

Н.А. Шиллинг

Курс дымных порохов

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 355/359
ББК 68
Н11

Н11 **Н.А. Шиллинг**
Курс дымных порохов / Н.А. Шиллинг – М.: Книга по Требованию, 2023. – 280 с.

ISBN 978-5-458-61209-8

ISBN 978-5-458-61209-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ВВЕДЕНИЕ

§ 1. ЗНАЧЕНИЕ ДЫМНОГО ПОРОХА В СОВРЕМЕННОЙ АРТИЛЛЕРИЙСКОЙ ТЕХНИКЕ И ПОДРЫВНОМ ДЕЛЕ

После открытия Вьелем порохов коллоидного типа дымный порох, применявшийся в военном деле в качестве метательного ВВ, быстро вышел из употребления. В настоящее время ни одна из современных армий не имеет на вооружении выстрелов артиллерии и стрелкового оружия с зарядами из дымного пороха; в ограниченных количествах он применяется лишь в охотничьем оружии.

С конца прошлого столетия дымный порох также вытеснен окончательно из снаряжения гранат и заменен более мощными ВВ: сначала пироксилином, а затем — пикриновой кислотой и тротилом. Наконец, в подрывном деле он потерял былую монополию и был заменен в большинстве стран сначала динамитами, а затем более дешевыми аммонитами.

Тем не менее в современном артиллерийском выстреле роль дымного пороха еще велика. Так, до сих пор воспламенители к зарядам, состоящим из порохов коллоидного типа, готовят из дымных порохов ко всем артиллерийским системам. Лишь в последнее время в ряде стран начинают заменять воспламенители из дымного пороха воспламенителями из пористых порохов коллоидного типа.

Всякого рода замедлители и усилители огня в трубках и взрывателях, включая и такие точно действующие механизмы, как замедлители к взрывателям бронебойных снарядов, изготавливают пока при помощи дымно-пороховых петард.

Дымный порох применяют и для снаряжения (вышибной заряд и передаточный центральный столбик) снарядов шрапнельного типа (собственно шрапнелей, зажигательных и осветительных снарядов), а также ряда пиротехнических изделий.

В подрывном деле наряду с электровзрыванием применяют огневой способ паления зарядов с помощью бикфордова шнура, сердцевину которого изготавливают из дымного пороха.

Наконец, очень широко применяется дымный порох в трубчатых составах дистанционных трубок и взрывателей. Как известно, пиротехническая трубка снаряда дистанционного действия (в частности — зенитного) до сих пор весьма успешно конкурирует

с механической трубкой, давая в ряде случаев не худшие результаты, чем последняя.

Использование дымного пороха в охотничьем оружии общеизвестно

Следовательно, область применения дымного пороха довольно значительна.

*** § 2. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК**

1. Развитие дымного пороходелия в Европе и России. Введение дымного пороха в военную технику, повидимому, было делом поколений практических работников, ошупью и случайно знакомившихся со свойствами селитро-серо-угольных смесей.

Большинство исследователей склоняется к мысли, что предшественником дымного пороха был «греческий огонь»: горючая смесь, применявшаяся византийцами для устройства пожаров в осажденных городах и на кораблях вражеских флотов. Византийские летописи впервые упоминают о применении этого средства в 660—670 гг. нашей эры.

Исследователь Фельдгауз считает, что «греческий огонь» не был еще порохоподобной смесью, так как он не содержал в своем составе селитры. В его состав, повидимому, входили горючие вещества, вроде серы, смолы и асфальта с негашеной известью; последняя при соприкосновении с водой нагревала горючие части «греческого огня» до температуры воспламенения, причем дальнейшее горение смеси происходило за счет кислорода воздуха.

Лишь позднее (в XII или XIII вв.) народы, жившие на побережье Средиземного моря, начали к горючим смесям типа греческого огня прибавлять селитру для повышения интенсивности горения и затруднения тушения. Об этом ясно говорят в своих сочинениях как византийский пиротехник Марк Грек (1250 г.), так и египетский алхимик Альмарко (1279 г.).

Однако, повидимому, ни византийские, ни египетские ученые не были авторами открытия свойств селитры. Эти свойства, вероятнее всего, стали им известны от китайцев или арабов, знавших о взрывчатых свойствах горючих смесей с селитрой. Английские ученые Роджер Бекон и Альбертус Магиус были, вероятно, первыми западноевропейскими информаторами по этому вопросу (1257 г.). Однако достоверно известно, что о метательных свойствах дымного пороха они еще не знали.

Огнестрельное оружие с селитро-серо-угольным порохом появилось лишь в 1326 г. одновременно в Англии и Флоренции, а с 1331 г. и в Германии. Монах Бертольд Шварц, которого многие называют «изобретателем» пороха, жил несколько позднее и, таким образом, не был изобретателем пороха и огнестрельного оружия. Ему принадлежит заслуга лишь в деле изучения балистических свойств пороха и усовершенствования (1388 г.) огнестрельного оружия.

В России огнестрельное оружие появилось в 1389 г. (при Дмитрии Донском).

До начала XVIII в. в России пороховое дело находилось почти исключительно в руках частных заводчиков — «пороховых уговорщиков». Пороховые заводы сосредотачивались преимущественно близ Москвы.

При Петре I в Петербургском районе было основано три казенных пороховых завода (Охтенский, Петербургский и Сестрорецкий). Из них только Охтенский завод просуществовал до наших дней (1715—1918 гг.). Два остальных были упразднены значительно

раньше (Сестрорецкий в 1723—1740 гг., Петербургский — в 1712 — 1801 гг.). Затем были основаны казенные заводы: Шостенский в 1765 г. и Казанский в 1788 г.

Наряду с казенными частные пороховые заводы существовали в России до 30-х годов XIX в. (в 1828 г. закрылся последний частный завод). В конце 70-х годов XIX в. было снова разрешено устройство частных заводов, и накануне первой империалистической войны у нас было два частных завода, производивших дымные пороха — в основном для нужд армии.

Производство дымного пороха сохранилось к этому времени и на Шостенском казенном заводе.

В Европе в течение пяти веков производство селитро-серо-угольного пороха совершенствовалось весьма медленно. И только в последнюю четверть XIX века накануне появления бездымного пороха можно отметить значительный прогресс в области производства дымного пороха. Это был период расцвета промышленного капитализма, когда развитие техники и огромный рост вооружений — ввиду обострения международных противоречий на почве борьбы за колонию — вызвали изменения в фабрикации дымного пороха.

2. Эволюция состава дымного пороха. За рассматриваемый период можно отметить следующие изменения в способах выделки пороха. Первоначальный состав пороха отличался весьма значительно от ныне принятого. Сначала, вероятно, брали равные количества селитры, серы и угля. Однако убедившись, что горение пороха совершается энергичнее с увеличением содержания селитры, пришли к такому пороховому составу (близкому к современному): 6 ч. селитры, 1 ч. серы и 1 ч. угля. Затем уменьшили содержание серы в пользу угля. Серу сохранили в составе пороха, учитывая ее цементирующие свойства.

Так, во Франции с конца XVI в. был принят следующий состав пороха: 75% селитры, 12,5% серы и 12,5% угля.

С начала XIX в. в Германии (Пруссия) был принят такой состав: 75% селитры, 10% серы и 15% угля.

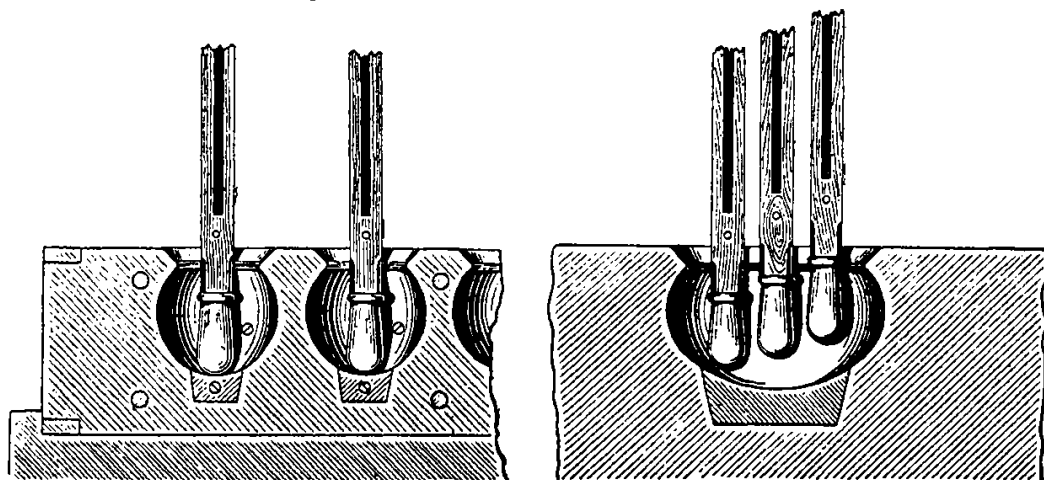
В России в начале XVIII в. в состав пороха входили 74% селитры, 15% серы и 11% угля, а к концу XIX в. — 75% селитры, 15% угля и 10% серы. В последних образцах (1890—1895 гг.) призматических порохов количество серы резко сокращается. Так, шоколадный призматический порох Охтенского завода заключал в себе: 75% селитры, 21% шоколадного угля и лишь 4% серы. Германские заводы снизили содержание серы до 2% (78% селитры, 20% угля и 2% серы). Русский Шлиссельбургский завод изготовил для 11-дм. пушки в 35 калибров порох с еще меньшим содержанием серы (0,2—0,3%).

К концу XIX в. состав военных дымных порохов в различных государствах был очень схож и близок к соотношению: 75% селитры, 15% угля и 10% серы.

3. Дымный порох в подрывном деле. Около трехсот лет дымный порох служил исключительно для военных целей. Самое раннее сообщение об его промышленном применении относится к 1627 г., когда тирольский горняк Гаспар Вейндль произвел первые опыты взрыва в одном венгерском руднике.

Преимущества взрывного метода перед ручным трудом были настолько очевидны, что в течение короткого времени его стали широко внедрять в практику горного дела. Имеются сведения о применении пороха для этих целей в Гарце с 1632 г., в Саксонии — с 1645 г. и в Англии — с 1670 г. По некоторым данным, взрывной метод стали практиковать в Швеции с 1635 г. немецкие горнорабочие на серебряных рудниках в Назафьелле. Вскоре подрывные работы получили широкое распространение на строительстве дорог и туннелей: например, во Франции при строительстве туннеля Мальпа в 1679 г. и особенно в Швейцарии в 1696 г. при расширении древней тропы в большую дорогу, а в 1707 г. был взорван Урнерлох у Сен-Готарда.

Развитие взрывных работ замедлялось до некоторой степени вследствие несовершенства средств воспламенения. Вместо современного бикфордова шнура в то время пользовались или палочками,



Фиг. 1. Толчеи.

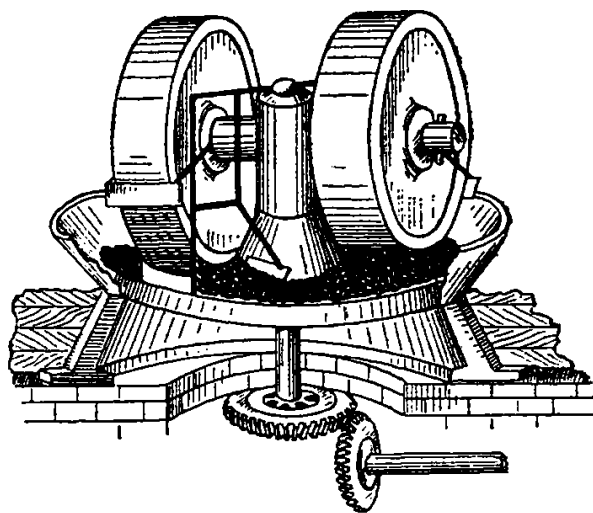
обмазанными пороховым тестом, или запалами в виде высушенных и свернутых в тонкую трубочку бумажных полосок, в которые вводили медленно горящий серный фитиль, — хлопчатобумажную нить, пропитанную жидкой серой, служившей для проводки огня.

В первое время при взрывных работах применяли ручное ударное бурение, но уже в 1683 г. был введен первый буровой механизм, облегчивший и улучшивший условия применения пороха. Тогдашние буровые скважины все же были малы: их диаметр колебался в пределах 15—20 мм.

Дальнейшее улучшение взрывной техники было проведено только в XIX столетии. В 1804 г. был произведен первый взрыв с помощью электричества в Коновице (Австрия), осуществленный Хастелем, который использовал более ранние работы (в 1744 г. Лудольфу перед Берлинской академией удалось зажечь серный эфир от электрической искры). В 1831 г. Бикфорд вводит огнепроводный шнур, названный его именем, а в 1854 г. Брантон и Бартлет применили сжатый воздух для приведения в действие буровой машины.

4. Развитие производства пороха. а) Измельчение и смешение составных частей пороха. Из способов измельчения и смешения составных частей наиболее старым является *толчея*—

ный способ. При этом способе все составные вещества измельчали и смешивали в одну операцию, производившуюся первоначально от руки в деревянной или каменной ступе при помощи деревянного песта (фиг. 1). Применение водяного двигателя для приведения в действие пестов толчеи, повидимому, относится к 1435 году в г. Нюрнберге. Толчейный способ не обеспечивает получения однородного и плотного состава, уступая значительно в этом отношении *бегунному способу*: измельчению под тяжелыми жерновами-бегунами (фиг. 2). Время введения бегунов в пороховую практику точно неизвестно. Однако известно, что к концу XVI в. бегунная обработка пороха была распространена по заводам Германии, Англии и Италии. Позже других (в 1754 г.) бегуны были введены во Франции.



Фиг. 2. Бегуны.

В России обработка пороха под бегунами по новому так называемому голландскому способу была установлена на Охтенском заводе в 1717 г. голландскими мастерами, приглашенными Петром I.

Конструкция бегунов совершенствовалась постепенно. Улучшения были направлены на достижение более совершенного подгребания обрабатываемого состава под катки, выбор материала и способа движения катков. Сначала применяли конные приводы, затем гидравлические и, наконец, паровые. Бегуны делали из известняка, мрамора, бронзы и чугуна. Чугунные бегуны вошли в употребление с 1810 г. за границей и с 1868 г. в России.

Следующим крупным усовершенствованием явилось устройство механически действующих отшибов для подгребания.

При старой конструкции бегунов подгребание выполняли рабочие, вынужденные, несмотря на опасность операции, безотлучно находиться при бегунах. Важное значение имело также введение надлежащего устройства скребков для сiania порохового состава с обода бегуна. Наконец, были введены подвесные бегуны, не соприкасавшиеся с лежнем, что уменьшило количество взрывов пороха под бегунами; раньше взрывы часто вызывались ударами и трением бегуна по обнаженному месту лежня.

Во Франции в 1787 г., по предложению Косиньи, был введен способ измельчения и смешения порохового состава во вращающихся бочках. *Бочечный способ* во время Великой французской революции, по инициативе Карно, получил широкое применение как обладающий большей производительностью; толчеи и бегуны не могли удовлетворить возросшим потребностям в порохе. Однако через несколько лет (в 1795 г.) бочечный способ был оставлен и возобновлен только лишь в 20-х годах XIX в. (1822 г.). С этого времени бочечную обработку стали применять в широких размерах для предварительного измельчения и смешения составных частей, а на некоторых заводах

преимущественно в Германии, и для окончательного смешения тройного состава.

Одновременное ведение измельчения и смешения составных частей и уплотнения получаемой смеси под бегунами или в толчеях было очень опасной операцией, часто сопровождавшейся взрывами, в особенности в начале процесса. К тому же при таком методе фабрикации не получали совершенного продукта. Лишь с 1763 г. во Франции было введено *раздельное измельчение* составных частей при толчейном способе, что резко сократило аварии на пороховых заводах, так как до этого ежегодно взрывалась одна толчейная установка из каждых шести. При бегунном способе раздельное измельчение серы и селитры также введено во Франции с 1787 г.

б) П р е с с о в а н и е. Прессование раздробленной бегунной лепешки было впервые введено в Англии в 1784 г. До этого уплотнение зерна ограничивалось обработкой в толчеях или под бегунами.

Первые прессы были механические, затем появились гидравлические. Во Франции был введен в употребление вальковый пресс, нашедший применение и в России на Охтенском заводе.

Прессование давало возможность получить прочную однородную лепешку; уплотнение же только под бегунами не обеспечивало получения зерна необходимой толщины и определенной плотности.

в) З е р н е н и е. Сначала порох применяли для стрельбы в виде мякоти. Зернение впервые введено с 1525 г. во Франции. С начала XVII в. зернение пороха распространилось повсеместно.

Зернение пороха — так называемую крутку — производили сначала вручную пропуская пороховую лепешку через специальные сита-грохота, позднее — на грохотах с конными приводами и, наконец, с водяными двигателями. В России впервые механическая вододействующая крутильня была установлена в 1717 г. на Охтенском заводе.

В Англии Конгревс предложил в 1819 г. зернильные цилиндры, затем в середине XIX в. появляются вращающаяся крутильня Лефебра, в которой к грохотам присоединили сортировочные сита, и зернильная бочка Мори. Вначале зернам придавали довольно крупные размеры — с чечевичное или гороховое зерно (1598 г.); затем стали зернить мельче; наконец (после 1860 г.), вновь появляются крупнозернистые пороха и пороха в правильных цилиндрических и призматических зернах.

г) С у ш к а п о р о х а. От естественной сушки на открытом воздухе перешли в 30-х годах XVII в. к сушке при помощи искусственного нагревания. При этом были пройдены следующие этапы развития.

- 1) сушка на медных сковородах голым пламенем снизу;
- 2) сушка от жаровни;
- 3) сушка печью (топка вне сушилки); в России такая сушка проводилась на Охтенском заводе с 1720 г.;
- 4) сушка при помощи водяного или парового отопления (впервые — в Англии с 1780 г.);
- 5) сушка током сухого воздуха, нагретого до температуры 40—60° С водяным или паровым калорифером.

д) **Полировка пороха.** С целью создания неизменяемости зерен пороха (при хранении и перевозке) за границей с начала XIX в. стали применять полировку пороха.

Полировку военных порохов начали проводить в России только с 50-х годов XIX столетия (после Восточной войны 1853—1856 гг.), хотя полировку охотничьих порохов в России производили и ранее.

Благодаря полировке зерна пороха приобретают блеск, на их поверхности сглаживаются неровности, округляются углы, затираются внешние поры и плотность пороха немного увеличивается вследствие отделения рыхлых частиц. В результате этой операции уменьшается гигроскопичность пороха, уменьшается его способность перетираться в мякоть и существенно увеличивается его гравиметрическая плотность.

Для получения блеска и твердости полировку пороха производили с графитом. Кроме того, графитовка влияет на порох еще флегматизирующе, уменьшая его воспламеняемость.

Зерна после полировки содержат небольшое количество пороховой пыли, которая отделяется при чистке пороха. Для этого применяли различные приборы: горизонтальные вращающиеся барабаны с поверхностью из холщевой или шелковой материи, сита с волосяным или шелковым дном и приборы с холщевыми мешками.

е) **Мешка пороха.** Мешку зеренных порохов производили в бочках или в ящиках, куда насыпали порох слоями и высыпали затем через отверстия в дне ящика.

5. Дымный порох после 60-х годов XIX в. Наиболее крупный прогресс в дымном пороходелии обнаружился лишь накануне замены дымного пороха бездымным (после 1860 г.). В этот период изучение действия пороха и его свойств становится на строго научную почву, благодаря чему были достигнуты такие усовершенствования.

Развитие артиллерийской техники поставило перед пороходелием задачу создания для артиллерийских орудий порохов большей мощности и прогрессивности. Разработка порохов крупнозернистых (1865—1869 гг.), параллелепипедных, кубических, цилиндрических и призматических с черным и бурым углем (1869—1884 гг.) была первой попыткой разрешения этих новых задач на старой базе дымного пороха.

Усовершенствованием технологии пороха были резко повышены плотность и однородность зерен в отношении величины, веса, твердости, строения, состава и степени подсушки; все это дало возможность достигнуть и более высоких баллистических качеств пороха.

Но эта попытка на старой базе могла увенчаться успехом лишь частично; только открытие Вьелем пороха коллоидного типа на летучем растворителе позволило радикально решить задачу на новой базе.

Здесь следует упомянуть о трудах американца Родмана (изобретателя призматического пороха), усовершенствовавшего физические свойства пороха; об исследованиях Абея и Нобеля в Вульвичском арсенале в Англии, стремившихся уве-

личить силу пороха изменением его состава; о работах германских и русских порохододелов над получением бурого призматического пороха; о попытках применения порохов измененного состава, например пикратов в смеси с калиевой селитрой и углем. Эти типы порохов (Дезиньоля с пикратом калия — 1868 г.) следует отнести к малодымным порохам. К этому же типу принадлежали: порох Брюжера (1869 г.), в состав которого входил пикрат аммония; порох с аммиачной селитрой, применявшийся с 1890 по 1896 гг. для орудий разных калибров в австрийском флоте и имевший состав: от 30 до 90% аммиачной селитры и 10—20% угля специального изготовления (дерево или пробка, обугленные серной кислотой). Удовлетворительный по баллистическим качествам, он, однако, скоро вышел из употребления вследствие большой гигроскопичности селитры и ее способности в увлажненном состоянии при определенной температуре к рекристаллизации¹ с изменением объема, что приводило к расстройству заряда и опасным выскокам давления при стрельбе.

После введения порохов коллоидного типа применение дымных порохов в качестве метательного ВВ в зарядах артиллерии и стрелкового оружия вовсе прекратилось.

Дымные пороха после империалистической войны применяются в военном деле преимущественно для снаряжения дистанционных трубок и шрапнелей; в качестве воспламенителей — к зарядам из бездымных порохов, замедлителей и усилителей — в трубках и взрывателях, а также и бикфордовых шнурах — в подрывном деле. Главное внимание в этот период было сосредоточено на усовершенствовании трубочных порохов для дистанционных трубок и дистанционных взрывателей. Увеличение дальности зенитной и наземной стрельбы снарядами дистанционного действия с дистанционными взрывателями или трубками (в связи с появлением в войсках новых дальнобойных орудий) поставило перед промышленностью вопрос о создании нового вида трубочного пороха — медленно горящего пороха (МГП), способного к горению в трубке или дистанционном взрывателе в течение времени, по крайней мере в два раза большего, чем мог дать обыкновенный трубочный порох. Решение этой задачи потребовало больших лабораторных работ по отысканию замедлителей горения и нахождению надлежащего соотношения компонентов трубочного пороха. Но к изменению аппаратного оформления производства и коренной ломке его технологического регламента оно не привело, по крайней мере для сортов, имеющих в своей основе селитро-серо-угольную смесь.

Все усилия технологов были направлены лишь на достижение полного однообразия выпускаемой продукции в каждой партии, что потребовало тщательного изучения всех фаз процесса, его рационализации и детальной регламентации в соответствующих инструкциях. К этому, в сущности говоря, сводилась работа технологов в валовом производстве. Зато размах опытных исследований во всех странах был в этот период весьма велик.

¹ Рекристаллизацией называется изменение кристаллической формы вещества при определенной температуре, сопровождающееся обычно выделением тепла и нарушением физической структуры вещества ввиду изменения его объема.

§ 3. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СОСТАВЕ И ВИДАХ СОВРЕМЕННЫХ ДЫМНЫХ ПОРОХОВ

Составные части дымного пороха и их назначение. Примерно с 1650 г. и до наших дней военный дымный порох с незначительными отклонениями имеет следующий состав: 75% селитры, 15% угля и 10% серы. Это ВВ — механическая смесь горючих веществ, угля и серы, с каким-либо носителем кислорода, чаще всего — с селитрой.

Значение отдельных составных частей в порохе определяется следующими соображениями.

О к и с л и т е л ь. Окислителем в военных порохах почти исключительно является калиевая селитра KNO_3 , отличающаяся меньшей гигроскопичностью по сравнению с более дешевой натриевой селитрой.

Кроме селитр в качестве окислителей в порохе можно применять хлорат калия KClO_3 и перхлорат калия KClO_4 . Со времен хлоратного пороха Бертолле не прекращались попытки использования порохов с солями кислородных кислот хлора. Однако практического значения эти окислители не приобрели, так как пороха, приготовленные на их основе, особенно хлоратные, опасны при фабрикации и применении вследствие сравнительно высокой чувствительности. Не получили практического значения и пороха с другими окислителями: KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, перекисями и тому подобными веществами.

У г о л ь. Уголь в порохе — горючее вещество. В зависимости от происхождения и способа изготовления уголь придает пороху требуемые свойства. Степень обжига угля (при одинаковой механической обработке компонентов пороховой смеси) оказывает влияние как на силу и воспламеняемость, так и на скорость горения пороха. Общая закономерность для бурых и черных углей следующая: чем сильнее обожжен уголь, тем труднее он воспламеняется, но зато он горит быстрее, чем слабо обожженный.

Вместо угля в качестве горючего можно брать для состава дымного пороха и другие вещества, например клетчатку (целлюлоза), крахмал, тростниковый сахар, древесные опилки, парафин, нафталин, соли синильной кислоты и т. п. Однако все предложения такого рода практического применения не нашли. Лишь для медленно горящих трубочных порохов в ряде рецептов обыкновенный уголь заменен специальными углями, нефтяным коксом, пробковым углем, смешанным с мукой, полученной из необожженной пробки, ламповой сажей, графитом и некоторыми другими материалами, например купреном (германский патент).

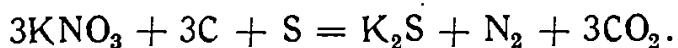
С е р а. Сера является связующей замазкой между углем и селитрой. Порох с серой обладает способностью лучше сохраняться на складах и не перетираться в мякоть при перевозках и патронировании.

Кроме цементации порохового зерна, сера также улучшает воспламеняемость пороха.

2 Количественное соотношение составных частей в различных сортах пороха. Первые серьезные научные изыскания о составе пороха относятся к началу XVIII в. и связаны с именем Гей-Люссака. Позднее (в конце этого века) Бертолле высказал свои соображения о наивыгоднейшем соотношении компонентов в порохе. Таким соотношением он считал: 80% селитры, 5% серы и 15% угля.

Затем во второй половине XIX столетия Бертолле уточнил эти цифры, предложив для дымного пороха несколько возможных реакций разложения (см. § 29, п. 2).

В первом приближении, достаточно далеко, впрочем, от действительного хода разложения, взрыв дымного пороха можно представить идущим по очень простой схеме, предложенной еще Шеврелем (1825 г.):



Этому уравнению будет соответствовать состав: 74,84% KNO_3 ; 11,84% S; 13,32% C.

Состав практически применяемых военных порохов во всех европейских государствах в общем довольно близок к составу, определенному этим уравнением (табл. 1). При этом соотношении компонентов получается порох, образующий достаточно большое количество газообразных продуктов разложения при наибольшем выделении тепла и наивысшей температуре.

Т а б л и ц а

Сорта пороха	Состав в процентах		
	селитра	уголь	сера
Теоретический состав по формуле: $3\text{KNO}_3 + 3\text{C} + \text{S}$	74,84	13,32	11,84
Русский, английский, французский, итальянский, шведский и американский пушечные пороха	75	15	10
Русский ружейный	77	15	8
Германский »	74	16	10
Французский охотничий	78	12	10
Английский »	78	14	8
Французский минный	62	18	20

Рассмотрение этой таблицы приводит к заключению, что разница в содержании селитры во всех приведенных порохах, за исключением минного, весьма невелика, и в среднем ее количество близко к норме, указываемой формулой Шевреля.

Увеличение содержания селитры в охотничьих порохах (78%) объясняется требованием уменьшить при стрельбе нагар в стволе. Здесь увеличение количества селитры проведено за счет уменьшения содержания серы в порохе.

В минном порохе (для его удешевления) количество селитры обычно уменьшается.

В трубчатых и шнуровых порохах иногда уменьшают содержание селитры и угля за счет серы, достигая этим удлинения времени горения пороха.