламенительно-разрывного заряда, воспламенению и сгоранию за счет кислорода воздуха. Содержание металлического горючего в фотосмесях составляет 55-60%.

Фотосмеси используются в основном для снаряжения фотопатронов и реже - фотоавиабомб. Последние снаряжаются обычно порошками металлов с различными добавками. Ф.с., как правило, применяются в порошкообразном состоянии. Наполнение фотосредств осуществляется виброуплотнением на вибронаводочных машинах.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973.

Ф.П.Маякин

Фотоосветительное средство (Ф.с.) - пиротехническое средство для кратковременного освещения местности при воздушном фотографировании. Основными требованиями, предъявляемыми к Ф.с., являются обеспечение максимальной силы света вспышки при минимальной ее продолжительности, простота конструкции, безопасность процесса снаряжения и эксплуатации, сохранность свойств в течение заданного срока хранения. Существует два типа Ф.с. - фотопатроны (см. Фотоосветительный патрон) и фотоавиабомбы. Сила света при действии обоих типов Ф.с. определяется природой и количеством фотоосветительного состава в них, конструкцией средства. Поскольку сила света определяется яркостью и размером светящегося объекта (пламени), конструкция Ф.с. должна обеспечить получение как можно большего размера светящегося облака, образованного продуктами сгорания фотосмеси. Для этого каждое Ф.с. имеет

воспламенительно-разрывной заряд (ВРЗ), который обеспечивает диспергирование фотосмеси и ее воспламенение. Корпуса Ф.с. и ВРЗ должны легко разрушаться и не должны приводить к уплотнению состава при срабатывании заряда. Фотопатроны предназначены для освещения местности при воздушном фототрафировании с высоты в несколько сотен метров, а фотоавиабомбы – с высоты до 25 км и скорости полета самолета до 2500 км/ч. Сила света при срабатывании современных фотопатронов достигает 110 Мкд, а фотоавиабомб - 10-15 Гкд.

Лит.: Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение. 1973.

Ф.П.Мадякин

Фторсодержащие полимеры (Ф.п.). К настоящему времени синтезировано значительное количество Ф.п., однако промышленность России выпускает в основном фторлоны на основе фторпроизводных этилена (Ф-3, Ф-4), сополимеров фторпроизводных этилена между собой (Ф-32, Ф-42, Ф-23), с этиленом (Ф-40) или гексафторпропиленом (Ф-26). Все фторлоны относятся к термопластам, устойчивы к агрессивным средам, начинают разлагаться при относительно высоких температурах. Фторлоны Ф-4 и Ф-3 в обычных растворителях не растворяются, а сополимеры и фторкаучуки (СКФ-32 и СКФ-26) хорошо растворяются в ацетоне, метилхлориде и других растворителях. Фторлоны Ф-32Л, Ф-40, Ф-42, Ф-23, Ф-26 хорошо совмещаются со многими

пластификаторами, образуя однородный эластичный продукт. Однако методом проходного прессования с образованием гладкого, прочного и эластичного шнура перерабатываются только наполненные композиции на основе Ф-32Л с маслом-8 (продуктом деструкции Ф-3). Смеси фторлонов и фторкаучуков с порошкообразными металлами (Mg, Al, сплавом АМ и др.) обладают невысокой чувствительностью к механическим воздействиям, легко воспламеняются и сгорают при широком соотношении между компонентами. Способны к горению и смеси Ф.п. с NH_4ClO_4 , в которых каждый из компонентов выполняет роль горючего и окислителя. Ф.п. представляют интерес как компоненты воспламенительных и составов ИК-излучения.

Ф.П.Мадякин

Хлорат бария (Х.б.) $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$ в обычных условиях существует в виде моногидрата, представляющего собой бесцветное кристаллическое вещество моноклинной структуры, имеющее теплоту образования 1037,63 кДж/моль. Его обезвоживание происходит при 120°C. Х.б. не растворяется в спирте, негигроскопичен. Его растворимость в воде меньше, чем у хлората натрия, но выше, чем у хлората калия. Разложение обезвоженного Х.б. начинается при 300-310°C и сопровождается образованием кислорода, перхлората и хлорида бария, а также следов хлора и

оксида бария. При более высоких температурах продуктами разложения Х.б. являются хлорид бария и кислород. Дериватографическими исследованиями установлено, что обнаруженная убыль массы Х.б. при 146°C и эндотермический пик при 170°C соответствуют потере кристаллизационной воды. При 396-404°C отмечается эндотермический эффект (плавление), вслед за которым наблюдается резкий экзотермический пик и интенсивное уменьшение массы, вызванные разложением. Кинетические кривые давление-время описываются уравнением Праута-Томпкинса; в диапазоне 380-410°C энергия активации выше 314 кДж/моль. Смеси Х.б. с горючими веществами обладают повышенной чувствительностью к удару и тепловому импульсу. Ввиду этого применение Х.б. в пиротехнических составах ограничено. За рубежом Х.б. применяется в сигнальных пиротехнических составах, являясь цветопламенным окислителем. В сочетании с шеллаком он дает пламя насыщенного зеленого цвета.

Ф.П.Мадьякин

Хлорат калия (Х.к.) KClO_3 (бертолетова соль) – белое кристаллическое вещество. Размер и форма кристаллов Х.к. зависят от условий кристаллизации. Несмотря на экзотермический характер разложения, Х.к. является химически стойким веществом. Сухой Х.к. окислительным действием не обладает. Хлоратные

смеси, надежно изолированные от воздействия атмосферной влаги, могут храниться длительное время. Во влажной среде Х.к. может проявлять окислительные свойства; в присутствии веществ, способных к окислению, это приводит к выделению тепла и может повлечь за собой взрыв. Смеси Х.к. с горючими веществами при воздействии на нее серной кислотой воспламеняются. Смеси порошкообразного Х.к. с металлами взрывоопасны. Расплавленный Х.к. не реагирует со свинцом, медленно реагирует с алюминием и быстро – с железом. В расплавленном Х.к. сгорают олово, медь и сурьма. При хранении Х.к. в присутствии солей аммония и влаги образуется взрывоопасный и способный к самовоспламенению хлорат аммония. Весьма чувствительны и способны к самовоспламенению хлоратные смеси, содержащие серу, фосфор и их соединения (сульфиды, фосфиды и т.д.). Х.к. токсичен, летальная доза при попадании внутрь ~2 г. Он действует на кожу и слизистую оболочку носа, вызывая раздражение. Х.к. кристаллизуется без кристаллизационной воды. Химически чистый Х.к. негигроскопичен, его гигроскопичность проявляется лишь при наличии примесей. Заметное разложение химически чистого Х.к. начинается вблизи температуры его плавления (350-365°C). Общее уравнение разложения хлората калия имеет вид:

$$\text{KClO}_3 \rightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2 + 89,96 \text{ кДж}$$

Разложение ускоряется образую-

щимся хлоридом. Соединения Fe, Mn, Cu, Al, Pb, Si, Co существенно снижают температуру начала разложения и увеличивают скорость разложения X.к. Составы на основе X.к. отличаются высокой чувствительностью к удару, трению и тепловому воздействию. Для снижения чувствительности X.к. к внешним воздействиям применяют различные флегматизаторы – вазелин, парафин, стеарин, масла, оксид и фторид магния, фторид бария, а при отсутствии в составах порошков металлов – карбонаты, оксалаты и другие вещества. X.к. широко применяется в капсюльных смесях, смесях для электровоспламенителей, в дымовых, сигнальных, звуковых и других составах, в производстве спичек. Известно применение X.к. для производства взрывчатых материалов.

Лит.: Шидловский А.А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973.

Ф.П.Мадякин

Хлорат натрия (X.н.) NaClO_3 - белое кристаллическое вещество. При хранении в насыщенной влагой атмосфере кристаллы X.н. притягивают влагу и распыляются. Гигроскопичность значительно снижается при обработке его кристаллов влагонепроницаемой оболочкой. Так, при введении 0,1% парафина гигроскопичность уменьшается в 4 раза. При хранении в атмосферных условиях с относительной влажностью 50-60% X.н. практически полностью отдает свою влагу. Растворимость X.н. в

воде значительно больше, чем хлората калия. В 100 г воды при 15°C растворяется 91 г X.н., при 20 – 98,2, при 100 – 204,9. В спирте он малорастворим. X. н. обладает высокой химической стойкостью, однако смеси на его основе отличаются повышенной чувствительностью к различным воздействиям, а в присутствии влаги способны к самовоспламенению. При сохранении герметичности оболочек и высоком качестве исходных веществ хранение смесей, содержащих X.н., особой опасности не представляет. Коэффициент термического расширения X.н. составляет 0,006 град⁻¹. Теплоемкость при нормальной температуре соответствует 104,6 Дж/(моль·К) или 0,98 Дж/(г·К), вблизи точки плавления - 1,22 Дж/(г·К), в жидком состоянии - 2,43 Дж/(г·К). Термическое разложение X.н. начинается при температуре 350°C, т.е. значительно выше температуры его плавления (255°C); убыль массы, определенная ДТА, наблюдается при 430°C. В присутствии добавок температура разложения может быть значительно снижена, например, с SiO_2 (моль на моль) она снижается до 245, а с MnO_2 – до 160°C. При разложении X.н. выделяется 39,2% O_2 и не образуется даже следов Cl и ClO_2 .

Хлорсодержащие полимеры (X.п.) получают полимеризацией (полимеры, сополимеры на основе винилхлорида и винилиденхлорида, наирит), поликонденсацией (например, поли-3,3-

бис(хлорметил)оксетан), хлорированием и сульфохлорированием (перхлорвиниловая смола, хлорнаирит, сульфохлорированный полиэтилен и др.), модификацией полимеров (смеси ПВХ с хлорированным полиэтиленом, ПВХ с нитрильным каучуком и др.). Х.п. дешевы и доступны, трудно воспламеняются и склонны к самозатуханию, хорошо совмещаются с другими полимерами и пластификаторами. Широкое применение в пиротехнической промышленности находит ПВХ, получаемый суспензионным способом. Он используется в составах цветных огней (сигнальных, трассирующих и фейерверчных) в качестве хлорсодержащей добавки (усилителя цвета пламени), способствующей образованию монохлоридов Sr, Ba, Cu, и горючего. Разработаны составы цветных огней и искристо-пламенные на основе хлорнаирита+ДБФ (ДБС) и ВА-15+ТБФ, которые перерабатываются методами глухого и проходного прессования, легко воспламеняются и сгорают с образованием насыщенного яркого пламени. Рецептуры и основные свойства составов цветных огней на основе хлорнаирита приведены в табл.1, а на основе ВА-15 - в табл. 2.

Искристо-пламенные составы содержат, %: окислитель+цветопламенная добавка 45-65; дициандиамида 5-7; хлорнаирит+ДБС 20-22; магний 4-6; искробразователь 14-16.

Т а б л и ц а 1

Рецептуры и свойства составов цветных огней
на основе хлорнаирита (ХН)

Цвет огня	ПХА	ХН	ДБС (ДБФ)	Содержание компонентов, %				И, мм/с	I/S*, кД/см ²	λ**, нм	Р***, %																																					
				прочие	Магний	Магний	ДБС																																									
Крас- ный	30-50	14-18	4-6	30-50	1,1-1,4	17	612-645	85-94	Крас- ный	30-55	13-14	5-6	Технол. добавка до 2	25-50	0,8-1,8	9	525	90-93	Зеле- ный	45-65	12-14	5-6	Технол. добавка до 2	15-38	1,6-2,2	-	-	-	Толу- бой	40-60	10-14	6-10	Технол. добавка 1-2	10-30	0,8-1,6	15-20	516-586	-	Фино- лето- вый	29-36	13-15	5-7	Магний	10-20	2-3	Стеарат кальция	1-2	Крас- ный

* - сила света с единицы поверхности;
** - доминирующая длина волны;
*** - чистота цвета пламени.

Основные характеристики хроматов и бихроматов

Вещество	Массовая доля O ₂ , %	ρ, кг/м ³	T _{пл} , °C	T _{н.р.} , °C	-ΔH° ₂₉₈ , кДж/моль	S° ₂₉₈ , Дж/(моль·К)	C° _{p298} , Дж/(моль·К)
BaCrO ₄	25,3	4500	1000	более 1000	1368	157,32	-
PbCrO ₄	19,8	5950	844	более 844	229	152,72	121,75
K ₂ Cr ₂ O ₇	38,1	2690	394	500	2033	291,21	219,70
(NH ₄) ₂ Cr ₂ O ₇	44,4	2150	-	180-185	1799	-	-

Он входит в рецептуру высокоазотных газогенераторных пиротехнических составов. Бихромат калия применяют в твердых топливах для газогенераторов и ракетных двигателей (вместе с нитратом гуанидина), а также в спичечных составах в качестве катализатора разложения бертолетовой соли. Бихромат аммония используют наряду с хроматом калия в смесевых твердых топливах (главным образом на основе нитрата аммония) для увеличения скорости горения.

Лит.: Вспомогательные системы ракетно-космической техники. Пер. с англ./Под ред. И.В.Тишунина. М.: Мир, 1970; Шидловский А. А. Основы пиротехники. М.: Машиностроение, 1973; Карапетьянц М. Х., Карапетьянц М. Л. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ. М.: Химия, 1968.

Ф.П.Мадякин

Целеуказательное средство - пиротехническое средство (снаряд, авиабомба и др.), снаряженное пиротехническим составом, указывающее место нахождения объектов противника.

Ф.П.Мадякин

Цинк (Ц.) - металл темно-серого цвета, имеющий относительно низкую температуру плавления и легко испаряющийся

при умеренных температурах. Упругость паров Ц. с повышением температуры резко возрастает. Во влажном воздухе Ц. покрывается плотным беловатым или сероватым налетом основной углекислой соли, который предохраняет его от дальнейшего окисления. Ц. растворяется в соляной и серной кислотах. Пары Ц. на воздухе сгорают ярким голубовато-белым пламенем, при этом образуется оксид Ц., который в присутствии оксида углерода может снова восстанавливаться до Ц. При сгорании Ц. в атмосфере, содержащей сернистый газ, образуется некоторое количество ZnS . Цинк и оксид цинка легко взаимодействуют с галогенидами с образованием хлорида цинка; они используются в металлургических дымовых составах.

Ф.П.Мадякин

Цирконий (Ц.) при невысоких температурах довольно твердый и устойчивый к коррозии металл. Плотность Ц. при нормальной температуре 5656 кг/м^3 . Кристаллическая структура его имеет две модификации - α и β . Температура превращения $\alpha \rightarrow \beta$ составляет 863°C ; теплота такого превращения $3,77 \text{ кДж/моль}$. Плотность β -модификации равна 6406 кг/м^3 . Температура плавления Ц. $1845\text{--}1857^\circ\text{C}$; температура кипения $3580\text{--}3700^\circ\text{C}$; теплота сублимации $607,55 \pm 20,9 \text{ кДж/моль}$; коэф-

фициент линейного расширения β -модификации $9,7 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$. Ц. в реакциях ведет себя в основном как четырехвалентный элемент. В диапазоне температур $200\text{--}900^\circ\text{C}$ окисление его в кислороде и сухом воздухе подчиняется параболическому закону. При окислении Ц. параллельно происходит растворение кислорода в поверхностных слоях металла и образование оксидной пленки. При температурах $900\text{--}1000^\circ\text{C}$ оксидная пленка теряет свои защитные свойства и наблюдается линейный закон окисления. Продуктом окисления Ц. в парах воды является смесь двуокиси и гидрида циркония. Ц. может поглощать большое количество водорода. Он относится к нелетучим металлам с растворимым окислом, для которых характерна относительная легкость восстановления. Частицы порошка Ц., его гидрида и нитрида легко воспламеняются будучи весьма крупными по размеру. Горение их, как и горение частиц титана, заканчивается взрывом. Циркониевый порошок, особенно тонкодисперсный, чрезвычайно опасен при хранении и обращении с ним из-за его способности к самовоспламенению. Скорость окисления натрийтермического Ц. выше, чем кальцийтермического. Порошки натрий- и кальцийтермического Ц. весьма чувствительны к трению, а кальцийтер-

мического — и к удару. Порошки Ц., получаемые натрийтермическим восстановлением, обладают высокой дисперсностью; размер самых мелких частиц составляет 0,1-0,2 мкм (для кальцийтермического Ц. - 1-2 мкм). Поверхность частиц натрийтермического Ц. рыхлая, шероховатая, состоит из двуоксида и гидроксида Ц., а кальцийтермического - гладкая, оплавленная, состоит из ZrO_2 . Наибольшей скоростью горения обладают смеси натрийтермического Ц. с нитратами щелочных металлов. Смеси на основе кальцийтермического Ц. и нитратов щелочных металлов, наоборот, сгорают с минимальной скоростью, а с максимальной скоростью горят смеси кальцийтермического Ц. с перхлоратами. Основными недостатками Ц. являются высокая чувствительность составов на его основе к механическим воздействиям (трению) и возможность самовоспламенения. Составы на основе Ц. легко воспламеняются, имеют большую скорость и высокую температуру горения. Ц. используется для изготовления фото вспышек, капсулей-детонаторов, фейерверков, в безгазовых, малязовых и воспламенительных составах.

Ф.П.Мадякин

Шашка активного дыма - пиротехническое средство для воздействия на атмосферные явления, представляющее собой

пиротехнический элемент с пиротехническими замедлителями и усилителем для снаряжения противорадиационного средства, продукты сгорания которого воздействуют на переохлажденные облака, предотвращая льдообразование.

Ф.П.Мадякин

Шнур огнепроводный (Ш.о.) — средство воспламенения, в котором сердцевина из специального черного пороха заключена в гибкую оболочку. Ш.о. предназначен для передачи, возбуждения горения и детонации пиротехнических составов, порохов и взрывчатых веществ. Скорость горения сердцевины должна быть не более 10 мм/с. Промышленность выпускает три марки Ш.о.: ОША, ОШДА, ОШП. Ш.о. марки ОША имеет водостойкость 1 ч и применяется в сухих и влажных условиях, а ОШДА и ОШП имеют водостойкость 4 ч и могут быть использованы в воде и во влажных условиях.

Н.Х.Валеев

Электровоспламенитель (Э.)— средство воспламенения, состоящее из приспособления для преобразования электрической энергии в тепловую, с воспламенительным составом. В зависимости от формы преобразования электрической энергии в тепловую они подразделяются на Э. накапливания, искровые, с электропроводящим воспламенительным составом, а по конструк-

ции - малогабаритные и корпусные, мгновенного (не более 10 мс) и замедленного действия (от 15 мс до 10 с).

Лит.: ГОСТ В 20142. Средства инициирования и исполнительные механизмы на их основе. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1982. *Н.Х.Валеев*

Электрозажигательная трубка – средство воспламенения, состоящее из биметаллической (ЭЗТ-2) или бумажной трубки с металлическими втулками на концах (ЭЗ-ОШ-Б) и малогабаритного электровоспламенителя с жестким каркасом, соединенные между собой обжатием. Электрозажигательная трубка предназначена для воспламенения шнура огнестойкого при проведении взрывных работ в сухих местах, не опасных по газу и пыли.

Лит.: Афонин В.Г., Гейман Л.М., Комир В.М. Справочное руководство по взрывным работам в строительстве. Киев: Будивельник, 1974. *Н.Х.Валеев*

Электрозажигательный патрон – воспламенительное устройство, состоящее из бумажной гильзы, картонного кружка и шайб, малогабаритного электровоспламенителя с жестким каркасом, зажигательного состава, резинового кольца. Электрозажигательный патрон предназначен для одновременного воспламе-

нения пучка огнестойких шнуров и выпускается пяти типовых размеров: ЭЗП-Б № 1 предназначен для воспламенения пучка, в котором находится от 1 до 7 шнуров, ЭЗП-Б № 2 – 8-12, ЭЗП-Б № 3 – 13-19, ЭЗП-Б № 4 – 20-27, ЭЗП-Б № 5 – 28-38 шнуров.

Лит.: Афонин В.Г., Гейман Л.М., Комир В.М. Справочное руководство по взрывным работам в строительстве. Киев: Будивельник, 1974. *Н.Х.Валеев*